МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВСП ЗОЛОЧІВСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ЛНУП

КУРС ЛЕКЦІЙ З ДИСЦИПЛІНИ «БІОЛОГІЯ»

Викладач Боднар О.В.

-2022-

Зміст

Вступ. Історія біології, розвиток біології в Україні. Біологічні науки. Методи біологічних досліджень. Рівні організації живої матерії. Основні властивості живих організмів……..5

РОЗДІЛ 1. Молекулярний рівень організації життя……19

Хімічний склад живих організмів. Органічні сполуки живих систем. Хімічний склад живої клітини. Вода……19

Вуглеводи. Ліпіди. Їх структура та біологічні властивості……28

Білки, їх структура та біологічні функції. Ферменти та їх властивос ті…….34

Структура і функції нуклеїнових кислот. АТФ. Нуклеотид. ДНК, РНК. Функції ДНК. Генетичний код……41

РОЗДІЛ 2. Клітинний рівень організації життя……...48

Цитологія – наука про будову і функції клітин. Історія вивчення клітини. Методи цитологічних досліджень……..48

Будова і функції клітин еукаріотів та прокаріотів……...55

Клітинний цикл. Мітоз. Мейоз……..62

Можливості цитотехнології……...69

Обмін речовин і перетворення енергії в клітині. Енергетичний обмін та його етапи. Пластичний обмін……..74

Фотосинтез. Значення фотосинтезу для живих організмів…….82

РОЗДІЛ 3. Організмовий рівень організації життя……..85

Віруси – неклітинні форми життя. Будова вірусів. Роль вірусів у природі та житті людини…….85

Профілактика ВІЛ/СНІД та інших вірусних хвороб людини. Профілактика бактеріальних хвороб людини……...90

Форми розмноження організмів. Онтогенез. Шкідливий вплив алкоголю і нікотину на індивідуальний розвиток організму…….96

Генетика. Методи генетичних досліджень. Закономірності спадковості, встановлені Г. Менделем…….……..110

Мутаційна та комбінативна мінливість……..119

Генотип як цілісна система. Цитоплазматична спадковість. Взаємодія генотипу і умов довкілля. Модифікаційна мінливість. Генетика людини…….124

Завдання сучасної селекції. Штучний добір і його форми. Гібридизація. Гетерозис…….……...144

Біотехнологія. Генетична та клітинна інженерія……...151

Проблеми, пов’язані з ГМО та продуктами, отриманими від них……..156

РОЗДІЛ 4. Надорганізмові рівні організації життя……159

Предмет і завдання екології. Екологічні фактори. Закономірності дії екологічних факторів на живі організми……..159

Основні середовища існування організмів. Живі організми, як особливе середовище існування……...166

Історичний розвиток органічного світу. Штучний і природній добір. Пристосованість організмів та її відносність. Пр. роб. Порівняння природного і штучного добору……...177

Мікроеволюція. Макроеволюція. Вид та його критерії…….…183

Біогеоценоз і його структура. Зміни в біоценозах. Агроценози. Перетворення енергії. Кругообіг речовин у біосфері…….189

Видоутворення. Біологічний прогрес і регрес……204

Біогеоценоз як середовище еволюції. Зв”язки живлення……..212

РОЗДІЛ 5. Історичний розвиток органічного світу……218

Історичний розвиток та різноманітність органічного світу. Гіпотези виникнення життя на Землі……...218

Біосфера. Загальна характеристика біосфери. Вплив діяльності людини на стан біосфери…….231

Основні властивості живих систем. Можливості й перспективи застосування досягнень біології у забезпеченні існування людства……..243

Використана література……..….250

Лекція 1. Вступ. Історія біології, розвиток біології в Україні. Біологічні науки. Методи біологічних досліджень. Рівні організації живої матерії. Основні властивості живих організмів.

Життя на нашій планеті вражає складністю і різноманітність своїх проявів. Охопити всі ці прояви за декілька уроків чи лекцій не можливо. Тому ми вивчаємо біологію протягом декількох років, хоча, щоб досконало вивчити цю науку, не вистачить навіть півстоліття. Тому, я вважаю, що кожний з нас повинен мати хоча б елементарні знання з цієї дисципліни.

Біологія (від грец. біос – життя, логос – наука, вчення) – це наука про життя, його форми та закономірності. Така назва науки була запропонована в 1802 р. німецьким ботаніком Л. Х. Тревіранусом (1779 – 1864), але остаточне визначення біології як самостійної дисципліни було зроблено лише в 1890 р. видатним французьким вченим Ж. Б. Ламарком. Предметом її вивчення є різноманітність вимерлих істот, їхня будова (від молекулярної до анатомо-морфологічної), функції, походження, індивідуальний розвиток, еволюції, поширення, взаємини одне з одним та з довкіллям.

На сьогодні це цілий комплекс наук про живу природу. Об’єктом вивченням біології є живі організми – рослини, тварини, гриби. Їх різноманітність, будова тіла і органів, розвиток, поширення, еволюція та форми співіснування в екологічних системах.

Упродовж багаторічного розвитку пізнання навколишнього світу послідовно змінювали і доповнювали один одного різні дослідницькі підходи: спостереження, опис і класифікація, порівняльно–аналітичний, історичний та експериментальний методи. Накопичення фактичного матеріалу, його опис і розподіл живих форм у систематичні групи, поширення методів біологічного дослідження наповнили

конкретним змістом уявлення про живу природу, сприяли подоланню металічних поглядів.

Біологія бере свій початок ще з глибокої давності. Описи тварин і рослин, відомості про анатомію і фізіологію людини і тварин були необхідні для практичної діяльності людей.

Перші відомості про живі організми почала нагромаджувати ще первісна людина. Живі організми давали їй їжу, матеріал для одягу і житла. Вже в той час людина не могла обійтися без знань про властивості рослин, місця їх зростання, строки дозрівання насіння і плодів, місця мешкання і звички тварин, на яких вони полювали, хижих і отруйних тварин, які могли загрожувати їх життю.

Так поступово збиралися відомості про живих істот. Значний фактичний матеріал про живі організми було зібрано відомим лікарем Давньої Греції Гіппократом (близько 460 – 322 р. до н. е.). він описав понад 500 видів тварин. Аристотель цікавився будовою і способом життя тварин, він заклав основи зоології. Першу спробу систематизації знань про рослини зробив давньогрецький природодослідник Теофраст (372 – 287 р. до н. е.). Розширенням знань про будову людського тіла давня наука зобов'язана римському лікарю і природодосліднику Галену (близько 130 – 200 р. до н. е.), який розтинав мавп і свиней. Його праці впливали на природознавство і медицину протягом кількох сторіч.

Ці погляди, розвинуті вченими епохи Відродження, поклали початок сучасним ботаніці і зоології, анатомії й фізіології та іншим біологічним наукам.

Розвиток біології в епоху середньовіччя та Відродження

В епоху середньовіччя під гнітом церкви наука розвивалася дуже повільно. Важливим рубежем у розвитку науки була епоха Відродження. Вже в XVIII ст. розвивалися як самостійні науки ботаніка, зоологія, анатомія людини, фізіологія. В

XVI – XVII століттях в наукових дослідженнях поряд із спостереженням і описом широко став використовуватися експеримент.

В працях відомих вчених XVI ст. А. Везалія та М. Сервета були закладені основи уявлень про будову кровоносної системи тварин. Це підготувало велике відкриття XVIII – вчення про кровообіг, створене англійцем У. Гарвеєм (1628). Воно було створене на основі кількісних вимірів і застосуванням законів гідравліки. Важливу роль у розвитку біології відіграв винахід мікроскопа.

З його допомогою відкрився світ найдрібніших живих істот, тонка структура клітини. Так, Р. Гук в Англії (1665 р.) виявив під мікроскопом клітинну будову корку, А. Левенгук у Нідерландах (1674 – 1677 рр.) спостерігав бактерії, сперматозоїди людини, К. М. Бер (1826 р.) побачив яйцеклітину ссавців, Р. Броун (1828 р.) відкрив клітинне ядро. Італієць М. Мальпігі відкрив за допомогою мікроскопа капіляри, що дозволило зрозуміти шлях крові від артерій до вен.

Одним із головних досягнень біології XVIII ст. було створення системи класифікації рослин та тварин К. Ліннеєм (1735 р.). Його праця називалась "Система природи". В цей час закладаються основи науки систематики.

Англієць Дж. Прістлі показав на експериментах з рослинами, що вони виділяють кисень (1771-1778). Пізніше швейцарський вчений Ж. Сенеб’є встановив, що рослин під дією сонячного світла засвоюють вуглекислий газ та виділяють кисень (1782). Це були перші кроки на шляху дослідження центральної ролі рослин в перетворенні речовин і енергії в босфері Землі, перший крок у новій науці – фізіології рослин.

А. Лавуазьє та інші французькі вчені вияснили роль кисню в диханні тварин й утворенні тваринного тепла (1787 – 1790). Наприкінці XVIII ст. італійський фізик Л. Гальвані відкрив "тваринну електрику", що призвело в подальшому до розвитку

електрофізіології. В цей же час італійський біолог Л. Спалланцані провів точні експерименти, які спростували можливість самозародження організмів.

Т. Шванн (1839 р.) спираючись на дані мікроскопії рослинних і тваринних об'єктів, виконаних ним самим і його попередниками, у тому числі М. Шлейденом (1838 р.), сформулював клітинну теорію. Основне її положення полягає в визнанні клітини як елементарної одиниці будови всіх органів і частин рослин та тварин.

Ця теорія стала вирішальним доказом єдності структурної організації усього живого і спільності походження рослинного та тваринного царств. Клітинна теорія стимулювала наукову розробку теорії еволюції та була високо оцінена вченими, які поставили її в один ряд з такими відкриттями XIX ст., як закон збереження матерії й енергії і теорія еволюції Ч. Дарвіна. на основі клітинної теорії Р. Вірховим (1858 р.) було створено вчення про клітинну патологію, яке відіграло значну роль в медицині.

Він показав, що багато хвороб людини супроводжуються специфічними змінами в клітинах і за характером цих змін можна зробити висновок про саму хворобу: кожна клітина – від клітини.

Новітні відкриття в біології

Справжній переворот у біології зробило вчення Ч. Дарвіна (1859 р.), який відкрив рушійні сили еволюції і дав матеріалістичне пояснення доцільності організації живих істот.

Важливим етапом розвитку біології стало відкриття Г. Менделем закономірностей успадкування ознак, що поклали початок генетичним дослідженням.

В XIX ст. в зв'язку з розвитком фізики та хімії в біологію проникають нові методи досліджень. Найбагатший матеріал для вивчення природи дали сухопутні і морські

експедиції в малодоступні до цього райони Землі. Все це призвело до формування багатьох інших спеціальних біологічних наук.

На зламі століття виникла палеонтологія, яка вивчала викопні останки тварин та рослин – що свідчить про поступальні зміни – еволюції форм життя в історії Землі. Основоположником її був французький вчений Ж. Кюв'є.

Великий розвиток отримала ембріологія – наука про зародковий розвиток організму. Ще в XVII ст. У. Гарвей сформулював положення "Все живе - з яйця". Але тільки в XIX ст. ембріологія стала самостійною наукою. Особлива заслуга в цьому належить вченому-природодослідникуК. М. Беру, який відкрив яйце ссавців та виявив загальність плану будови зародків тварин різних класів.

Застосування мікроскопа стимулювало розвиток ембріології, а також мікробіології. У другій половині XIX ст. Л. Пасгії, І. І. Мечніковим, Р. Кохом у біологічному експерименті було вивчено деякі інфекційні і паразитичні хвороби і розроблені принципи боротьби з ними (отримання сироваток та вакцин). І. І. Мечніков створив також загально біологічні основи вчення про клітинний імунітет, яке П. Ерліх доповнив теорією про гуморальний імунітет. Видатний вітчизняний вчений І. І. Мечніков створив велику школу мікробіології (Г. Н. Габричевський, А. М. Безрідка, І. Г. Савченко, Л. А. Тарасевич, Н. Ф. Гамалія, Д. К. Заболотний, Н. Я. і Ф. Я. Чистовичі), у працях яких були розкриті причини багатьох інфекційних хвороб та розробелно принципи наукового обґрунтування боротьби з ними.

Удосконалення світлового мікроскопа і техніки мікроскопічних досліджень до кінця XIX ст. значно розширило пізнання тонкої структури клітини. Було виявлено й описано її основні органели, з'ясовано закономірності клітинного поділу, розгадано механізми запліднення і дозрівання статевих клітин, відкрито хромосоми та їхнє складне поводження під час поділу тканин. У результаті виникла нова галузь біології – цитологія.

Новий етап (40–ві роки XX ст.) у вивченні будови клітин починається запровадженням до практичних досліджень електронної мікроскопії, за допомогою якої збільшення об’єкта досягає 100 тис. разів і більше. У цей період починається використання й інших фізико–хімічних методів дослідження: ультрацентрифугування для роз’єднання клітинних компонентів і виділення їх окремих фракцій з подальшим хімічним та рентгеноструктурним аналізом, введення до живих організмів мічених радіоактивних атомів з метою спостереження за швидкістю та напрямом обміну речовин.

Для молекулярно–біологічних і молекулярно–генетичних досліджень дедалі частіше стали використовувати матеріальні основи спадковості клітин, її ферментні системи, динаміку енергетичного обміну, механізм генетичного контролю біосинтезу білків, нуклеїнових кислот та інших біологічно активних сполук. Було встановлено зв'язок між будовою та функцією окремих молекулі клітинних структур.

Вчення В. І. Вернадського про біосферу як особливу оболонку Землі закрило масштаби геохімічної діяльності живих організмів та їхній нерозривний зв'язок з неживою природою.

На сьогодні науці відомо близько 1 500 000 видів тварин і близько 500 000 видів рослин. Вивчення розмаїття рослин і тварин, особливостей їхньої будови та життєдіяльності має велике значення. Біологічні науки – база для розвитку рослинництва, тваринництва, медицини, біоніки, біотехнології.

Одним з найвидатніших біологічних наук є анатомія і фізіологія людини. Кожній людині потрібно мати уявлення про будову і функції свого організму, щоб у випадку необхідності зуміти надати першу допомогу, свідомо оберігати своє здоров’я і виконувати гігієнічні правила.

Протягом сторіч ботаніка, зоологія, анатомія і фізіологія розроблялися вченими як самостійні, ізольовані науки. Лише в XIX ст. було виявлено закономірності, спільні для всіх живих істот. Так виникли науки, які вивчають загальні закономірності життя. До них належать: цитологія – наука про клітину; генетика – наука про мінливість і спадковість; екологія – наука про взаємовідносини організмів з середовищем і між собою у природних угрупованнях тощо.

Давньокитайська медицина. Історія та сучасність

Всі народі світу мають свої традиційні методи лікування, які сторіччями старанно збиралися і бережно зберігалися в пам'яті нащадків. Їх позитивні результати, практичного застосування стали основою досвіду народної медицини. Але в XXст. в зв'язку зі стрімким розвитком хімічної фармакології, появою складних і точних діагностичних апаратів, широким застосуванням фізіотерапії інтерес до традиційних методів лікування стрімко знизився, багато методів стали забуті...

І тільки в останні десятиріччя знову виріс інтерес до народної медицини – вітчизняної, та особливо східної, до якої відноситься і давньокитайська медицина. Це частково обумовлено "фармакологічною перенасиченістю" сучасної медицини і появою негативних реакцій організму (різного роду алергій, "лікарські хвороби") до нових синтетичних препаратів.

В історичній перспективі китайська медицина в деяких відношеннях обігнала західну. Більш ніж два тисячоліття назад, в пер іуд правління династії "Весняного й осіннього періодів" (770-476 рр. до н. е..) та "Ворогуючих імперій" (475-221 рр. до н. е.), в Китаї були записи трудів по медицині книга "Ней-цзин".

Роботи грецького лікаря Гіппократа, який жив у 446-377 рр. до н. е.., який вважався батьком західної медицини, відносяться до більш пізнього пер іуда. Тому "Ней-цзин" по праву може рахуватися найдавнішою у світі роботою по медицині. "Ней-цзин" включає в себе майже весь практичний медичний досвід, накоплений

поколіннями китайських лікарів, обґрунтовує теоретичну систематику традиційного лікування Китаю, передає основи китайської лікарської терапії, а також голковколювання та припікання (рос. Прижигание), акупунктури.

При порівнянні медицини Китаю та західних країн виявляються інші пріоритети китайської медицини. До їх числа належать використання наркотичних засобів для досягнення повного наркозу при проведенні операцій на череві і при других видах хірургічного втручання китайським хірургом і спеціалістом по акупунктурі Хуа Туо більше тисячі семисот років тому.

Хуа Туо, живий з 112 до 207 р. н. е.., використовував для анестезії при своїх сміливих, на той час операціях, яка стала видатною, чайну суміш "Ма-фей-сан".

Лікар Чжан Чжуанчин (150-219 гг. н. е..) написав вже в той час свою роботу "Розгляд різних хвороб від дії холоду", в яких розглянув питання особливої діалектичної діагностики китайської медицини, яка зберегла значення до сучасного часу.

А в середині III ст. лікар Хуан Фу-мі (215-288 рр.) написав першу спеціальну книгу "Цзя-і-цзин", яка стала основою всіх наступних видань і досліджень по голковколюванню та припіканню (чжень-цзю-терапія). В працях Сун-сі-мяо (VIIст. н. е..), Ван Чу (VIIIст. н. е..) методика чжень-цзю-терапії модернізується - стає більш досконалою, і стає багатством багатьох поколінь.

Іншою значною подією в історії китайської медицини є опублікування Лі Шичженем в 1578 році фармацевтичного збірника "Бен-Цзяо Ган-Му".

До нашого часу дійшло більш ніж шість тисяч китайських книг по медицині, в яких розповідається про різні методи лікування. Деякі з цих книг допомагають китайським лікарям і в наш час, в якості довідкових посібників.

Значне місце в давньо-китайській медицині займала превентивна медицина. Ідея попередження хвороби стояла в самому початку лікарського спадку давнього Китаю, який дійшов до нас. Так, наприклад, змістом одного з діалогів в перший главі книги "Нэй-Цзин" являється питання про те, як людина може захистити своє здоров'я. По цій причині гігієнічні засоби і боротьба з паразитами завжди відігравали велику роль в китайській історії.

В період Танської династії (618-907 рр. н. е..) китайським лікарям було відомо, що проказа була інфекційною хворобою, і хворі ізолювались від здорових людей. Також була здобутком давньокитайської медицини щеплення проти віспи. Вперше вона була використана в одинадцятому сторіччі, при цьому сироватка, взята у хворих віспою, вводилась здоровим людям в цілях профілактики. Китайська книга "Нова книга про щеплення проти віспи" (Чжун-тоу Хін-жу), новаторський труд в області імунології, був відомий в XVI столітті в деяких країнах Європи та Азії.

Спочатку китайська медицина складалася з чотирьох дисциплін. Так, в епоху династії Інь (1324-1066 рр. до н. е..) до династії Жоу (1066-1221 рр. до н. е..) різниця існувала між дієтологією (Інь-ян-і), лікувальною медициною (Ней-ге), зовнішньою медициною або хірургією (Вай-га) і ветеринарною (Шоу-и). В період від династії Тан (618-907 рр.) до династії Сун (960-1279 рр.) китайська медицина зазнала подальшого розподілу. Виникло одинадцять різних направлень:

- Медичне обслуговування дорослих (Да-фен-май).
- Загальна медицина (Цзе-і).
- Педіатрія (Хао-фен-май).
- Лікування паралічем (Фен-га).
- Гінекологія (Фу-ге).
- Офтальмологія (Ян-ге).

- Стоматологія (Гоу-ци).
- Лікування хвороб глотки та гортані (Ян-хоу).
- Ортопедія (Чжен-гу).
- Зовнішні хвороби та хірургія (Цзинь-чжуан).
- Метод голковколювання та припікання, або акупунктура (Чжень-цзю).

Зараз китайська медицина поділяться на дев'ять спеціалізованих областей: терапія, зовнішня медицина, гінекологія, педіатрія, офтальмологія, ларингологія, ортопедія, масаж і акупунктура. Кожна з цих областей охоплює великий об’єм знань, який повинен вивчатися особливо в лікарській спеціальності. Єдиним, що стало відомо на Заході, це голковколювання та припікання, "акупунктура".

Варто зазначити наступні методи біологічних досліджень: Метод спостереження дає можливість аналізувати й описувати біологічні явища. Щоб з’ясувати суть явища, необхідно насамперед зібрати фактичний матеріал та описати його. Цей метод доволі поширений у зоології, ботаніці, екології.

Збирання та описування фактів, що були основними методами дослідження на ранніх етапах розвитку біології — не втратили свого значення й сьогодні. Для опису та дослідження біологічних процесів біологи застосовували хімічні, фізичні, математичні методи, що сприяло виникненню суміжних дисциплін — біохімії, біофізики, біокібернетики, біоніки.

Порівняльний метод дає можливість шляхом зіставлення вивчати подібність та відмінність організмів. На принципах цього методу була заснована систематика та зроблено одне з найбільших біологічних узагальнень — створена клітинна теорія.

Історичний метод з’ясовує закономірності появи і розвитку організмів, становлення їхньої структури і функцій. Історичний метод запропонував Ч. Дарвін.

Експериментальний метод дослідження явищ пов’язаний з активним впливом на них дослідника в необхідному йому напрямку. При цьому визначають оптимальні умови та стежать за змінами перебігу процесів. Розрізняють експерименти польові та лабораторні. Польові експерименти проводять у природних екосистемах або агроценозах. Наприклад, на експериментальних ділянках вивчають вплив певних речовин на ріст рослин, випробовують заходи боротьби зі шкідниками, досліджують вплив господарської діяльності людини на природні екосистеми. Лабораторні експерименти проводять у спеціально обладнаних приміщеннях — лабораторіях. Найчастіше там досліджують об’єкти на молекулярному, клітинно-тканинному рівнях чи на рівні організму. У таких дослідженнях використовують організми, які спеціально розводять й утримують у лабораторних умовах. Виникла навіть ціла біологічна галузь — розведення лабораторних культур і організмів.

Моделювання — метод дослідження та демонстрації структур, функцій, процесів за допомогою їхньої спрощеної імітації. Моделювання є обов’язковим етапом багатьох наукових досліджень, оскільки дає можливість вивчати об’єкти та процеси, які неможливо безпосередньо спостерігати чи відтворити експериментально. Моделювання має виняткове значення, оскільки сприяє прогнозуванню можливих наслідків різних процесів або явищ. Особливе місце належить математичному моделюванню, завдяки якому можна проаналізувати складні кількісні взаємозв’язки та закономірності.

Математична модель — це вираження у вигляді системи рівнянь парних зв’язків (наприклад, залежність чисельності популяції рослиноїдної тварини від чисельності популяції хижака). Змінюючи числове значення одного з параметрів, уведених до моделі, можна спостерігати, яким чином змінюватимуться інші, тобто як поводитиме себе змодельована система за даних умов. Передумовою створення правильної математичної моделі слугує накопичена точна інформація про явища

чи процеси, які моделюють. Математичне моделювання (як і будь-які інші сучасні наукові дослідження) неможливе без застосування електронно-обчислювальної техніки.

Метод моніторингу — це постійне стеження за перебігом певних процесів в окремих екосистемах, біосфері в цілому чи за станом конкретних біологічних об’єктів. Моніторинг дає змогу не тільки визначити стан певних об’єктів, але й прогнозувати певні зміни та аналізувати їхні можливі наслідки (наприклад, зміни клімату планети: накопичення в атмосфері діоксиду карбону, загальне потепління). Завдяки моніторингу є можливість розробляти заходи охорони окремих популяцій організмів, екосистем і біосфери в цілому.

Математичні методи обробки результатів необхідні для перевірки ступеня вірогідності одержаних результатів і правильного їх узагальнення. Застосування математичних методів у біології сприяло її перетворенню з описової галузі в точну, яка ґрунтується на детальному аналізі одержаних даних. Цим займається статистичний метод.

Наукові поняття біології — форма мислення, за допомогою якої пізнають сутність явищ, процесів, узагальнюють їхні істотні ознаки. Будь-яка наука оперує певними поняттями, такими, як науковий факт, гіпотеза, закон, теорія, і повинна опиратися лише на встановлені наукові факти.

Науковий факт — це те, що дійсно встановлене (структура, подія, явище), але потребує наукового пояснення. На наукових фактах ґрунтуються гіпотези.

Поняття — форма узагальнення предметів і явищ. Істотні зв’язки між поняттями виражають закони.

Гіпотеза — науково обґрунтоване припущення, яке висувають для пояснення факту, що безпосередньо не спостерігається. Наприклад, гіпотеза чистоти гамет (Г. Мендель), гіпотези виникнення життя на Землі (О. Опарін, Дж. Холдейн, С. Фокс, С. Міллер).

Наукова теорія — це узагальнення певної системи фактів та закономірностей. Наприклад, клітинна теорія М. Шлейдена, Т. Шванна, теорія еволюції Ч. Дарвіна, хромосомна теорія спадковості Т. Моргана. Будь-яку теорію можна вважати науковою лише після того, як вона підтвердилась на практиці.

Статистично вірогідну закономірність у біології можна вважати правилом, або законом.

Біологічні закони — це закономірності, що, як правило, не мають винятків і можуть тлумачитися лише певним чином. Наприклад, біогенетичний закон Е. Геккеля та Ф. Мюллера, закон гомологічних рядів у спадковій мінливості М. І. Вавілова тощо. На відміну від інших наук (математики, філософії), у біології поняття «правило» та «закон» досить близькі, іноді взаємозамінні. Наприклад, закономірність, встановлену Г. Менделем, щодо одноманітності гібридів першого покоління, у деяких випадках називають першим законом спадковості, а інколи — правилом.

Рі́вні організа́ції живо́ї мате́рії — ієрархічно супідрядні рівні організації біосистем, що відображають рівні їх ускладнення. Найчастіше виділяють шість основних структурних рівнів життя: молекулярний, клітинний, організмовий, популяційно-видовий, біогеоценотичний та біосферний. До основних загальних властивостей живих систем належать єдність хімічного складу, наявність обміну речовин і енергії, здатність до саморегуляції, здатність до самовідтворення, мінливість, здатність до росту й розвитку.

Лекція 2. Хімічний склад живих організмів. Органічні сполуки живих систем. Хімічний склад живої клітини. Вода.

Хімічний склад організмів, на відміну від об'єктів неживої природи, відносно сталий. З понад 100 різних типів атомів хімічних елементів та їхніх ізотопів у живих організмах виявляють майже 60. Одні з них є обов'язковими в усіх організмах без винятку, інші - лише в окремих. Разом з тим у живих організмах не

виявлено жодного з хімічних елементів, якого б не було в неживій при роді. Це одне зі свідчень єдності живої і неживої природи.

Найбільший вміст у клітині чотирьох елементів: кисню (65 -70%), вуглецю (15-18%), водню (8- 10%), азоту (2-3%). Це органогенні елементи. Разом їх вміст становить 95-98% від загальної маси живого організму. Вміст у живому організмі таких елементів, як кальцій, калій, фосфор, сірка, силіцій, натрій, хлор, магній, залізо, становить десяті частки відсотку. Перелічені хімічні елементи належать до макроелементів. Кобальт, цинк, мідь, хром, бром, бор, йод, літій, радій містяться у дуже малих кількостях (менше 0,01%), їх називають мікроелементами. Важливість того чи іншого хімічного елементу для живих істот визначається не його кількістю. Багато мікроелементів входить до складу ферментів, гормонів та інших життєво важливих сполук, які впливають на процеси розмноження, кровотворення та ін.

Усі живі організми значно відрізняються від навколишньої неорганічної природи за кількісним хімічним складом. Великий вміст вуглецю в складі живих організмів пов'язаний з наяв ністю в них вуглецевмісних сполук, які називають органічними. У деяких живих організмах нагромаджуються певні хімічні елементи. Так у водоростях нагромаджується йод, у жовтці — літій, у болотній рясці — радій тощо. Із неорганічних сполук у клітині найбільше води. Чим вища інтенсивність обміну речовин у тій чи іншій тканині, тим більше вона містить води. В ембріону людини у віці 1,5 місяці вода становить 97,5%, у восьмимісячного — 83, у немовляти — 74, у дорослої людини в середньому 66%. Вміст води в різних органах і тканинах людського організму також різний. Так, мозок дорослої людини містить 86%, печінка — 70, кістки — 20% води. З віком вміст води у тканинах зменшується. Вода виконує в клітинах багато функцій: збереження об'єму, забезпечення пружності клітин, розчинення різних хімічних речовин. Крім того, вода — це середовище, в якому відбуваються всі хімічні процеси. Вона

безпосереднь о бере участь в усіх хімічних реакціях. Так, розщеплення жирів, вуглеводів та інших органічних сполук відбувається в результаті їх хімічної взаємодії з водою. Завдяки високій теплоємності вода захищає цитоплазму від різких коливань температури, сприяє терморегуляції клітин і організму.

Частина молекул води (~15%) у клітинах перебуває у зв'язаному з білковими молекулами стані. Вони ізолюють білкові молекули одна від одної в колоїдних розчинах. Кальцій в організмі людини міститься в основному у складі кісток і зубів. Потреба дорослої людини в кальції — 0,8-1,0 г на добу. Значно більша кількість кальцію (до 2 г на добу) потрібна вагітним жінкам, жінкам, які годують немовлят, та дітям, в організмі яких кальцій використовується на утворення кісток. Магній відіграє дуже важливу роль в організмі людини. Більша частина магнію міститься в кістках. Потреба дорослої людини в магнії — 400 мг на добу. Натрій та калій відіграє дуже важливу роль у процесах обміну речовин та регулюванні осмотичного тиску крові.

Іони натрію викликають набухання колоїдів тканин і тим самим затримують в організмі зв'язану воду. В організмі людини калій бере участь у біохімічних реакціях, утворенні буферних систем. У присутності калію зменшується здатність білків утримувати воду, що допомагає виводити її з організму. Фосфору належить провідна роль у функціонуванні центральної нервової системи. Сполуки фосфору найбільш поширені в організмі людини і мають велике значення у процесах обміну речовин у м'язах.

Фосфор входить до складу АТФ — головного акумулятору енергії тваринного організму. Крім того, фосфор потрібен кожному клітинному ядру, тому що на нуклеїнових кислотах, які містять фосфор, записана програма побудови кожної клітини, програма побудови усього організму — спадковість. Добова потреба людини у фосфорі 1,6-2,0 г. Йоду в організмі людини міститься небагато (20-30

мг). Половина цієї кількості знаходиться у щитоподібній залозі, а друга частина — у м'язах, кістках та крові.

Йод неорганічних сполук у щитоподібній залозі через кілька годин перетворюється в органічні сполуки. Ці сполуки стимулюють обмінні процеси організму. Якщо в раціоні харчування недостатня кількість йоду, то порушується діяльність щитоподібної залози і розвивається тяжке захворювання — зоб.

Якщо визначити вміст різних речовин у живих організмах, то води в них міститься більше за все. Це зрозуміло, бо вода становить основу внутрішнього середовища організмів. Але якщо не враховувати воду, то основну частину маси тіла становитимуть органічні речовини. Як ви вже знаєте, основними органічними речовинами живих організмів є білки, вуглеводи, ліпіди й нуклеїнові кислоти.

Ці речовини є основою живих клітин (у тому числі й усіх органел). Без них неможливе існування процесів обміну речовин і здійснення біохімічних реакцій з високою швидкістю. Усі фундаментальні властивості живого проявляються завдяки саме цим речовинам.

Органічні речовини утворюють не тільки структури живих клітин, але й важливі позаклітинні структури. Наприклад, вуглевод хітин є основою зовнішніх покривів членистоногих, а білки кератини утворюють волосся, нігті, рога носорогів, пір’я птахів тощо.

Білки — це великі органічні молекули, біополімери. Мономерами білків є амінокислоти. Білок — це лінійний полімер, який складається з великої кількості амінокислот, з’єднаних у ланцюжок і згорнутих у просторі певним чином. Кожна білкова молекула має свою унікальну, тільки їй притаманну, просторову тривимірну структуру. І тільки в такому вигляді вона може нормально виконувати свої унікальні функції.

Білки за їхнім складом можна розділити на дві великі групи — прості та складні. До складу простих білків входять тільки амінокислоти. Складні білки, крім залишків амінокислот, містять ще й небілкову частину — простетичну групу. Такою групою може бути як органічна, так і неорганічна молекула.

За формою молекули білки також можна поділити на дві великі групи — глобулярні й фібрилярні. Молекули глобулярних білків мають вигляд грудочки, а молекули фібрилярних білків — нитки.

Білків у живих організмах дуже багато, і виконують вони в них різноманітні функції. Практично всі функції живих організмів тією чи іншою мірою пов’язані з роботою певних груп білків. За допомогою білків організми будують свої структури, здійснюють процеси життєдіяльності й відтворюють себе.

Основними функціями білків є каталітична, структурна, регуляторна, сигнальна, транспортна, захисна, рухова, запасаюча і токсична.

Вуглеводи є складними органічними сполуками, до складу молекул яких входять кілька груп: гідроксильна (-ОН), карбоксильна група (-СООН) або карбонільна (СОН). Загальна формула вуглеводів — $C_n(H_20)_m$, де n і m є натуральними числами.

Значна частина вуглеводів є біополімерами (крохмаль, целюлоза, глікоген). Такі біополімери називають полісахаридами. їхніми мономерами є молекули невеликих вуглеводів (наприклад, глюкози), які називають моносахаридами. Такі вуглеводи містять невелику кількість атомів Карбону (від 3 до 7 атомів у молекулі). У живих організмах моносахариди можуть міститися як окремі речовини, а не тільки у складі полісахаридів, або об’єднуватися попарно, утворюючи дисахариди

Основними функціями вуглеводів у живих організмах є структурна, захисна, резервна, рецепторна, пластична й енергетична.

Ліпіди є групою речовин, які об’єднали насамперед не за хімічною будовою, а за фізичними властивостями. Вони всі є нерозчинними у воді маслянистими або жирними речовинами. Найбільш поширеними ліпідами є жири й олії (естери трьохатомного спирту), воски (естери одноатомного спирту) та стероїди (ароматичні сполуки) (мал. 14.2).

Складовою більшості ліпідів є багатоатомний спирт гліцерол ($C_3H_5(OH)_3$) і жирні кислоти. У багатьох випадках до молекули гліцеролу приєднуються тільки дві молекули жирних кислот. А третя ОН-група взаємодіє з молекулою ортофосфатної кислоти (такі сполуки називають фосфоліпідами).

У складі восків і стероїдів гліцерол відсутній. Воски є сполуками жирних кислот з іншими спиртами, які мають довгі молекули і лише одну ОН-групу. Тому в складі молекул кожного з восків є лише одна молекула жирної кислоти й одна молекула спирту.

Стероїди не містять ані жирних кислот, ані спиртів. Вони є полімерами вуглеводню ізопрену (C_5H_8). їхній скелет з атомів Карбону утворює кілька кільцевих структур, об’єднаних в одне ціле.

Основними функціями ліпідів у живих організмах є структурна, захисна, регуляторна, резервна, пластична й енергетична.

Молекули нуклеїнових кислот є великими органічними молекулами — біополімерами, мономерами яких є нуклеотиди. У живих організмах існує два типи нуклеїнових кислот — РНК (рибонуклеїнова кислота) і ДНК (дезоксирибонуклеїнова кислота). Вони відрізняються між собою за складом і особливостями будови

До складу нуклеотидів ДНК входить залишок ортофосфатної кислоти, моносахарид дезоксирибоза і чотири нітрогеновмісні основи — аденін, тимін, цитозин і гуанін. А власне молекули ДНК зазвичай складаються з двох ланцюжків нуклеотидів, які з’єднані між собою водневими зв’язками.

Будова молекули РНК схожа на будову молекули ДНК, але у нуклеотидах РНК замість дезоксирибози міститься моносахарид рибоза, а замість тиміну — урацил. Крім того, молекула РНК зазвичай складається з одного ланцюжка нуклеотидів, різні фрагменти якого утворюють між собою водневі зв’язки.

Головною функцією нуклеїнових кислот є робота зі спадковою інформацією, а саме: її зберігання, передача та реалізація.

Хіміч́ний склад клітини — сукупність хімічних елементів, що містяться у клітині та виконують певні функції, пов'язані з її життєдіяльністю та з життєдіяльністю організму в цілому. Умовно хімічний склад клітини можна роздивлятися на атомному та молекулярному рівні. Елементний склад визначається хімічними елементами, що беруть участь в життєдіяльності клітини. Їх називають біоелементами. Ці елементи наявні й у неживій природі, але у клітинах вони мають відносно стале співвідношення. Біоелементи залежно від кількісного складу поділяють на органогени, макро- та мікроелементи. Найбільший відсотковий вміст припадає на Карбон, Оксиген, Гідроген і Нітроген, що є органогенами. Вони відрізняються від інших малими розмірами і незначною відносною атомною масою. Саме ці особливості й зумовлюють їхню участь у побудові багатьох сполук живого, тобто структурну функцію. Так, Карбон входить до складу усіх органічних сполук, Нітроген є складником амінокислот, білків, нуклеїнових кислот, вітамінів. До макроелементів відносять Калій, Кальцій, Натрій, Магній, Ферум, що є металами, і Фосфор, Хлор, Сульфур, що належать до неметалів. Ці елементи крім структурної функції здійснюють ще й регуляторну.

Наприклад, Кальцій забезпечує зсідання крові, а Натрій і Калій регулюють транспортування речовин у клітину і з клітини. Мікроелементами є Цинк, Йод, Флуор, Купрум, Манган, Кобальт та ін. Ці елементи входять до складу біологічно активних речовин (гормонів, ферментів) та здійснюють регуляторну функцію. Так, Йод входить до складу гормонів щитоподібної залози, Цинк - до складу інсуліну.

Молекулярний склад живого пов’язаний з наявністю в клітинах неорганічних й органічних сполук. З неорганічних речовин у клітині найбільший вміст припадає на воду й мінеральні солі. Органічними речовинами клітин є білки, вуглеводи, ліпіди й нуклеїнові кислоти. Ці молекули утворюють складові частини клітин, забезпечують потребу клітин в енергії, захищають від чужорідних впливів середовища, беруть участь у регуляції життєдіяльності, зберігають й передають спадкову інформацію. Детальніше про будову, властивості та функції речовин клітини ми дізнаємось згодом.

Немає в організмі жодного процесу, пов'язаного з обміном речовин, який проходив би без участі води. Чим енергійніше ці процеси протікають, тим людина має більшу потребу у воді. В молодому організмі, що росте, вміст води більший, ніж у дорослої людини. У новонародженого кількість води досягає 75% ваги тіла.

Кожна жива клітинка організму людини містить цілющий водний розчин різних живильних речовин. Вода бере активну участь в хімічних реакціях, що проходять в нашому тілі, доставляє живильні речовини в кожну клітку, виводить токсини, шлаки і надлишки солей, сприяє пониженню кров'яного тиску.

Завдяки властивостям води, як розчинника, кров і лімфа служать ідеальним середовищем для протікання в організмі найскладніших хімічних процесів. Здатність організму підтримувати постійну температуру тіла в значній мірі обумовлена трьома фізичними властивостями води:

- вода володіє високою здатністю запасати тепло. Навіть холоднокровні тварини здатні підтримувати відносну постійність температури тіла при короткочасних коливаннях температури навколишнього середовища завдяки фізичним властивостям рідини, що міститься в їх організмі;
- вода має високий ступінь теплопровідності. Завдяки цьому тепло легко відводиться з глибоко розташованих частин тіла;
- вода постійно випаровується з поверхні легенів і шкіри. При випаровуванні втрачається значна кількість тепла, що має значення для процесів фізичної теплорегуляції.

Достатнє надходження води в організм є однією з основних умов здоров’я. Споживання достатньої кількості води – це один з кращих способів запобігти утворенню каміння в нирках. Вода як би "мастить" суглоби, виконуючи тим самим роль амортизації для спинного мозку, а також регулює температуру тіла і забезпечує еластичність шкіри. Вода необхідна для нормального травлення. Беручи участь в обміні речовин, ця унікальна рідина дозволяє зменшити жирові накопичення і понизити вагу.

Недостатнє споживання води порушує нормальну життєдіяльність організму: з'являється утомленість і знижується працездатність, порушуються процеси травлення і засвоєння їжі, сповільнюється перебіг біохімічних реакцій, збільшується в'язкість крові, що створює умови утворення тромбів, порушується процес кровотворення. Без води неможлива регуляція теплообміну організму з навколишнім середовищем і підтримка постійної температури тіла.

Оскільки мозок на 75% складається з води, відносне його обезводнення викликає у кліток мозку найсильніший стрес. Обезводнення негативно впливає на найважливіші функції організму, ослабляючи його і роблячи уразливим для хвороб.

Потреба у воді залежить від характеру живлення, трудової діяльності, стану здоров'я, віку, клімату і інших чинників. Потреба у воді дорослої людини, що проживає в середній смузі, – 2,5–3 л на добу. Учені підрахували, що частину води (1,5 -2 л) ми споживаємо з їжею і напоями, близько 3% (0,3 л) води утворюється в результату біохімічних процесів в самому організмі. Таким чином, потреба організму в питній воді складає приблизно 1,2 -1,5 л на добу.

Потреба у воді збільшується в середньому: на 10% - при підвищенні температури тіла на кожний градус вище 37 °С , при фізичній роботі середньої тяжкості - до 4–5 л, при важкій роботі на свіжому повітрі - до 6 л, а при роботі в гарячих цехах може збільшуватися до 15 л.

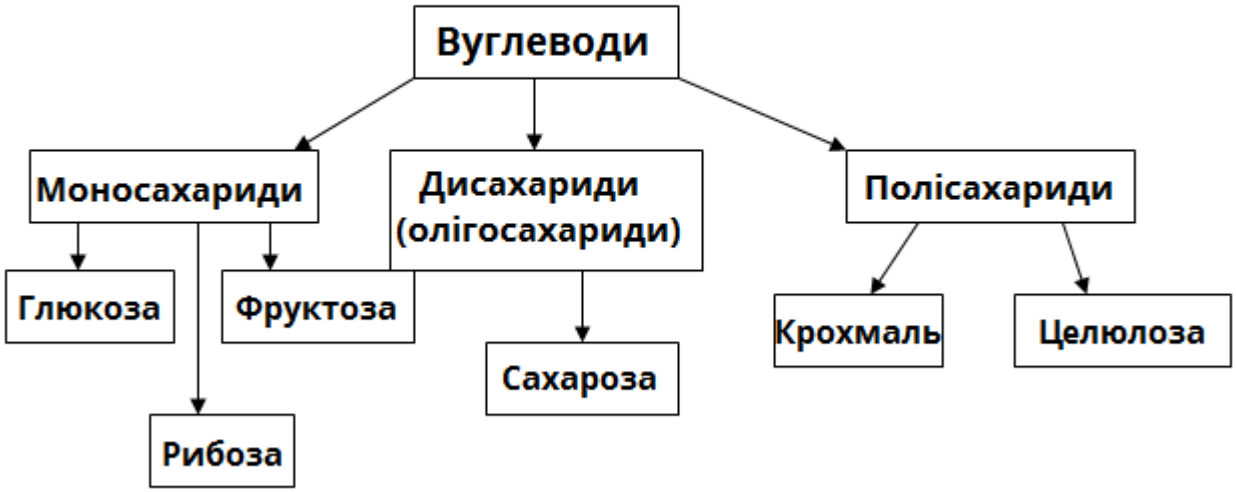
Лекція 3. Вуглеводи. Ліпіди. Їх структура та біологічні властивості.

Основна функція вуглеводів — енергетична (при розщепленні і окисненні молекул вуглеводів виділяється енергія, яка забезпечує життєдіяльність організму). Під час окиснення 1 г вуглеводів виділяється 17,6 кДж енергії. При надлишку вуглеводів

вони накопичуються у клітині як запасні речовини (крохмаль, глікоген) і при необхідності використовуються організмом як джерело енергії. Вуглеводи також використовуються клітинами, як будівельний матеріал.

Вуглеводи — природні оксигеновмісні сполуки. Їх молекули містять три елементи: Карбон, Гідроген і Оксиген. Співвідношення числа атомів Гідрогену і Оксигену таке ж саме, як у воді — 2 : 1. Звідси і пішла назва «вуглеводи». Загальна формула вуглеводів:

До складу похідних вуглеводів можуть входити і інші елементи.



Розглянемо особливості будови молекул вуглеводів та їхні характерні властивості на прикладі конкретних сполук.

Целюлоза — вуглевод, який утворює клітинні стінки в клітинах рослин

Хітин — вуглевод, який утворює зовнішні покриви комах

Лактоза — вуглевод, який міститься в молоці

Основними функціями вуглеводів у живих організмах є структурна, захисна, резервна, рецепторна, пластична й енергетична.

Структурну й захисну функції виконують такі вуглеводи, як целюлоза й хітин. Вони створюють структури клітин і організмів, які забезпечують підтримання їхньої форми, міцність і захист від пошкоджень. Ці сполуки можуть входити до складу клітин або формувати структури поза клітинами. Наприклад, целюлоза є

основою клітинної стінки, а хітин становить основу зовнішнього скелета членистоногих, який є неклітинною структурою.

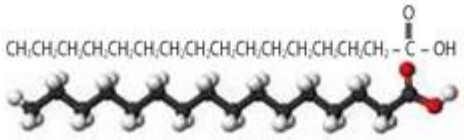
Резервну функцію виконують глікоген (у тварин і грибів) і крохмаль (у рослин). У формі цих сполук організми запасають поживні речовини. Рецепторну функцію виконують ті невеликі молекули вуглеводів, які разом з білками утворюють рецептори на поверхні клітин.

Пластичну функцію здійснюють такі вуглеводи, як рибоза й дезоксирибоза. Вони беруть участь в утворенні нових молекул органічних речовин (нуклеїнові кислоти). Енергетичну функцію можуть виконувати багато вуглеводів. Під час окиснення 1 г вуглеводів у клітині утворюється 4,1 ккал (17,17 кДж) енергії, яка потім використовується клітиною.

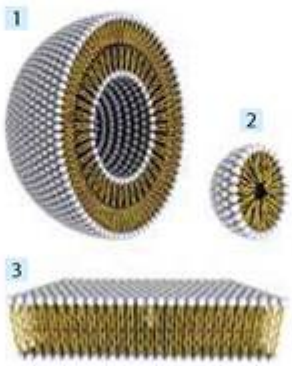
Дріжджі не мають ферментів для розщеплення молекул крохмалю. Але вони легко перетворюють моносахариди або дисахариди на спирт. Тому у виробництві пива використовують солод — продукт із пророщеного зерна злаків. Солод містить багато ферментів, які розщеплюють крохмаль до мальтози. А вже з неї дріжджі роблять пиво.

Ліпіди - це дуже різноманітна за хімічним складом група органічних речовин живого. Молекули ліпідів можуть містити залишки спиртів, жирних кислот, сульфатної кислоти, вуглеводів, білків та ін. Властивості багатьох ліпідів значною мірою визначаються жирними кислотами. Жирні кислоти - це група малих молекул, що за хімічною природою є одноосновними карбоновими кислотами. Загальна формулою жирних кислот - $CH_3(CH_2)_nCOOH$. Їхні молекули мають дві різні частини: довгий карбоновий ланцюг і карбоксильну групу (іл. 11). Гідрофобний ланцюг жирних кислот малоактивний, з водою не взаємодіє, і тому вся їхня хімічна активність зумовлена гідрофільною карбоксильною групою.

Завдяки таким особливостям жирні кислоти та їхні похідні у воді утворюють поверхневі плівки, краплини, невеликі кулясті міцели та ін. (іл. 12). Ці комплекси мають величезне значення для організмів, оскільки беруть участь у побудові клітинних мембран, утворюють запасливі включення, забезпечують засвоєння жиророзчинних вітамінів, сприяють травленню жирів тощо. На сьогодні відомо понад 800 природних жирних кислот, проте значного поширення у живій природі набули близько 20. Найбільш відомими є пальмітинова - $CH_3(CH_2)_{14}COOH$ (див. іл. 11), стеаринова - $CH_3(CH_2)_{16}COOH$, олеїнова - $CH_3(CH_2)_7CH{=}CH\ (CH_2)_7COOH$ та ін. Вони можуть бути насиченими (не мають подвійних зв'язків) і ненасиченими (з подвійними зв'язками).



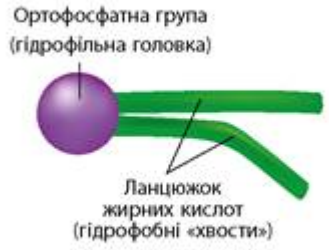
Іл. 11. Пальмітинова кислота: хімічний склад та будова молекули



Іл. 12. Фосфоліпідні утвори: 1 - ліпосома; 2 - міцела; 3 - біліпідний шар

Жирні кислоти беруть участь в хімічних реакціях утворення ліпідів як реагенти і не є мономерами, тому ліпіди - це неполімерні сполуки. Більшість ліпідів (воски, жири) характеризуються нерозчинністю у воді (гідрофобністю) та розчинністю у неполярних розчинниках: естері, ацетоні, хлороформі, бензені та ін. Такі

властивості зумовлені відсутністю полярних груп у їхніх молекулах. Інші групи ліпідів (фосфоліпіди, гліколіпіди) проявляють подвійні амфіфільні властивості, тому що містять полярні (гідрофільні головки ортофосфатної кислоти чи спирту) і неполярні (ланцюжок жирної кислоти) групи.



Існує декілька класифікацій ліпідів, серед яких можна виокремити класифікації за біологічними функціями (резервні та структурні ліпіди), властивостями (полярні та неполярні ліпіди) і класифікація за структурними особливостями, що є найбільш вживаною. Згідно з нею всі ліпіди поділяються на прості та складні.

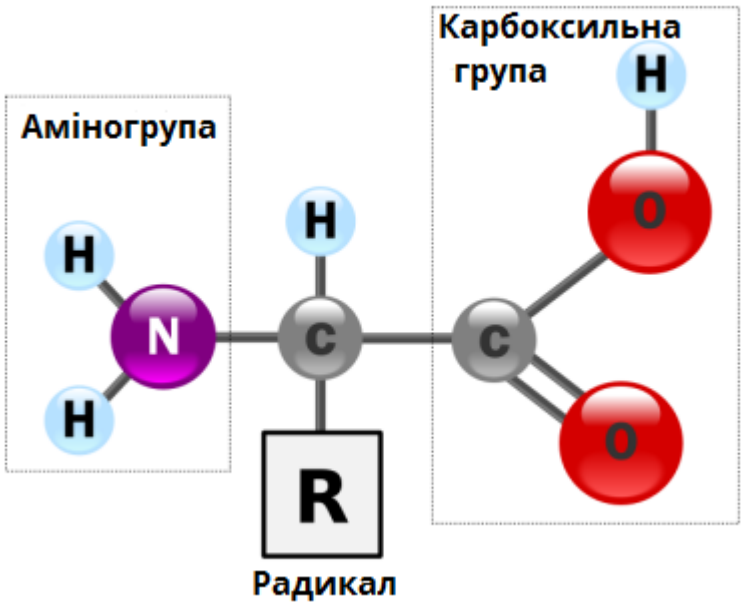
Прості ліпіди є похідними жирних кислот і спиртів. Найвідомішими з них є воски й жири. Воски - це гідрофобні сполуки, в утворенні яких беруть участь жирні кислоти й одноатомні спирти. Їх поділяють на тваринні воски (наприклад, спермацет, ланолін, бджолиний віск, китайський віск) та рослинні воски (наприклад, кутин, суберин). Ці речовини утворюють захисну кутикулу на листках й плодах, вкривають хітинову оболонку комах й павуків, використовуються для побудови сотів бджолами, збільшують плавучість китів та ін. (іл. 14). Жири - це гідрофобні сполуки, в утворенні яких беруть участь жирні кислоти й триатомний спирт гліцерол. За походженням жири поділяють на рослинні (соняшникова, трояндова олії, масло какао) й тваринні (китовий жир, свинячий жир, риб’ячий жир). Вони можуть бути рідкими (містять ненасичені жирні кислоти) й твердими (мають насичені жирні кислоти). Основна функція жирів - енергетична.

Складні ліпіди окрім ліпідної частини містять й інші речовини. У ліпопротеїдів такими сполуками є білки, у фосфоліпідів - залишок ортофосфатної кислоти, у гліколіпідів - вуглеводи. Ці сполуки виконують здебільшого структурну функцію.

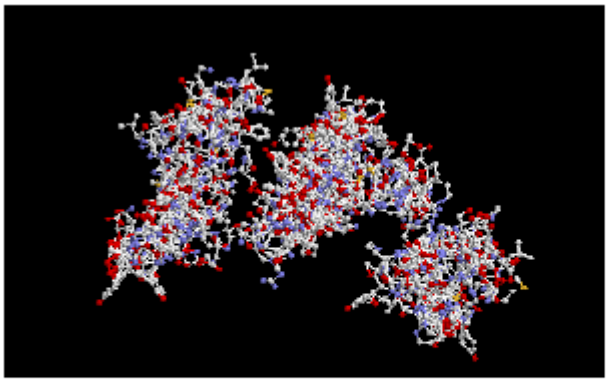
До ліпідів відносять й жироподібні сполуки (ліпоїди), що є їхніми попередниками або похідними. Більшість із них здійснюють в організмі регуляторну функцію. Прикладом подібних речовин є стероїди - гідрофобні сполуки, що виявляють високу біологічну активність. До стероїдів належать холестерин, жовчні кислоти. Стероїдну природу мають й статеві гормони та гормони надниркових залоз (кортикостероїди). До жироподібних сполук належать жиророзчинні вітаміни A, D, E і K.

Лекція 4. Білки, їх структура та біологічні функції. Ферменти та їх властивості.

Білки (протеїни, поліпептиди) — найчисленніші, найбільш різноманітні біополімери, що мають першорядне значення для клітин. До складу молекул білків входять атоми Карбону, Гідрогену, Оксигену, Нітрогену, а і іноді Сульфуру, Фосфору і Феруму. Мономерами білків є амінокислоти, які (маючи у своєму складі карбоксильну та аміногрупи) мають властивості і кислоти, і основи, отже є амфотерними сполуками.



Завдяки цьому амінокислоти можуть сполучатися одна з одною (їх кількість в одній молекулі може досягати декількох сотень). У зв'язку з цим молекули білків мають великі розміри, і їх називають макромолекулами.



Структура білкової молекули

Під структурою білкової молекули розуміють її амінокислотний склад, послідовність мономерів і ступінь скрученности молекули білка.
У молекулах білків зустрічається всього 20 видів різних амінокислот, і величезна різноманітність білків утворюється за рахунок різного їх поєднання.

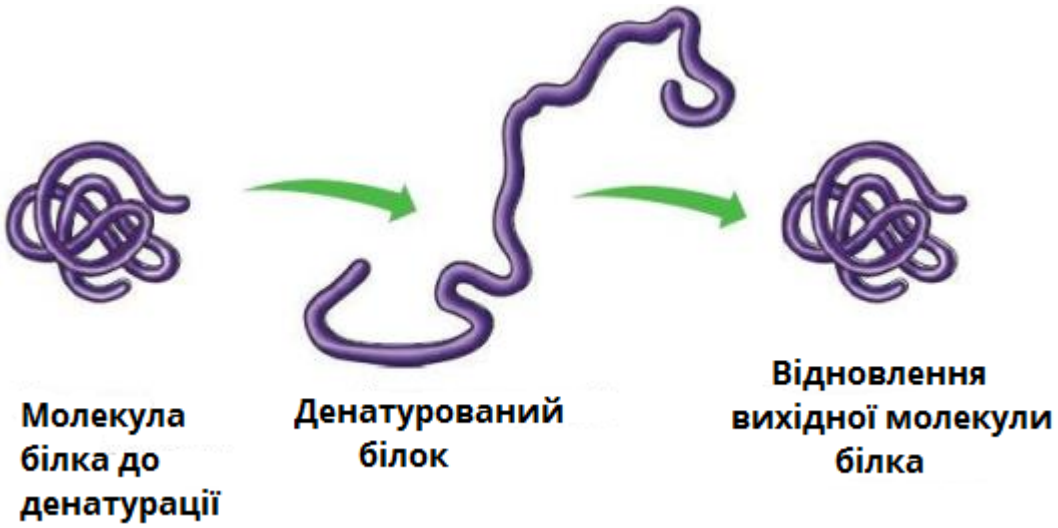
- Послідовність амінокислот у складі поліпептидного ланцюга — це первинна структура білка (вона є унікальною для будь-якого білка і визначає його форму, властивості і функції).
- Довга молекула білка згортається і набуває спочатку вигляд спіралі в результаті утворення водневих зв'язків між — CO та — NH групами різних амінокислотних залишків поліпептидного ланцюга (між Карбоном карбоксильної групи однієї амінокислоти і Нітрогеном аміногрупи іншої амінокислоти). Ця спіраль — вторинна структура білка.
- Третинна структура білка — тривимірна просторова «упаковка» поліпептидного ланцюга у вигляді глобули (кульки). Міцність третинної структури забезпечується різноманітними зв'язками, що виникають між радикалами амінокислот (гідрофобними, водневими, йонними і дисульфідними S — S зв'язками).
- Деякі білки (наприклад, гемоглобін крові людини) мають четвертинну структуру. Вона виникає у результаті сполучення декількох макромолекул з третинною

структурою у складний комплекс. Четвертинна структура утримується неміцними йонними, водневими і гідрофобними зв'язками.

Структура білків може порушуватися (піддаватися денатурації) при нагріванні, обробці деякими хімічними речовинами, опроміненні, тощо. При слабкому впливі розпадається лише четвертинна структура, при сильнішому — третинна, потім — вторинна, і білок залишається у вигляді поліпептидного ланцюга. У результаті денатурації білок втрачає здатність виконувати свою функцію.

Порушення четвертинної, третинної і вторинної структур можна зупинити. Цей

процес називають ренатурацією.



Руйнування первинної структури білка є незворотнім.

Крім простих білків, що складаються тільки з амінокислот, є ще й складні білки, до складу яких можуть входити вуглеводи (глікопротеїни), жири (ліпопротеїни), нуклеїнові кислоти (нуклеопротеїнами), тощо.
Усі хімічні процеси, що відбуваються в живому організмі, прискорюються специфічними каталізаторами, які одержали назву ферментів, або ензимів.

Речовини, стійкі за звичайних умов, в організмі під дією ферментів легко розщеплюються. Наприклад, вуглеводи, жири і білки, потрапляючи в організм, під впливом відповідних ферментів дуже швидко (протягом кількох годин) підлягають розщепленню з утворенням більш простих сполук.

За своєю природою всі ферменти — білки. Доказом білкової природи ферментів є деякі їх фізико-хімічні властивості, характерні для білків. Ферменти, як і білки, у розчині перебувають в колоїдному стані, є амфотерними електролітами. У разі додавання солей, особливо амоній сульфату, ферменти випадають в осад, тобто висолюються. Під впливом високої температури, сильних кислот і лугів, солей важких металів та інших чинників, що спричиняють денатурацію білків, ферменти

денатурують і втрачають каталітичні властивості. Важливим доказом білкової природи ферментів є також розщеплення їх пепсином і трипсином — ферментами, що розщеплюють білки.

Ферменти — термолабільні сполуки. Це означає, що під дією високих температур вони денатурують. Спочатку, з підвищенням температури, активність їх різко знижується, згодом зовсім припиняється. За температури +80 °С ферменти руйнуються. Виняток становлять лише окремі ферменти, які витримують температуру +100 °С і не руйнуються. За низьких температур (нижче 0 °С) ферменти припиняють свою дію, але не руйнуються. Для більшості ферментів людини і ссавців оптимальною температурою функціонування є +37...+40 °С.

Кожний фермент виявляє свою максимальну дію за певного значення pH, яке одержало назву pH-оптимуму. Для більшості ферментів людини і ссавців оптимальне значення pH міститься в слабокислому або слаболужному середовищі. Проте відомі ферменти, які виявляють максимальну активність при pH = 1,5-2,5 (пепсин шлункового соку) і при pH = 8,0 (хімотрипсин дванадцятипалої кишки).

Зміна каталітичної активності ферменту за різних значень pH пояснюється зміною тієї просторової конфігурації, яка детермінує його каталітичні властивості.

Ферменти прискорюють перебіг хімічних реакцій як у бік розщеплення якоїсь речовини, так і в бік її синтезу, тобто діють в обох напрямках.

Крім температури і значення pH, на активність ферментів впливає концентрація субстрату. За малих концентрацій субстрату реакція відбувається повільно, але з підвищенням концентрації швидкість реакції поступово зростає і за певних значень стає постійною. Відбувається процес так званого насичення ферменту субстратом. Подальше збільшення концентрації субстрату призводить до уповільнення реакції. Велике значення для швидкості реакції має і концентрація

самого ферменту. За оптимальної концентрації речовини швидкість реакції прямопропорційна концентрації ферменту в розчині.

Речовини, що знижують активність ферментів, називають інгібіторами. Ними є, наприклад, катіони важких металічних елементів.

Властивості ферментів наступні:

- 1. Значно підвищують швидкість перебігу біохімічних реакцій, але не входять до складу кінцевих продуктів реакції.
- 2. Забезпечують перебіг лише тих біохімічних реакцій, які можливі за законами термодинаміки.
- 3. Прискорюють швидкість як прямої, так і зворотної реакції перетворення субстрату, не змінюючи константи рівноваги ($К_р$) реакції та зменшуючи термін часу для досягнення стану рівноваги (або стаціонарного стану у відкритій метаболічній системі).
- 4. Під час реакції фермент певним чином взаємодіє із субстратом, але до складу кінцевих продуктів реакції не входить. Під час перебігу біохімічної реакції, що каталізується, відбувається циклічний процес, під час якого фермент та субстрат підлягають ступеневому перетворенню з утворенням продукту реакції та регенерацією ферменту.
- 5. Це високоспецифічні каталізатори, які діють на структурно близькі субстрати, що мають певний хімічний зв’язок, структурно подібні радикали або функціональні групи. Виявом високої специфічності ферментів є їх стереоспецифічність, тобто здатність перетворювати тільки певні стереоізомери, наприклад L- або D-амінокислоти, D- або L-моносахариди.
- 6. Каталітична активність ферментів дуже чутлива до змін фізико-хімічних властивостей середовища (pH, температури), які можуть впливати на

структурну організацію молекул ферментів, спричиняючи в певних умовах їх денатурацію.

- 7. Активність ферментів може суттєво змінюватися під впливом певних хімічних сполук, що збільшують (активатори) або зменшують (інгібітори) швидкість реакції, яка каталізується.

Ферменти як речовини білкової природи поділяють на прості (ферменти-протеїни) і складні (ферменти-протеїди).

Ферменти-протеїни складаються тільки з амінокислот. У більшості з них до складу молекули входить один поліпептидний ланцюг, який має характерну вторинну структуру у вигляді α- та β-спіралей (іноді вони мають третинну й четвертинну структури). За хімічними властивостями прості ферменти відносять до альбумінів, глобулінів та інших груп простих білків.

Ферменти-протеїди складаються із двох частин: термолабільної білкової і термостабільної небілкової. Білкову частину складного ферменту називають апоферментом, небілкову — кофактором. Комплекс кофактора з апоферментом називають холоферментом. Зв’язок між апоферментом і кофактором у молекулах складних ферментів неоднаковий. У багатьох випадках кофактори слабо зв’язані з апоферментом, з’єднуються з ним тільки під час ферментативної реакції і легко відокремлюються в процесі діалізу. У цьому разі кофактор називають коферментом. Деякі кофактори сполучені з апоферментом міцним ковалентним зв’язком. Такий кофактор називають простетичною групою. Проте проводити чітку межу між коферментом і простетичною групою не можна, оскільки в складі одного ферменту-протеїду кофактор може бути міцно сполучений з апоферментом, у складі іншого — слабо. Тому такий розподіл є умовним.

Лекція 5. Структура і функції нуклеїнових кислот. АТФ. Нуклеотид. ДНК, РНК. Функції ДНК. Генетичний код.

Порівняно з білками, вуглеводами та ліпідами нуклеїнових кислот у клітині дуже мало, але їхнє значення настільки велике, що можна сказати: без нуклеїнових кислот життя не можливе.

Нуклеїнові кислоти — це інформаційний банк, у якому знаходяться усі відомості про склад, розвиток і функціонування живих систем. У них не тільки зберігається спадковий матеріал, він активно реалізується під час процесів синтезу, розвитку організму, поділу клітин та розмноження.

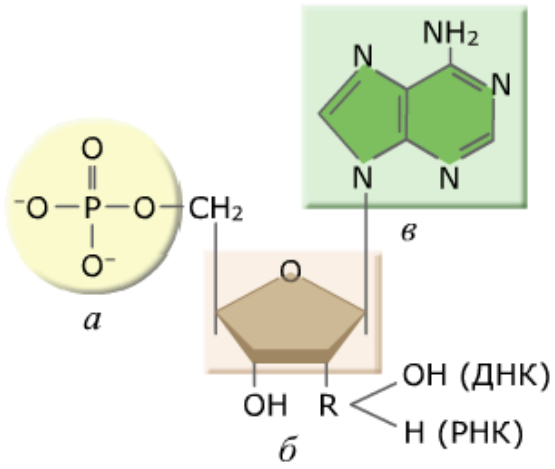
Уперше нуклеїнові кислоти виділив і описав швейцарський біохімік Фрідріх Мішер, який у 1869 р. вилучив із ядер клітин специфічну речовину і назвав її «нуклеїном» (від лат. nucleus — ядро). Дослідження нуклеїнових кислот триває й досі.

Нуклеїнові кислоти — складні високомолекулярні біополімери, мономерами яких є нуклеотиди.

Число нуклеотидів у складі однієї молекули нуклеїнової кислоти може сягати 200 млн.

Вони можуть існувати вільно і у складі полімерів — молекул ДНК (дезоксирибонкулеїнової кислоти) і РНК (рибонуклеїнової кислоти).

Молекула нуклеотиду складається з трьох компонентів: залишків нітратної основи, п’ятивуглецевого моносахариду (пентози) та ортофосфатної кислоти.



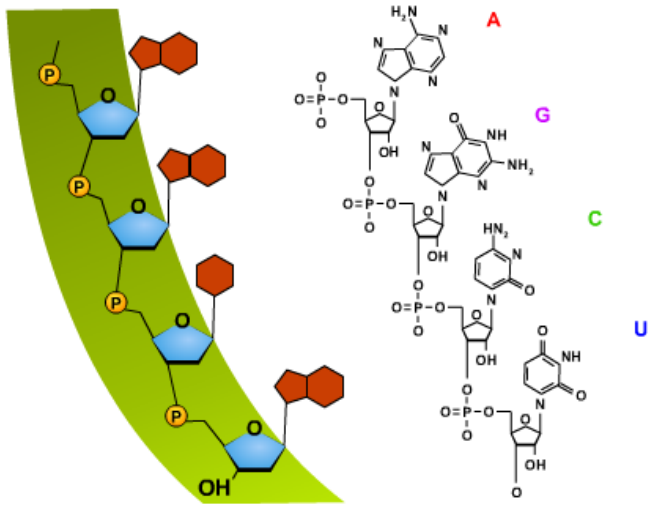
Загальна формула нуклеотиду:
а — ортофосфатна кислота, *б* — п'ятивуглецевий моносахарид (пентоза), *в* — нітратна основа

Залежно від виду пентози, що входить до складу нуклеотиду, розрізняють два типи нуклеотидів: рибонуклеотиди, що мають пенотозу рибозу, і дезоксирибонуклеотиди, що мають пентозу дезоксирибозу. Рибонуклеотиди утворюють полімерні нуклеїнові кислоти РНК, а дезоксирибонуклеотиди — ДНК.

Склад ДНК

Склад РНК

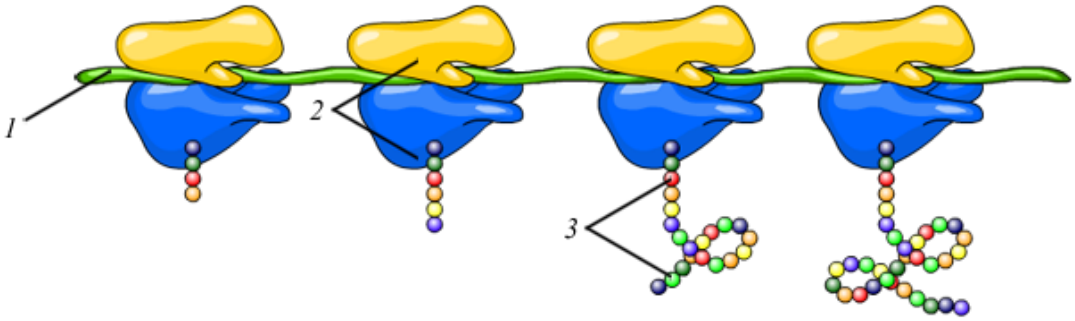
Нуклеотиди з аденіном, гуаніном і цитозіном входять до складу як ДНК, так і РНК. Проте тимін міститься лише в нуклеотидах ДНК, а урацил — в РНК.



Схематична будова фрагменту РНК

РНК зустрічається в усіх живих організмах: вірусах, прокаріотах та еукаріотах. Існують декілька видів РНК, розглянемо їхню будову, функції та місцезнаходження у клітині.

Інформаційна (або матрична) РНК (коротке позначення іРНК, або мРНК) може знаходитись у цитоплазмі, ядрі, мітохондріях, хлоропластах, утворювати з рибосомами комплекс полісому. Основні функції іРНК — перенесення генетичної інформації від основного джерела (як правило, від ДНК) до місця синтезу білка та безпосередня участь у синтезі білкових молекул.



Полісома:
1 — іРНК, *2* — рибосома, *3* — поліпептид

Транспортна РНК (тРНК) міститься в цитоплазмі, мітохондріях і пластидах, має найменші розміри серед усіх молекул РНК (складається з 70—90 нуклеотидів).

Основна функція тРНК — переносити амінокислоти до рибосом, на яких відбувається синтез білкових молекул. Кожен вид тРНК високо специфічний, тобто переносить тільки конкретну амінокислоту. Хоча до складу білка входить 20 амінокислот, існує 60 видів тРНК (декілька видів тРНК можуть переносити один вид амінокислот).

Транспортна РНК має вторинну структуру, що підтримується водневими зв'язками і формою нагадує листок конюшини. Біля верхівки «листка» містяться три нуклеотиди, які відповідають певній амінокислоті за генетичним кодом. Вони називаються антикодоном. А з протилежного боку, біля основи молекули тРНК, є ділянка, до якої приєднується амінокислота.

Молекула тРНК може утворювати третинну структуру, що нагадує латинську літеру «L».

Рибосомна РНК (рРНК) є найбільшою (3—5 тис. нуклеотидів), вона є складовою рибосом і разом з білками забезпечує певне розташування іРНК і тРНК під час синтезу білкової молекули.

10.3. ДНК

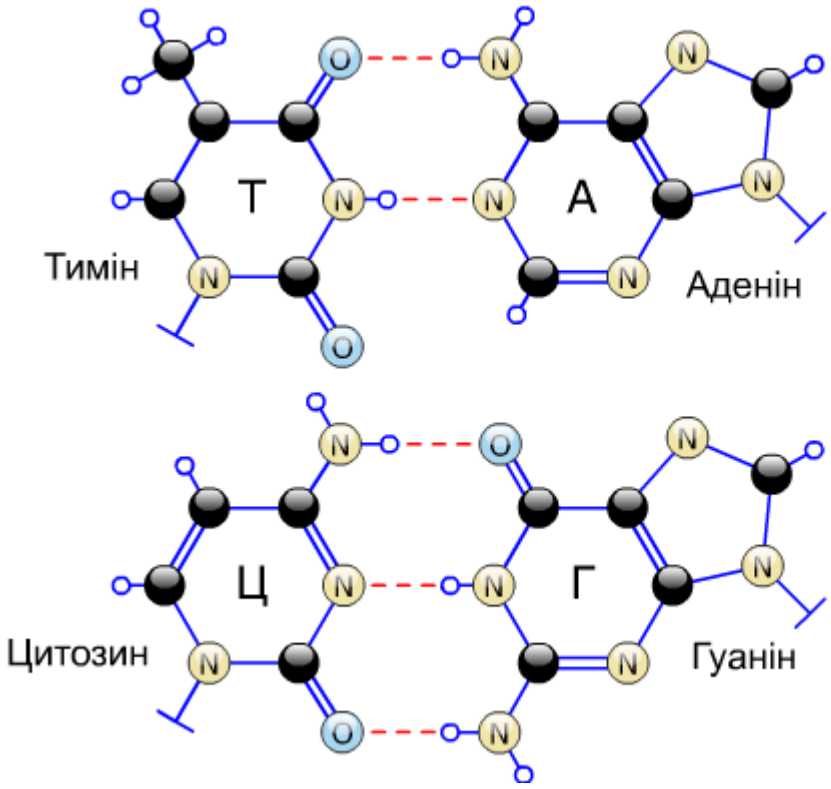
Будова ДНК

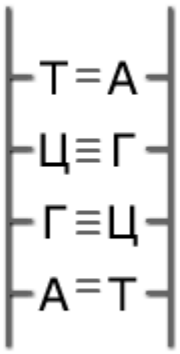
ДНК у еукаріотів міститься в ядрі, пластидах і мітохондріях клітин, а у прокаріотів, які не мають оформленого ядра, — входить до складу нуклеоїду.

Розшифрування структури нуклеїнових кислот та розуміння їхнього значення для спадкової передачі ознак та властивостей організмів стало значною подією, яка відкрила нові горизонти у розумінні сутності життя і була відзначена Нобелівською премією 1962 року. Її отримали англійський фізик Ф. Крік і американський біохімік Дж. Уотсон.

ДНК подібна до РНК, але має більш складну будову. Вона складається з двох ланцюгів, кожен з яких принципово схожий на ланцюг РНК, з'єднаних між собою водневими зв'язками. Кожен нуклеотид одного ланцюга має водневі зв'язки з

нуклеотидом другого ланцюга. Ці зв'язки виникають між азотистими основами нуклеотидів точно за правилом — залишок аденіну нуклеотиду одного ланцюга сполучається із залишком тиміну нуклеотиду іншого ланцюга, утворюючи три зв'язки, а залишок гуаніну — із залишком цитозину, утворюючи два зв'язки:





Основні функції ДНК - це кодування, збереження спадкової інформації та її передача дочірнім клітинам під час розмноження.

Нуклеотиди є структурною основою для цілого ряду важливих для життєдіяльності органічних речовин, наприклад макроергічних сполук.

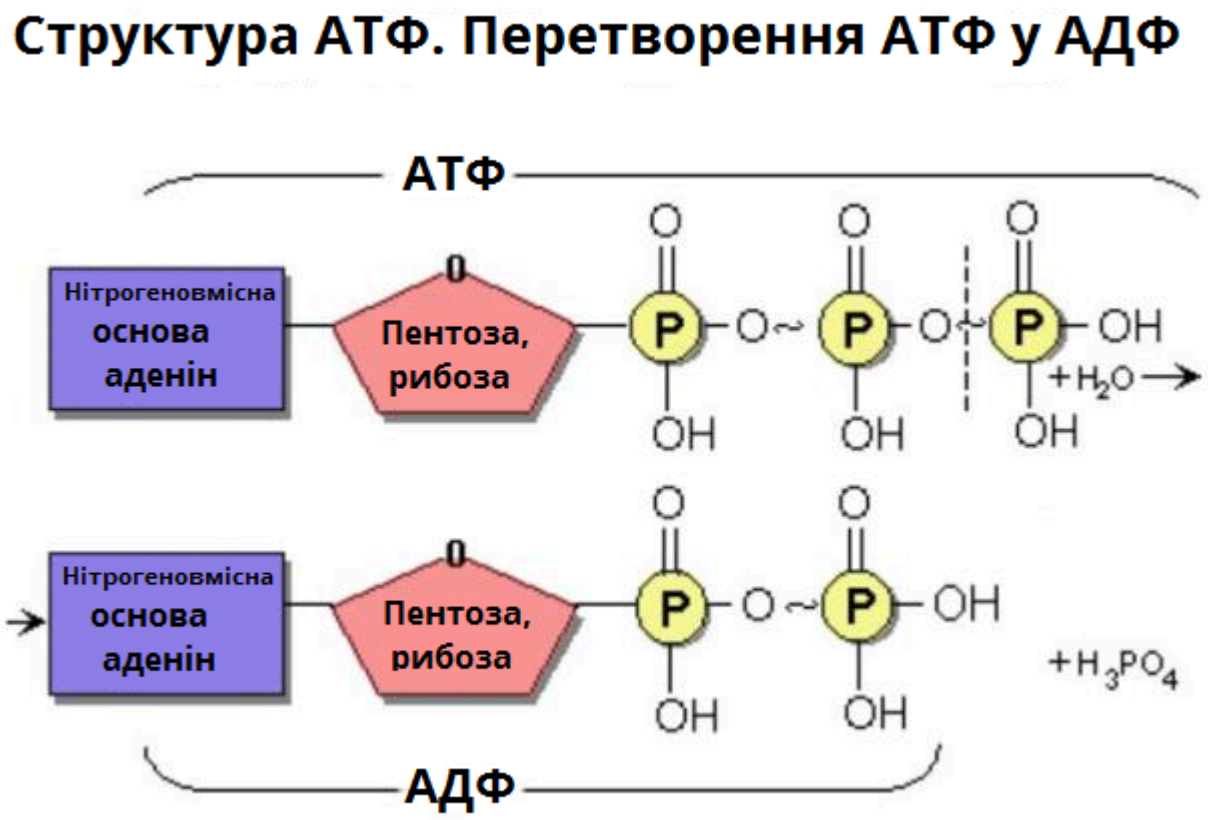
Універсальним джерелом енергії у всіх клітинах

є АТФ — аденозинтриортофосфатна кислота, або аденозинтриортофосфат.

АТФ міститься у цитоплазмі, мітохондріях, пластидах і ядрах клітин і є найпоширенішим і універсальним джерелом енергії для більшості біохімічних реакцій, що протікають в клітині.

АТФ забезпечує енергією усі функції клітини: механічну роботу, біосинтез речовин, розподіл, тощо. У середньому вміст АТФ у клітині становить близько 0,05 % її маси, проте у тих клітинах, де витрати АТФ є великими (наприклад, у клітинах печінки, поперечно посмугованих м'язів), її вміст може доходити до 0,5 %.

Аденозинтрифосфат (АТФ) або аденозинтрифосфорна кислота — органічна сполука, що переносить енергію для багатьох процесів, таких як скорочення м'язів, передача нервових імпульсів та відтворення клітин.



Кожній амінокислоті білка відповідає послідовність з трьох розташованих один за одним нуклеотидів ДНК — триплет.

Кожен триплет нуклеотидів кодує певну амінокислоту, яка буде вбудована у поліпептидний ланцюг.

Як відомо, до складу ДНК можуть входити чотири нітрогеновмісних основи: аденін (А), гуанін (Г), тимін (Т) і цитозин (Ц). Число сполучень з 4 по 3 складає 43=64, тобто ДНК може кодувати 64 амінокислоти. Проте кодується тільки 20 амінокислот.

Виявилося, що багатьом амінокислотам відповідає не один, а декілька кодонів. Передбачається, що така властивість генетичного коду (виродженність) підвищує надійність зберігання і передачі генетичної інформації під час ділення клітин.
Властивості генетичного коду:

1. Код складається з триплетів. Одна амінокислота кодується трьома нуклеотидами.
2. Код є універсальним. Усі живі організми (від бактерії до людини) використовують єдиний генетичний код.
3. Код є виродженим. Одна амінокислота кодується більш, ніж одним кодоном.
4. Код є однозначним. Кожен триплет відповідає тільки одній амінокислоті.
5. Код не перекривається.

Один нуклеотид не може входити до складу декількох кодонів у ланцюгу РНК.

Послідовність нуклеотидів у молекулі ДНК визначає її специфічність, а також специфічність білків організму, які кодуються цією послідовністю. Ці послідовності індивідуальні і для кожного виду організмів, і для окремих особин виду.

Лекція 6. Цитологія – наука про будову і функції клітин. Історія вивчення клітини. Методи цитологічних досліджень.

Цитологія (cytoslogia < грец. kytos — посудина, ємність, клітина + logos — слово) — наука про будову, функції й розвиток клітин тварин і рослин, а також одноклітинних організмів і бактерій. Цитологічні дослідження мають істотне значення для діагностики захворювань людини і тварин.

Розрізняють загальну і приватну цитологію:

- Загальна цитологія вивчає загальні для більшості типів клітин структури, їх функції, метаболізм, реакції на ушкодження, патологічні зміни, репаративні процеси й пристосування до умов середовища;
- Приватна цитологія досліджує особливості окремих типів клітин у зв'язку з їхньою спеціалізацією (у багатоклітинних організмів) чи еволюційною адаптацією до навколишнього середовища (у бактерій).

Розвиток цитології історично пов'язаний зі створенням і вдосконаленням мікроскопа і гістологічних методів дослідження. Термін «клітина» вперше був застосований Р. Гуком (R. Hooke, 1665), який описав будову клітин ряду рослинних тканин. У XVII ст. спостереження Р. Гука були підтверджені й розвинуті М. Мальпігі, Н. Грю (N. Grew, 1671), А. Левенгуком. Науково-технічна революція середини XX ст. сприяла бурхливому розвитку цитології і перегляду ряду її уявлень. За допомогою електронної мікроскопії була вивчена будова і багато в чому розкриті функції раніше відомих органоїдів клітин, відкритий цілий світ

субмікроскопічних структур. Ці відкриття пов’язані з іменами К. Портера (K.R. Porter), Дж. Пелейда, Х. Риса (H. Ris), В. Бернхарда (W. Bernhard), К. де Дюва й інших видатних учених. Вивчення ультраструктури клітин дозволило розділити весь живий органічний світ на еукаріот і прокаріот. Розвиток молекулярної біології показав принципову спільність генетичного коду і механізмів синтезу білка на матрицях нуклеїнових кислот для всього органічного світу, включаючи царство вірусів. Нові методи виділення й вивчення клітинних компонентів, розвиток і вдосконалення цитохімічних досліджень, особливо цитохімії ферментів, застосування радіоактивних ізотопів для вивчення процесів синтезу клітинних макромолекул, упровадження методів електронної цитохімії, застосування мічених флюорохромами антитіл для вивчення за допомогою люмінесцентного аналізу локалізації індивідуальних клітинних білків, методи препаративного й аналітичного центрифугування значно розширили межі цитології і привели до стирання чітких граней між Ц., біологією розвитку, біохімією, молекулярною біофізикою та молекулярною біологією. Із суто морфологічної науки недавнього минулого сучасна Ц. розвинулася в експериментальну дисципліну, яка вивчає основні принципи діяльності клітини, через неї — основи життя організмів. Розроблення методів пересадження ядер в енуклейовані клітини Б. Гердоном (B. Gurdon, 1974), соматичної гібридизації клітин Дж. Барскі (G. Barski, 1960), Х. Харрисом (H. Harris, 1970), Б. Ефруссі (B. Ephrussi, 1972) дала можливість вивчити закономірності реактивації генів, визначити локалізацію багатьох генів у хромосомах людини і наблизитися до вирішення низки практичних завдань медицини (напр. до аналізу природи малігнізації клітин), а також народного господарства (напр. одержання нових сільськогосподарських культур та ін.).

На базі методів гібридизації клітин була створена технологія одержання стаціонарних антитіл гібридних клітин, які продукують антитіла заданої специфічності (моноклональні антитіла). Їх використовують для з’ясування низки

теоретичних питань імунології, мікробіології та вірусології. Починається застосування цих клонів для вдосконалення діагностики та лікування хвороб людини, вивчення епідеміології інфекційних хвороб та ін. Цитологічний аналіз узятих у хворих клітин (нерідко після їх культивування поза організмом) має значення для діагностики деяких спадкових хвороб (напр. пігментної ксеродерми, глікогенозів) і вивчення їхньої природи. Намічаються також перспективи застосування досягнень цитології для лікування генетичних хвороб людини, профілактики спадкової патології, створення нових високопродуктивних штамів бактерій, підвищення урожайності рослин.

Багатогранність проблем дослідження клітини, специфіка й розмаїття методів її вивчення зумовили нині формування в цитології 6 основних напрямків:

1. цитоморфології, що вивчає особливості структурної організації клітини, основними методами дослідження якої є різні засоби мікроскопії, як фіксованої (світлооптична, електронна, поляризаційна), так і живої клітини (темнопольний конденсор, фазово-контрастна і люмінесцентна мікроскопія);
2. цитофізіології, яка вивчає життєдіяльність клітини як єдиної живої системи, а також функціонування і взаємодію її внутрішньоклітинних структур; для вирішення цих завдань застосовують різні експериментальні прийоми разом із методами культури клітин і тканин, мікрокінозйомки;
3. цитохімії, яка досліджує молекулярну організацію клітини та її окремих компонентів, а також хімічні зміни, пов’язані з процесами обміну речовин і функціями клітини; цитохімічні дослідження проводять світломікроскопічним і електронно-мікроскопічним методами, методами цитофотометрії, ультрафіолетової й інтерференційної мікроскопії, фракційного центрифугування з подальшим хімічним аналізом різних фракцій;

4. цитогенетики, яка вивчає закономірності структурної та функціональної організації хромосом еукаріотних організмів;
5. цитоекології, яка досліджує реакції клітин на вплив факторів навколишнього середовища й механізми адаптації до них;
6. цитопатології, предметом якої є вивчення патологічних процесів у клітині.

Поряд із традиційними напрямками цитології розвиваються й нові, такі як ультраструктурна патологія клітини, вірусна цитопатологія, цитофармакологія — оцінка дії ЛП методами Ц. на культурах клітин, онкологічна цитологія та ін. Цитологію викладається як самостійний розділ у курсі гістології й біології в медичних та інших вищих навчальних закладах.

Відкриття та дослідження клітин стало можливим тільки після винайдення Янсеном оптичного мікроскопа (1590 року). 1665 року, вивчаючи будову корка під мікроскопом, Роберт Гук вперше помітив, що тканина живого організму складається з маленьких комірок. Ці комірки він назвав «клітинами».
Науку, яка вивчає клітини, називають цитологія. У 1665 році англійський дослідник Роберт Гук, використовуючи мікроскоп власної конструкції, досліджував корок деревної рослини. Він побачив малесенькі порожні комірки, які назвав клітинами (мал. 21). Пізніше стало відомо, що корок складається з мертвих клітин. Тобто Р. Гук досліджував не всю клітину, а лише її оболонку. Але сам термін зберігся і донині.

Згодом, у 80-ті роки XVII сторіччя голландський натураліст Антоні ван Левенгук (мал. 22, 1) відкрив одноклітинні організми, деякі клітини багатоклітинних тварин. Як і Гук, Левенгук використовував мікроскопи власної конструкції (мал. 22, 2). Вони забезпечували збільшення об’єктів дослідження до 300 разів - нечуваний на той час успіх.

На початок XIX сторіччя було зібрано чимало інформації про будову клітин різних типів. Важливим відкриттям було виявлення в клітині ядра. Пізніше ви дізнаєтесь про його функції в клітині. Уперше ядро в клітинах тварин 1825 року спостерігав чеський біолог Ян Пуркіньє (мал. 23, 1). Згодом, у 1831 році, англійський ботанік Роберт Броун (мал. 23, 2) описав ядро в рослинних клітинах. Стало зрозумілим, що ядро є обов'язковим компонентом клітин рослин і тварин.

Німецький ботанік Матіас Шлейден (мал. 24, 1) детально вивчав будову рослинної клітини. Інший німецький дослідник Теодор Шванн (мал. 24, 2), порівнюючи будову рослинних і тваринних клітин, був вражений тим, що загальний план їхньої будови подібний. На підставі цього 1839 року ці вчені сформулювали перші положення клітинної теорії. Теорія (від грец. - дослідження) - це сукупність узагальнених положень, які становлять певну науку чи розділ науки.

Важливий внесок у створення клітинної теорії ще одного німецького ученого - Рудольфа Вірхова (мал. 24, 3). Він уперше встановив, що клітини здатні розмножуватись: нові клітини з'являються завдяки розмноженню материнської.

Клітинна теорія - це узагальнені знання про клітину, виражені у вигляді основних положень.

Основні положення клітинної теорії:

- усі організми складаються з клітин;
- клітина є одиницею будови й розвитку всіх організмів;
- клітини як одноклітинних, так і багатоклітинних організмів загалом подібні за планом будови та основними процесами життєдіяльності;
- поява нових клітин є наслідком розмноження материнської клітини.

Створення клітинної теорії стало важливим етапом у розвитку біології. Згодом було здійснено багато інших важливих відкриттів у галузі вивчення клітин: відкрито різні компоненти (складові частини) клітини, досліджено різні процеси її життєдіяльності.

Також важливо зазначити методи цитологічних досліджень:

1) Прижиттєвий - використання конфокальної, поляризаційної та темнової мікроскопії. Використовуються специфічні барвники.

2) Оптична мікроскопія - прилади які застосовуються: оптичний мікроскоп, біно-куляр, фазово-контрастний мі-кроскоп, люмінісцентний мік-роскоп, темнопольний мікро-скоп. Метод дозволяє досліджувати форму й розміри клітин, найбільші клітинні структури, органели руху, капсули та слизові шари.

3) Електронна мікроскопія - прилади для застосування: трансмісійний електронний мікроскоп, скануючий електронний мікроскоп. Метод дозволяє досліджувати ультраструктуру клітин і всі їх органели, поверхневі структури клітин і міжклітинні контакти.

4) Забарвлення клітин - використовуються барвники та фіксуючі речовини. Метод дозволяє диференційно забарвлювати окремі структури або клітину в цілому для отримання якісного зображення під час мікроскопіювання.

5) Мікротомування - використовуються мікротоми. Метод дозволяє виготовити ультратонкі препарати для їх дослідження з допомогою всіх різновидів світлового та транмісійного електронного мікроскопів.

6) Центрифугування - прилад - центрифуга. Метод дозволяє розділити вміст клітин на фракції за формою та розміром окремих компонентів для подальшого окремого дослідження кожної з фракцій.

7) Метод мічених атомів - використовуються радіоактивні ізотопи, прилади для радіоавтографії. Метод дозволяє відстежити шлях речовин усередині клітини, механізми обміну речовин, дослідити функції окремих органел.

8) Метод культури клітин - беруть ламінари і використовують поживні середовища. Метод дозволяє вирощувати певні типи клітин і відстежувати їх реакцію на дію зовнішніх і внутрішніх факторів.

9) Метод світлової мікроскопії - досліджуються тільки мертві клітини. Використання світлового мікроскопа

10) Метод фазовоконтрастної мікроскопії - Заломлювання світла різними видами клітин, що відрізняються за щільністю

11) Метод флюоресцентної мікроскопії

12) Метод мічених ізотопів - речовин в клітині.

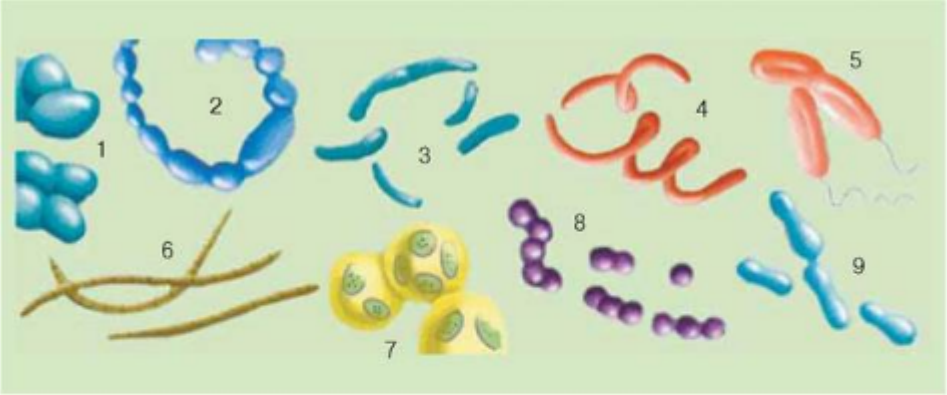
Лекція 7. Будова і функції клітин еукаріотів та прокаріотів.

Прокаріоти (від лат. про - перед, замість та грец. каріон - ядро) - надцарство організмів, до складу якого входять царства Археї (Архебактерії) та Справжні бактерії (Еубактерії). До справжніх бактерій належать власне бактерії та ціанобактерії (застаріла назва - «синьо-зелені водорості»).

Археї (Архебактерії) - група прокаріотів, які від справжніх бактерій відрізняються особливостями будови та процесів життєдіяльності. Зокрема, їхні клітини мають менші розміри, а кільцева молекула ДНК зазвичай оточена особливими білками - гістонами та дещо нагадує хромосому еукаріотичних клітин. Серед архей переважають гетеротрофи, однак також відомі автотрофи - хемосинтетики (отримують енергію для біосинтезу внаслідок екзотермічних окисно-відновних реакцій сполук Сульфуру) та фотосинтетики; останні не містять хлорофілу, і процес фотосинтезу у них дуже мало вивчений.

Клітини прокаріотів мають поверхневий апарат і цитоплазму, в якій розташовані нечисленні органели та різноманітні включення. Прокаріотичні клітини не мають більшості органел (мітохондрій, пластид, ендоплазматичної сітки, комплексу Гольджі, лізосом, клітинного центру тощо). Прокаріоти - мікроскопічні організми.

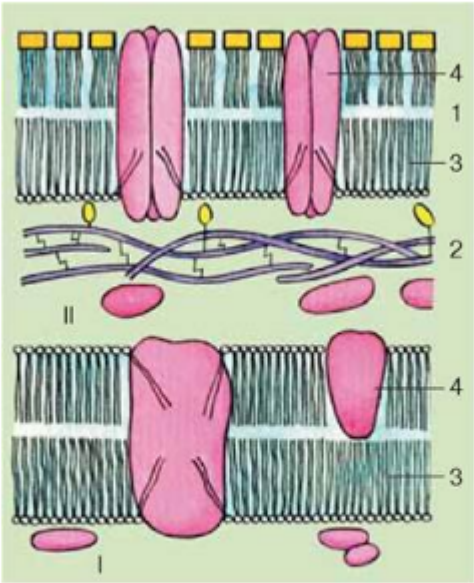
Розміри їхніх клітин зазвичай варіюють у межах 0,2-30 мкм у діаметрі або завдовжки. Інколи трапляються і більші за розмірами клітини. Наприклад, деякі види роду Спірохета можуть сягати до 250 мкм завдовжки. Форма клітин прокаріотів різноманітна: куляста, паличкоподібна, у вигляді коми або спірально закрученої нитки тощо (мал. 23.1). Усі прокаріоти - одноклітинні організми, клітини яких після поділу часто здатні залишатися сполученими своїми стінками та утворювати колонії у вигляді ниток, грон тощо. Іноді колонії оточені спільною слизовою оболонкою - капсулою. У колоніальних ціанобактерій контакти між сусідніми клітинами мають вигляд мікроскопічних канальців, заповнених цитоплазмою.



Мал. 23.1. Різна форма клітин прокаріотів: 1 - коки; 2 - стрептокок; 3 - вібріони; 4 - спірили; 5 - бацили зі джгутиками; 6 - археї; 7 - колонії бактерій; 8 - ланцюжки з клітин коків; 9 - метаноутворюючі бактерії

До складу поверхневого апарату клітин прокаріотів входять плазматична мембрана, клітинна стінка (мал. 23.2), інколи - слизова капсула. У більшості бактерій клітинна стінка складається з високомолекулярної органічної сполуки муреїну. Ця сполука утворює сітчасту структуру, яка надає клітинній стінці жорсткості. У ціанобактерій до складу зовнішнього шару клітинної стінки входять полісахарид пектин та особливі скоротливі білки. Вони забезпечують особливу форму руху - ковзання або обертання.

До складу клітинної стінки часто входить тоненький шар - так звана зовнішня мембрана, що подібно до плазматичної мембрани містить білки, фосфоліпіди та інші речовини (мал. 23.2). Вона забезпечує підвищений ступінь захисту вмісту клітини. Зокрема, на таких бактерій не діють деякі антибіотики (наприклад, пеніцилін, актиноміцин). Клітинна стінка бактерій має антигенні властивості, тобто організм, у який потрапляє бактерія, сприймає її як чужорідне, невластиве йому тіло. Завдяки цьому певні лейкоцити «впізнають» хвороботворні бактерії та виробляють до них антитіла. (Пригадайте, як антитіла знешкоджують антигени.)



Мал. 23.2. Схема будови клітинної стінки прокаріотів: I. Плазматична мембрана. II. Клітинна стінка: 1 - зовнішня мембрана; 2 - муреїн; 3 - ліпіди; 4 - білки

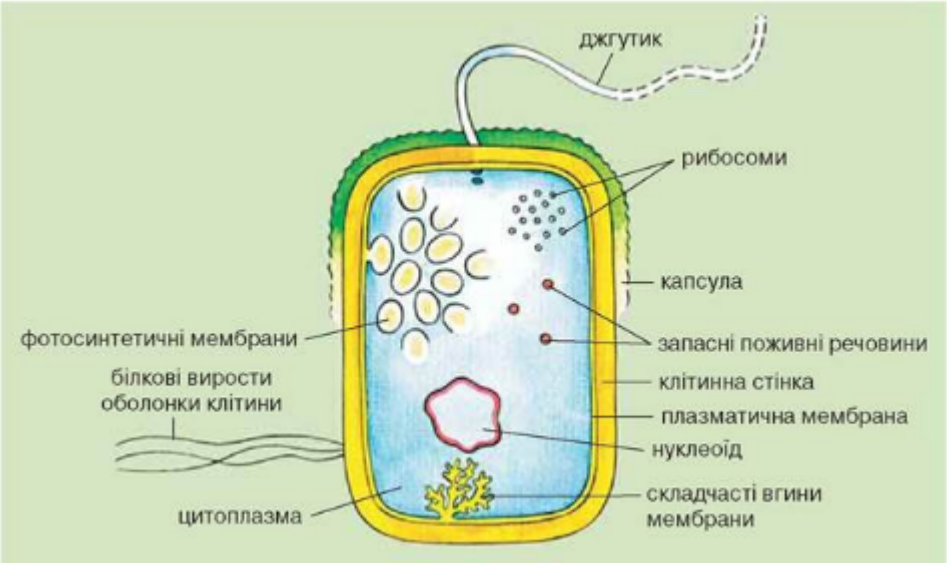
Ліпіди та полісахариди клітинної стінки дають змогу бактеріям прилипати до різних поверхонь (клітин еукаріотів, емалі зубів тощо), а також злипатися між собою. Слизова капсула складається з полісахаридів. Вона не дуже міцно зв’язана з клітиною і легко руйнується під дією певних сполук. Поверхня клітин деяких бактерій укрита численними тоненькими ниткоподібними виростами. За їхньої

участі клітини бактерій обмінюються спадковою інформацією, зчіпляються між собою або прикріплюються до субстрату.

Рибосоми прокаріотів дрібніші за рибосоми еукаріотичних клітин. Плазматична мембрана може утворювати гладенькі або складчасті вгини у цитоплазму. На складчастих мембранних вгинах містяться дихальні ферменти та рибосоми, а на гладеньких - фотосинтезуючі пігменти (мал. 23.3). У клітинах деяких бактерій (наприклад, пурпурних) фотосинтезуючі пігменти містяться у замкнених мішкоподібних структурах, утворених вгинами плазматичної мембрани. Такі мішечки можуть бути розташовані поодинці або ж зібрані в купки. Подібні утвори ціанобактерій називають тилакоїдами; вони містять хлорофіл і розташовані поодиноко у поверхневому шарі цитоплазми.

У деяких бактерій і ціанобактерій - мешканців водойм або капілярів ґрунту, заповнених водою, є особливі заповнені газовою сумішшю газові вакуолі. Змінюючи об’єм вакуоль, бактерії можуть переміщуватись у товщі води з мінімальними витратами енергії.

Пригадайте: замість ядер у клітинах прокаріотів є ядерні зони - нуклеоїди, де розташований спадковий матеріал - кільцеві молекули ДНК (мал. 23.3). Крім того, у цитоплазмі трапляються невеликі кільцеві молекули ДНК, позахромосомні фактори спадковості - плазміди. Вони здатні подвоюватися незалежно від молекул ДНК ядерної зони.

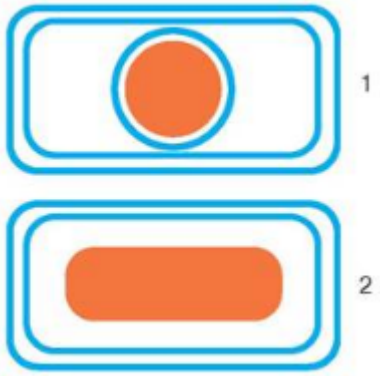


Особливості процесів життєдіяльності прокаріотів наступні: клітини прокаріотів можуть поглинати сполуки лише з незначною молекулярною масою; їхнє надходження в клітину забезпечують механізми дифузії та активного транспорту.

Клітини прокаріотів розмножуються виключно нестатевим шляхом: поділом навпіл (мал. 23.4), зрідка - брунькуванням. Перед поділом спадковий матеріал клітини (молекула ДНК) подвоюється. Клітина видовжується, а потім утворюється поперечна перегородка, що ніби «вростає» всередину клітини. Після цього дочірні клітини розходяться. Якщо вони залишаються сполученими між собою, то утворюються колонії у вигляді грон (стафілокок), ниток (стрептокок) тощо.

Перенесення прокаріотами несприятливих умов: за настання несприятливих умов у деяких прокаріотів відбувається спороутворення. При цьому частина цитоплазми материнської клітини вкривається багатошаровою оболонкою, утворюючи спору. Такі спори завдяки низькому вмісту води дуже стійкі до дії високих температур: у деяких випадках вони можуть витримувати кип’ятіння протягом кількох годин. Вони також витримують значні дози іонізуючого опромінення, впливи різних хімічних сполук тощо. Спори прокаріотів не є формою нестатевого розмноження, а слугують для тривалого збереження життєздатності в несприятливих умовах. Так,

у ґрунті, що прилип до коренів засушених рослин з одного гербарію у Великобританії, були виявлені життєздатні спори, вік яких перевищував 300 років. Учені припускають, що в деяких випадках спори бактерій здатні зберігати життєздатність і до 1000 років. У сприятливих умовах спори «проростають», тобто клітини покидають оболонку та розпочинають активну життєдіяльність.



Гіпотези походження клітин еукаріотів: у сучасній біологічній науці поширені уявлення про те, що еукаріотична клітина могла виникнути внаслідок симбіозу декількох прокаріотичних. Такі погляди базуються на явищі автономності мітохондрій, хлоропластів та інших клітинних структур. Уперше цю ідею ще наприкінці XIX ст. висловив російський учений М. Цвет. Його погляди в 20-40-х роках XX ст. детально розвинув інший російський учений - К. Мережковський. Остаточно ж гіпотезу симбіогенезу (ендосимбіотична гіпотеза) сформулювала американський біолог Л. Маргеліс у 60-70-ті роки XX ст.

Основні положення ендосимбіотичної гіпотези такі. Біологи-теоретики припускають, що ядро та одномембранні органели (ендоплазматична сітка, комплекс Гольджі, вакуолі тощо) могли виникнути внаслідок вп’ячування плазматичної мембрани всередину клітини. Вважають, що така гіпотетична первинна еукаріотична клітина за допомогою фагоцитозу захопила аеробну гетеротрофну прокаріотичну клітину, що збереглася в цитоплазмі як автономна

структура - мітохондрія. Симбіоз з автотрофною клітиною ціанобактерій зумовив становлення іншої автономної органели - пластиди. Появу джгутиків пов’язують із симбіозом клітини-хазяїна з рухливою спірохетоподібною прокаріотичною клітиною. Базальні тільця джгутиків, можливо, трансформувались у центріолі та інші структури, завдяки яким стали можливими особливі форми поділу еукаріотичної клітини - мітоз і мейоз.

Учені-еволюціоністи вважають, що подальші зміни первинних еукаріотичних клітин сприяли появі тварин, грибів і рослин. Зокрема, становлення тваринних клітин пов’язують з удосконаленням фагоцитозу, грибів - живлення розчинами органічних сполук, рослин - фотосинтезу.

Експериментально ендосимбіотичну гіпотезу, незважаючи на тривалі лабораторні дослідження, довести чи спростувати не вдалося, тому справжні причини появи на планеті Земля еукаріотичних клітин, а також тварин, рослин і грибів досі невідомі.

Лекція 8. Клітинний цикл. Мітоз. Мейоз.

Клітинний цикл — це послідовність подій, що відбуваються між утворенням певної клітини та її поділом на дочірні.

В одноклітинних організмів клітинний цикл співпадає з життям особини. У тканинах, які безперервно розмножуються, клітинний цикл співпадає з мітотичним циклом і складається з трьох стадій (інтерфази, мітозу та цитотомії), які послідовно змінюють одна одну. Тривалість клітинного циклу залежить від типу клітин і дії чинників зовнішнього середовища (температури, поживних речовин і постачання кисню). Напр., 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.

Інтерфаза складається з трьох періодів: постмітотичного, або пресинтетичного (G_1), синтетичного (S, від англ. synthesis — синтез), постсинтетичного, або премітотичного (G_1). У G_1-періоді клітина інтенсивно росте, в ній збільшується кількість цитоплазми і органел, відбувається підготовка до подвоєння ДНК: утворюються необхідні ферменти, нуклеотиди. В S-період відбувається реплікація ДНК, синтезуються специфічні ядерні білки-гістони, а також подвоюються центріолі. До кінця цього періоду кожна хромосома містить по дві хроматиди, тобто клітина містить по 2 копії кожної молекули ДНК в кожній з гомологічних

хромосом. G_2-період триває до початку мітозу. У цей період синтезуються РНК і загальні білки клітини, а також інтенсивно утворюються структури, що беруть участь у мітозі. Напр., синтезується білок тубулін, і збираються з нього мікротрубочки, які пізніше формують веретено поділу. У цей час відбувається поділ мітохондрій і хлоропластів, формування лізосом, збільшується запас енергії в клітині. До кінця інтерфази хроматин починає конденсуватися, ядерце добре видно, ядерна оболонка не порушується, органели не змінені. Після закінчення підготовки до поділу починається мітоз

Цитотомія (цитокінез) — це процес поділу цитоплазми клітини, який може відбуватися після поділу спадкової інформації. У результаті цитокінезу відбувається утворення двох дочірніх клітин. При підготовці до поділу клітинні органели разом з хромосомами рівномірно розподіляються по двох полюсах телофазної клітини. У тваринній клітині плазмолема починає вгинатися всередину в екваторіальній частині. Вважається, що це є наслідком утворення скоротного кільця з мікрофіламентів. Поряд з ним полімеризується міозин.

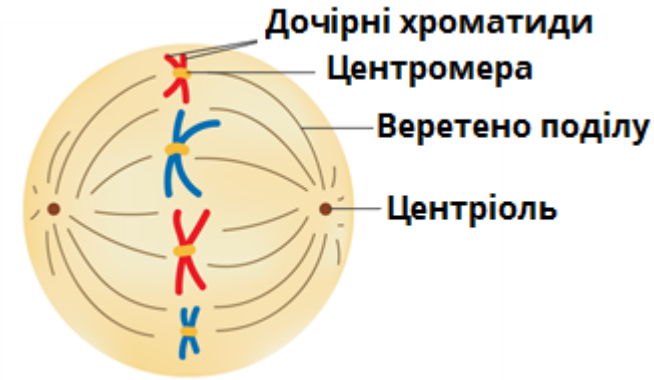
Актиново-міозинове кільце стискається, виникає перетяжка цитоплазми, утворюється безперервна борозна, що оперізує клітину по екватору. Поступово клітина перешнуровується, і цитоплазми дочірніх клітин відділяються одна від одної. У рослинних клітинах по екватору клітини утворюється фрагмопласт — особлива структура з мікротрубочок, між якими збираються пухирці Гольджі, з яких формуються серединна пластинка, плазмолеми та клітинні стінки дочірніх клітин. Регуляція клітинного циклу здійснюється гормонами, факторами росту та ін. механізмами, які здатні впливати на синтез та збирання білків-циклінів і циклінзалежних протеїнкіназ, без яких неможливий перехід до поділу. Порушення клітинного циклу призводять до загибелі клітин або пухлинного росту.

Мітоз — непрямий поділ соматичних клітин еукаріотичних організмів, при якому відбувається утворення двох дочірніх клітин, хромосомні набори яких такі самі, як у материнській клітині.

Підготовка клітини до мітозу відбувається в інтерфазі: подвоюється ДНК, накопичується АТФ, синтезуються білки веретена поділу, подвоюються центріолі.
Мітоз включає у себе два процеси: каріокінез (поділ ядра) і цитокінез (поділ цитоплазми).
Виділяють чотири фази мітозу: профазу, метафазу, анафазу і телофазу.
У схемах поділу гаплоїдний набір хромосом позначають літерою n, а молекул ДНК (тобто хроматид) — літерою c. Перед літерами вказують кількість гаплоїдних наборів:
1n2c — гаплоїдний набір подвоєних хромосом,
2n2c — диплоїдний набір поодиноких хромосом,
2n4c — диплоїдний набір подвоєних хромосом.
У ядрі молекули ДНК коротшають і скручуються (спіралізуються), утворюючи компактні хромосоми.
Кожна хромосома складається з двох молекул ДНК (двох хроматид), з'єднаних центромерою.
Ядерна оболонка розпадається.
Хромосоми невпорядковано розташовуються у цитоплазмі.
Розчиняються ядерця.
Починає формуватися веретено поділу, частина ниток якого прикріплюється до центромерів хромосом.
У тваринній клітині починають розходитися центріолі.

Профаза мітозу

Хромосоми розташовуються на екваторі клітини, утворюючи метафазну пластинку. Хроматиди з'єднані у сфері первинної перетяжки з нитками веретена поділу. Центріолі розташовуються біля полюсів клітини.

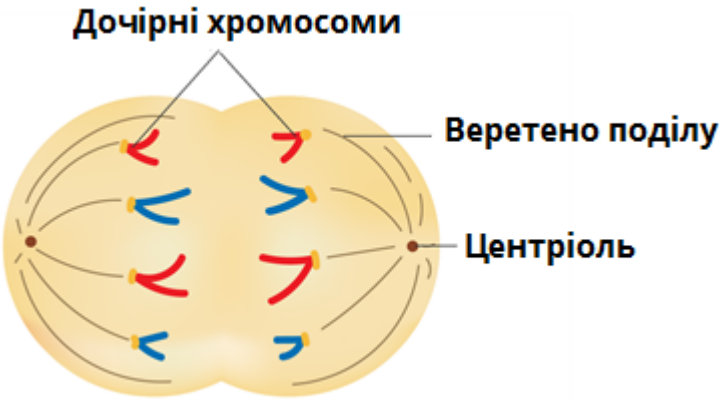


Метафаза мітозу

Кожна хромосома, що складається із двох хроматид, поділяється на дві ідентичні дочірні хромосоми.

Дочірні хромосоми розтягуються нитками веретена поділу до полюсів клітини.

У кожного полюса виявляється однаковий генетичний матеріал.



Анафаза мітозу

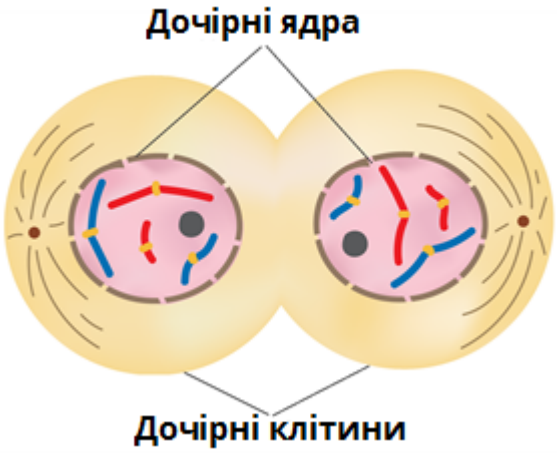
Телофаза

Хромосоми розкручуються.

Навколо хромосом починають формуватися ядерні оболонки.

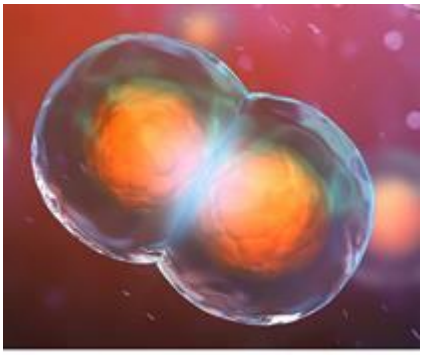
У ядрах з'являються ядерця.

Нитки веретена поділу руйнуються.

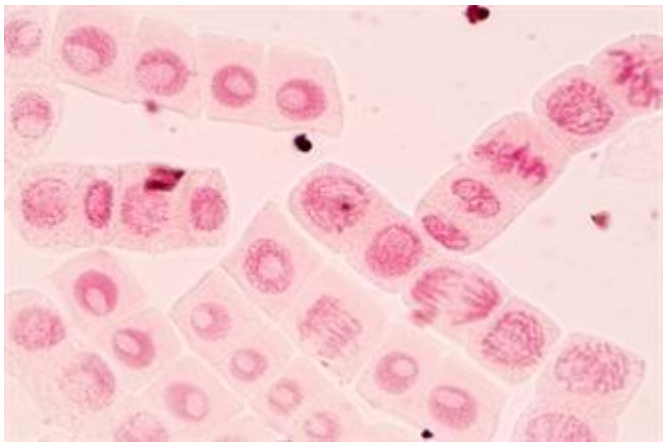


Телофаза мітозу

У цьому каріокінез завершується. Відбувається цитокінез — поділ цитоплазми.



Цитокінез тваринної клітини



Мітоз у рослин

Біологічне значення мітозу

У результаті мітозу утворюються генетично однакові дочірні клітини з тим самим набором хромосом, що був у материнської клітини. Зберігається наступність у ряді клітинних поколінь.

Мейоз — це непрямий поділ клітини, у результаті якого утворюються чотири гаплоїдні дочірні клітини і відбувається рекомбінація генетичного матеріалу. Процес мейозу складніший порівняно з мітозом. Він складається з двох послідовних поділів. Еволюційно ці поділи мейозу виникли на основі мітозу, але з деякими видозмінами.

Перший поділ, або мейоз I, називається редукційним. Саме в ході мейозу I відбуваються найважливіші мейотичні події — редукція числа хромосом і рекомбінація генетичного матеріалу. У результаті мейозу I утворюються дві гаплоїдні дочірні клітини, кожна з яких генетично унікальна.

Другий поділ, або мейоз II, називається екваційним. Його процеси по суті аналогічні процесам звичайного мітозу. Кожна з двох гаплоїдних клітин, що утворилися в мітозі I, ділиться ще раз. У результаті сумарно утворюються чотири дочірні клітини. Вони гаплоїдні й несуть унікальні комбінації генетичного матеріалу.

Перед мейозом, в інтерфазі, відбувається реплікація ДНК. Отже, кожна хромосома на початку мейозу складається з двох сестринських хроматид — двох точних копій.

Кожний поділ мейозу поділяють на чотири фази — профазу, метафазу, анафазу і телофазу.

Безпосередньо за першим поділом мейозу проходить другий поділ. Між поділами немає вираженої інтерфази і не відбувається реплікація ДНК.

Число можливих комбінацій хромосом у гаметах унаслідок незалежного розходження хромосом в анафазі I дорівнює 2n, де n — число хромосом гаплоїдного набору. Наприклад, у людини число таких комбінацій становить 2^{23} = 8 388 608. Якщо врахувати випадкову зустріч гамет під час запліднення, то число можливих комбінацій в однієї батьківської пари становить 2^{23} x 2^{23} = 70 368 744 177 664 або близько 7,04 x 10^{13}. Для порівняння — число зір у нашій Галактиці оцінюють величиною порядку 10^{11}—10^{12}. Мейоз включає два послідовні поділи. У результаті двох поділів утворюються чотири дочірні клітини, які є гаплоїдними й генетично унікальними. Рекомбінація генетичного матеріалу відбувається у профазі й анафазі мейозу I (кросинговер і незалежне розходження гомологічних хромосом.

Лекція 9. Можливості цитотехнології.

Цитотехнології — це методики, що дозволяють конструювати нові клітини і вивчати властивості добутих з організму клітин на поживних середовищах. Наразі цитотехнології найбільшою мірою використовує медицина, в першу чергу для оцінки стану того чи іншого органу чи системи органів. Найвідомішим прикладом цитотехнологічного дослідження є тест Папаніколау (зішкрібок зі стінки матки з цілю виявити в ньому онкологічні маркери). Крім того, культури клітин можуть використовуватись у виробництві різноманітних медичних препаратів. Наприклад, вирощені штучно клітини підшлункової залози в подальшому можуть використовуватись для синтезу ферментів, які далі включають в склад препаратів.

Однією з найперспективніших галузей цитотехнології наразі є біоінженерія. Це технологія, що дозволяє штучно змінювати геном тих чи інших клітин, що в кінці призводить до зміни їх нативних властивостей. Наприклад, всім відому бактерію E. coli завдяки цьому методу "навчили" виділяти пеніцилін, що значною мірою полегшило його промислове виробництво. В перспективі ця методика може допомогти людству створити харчові культури рослин, що будуть повністю

несприйнятні до різноманітних негараздів в оточуючому середовищі і зможуть легко переносити різноманітні навали сарани і інших шкідників, а також даватимуть величезні врожаї. В найвіддаленішому майбутньому ця технологія допоможе людству в генеруванні ідеального геному, що призведе до позбавлення від усіх захворювання і, можливо, навіть до вічного життя.

Крім усбого вищезгаданого, цитотехнології наразі є ключовим методом, що дозволяють добувати все більше і більше спеціалізованих і більш тонких знань про те, як працює геном, та допомагають вченим отримувати все більше і більше клітинного матеріалу для подальших досліджень.

Клітини є тими універсальними будівельними блоками (одиницями живої матерії), з яких побудовані всі різноманітні живі організми, що населяють нашу планету. Усі клітини складаються з таких основних компонентів: плазматична мембрана, цитоплазма та ядро (у прокаріотів його функцію виконує ядерна зона - нуклеоїд). Клітина - це досконала біоенергетична система: вона здатна перетворювати одні форми енергії в інші (хімічну - в механічну, хімічну - в електричну тощо). Клітина становить собою інформаційну систему: у ній зберігається закодована спадкова інформація щодо особливостей будови та процесів життєдіяльності як самої себе, так і всього багатоклітинного організму. Вражає компактність зберігання інформації, недоступна навіть найсучаснішим комп’ютерам. Уявіть собі: $6 \cdot 10^{-12}$ г ДНК яйцеклітини людини кодують будову та властивості всіх білків організму! У клітині існують особливі структури для забезпечення реалізації спадкової інформації шляхом біосинтезу білків. Таким чином, кожна клітина слугує біохімічною фабрикою, адже щосекунди в ній відбувається безліч узгоджених біохімічних процесів.

Клітинам властива саморегуляція: вони здатні підтримувати відносну сталість свого хімічного складу і властивостей (гомеостаз), незважаючи на зміни в

навколишньому середовищі. Клітини здатні до самовідтворення шляхом розмноження поділом чи брунькуванням.

Клітинам притаманна подразливість: вони здатні сприймати різні впливи і певним чином на них відповідати. Як ви пам’ятаєте, цю функцію забезпечують сигнальні білки клітинної мембрани. Клітинам як біологічним системам притаманна цілісність, що забезпечується взаємодією внутрішньоклітинних структур унаслідок саморегуляції.

В еукаріотичних клітинах є система внутрішньоклітинних мембран, які поділяють внутрішнє середовище на окремі функціональні ділянки. Наявність таких ділянок забезпечує одночасний перебіг багатьох, часто несумісних, біохімічних процесів.

Між окремими функціональними ділянками можуть існувати функціональні й просторові зв’язки. Ви пам’ятаєте, що безпосередньо пов’язані між собою зерниста й незерниста ендоплазматична сітка. Крім того, мембрани зернистої ендоплазматичної сітки контактують із зовнішньою мембраною ядра.

Ендоплазматична сітка бере участь в утворенні вакуоль рослинних клітин, а комплекс Гольджі - в утворенні скоротливих вакуоль і лізосом. Лізосоми, зливаючись із піноцитозними чи фагоцитозними пухирцями, забезпечують формування травних вакуоль (їх ще називають вторинними лізосомами). Мембрани піно- та фагоцитозних пухирців утворено за рахунок певних ділянок плазматичної мембрани.

Лише двомембранні мітохондрії і пластиди просторово безпосередньо не зв’язані з іншими структурами. Ви вже знаєте, що їм притаманний певний ступінь автономії в клітині, зокрема наявність власної ДНК та розмноження поділом.

Узагальнення даних, отриманих під час тривалого вивчення клітини, було сформульоване як клітинна теорія.

Сучасні дослідження у галузі цитології насамперед спрямовані на вивчення найдрібніших органел і структур клітини. Якщо сучасні світлові мікроскопи не можуть забезпечити збільшення об'єктів дослідження більш ніж у 3000 разів, то електронні мікроскопи відкривають нові перспективи перед дослідниками внаслідок досягнення збільшень у сотні тисяч разів. З іншого боку, все більше розвиваються дослідження в галузі клітинної інженерії, так звані цитотехнології.

Цитотехнологія - відносно нова галузь біологічних досліджень. Вона використовує різні методи. Насамперед - методи виділення клітин з організму і перенесення їх на поживні середовища. Там клітини продовжують жити і розмножуватися. Культури таких клітин можна застосовувати не тільки для наукових експериментів, але й у виробництві. Зокрема, це значно знижує собівартість лікарських препаратів та зберігає природні ресурси (наприклад, рідкісного «кореня життя» - женьшеню).

Учені здійснюють гібридизацію соматичних клітин організмів, які належать до різних видів, родів, родин тощо. При цьому за допомогою різних мікроскопічних технологій ядро однієї клітини переносять до іншої; в клітини одного виду переміщують хромосоми або їхні ділянки з клітин іншого та ін. Так штучно «схрещують» клітини організмів, генетичний матеріал яких неможливо об'єднати в інший спосіб (наприклад, людини і миші, людини і моркви, курки і дріжджів тощо). Гібридизація нестатевих клітин дає змогу створювати препарати, які підвищують стійкість проти різних інфекцій, а також знищують деякі злоякісні пухлини (ракові захворювання). Наприклад, за допомогою гібридизації нормальних клітин з раковими отримано культури гібридних клітин, здатні виробляти протипухлинні антитіла.

Раніше ми вже згадували про методику клонування організмів. Клоном (від грец. клон - гілка, нащадок) називають сукупність генетично ідентичних клітин або особин, отриманих від спільного предка нестатевим шляхом. Оскільки кожна нестатева клітина зазвичай містить спадкову інформацію, притаманну всьому багатоклітинному організму, то стає можливим отримання з однієї клітини значної кількості організмів з однаковими спадковими якостями (мал. 29.2).

Клонування тварин розпочато лише в останні десятиріччя. Методика такого клонування полягає в тому, що з незапліднені яйцеклітини видаляють ядро і пересаджують в неї диплоїдне ядро соматичної клітини тієї самої особини. Таку штучну «зиготу» поміщають у матку самки даного виду, де розвивається зародок. Це дає змогу отримувати від цінних за своїми властивостями плідників необмежену кількість нащадків, які є їх точною генетичною копією. Наразі вчені клонували представників окремих видів.

Лекція 10. Обмін речовин і перетворення енергії в клітині. Енергетичний обмін та його етапи. Пластичний обмін.

Процеси метаболізму - це складний ланцюг перетворень різноманітних сполук, починаючи від моменту надходження їх в організм або окрему клітину й закінчуючи видаленням кінцевих продуктів обміну речовин у зовнішнє середовище. Кінцевими продуктами розщеплення вуглеводів, жирних кислот та амінокислот зазвичай є вуглекислий газ та вода, які виводяться з організму. Для амінокислот додатковим продуктом розщеплення є сечовина - сполука, що містить Нітроген.

Сукупність реакцій синтезу, які забезпечують розвиток клітин та організмів, поновлення їхнього хімічного складу, називають пластичним обміном (від грец. пластос - створений). Ці процеси ще називають процесами асиміляції. На їх здійснення витрачається певна кількість енергії. Джерелом цієї енергії є сонячне світло (для більшості автотрофів) або енергія хімічних зв'язків сполук, що містяться у поживних речовинах, які поглинаються з довкілля (для гетеротрофів). Прикладами реакцій асиміляції є процеси синтезу амінокислот, моносахаридів, жирних кислот, нуклеотидів, полісахаридів, білків, нуклеїнових кислот, АТФ тощо.

Сукупність реакцій розщеплення складних сполук в організмі до простіших, що супроводжуються виділенням енергії, називають енергетичним обміном, або процесами дисиміляції. Вони ґрунтуються на реакції безкисневого розщеплення складних сполук до простіших або на реакції окиснення.

Обмін речовин в окремих клітинах і всьому організмі неможливий без відповідних перетворень енергії. Енергія, що вивільняється внаслідок процесів дисиміляції, може переходити в різні форми: теплову, енергію світла (явище біолюмінесценції: пригадайте жуків-світляків, яких ви неодноразово спостерігали літніми вечорами), механічну (забезпечує рухи тощо). Частина вивільненої енергії запасається у вигляді хімічних зв’язків, що виникають між залишками ортофосфатної кислоти в молекулах АТФ (пригадайте їхні будову та функції).

Під час газообміну з організму людини, крім вуглекислого газу, у навколишнє середовище з видихуваним повітрям виводяться вода (у вигляді пари) та близько 400 інших летких сполук.

Процеси розщеплення сполук не завжди врівноважені процесами їхнього синтезу. Так, в організмах, які розвиваються, процеси синтезу переважають над процесами розщеплення. Завдяки цьому накопичуються необхідні сполуки і забезпечується ріст організмів.

Для більшості організмів, які населяють нашу планету, основним джерелом енергії є сонячне світло, завдяки якому прямо чи опосередковано задовольняються їхні енергетичні потреби. Але різні групи організмів можуть безпосередньо отримувати енергію ззовні різними шляхами.

Автотрофи здатні синтезувати органічні речовини з неорганічних. Фототрофи використовують для цих процесів енергію світла. Хемотрофи для синтезу органічних сполук з неорганічних використовують енергію, яка вивільняється під

час здійснення хімічних реакцій окиснення неорганічних. Для гетеротрофів джерелом енергії є органічні сполуки, утворені іншими організмами. Міксотрофи здатні не лише синтезувати органічні сполуки з неорганічних, а й вбирати готові органічні речовини.

У чому полягають процеси клітинного дихання? Дихання - це сукупність процесів, які забезпечують надходження в організм кисню, використання його для окиснення органічних речовин у клітинах (білків, жирів, вуглеводів), а також видалення з організму вуглекислого газу, що утворився під час реакцій окиснення. Так здійснюється газообмін між організмом та навколишнім середовищем. Дихання об'єднує три групи різних фізіологічних процесів: легеневу вентиляцію (обмін газів, який відбувається в легенях між повітрям і кров'ю), транспорт газів кровоносною системою (у зв'язаному з гемоглобіном стані або розчинених у плазмі крові) від легень до всіх тканин тіла та клітинне дихання - використання кисню клітинами для реакцій вивільнення енергії. У результаті цих процесів утворюється в углекислий газ, що виводиться з організму.

Фізіологічне значення клітинного дихання полягає у тому, що багаті на хімічну енергію сполуки за участю кисню окиснюються до простих, бідних на енергію (CO_2, H_2O), у результаті цього вивільняється енергія для забезпечення різноманітних процесів життєдіяльності. З процесами дихання нерозривно пов'язані процеси дисиміляції.

У більшості багатоклітинних тварин процеси дихання забезпечує спеціалізована дихальна система, завдяки якій кисень надходить в організм або з атмосферного повітря (пригадайте: трахеї комах, повітроносні шляхи та легені амфібій, рептилій, птахів і ссавців), або з води (зябра кільчастих червів, ракоподібних, молюсків, риб тощо) У рослин процесам дихання сприяють різні утвори: продихи у листків, сочевички на стовбурах (мал. 86). Кисень може надходити за допомогою дифузії

через покриви багатоклітинних організмів (рослин, грибів, губок, жалких, плоских червів, нематод та ін.) або оболонки окремих клітин (у бактерій, рослин, одноклітинних тварин тощо).

В процесі фотосинтезу рослини вбирають вуглекислий газ, а виділяють у довкілля кисень. Але одночасно з фотосинтезом вони й дихають, поглинаючи кисень та виділяючи вуглекислий газ. Процеси дихання, які відбуваються одночасно з фотосинтезом, називають фотодиханням. Молекулярні механізми клітинного дихання в рослин і тварин загалом подібні.

У біологічних системах енергія існує в різних формах, здатних перетворюватись одна в іншу, забезпечуючи нормальний перебіг процесів життєдіяльності. Вам також відомо, що частина енергії, яка виділяється під час розщеплення органічних речовин, розсіюється у вигляді тепла, підтримуючи певну температуру клітини або цілісного організму, а частина - запасається у вигляді високоенергетичних хімічних зв’язків певних сполук. Такою універсальною сполукою - накопичувачем енергії в клітинах - є аденозинтрифосфатна кислота (АТФ).

Енергетичний обмін відбувається в три послідовних етапи: підготовчий, безкисневий і кисневий. Початковий етап енергетичного обміну - підготовчий - перебігає в цитоплазмі клітин усіх організмів, а в більшості багатоклітинних тварин і людини - також і в порожнині органів травної системи. На підготовчому етапі складні органічні сполуки під дією ферментів розщеплюються на простіші: білки - до амінокислот, жири - до гліцеролу і жирних кислот, полісахариди - до моносахаридів, нуклеїнові кислоти - до нуклеотидів. Ці процеси супроводжуються вивільненням енергії, але її кількість незначна і вона розсіюється у вигляді тепла. Це тепло організми можуть використовувати для підтримання температури власного тіла.

За підготовчим етапом настає безкисневий, який відбувається в клітинах. Його ще називають анаеробним (від грец. ан - частинка, що означає заперечення, та аер - повітря), оскільки сполуки, які утворилися на попередньому етапі, зазнають подальшого багатоступеневого розщеплення, але без участі кисню. Анаеробне розщеплення (або анаеробне дихання) - найпростіша форма утворення та накопичення енергії в хімічних зв'язках молекул АТФ. Цей етап енергетичного обміну обов'язковий для всіх організмів - як анаеробів, так і аеробів.

Деякі мікроорганізми і безхребетні тварини (здебільшого паразити) не можуть використовувати кисень у процесах енергетичного обміну. Необхідну енергію вони отримують лише завдяки анаеробному розщепленню органічних сполук (тобто анаеробному диханню). Більшість організмів у процесах енергетичного обміну здатні використовувати кисень. Але в таких організмів кисневому етапу енергетичного обміну завжди передує безкисневий.

Найважливішим на безкисневому етапі енергетичного обміну в клітинах є розщеплення молекул глюкози на дві молекули піровиноградної ($C_3H_4O_3$) або молочної ($C_3H_6O_3$) кислоти.

Процеси безкисневого розщеплення вуглеводів, або анаеробне дихання, узагальнено називають гліколізом (від грец. глікіс - солодкий та лізіс - розщеплення)

Під час гліколізу виділяється приблизно 200 кДж енергії. Частина її (майже 84 кДж) витрачається на синтез двох молекул АТФ, а решта - розсіюється у вигляді тепла. Таким чином, процес гліколізу енергетично малоефективний: лише приблизно 35-40 % енергії, що виділяється, запасається в макроергічних зв'язках молекул АТФ. Це пояснюється тим, що кінцеві продукти гліколізу все ще містять у собі багато зв'язаної енергії.

Незважаючи на відносно низьку ефективність, гліколіз має важливе фізіологічне значення. Завдяки цьому процесові організми можуть отримувати енергію за умов нестачі кисню, а його кінцеві продукти (піровиноградна і молочна кислоти) зазнають подальших ферментативних перетворень за наявності кисню. Проміжні продукти гліколізу використовуються для синтезу різних сполук.

Пластичний обмін (анаболізм, асиміляція) – сукупність біохімічних ферментативних процесів синтезу біоорганічних сполук:

- Поживні речовини (білки, ліпіди і вуглеводи), які поступають з їжею, не схожі на відповідні високомолекулярні сполуки даного організму.
- У процесі травлення ці сполуки розпадаються до мономерів, які використовуються в процесі біосинтезу специфічних високомолекулярних речовин.

До основних процесів пластичного обміну належить біосинтез білків, вуглеводів, ліпідів, нуклеїнових кислот, а також фотосинтез і хемосинтез.
Організми розрізняються між собою специфічними білками. Білки складаються з амінокислот. Взаємо-розташування амінокислот визначає специфічні властивості білка.

Біосинтез білків відбувається у цитоплазмі клітини на спеціальних органелах – рибосомах. Кожна рибосома має велику і малу субодиниці, які відіграють важливу роль на різних етапах біосинтезу білків. Найважливішу роль у процесі біосинтезу білка відіграють нуклеїнові кислоти – ДНК, РНК. На ДНК записана інформація про білки.

Ген – ділянка ДНК, яка містить інформацію про первинну структуру білка.
Біосинтез білка проходить у 4 етапи:
І етап. Транспірація – передача інформації про структуру білка з молекули ДНК на і-РНК. Цей процес здійснюється з участю спеціальних ферментів і відбувається

так: подвійний ланцюг на певному відрізку роз'єднується і вздовж одного з ланцюгів ДНК починається синтез молекули і-РНК за принципом компліментарності. Певна ділянка ДНК (ген) є матрицею для відповідної і-РНК. і-РНК після транскрипції зазнають процесу сплайсінгу – з новоутвореної і-РНК вирізаються неінформаційні фрагменти – інтрони і зшиваються інформаційні ділянки – інтрони.
Екзони – послідовність нуклеотидів у генах, що кодують синтез білка (інформативна ділянка). Інтрони – послідовність нуклеотидів ДНК, що не кодують синтез білка (неінформативна ділянка). Спейсери – частина ДНК, що взагалі не несе генетичної інформації.

Синтезовані молекули і-РНК переходять із ядра в цитоплазму, а ДНК відновлює свою структуру.

II етап. Активація амінокислот. Цей процес відбувається в цитоплазмі. Активовані молекули амінокислот з'єднуються з молекулами транспортних РНК, кожній з 20 амінокислот відповідає певна т-РНК. У молекулі т-РНК є дві важливі ділянки: до однієї з них прикріплюється відповідна амінокислота, а інша містить триплет нуклеотидів, який відповідає коду даної амінокислоти в молекулі і-РНК. Активовані амінокислоти, сполучені з т-РНК надходять до рибосом.
III етап. Трансляція – синтез поліпептидних ланцюгів. Відбувається так: молекула і-РНК рухається між двома субодиницями рибосом і до неї послідовно приєднуються молекули т-РНК з амінокислотами. При цьому за принципом комплементарності кодони і-РНК вступають у зв'язок з антикодонами т-РНК. Послідовність розташування амінокислот при цьому визначається порядком чергування триплетів у молекулі і-РНК. Амінокислоти утворюють пептидні зв'язки за рахунок енергії АТФ і в результаті з рибосоми сходить поліпептидний ланцюг.

IV етап. Термінація – утворення вторинної і третинної структур білкової молекули. Цей етап здійснюється в цитоплазмі шляхом скручування, згортання поліпептидного ланцюга.

Для синтезу білка необхідно:

- енергія (у вигляді АТФ у мітохондріях).
- відповідні ферменти.
- інформація про структуру білка (у ДНК, а потім в і-РНК).
- амінокислоти і відповідні їм т-РНК.
- рибосоми.

Молекули білка синтезуються у клітині впродовж 1-2 с. Синтез білків у клітині відбувається в інтерфазі – період між її поділом.

Лекція 11. Фотосинтез. Значення фотосинтезу для живих організмів.

Процес фотосинтезу є одним з найважливіших біологічних процесів, що протікають в природі, адже саме завдяки йому відбувається утворення органічних речовин з вуглекислого газу і води під дією світла, саме це явище і називають фотосинтезом. І що найважливіше, у процесі фотосинтезу відбувається виділення кисню, життєво необхідного для існування життя на нашій дивовижній планеті. Якщо представити образно, то листок будь-якої рослини можна порівняти з маленькою лабораторією, вікна якої виходять на сонячну сторону. У цій самій лабораторії йде утворення органічних речовин і кисню, що є основою для існування органічного життя на Землі. Адже без кисню і фотосинтезу на Землі просто б не існувало життя.

Фотосинтез (від гр. Φωτόνιο — світло і синтез): процес утворення зеленими рослинами органічних речовин з вуглекислого газу й води за допомогою світлової енергії, що поглинається хлорофілом.

Основні реакції світлової та темнової фаз фотосинтезу в хлоропластах

Значення фотосинтезу для існування біосфери. Процес синтезу органічних речовин з неорганічних, який відбувається з використанням світлової енергії і за участю хлорофілу, називають фотосинтезом.

Процес фотосинтезу виражається таким сумарним рівнянням:

$6CO_2 + 6H_2O + E \rightarrow$хлорофіл $C_6H_{12}O_6 + 6O_2$

Фотосинтез – це складний, багатоступінчастий процес, який відбувається протягом двох фаз: світлової і темнової.

Світлова стадія фотосинтезу відбувається на тилакоїдах хлоропластів. Ця стадія розпочинається з моменту поглинання квантів світла молекулою хлорофілу; при цьому електрони атома магнію у молекулі хлорофілу переходять на більш високий енергетичний рівень, нагромаджуючи потенціальну енергію; частина електронів зразу ж повертається на своє попереднє місце, а енергія, що виділяється при цьому, випромінюється у вигляді тепла; значна частина електронів з високим рівнем енергії передає її іншим хімічним сполукам для фотохімічної роботи, яка здійснюється за кількома основними напрямками:

1. Перетворення енергії електронів на енергію АТФ, що відбувається таким чином:

АДФ + Ф + Енергія → АТФ;

оскільки приєднання залишків фосфорної кислоти здійснюється за рахунок енергії (в даному разі енергії світла), цей процес називається фосфорилюванням.

2. Відбувається процес розкладу (фотоліз) води; при цьому утворюються електрони (e-), протони (H+); як побічний продукт – молекулярний кисень; рівняння розкладу води:

$4H_2O \rightarrow 4H^+ + 4OH^-$

$4\ OH^- \rightarrow 2H_2O + O_2 + 4e^-$

$4H^+ + 4e^- \rightarrow 4H$

Протоки водню H+ приєднуючи електрони з високим енергетичним рівнем, перетворюються на атомарний водень, який використовується у наступних реакціях фотосинтезу;

Відновлення універсального біологічного переносника водню НАДФ+ до НАДФ-Н. Таким чином. У результаті світлової фази фотосинтезу утворюються АТФ з АДФ; НАДФ+ відновлюється і утворюється НАДФ-Н; виділяється молекулярний кисень; АТФ і НАДФ-Н використовуються у темновій фазі фотосинтезу.

Темнова фаза фотосинтезу або цикл Кальвіна (Нобелівська премія) – ряд послідовних реакцій, що супроводжуються поглинанням вуглекислого газу і утворенням вуглеводів, відбувається в основній речовині хлоропласта. Ці реакції можуть відбуватися і на світлі, і в темряві. CO2, який надходить із зовнішнього середовища, вловлюється п’яти-вуглецевими органічними сполуками, що містяться у хлоропластах рослин; при цьому утворюється нестійка шести-вуглецева сполука, що швидко розщеплюється на дві три-вуглецеві молекули.
У результаті семи послідовних ферментативних реакцій з використанням енергії АТФ і НАДФ-Н утворюється шести-вуглецева молекула глюкози.

Для синтезу однієї молекули глюкози необхідно 6 молекул CO_2, 18 молекул АТФ і 12 молекул НАДФ-Н.
Сумарне рівняння реакції темнової фази:

$6CO_2 + 18АТФ + 12H_2O + 12НАДФ\text{-}Н + 12Н+ \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 18АДФ + 18Ф + 12НАДФ+$,
де Ф – залишок фосфорної кислоти.

Отже, у темновій фазі фотосинтезу як результат ряду ферментативних реакцій відбувається відновлення вуглекислого газу до глюкози.

Значення фотосинтезу:

- Завдяки фотосинтезу на Землі щорічно утворюється 150 млрд. т органічної речовини та виділяються близько 200 млрд. т вільного кисню.
- Фотосинтез підтримує баланс газів в атмосфері, необхідний для життя на Землі, перешкоджає збільшенню концентрації CO_2, попереджає надмірне нагрівання Землі.
- Виділення кисню в процесі фотосинтезу сприяло формуванню озонового екрану, який захищає все живе від згубного впливу короткохвильової ультрафіолетової радіації.
- При всій грандіозності масштабів природний фотосинтез – повільний і малоефективний процес: рослинами використовується лише 1% всієї сонячної енергії.

Лекція 12. Віруси – неклітинні форми життя. Будова вірусів. Роль вірусів у природі та житті людини.

Неклітинні форми життя — це автономні структури на молекулярному рівні організації життя, до яких відносять віроїди, пріони та віруси. Спільними ознаками цих форм життя є:

а) субмікроскопічні розміри;

б) відсутність клітинної будови;

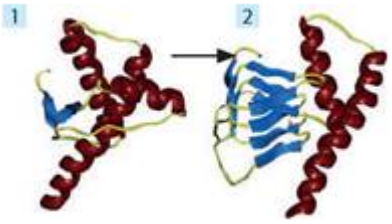
в) внутрішньоклітинний паразитизм;

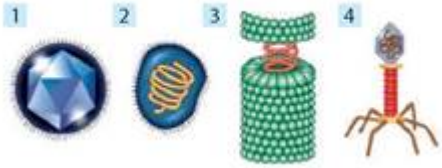
г) здатність зберігати свої ознаки та змінюватися під упливом умов;

д) здатність до самовідтворення.

Віроїди — неклітинні форми життя у вигляді одноланцюгової кільцеподібної РНК, що не кодує білків. Віроїди було відкрито в 1971 р. американським біологом Т. О. Дінером. Ці субмікроскопічні частинки захисної білкової оболонки не мають, їхня РНК містить 250—375 нуклеотидів і має масу від 86—130 кДа. Віроїди потрапляють у клітини організму хазяїна під час його вегетативного розмноження, за допомогою комах або механічним шляхом у разі пошкодження. Віроїди можуть завдавати значних збитків рослинництву, оскільки спричиняють віроїдні захворювання рослин (веретеноподібність бульб картоплі, карликовість хризантем, каданг-каданг кокосових пальм, хвороба жовтих плям рису та ін.).

Пріони — неклітинні форми життя, що є білковими частинками без нуклеїнової кислоти. Пріони складаються із особливого білка, який існує у вигляді двох форм: нормальний білок масою близько 25 400 а. о. м. та аномальний, що відрізняється вторинною структурою і здатний перетворювати нормальний білок на собі подібний. Особливостями пріонів є відсутність власного геному, висока стійкість до температури, ультрафіолету, радіації. Пріони не розпізнаються імунною системою як чужорідні білки й не провокують імунної відповіді. Відкрив пріони в 1982 р. американський біохімік С. Прузінер. На сьогодні пріони знайдено в клітинах бактерій, дріжджів й ссавців. Описано понад 10 небезпечних пріонних хвороб тварин й людини (коров'ячий сказ, скрейпі овець, губчаста енцефалопатія котячих, фатальне сімейне безсоння, хвороба куру та ін.).





Віруси (лат. Virus — отрута) — це неклітинні форми життя, які є внутрішньоклітинними абсолютними паразитами. Наразі близько 5 000 видів вірусів ідентифіковано, тоді як вчені вважають, що існує понад мільйон видів вірусів. Відкрито віруси в 1892 р. російським ботаніком Д. Івановським (1864—1920). Розміри більшості вірусів — у межах від 20 до 300 нм, хоча є серед них й справжні велетні серед неклітинних форм життя. Це мега- й мімівіруси з розмірами близько 600 нм.

Віруси мають капсид з білкових частинок — капсомерів і нуклеїнову кислоту — серцевину. Структуру, що містить нуклеїнову кислоту і капсид, називають нуклеокапсидом. Повністю сформована інфекційна вірусна частинка називається віріоном. Унікальна властивість вірусів — різноманітність організації генетичного матеріалу. Вірусна нуклеїнова кислота може бути представлена одно- або дволанцюговими молекулами ДНК (ДНК-вмісні віруси) чи РНК (РНК-вмісні віруси). Для вірусів характерна специфічність, що полягає в можливості взаємодії вірусів лише з певними рецепторами клітинних мембран.

Віруси є внутрішньоклітинними паразитами архей, бактерій й еукаріотів і поза клітинами жодних ознак життя не виявляють. Для свого відтворення віруси використовують ресурси клітини-хазяїна, чим спричиняють вірусні захворювання. Основними систематичними одиницями для вірусів є порядок, родина, рід та вид. Категорії царства та відділів, бінарна номенклатура для вірусів не застосовуються.

Отже, неклітинні форми життя є складовою частиною біосфери, оскільки побудовані з органічних речовин, мають біотичні взаємовідносини, їм притаманні спадковість, мінливість, вони здатні до самовідтворення та ін.

Шляхи й механізми еволюції вірусів ще не достатньо вивчено. Існує декілька гіпотез походження вірусів: гіпотеза регресивної еволюції (віруси виникли шляхом

спрощення клітин паразитичних бактерій), гіпотеза паралельної еволюції (віруси виникли незалежно від клітин, використовуючи їхні можливості), гіпотеза «скажених генів» (віруси — це «збіглі» частини геному клітин-хазяїв).

Найбільші зміни у поглядах щодо походження вірусів сталися внаслідок відкриття велетенських вірусів, як-то мімівіруси, мамавіруси, мегавіруси та ін. (іл. 12). Мегавірус чілійський має найбільший з-поміж вірусів ДНК-геном, який налічує 1 259 197 пар нуклеотидів й містить інформацію про 1120 білків, що сумірно з багатьма паразитичними бактеріями. У велетенських вірусів виявлено гени білків, що їх раніше ніколи не виявляли в жодного з вірусів. Але й це ще не все: у мамавірусів виявлено суперпаразити — вірофаги-супутники. І зовсім нещодавно, у квітні 2017 р., в журналі Science було опубліковано повідомлення про новий велетенський вірус, що названий «клоснойвірус» (Klosneuvirus, KNV) на честь невеличкого містечка Клостернойбург в Австрії. Вірус містить майже повний набір із 19 ферментів-синтетаз для вбудовування 20 типів амінокислот у процесі біосинтезу білків.

Філогенетичні дослідження протеомів (усієї сукупності білків) нововідкритих велетенських вірусів можуть свідчити на користь гіпотези регресивної еволюції, згідно з якою віруси виникли від клітинних істот шляхом спрощення і є, таким чином, найдавнішими істотами на Землі. Або, можливо, велетенські віруси пішли від менших ДНК-вірусів шляхом поступового накопичення додаткових генів.

Порівняння геномів велетенських вірусів з аналогами в доменах Бактерій, Археїв та Еукаріотів свідчать на користь гіпотези про те, що віруси — це живі істоти, які можуть становити окремий домен органічного світу. Їх протеоми схожі на такі самі у багатьох бактерій, однак у вірусів наявні білки, що їх немає у клітинних організмів, а це свідчить про особливість їхньої еволюції.

Отже, на сучасному етапі розвитку науки не існує єдиного погляду щодо виникнення вірусів. Натомість поширені погляди, що різні віруси виникали незалежно на різних етапах розвитку життя на Землі.

Віруси не можуть самостійно поширюватись у природі, й допомагають їм у цьому насамперед живі організми: комахи (наприклад, попелиці переносять близько 160 різних арбовірусів), кліщі, ґрунтові нематоди, рослини-паразити (наприклад, повитиця переносить близько 50 вірусів рослин), людина (для вірусів грипу).

Шляхи проникнення вірусів до організму хазяїна бувають різними. Це: 1) повітряно-краплинний шлях (віруси грипу, вітряної віспи, кору); 2) з їжею та водою (вірус ящуру з молоком ураженої корови, гепатит А); 3) крізь покриви тіла (віруси герпесу, сказу, папіломи); 4) під час переливання крові та хірургічних операцій (вірус гепатиту В); 5) статевим шляхом (вірус герпесу, СНІДу); 6) за участі переносників (кліщів — вірус тайгового енцефаліту, комарів — вірус лихоманки Зіка); 7) з пилком рослин (віруси мозаїки картоплі).

Залежно від властивостей вірусу і клітини-хазяїна, а також умов середовища розрізняють такі основні типи взаємодії вірусів із клітиною: а) продуктивна інфекція — розмноження вірусу призводить до руйнування і загибелі клітини; б) абортивна інфекція — взаємодія, за якої клітини залишаються живими, а дозрілі віріони не утворюються; в) вірогенія — геном вірусу поєднується з генетичним апаратом клітини і під час поділу клітини може тривалий час передаватися дочірнім клітинам; через деякий час за певних умов починає розмножуватися і спричиняє загибель клітини.

Отже, взаємодії вірусів із клітинами мають різноманітний та складний характер.

Лекція 13. Профілактика ВІЛ/СНІД та інших вірусних хвороб людини. Профілактика бактеріальних хвороб людини.

Вірус імунодефіциту людини (ВІЛ) передається через кров та інші біологічні рідини (сперма, виділення піхви, грудне молоко) під час статевого контакту і вагітності, пологів та годування груддю. Але це і так давно усім відомо, чи не так?

Один зі видів профілактики — уникати потенційно небезпечних ситуацій. Проте існують ще й інші способи профілактики ВІЛ: доконтактна та постконтактна профілактика, а також — лікування ВІЛ як профілактика.

Після інфікування ВІЛ може розвинутися інфекційне захворювання. Воно є хронічним та характеризується прогресуючою дисфункцією імунної, нервової, лімфатичної та інших систем організму.

В Україні понад 250 000 людей живуть з ВІЛ і половина з них не знає про свій статус. Так ті, хто не знають, чи вони інфіковані, не розпочинають лікування — а отже, вірус продовжує руйнувати їхню імунну систему. Водночас люди, які живуть з ВІЛ, можуть несвідомо інфікувати інших.

Тестування на ВІЛ — найкращий спосіб профілактики ВІЛ. Адже щойно людина дізнається про свій позитивний статус, вона зазвичай змінює свою поведінку і приймає рішення про використання бар'єрної контрацепції та початок антиретровірусної терапії.

Якщо не лікувати ВІЛ-інфекцію, у людини може розвинутися синдром набутого імунодефіциту (СНІД). Це комплекс захворювань, які розвиваються внаслідок руйнування вірусом імунної системи на III–IV стадії інфікування ВІЛ. За належного лікування людина може мати довге та повноцінне життя, а без нього ВІЛ призводить до розвитку СНІДу впродовж 8–10 років.

Тож якщо людина не обговорює зі своїм партнером або партнеркою ВІЛ-статус одне одного, цю розмову варто почати якомога швидше. Це захистить обох партнерів у майбутньому, адже у разі позитивного тесту на ВІЛ людина зможе розпочати АРВ-терапію, а її партнер або партнерка — доконтактну або постконтактну профілактику ВІЛ.

Доконтактна профілактика ВІЛ

Доконтактна профілактика ВІЛ (ДКП) — це прийом антиретровірусних препаратів для зниження ризику інфікування ВІЛ. ДКП є додатковим до бар'єрної

контрацепції методом профілактики для людей, які мають високий ризик інфікування ВІЛ.

Серед них партнери людей, які живуть з ВІЛ, чоловіки, що практикують секс з чоловіками, люди, які надають сексуальні послуги за винагороду, люди, які вживають наркотичні засоби ін'єкційно. Також, якщо людина практикує секс з одним або кількома партнерами, ВІЛ-статус яких їй невідомий, їй варто розглянути опцію прийому доконтактної профілактики ВІЛ.

Разом із презервативами людина, яка приймає ДКП, має понад 99% захисту від передавання ВІЛ статевим шляхом. ДКП приймають перорально щодня по одній таблетці.

Чоловіки, які практикують секс з чоловіками, можуть приймати таблетки за схемою 2+1+1 або так званою схемою «на вимогу». За 2–24 години до запланованого статевого контакту чоловік випиває дві таблетки ДКП, третю — через добу після перших двох, а четверту — ще на добу пізніше.

Із вересня 2015 року Всесвітня організація охорони здоров'я рекомендує ДКП як додатковий до бар'єрного захисту метод профілактики ВІЛ для людей, які мають високий ризик інфікування. Якщо людина мала професійний контакт з ВІЛ або існує його висока ймовірність, лікар може порадити постконтактну профілактику ВІЛ. Зазвичай це стосується медичних працівників та працівників екстрених служб. Професійним контактом з ВІЛ вважається контакт з кров'ю або рідинами, що містять кров, потрапляння крові під шкіру, на ушкоджену шкіру або на слизові.

Випадковий (непрофесійний) контакт — це будь-який контакт, який стався поза професійною діяльністю. Постконтактна профілактика ВІЛ націлена на попередження розвитку ВІЛ-інфекції після імовірного контакту.

Залежно від того, був контакт професійним чи випадковим, існують різні алгоритми дій та першої допомоги після ймовірного інфікування. Проте важливо пам’ятати, що постконтактну профілактику ВІЛ необхідно розпочати якомога швидше протягом перших годин та не пізніше 72 годин після контакту.

Зазвичай курс постконтактної профілактики ВІЛ триває 28 днів. Детальніше про план дій при потенційному інфікуванні та рівень ризику інфікування залежно від виду контакту. Антиретровірусна терапія — прийом антиретровірусних препаратів, які покликані пригнічувати розмноження ВІЛ в організмі людини, зменшувати рівень вірусного навантаження та відновлювати функцію імунної системи. Детальніше про АРТ за посиланням.

Людина, яка живе з ВІЛ, щодня приблизно в один і той самий час приймає ліки, які пригнічуватимуть вірус імунодефіциту в її організмі — зупинятимуть його розмноження. Прийом АРТ пожиттєвий, прийом препаратів переривати не можна. Адже щойно змінюється режим прийому ліків, вірус може пристосуватися до них та стати стійким до антиретровірусних препаратів.

Вже за кілька місяців після початку лікування рівень вірусного навантаження становитиме менше 40 копій РНК/мл, що робить ВІЛ невизначуваним (не визначатиметься тестом) і безпечним як для самої інфікованої людини, так і для її оточення.

Саме в цьому і полягає принцип Н=Н: «не визначається, значить не передається». Невизначуване вірусне навантаження ВІЛ означає, що в крові міститься занадто мало ВІЛ-інфекції для зараження. Детальніше про принцип Н=Н та те, чому він ефективний у подоланні епідемії ВІЛ/СНІД.

Варто зазначити пункти, що стосуються профілактики вірусних хвороб:

- загартовуйтесь, займайтесь спортом ;
- дотримуйтесь правил особистої гігієни ;
- частіше провітрюйте приміщення, де перебуваєте та робіть вологе прибирання ;не переохолоджуйтесь ;
- зведіть до мінімуму відвідування людних місць в період росту захворюваності ;повноцінно харчуйтесь, вживайте фрукти та овочі багаті на вітамін С, а також продукти, що містять фітонциди – часник, цибуля, хрін, редька ;
- носіть маску, якщо доглядаєте за хворим на ГРВІ ;
- виходячи з дому, змазуйте слизову оболонку носа оксоліновою маззю або будь-яким жиром ;
- профілактично під час спалаху ГРВІ можна приймати противірусні препарати (обов'язково порадьтесь з сімейним лікарем) ;
- якщо у вас в колективі є хворий – йому варто лікуватись вдома, перебуваючи на лікарняному, бо за короткий інкубаційний період – 2-3 дні - буде ще 8-10 хворих.Якщо занедужав хтось із ваших домашніх – намагайтесь ізолювати його, дайте окремий посуд та засоби гігієни;
- вакцинація.

Також важливо, бактеріальні інфекції можуть поширюватися також через харчові продукти і готову їжу. Нерідко хвороботворні бактерії потрапляють через забруднені руки хворого чи носія, під час миття харчових продуктів в інфікованій воді, під час перевезення на транспорті, при розігріванні продуктів харчування на брудних столах. Внаслідок зараження їх мухами, гризунами й іншими переносниками бактеріальних захворювань.

Для деяких бактеріальних інфекцій грунт є місцем тимчасового перебування. Потрапляючи через тріщини та подряпини, хвороботворні організми спричиняють утворення наривів, призводять до тяжкого захворювання правця.

Інфекційні хвороби передаються також через укуси комарів, кліщів, мухами.

Для запобігання захворюванню на інфекційні хвороби бактеріологічного походження виробляють штучний імунітет. Активний штучний імунітет виникає внаслідок щеплення - введеної в організм вакцини. Наприклад, після щеплення організм успішно протистоїть таким тяжким хворобам, як дифтерія, туберкульоз, правець. Активний імунітет діє багато років.

В осередку інфекційного захворювання за необхідності проводять дезінфекцію для того, щоб знищити бактерії, а також для знищення кліщів, переносників і збудників інфекційних захворювань. З метою знищення гризунів, що переносять інфекції, проводять дератизацію.

Щодо запобігання бактеріальними інфекціям та хворобам:

- мити руки з милом після роботи і перед уживанням їжі;
- регулярно обмивати тіло в бані, під душем зі зміною натільної і постільної білизни;
- систематично чистити і струшувати верхній одяг та постільні речі;
- уживати лише перевірені продукти харчування, кип'ячену воду й молоко, промиті кип'яченою водою овочі й фрукти, ретельно проварені м'ясо й рибу;
- підтримувати чистоту в житлових і робочих приміщеннях;
- чистити меблі та предмети інтер'єру від бруду й пилу, витирати взуття перед входом у приміщення.

А також важливі правила застосування антибіотиків:

- тільки лікар може дібрати антибіотик з урахуванням імовірного збудника і ступеня його чутливості;
- потрібно застосовувати антибіотики в суворій відповідності до інструкції;

- завжди виконувати рекомендації лікаря і не відмовлятися від призначеного препарату.

Лекція 14. Форми розмноження організмів. Онтогенез. Шкідливий вплив алкоголю і нікотину на індивідуальний розвиток організму.

Розмноження — це здатність організмів відтворювати собі подібних, що забезпечує безперервність і спадкоємність життя; одна з основних властивостей живого.

Розрізняють дві основні форми розмноження: нестатеве і статеве.

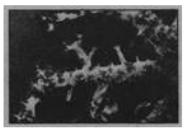
Нестатеве розмноження — це різні способи розмноження організмів, для яких характерна відсутність статевого процесу, тобто відбувається воно без участі статевих клітин. Це дуже давня форма розмноження організмів, тому й широко

поширена тільки серед одноклітинних тваринoподібних організмів, але властива й багатьом багатоклітинним тваринам (кишковопорожнинним, кільчастим червам, як виняток трапляється у членистоногих і хребетних).

Види нестатевого розмноження наступні:

• Брунькування. У випадку брунькування група клітин материнської особини починає погоджено поділятись, даючи початок дочірній особині. Ця особина деякий час розвивається як частина материнського організму, а потім відокремлюється від нього (гідра прісноводна) або формує колонії з багатьох особин (коралові поліпи).

Брунькування у гідри



Колонія коралових поліпів

Фрагментація. Основа цього процесу — явище регенерації (відновлення втрачених частин тіла або відновлення цілісного організму з певної його частини). Наприклад, якщо гідру розтерти в ступці, то кожна її маленька частинка відновиться до цілого організму. Фрагмент черв’яка дощового дає початок новій особині. Однак у природних умовах фрагментація трапляється рідко, зокрема у деяких багатощетинкових червів.

Нестатеве розмноження дає змогу швидко збільшувати чисельність особин певного виду у сприятливих умовах. Проте за такого розмноження не відбувається збільшення генетичного розмаїття, тобто дочірні особини за набором спадкової

інформації є точними копіями батьків. Та умови довкілля постійно змінюються, і генетичне розмаїття могло б виявитися дуже корисним за необхідності пристосуватися до нестабільних умов існування. Тому переважна більшість тварин періодично або постійно розмножується статевим шляхом.

Статеве розмноження — різні форми розмноження організмів, за яких новий організм розвивається зазвичай із зиготи, яка утворюється в результаті злиття жіночої і чоловічої статевих клітин (гамет).

Сутність статевого розмноження:

• формування статевих клітин (гамет);

• запліднення, тобто злиття статевої клітини самця (сперматозоїда) зі статевою клітиною самки (яйцеклітиною);

• розвиток дочірнього організму із заплідненої яйцеклітини — зиготи.

Завдяки заплідненню дочірній організм отримує спадкову інформацію від двох батьків, тому краще може пристосуватися до нестабільних умов довкілля.

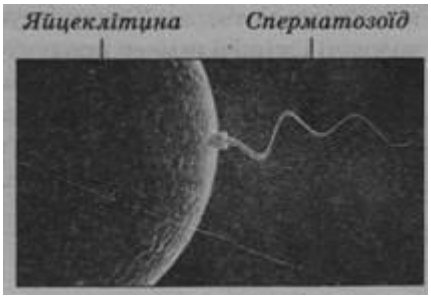
Особливі способи статевого розмноження

• Партеногенез — це одна з форм статевого розмноження, за якої жіночі статеві клітини розвиваються без запліднення. Трапляється у нижчих ракоподібних (дафній), комах (бджіл, попелиць), деяких рептилій, птахів і переважно чергується зі звичайним статевим розмноженням. Партеногенез може відбуватися як за сприятливих умов (у попелиць, дафній розвиваються самки), так і за несприятливих (восени з незапліднених яєць розвиваються самці). У бджіл із незапліднених яєць розвиваються трутні, а із запліднених — самка і робочі

бджоли. Партеногенез можна викликати штучно, впливаючи певним чинником на яйцеклітину.

• Поліембріонія — це розвиток декількох зародків (близнюків) з однієї зиготи. Усі ці однояйцеві близнюки завжди однієї статі і зовні майже однакові. Поліембріонія трапляється у всіх тварин. У хребетних вона виникає шляхом поділу зародка на декілька частин на дуже ранніх стадіях його розвитку.

Статеві клітини (гамети)



Статеві клітини

Функція статевих клітин (гамет) — передача спадкової інформації від особин батьківського покоління нащадкам.

Статеві клітини (гамети) формуються у статевих залозах. У самців статеві залози — сім’яники, в них формуються сперматозоїди. У самок статевими залозами є яєчники, в яких формуються яйцеклітини. У переважної більшості тварин яйцеклітини більші за сперматозоїди та нерухомі. Вони містять ядро і багато цитоплазми, в якій зосереджений запас поживних речовин — жовток. Він необхідний для живлення зародка. Яйцеклітина зазвичай оточена кількома різними оболонками. Наприклад, яйцеклітина амфібій покрита прозорою слизуватою оболонкою, у рептилій — одна з оболонок шкіряста, у птахів яйцеклітина послідовно вкрита товстою білковою оболонкою, двома тонкими

підшкаралупними, твердою шкаралупою з карбонату кальцію та зовнішньою плівкою, або надшкаралупною оболонкою. Яйцеклітину, оточену зовнішніми оболонками, називають яйцем. Розміри яйцеклітин у різних груп тварин неоднакові. У риб, амфібій, а особливо у рептилій і птахів яйцеклітини значно більших розмірів, ніж у ссавців. У них зародок живиться тільки тими поживними речовинами, що накопичені у жовтку. У ссавців зародок через плаценту отримує все необхідне з організму самки. У риб і амфібій мальки та пуголовки живляться самостійно. Лише у рептилій і птахів весь період розвитку зародка відбувається у яйці, тому їхні яйця найбільших розмірів.

Сперматозоїди (спермії, живчики) значно менші за яйцеклітину і у всіх хребетних та більшості безхребетних мають джгутики, тому здатні до поступального руху в рідкому середовищі.

Організми, у яких чоловічі гамети продукуються одними особинами, а жіночі гамети — іншими, називають роздільно статевими. Це переважна більшість членистоногих, молюсків, хордових тварин. Однак існує велика група тварин, у якої чоловічі і жіночі гамети продукує одна особина. Такі організми називають гермафродитами. При гермафродитизмі різні гамети можуть продукуватися різними статевими залозами однієї особини: яєчниками і сім’яниками, рідше (у більшості черевоногих молюсків, як виняток, в амфібій) — однією статевою залозою почергово.

Запліднення

Запліднення — злиття чоловічої статевої клітини (спермія, сперматозоїда) з жіночою (яйцеклітиною) з утворенням зиготи (заплідненої яйцеклітини), яка дає початок новому організму.

Біологічне значення запліднення: внаслідок злиття гамет із різною спадковістю утворюється більш життєздатне потомство, ніж при нестатевому розмноженні, тому що збільшується різноманітність ознак та пристосувальних властивостей нащадків.

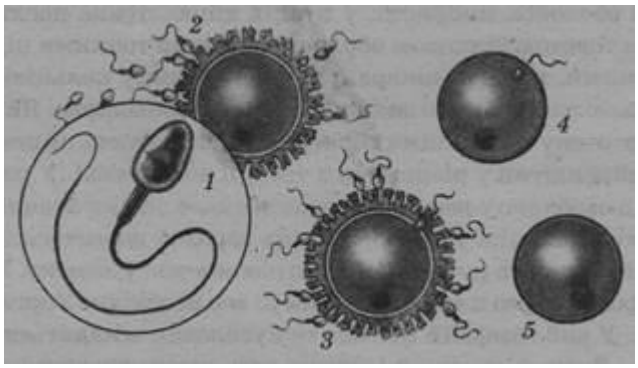


Схема процесу запліднення: 1 — сперматозоїд; 2 — яйцеклітина; 3 — прикріплення одного зі сперматозоїдів до оболонки яйцеклітини; 4 — проникнення сперматозоїда в яйцеклітину (джгутик відкидається); 5 — злиття ядер сперматозоїда і яйцеклітини

Запліднення може бути зовнішнім і внутрішнім. Запліднення, за якого злиття гамет відбувається поза тілом самки, називають зовнішнім. Зовнішнє запліднення спостерігається у багатьох безхребетних, риб, безхвостих земноводних, які відкладають статеві клітини у водне середовище. Зрідка трапляється і у наземних тварин (наприклад, у черв'яків дощових). Запліднення у цих тварин, а також розвиток зиготи залежать від умов середовища. Тому такі організми продукують дуже багато статевих клітин. Наприклад, ставрида продукує близько 60 тисяч ікринок, лобань — близько 7 мільйонів, щука — від 2 тисяч до одного мільйона. По-перше, значна кількість ікри не запліднюється через відсутність сперматозоїдів; по-друге, частину її зносить течія, поїдають риби, амфібії, птахи, комахи; по-третє, навіть на малька чатує не одна небезпека. У деяких риб дорослою стає лише одна особина з тисячі мальків.

За внутрішнього запліднення злиття гамет відбувається в органах статевої системи самки. Воно притаманне переважній більшості тварин суходолу: черевоногим молюскам, комахам, рептиліям, птахам, ссавцям, хрящовим рибам (акулам, скатам). Внутрішнє запліднення більш ефективне, ніж зовнішнє, адже значно підвищується ймовірність запліднення яйцеклітин, оскільки за допомогою особливих органів парування самці переносять гамети безпосередньо у статеві шляхи самки.

Онтогенез (грец. on, ontos — те, що існує; істота + genesis — походження, народження) — індивідуальний розвиток особини від її зародження до смерті. У різних груп організмів Онтогенез має свої особливості, які, зокрема, залежать від способу розмноження. Тривалість О. може бути різною. Напр. у секвої — понад 3000 років, деякі види черепах живуть до 150 років, білуга (представник осетрових) — до 100 років, а в одноклітинних організмів Онтогенез збігається з клітинним циклом (див. Клітинний цикл).

Усі процеси розвитку окремого організму можна поділити на декілька етапів:
I. Процеси, що передують зародженню організму:

1. гаметогенез — формування у батьків статевих клітин — гамет (див. Гаметогенез);
2. осіменіння — процеси, що забезпечують зустріч батьківських чоловічої та жіночої гамет;
3. запліднення — злиття батьківських гамет та утворення зиготи (див. Запліднення).

II. Онтогенез — індивідуальний розвиток:

1. антенатальний розвиток (грец. ante — перед, natus — народження) — це час, коли новий організм розвивається всередині материнського організму або

всередині яйця, насінини тощо і завершується народженням. У людини антенатальний розвиток складається із двох періодів: ембріональний, або зародковий, період (грец. embrion — зародок) — перші 8 тиж розвитку (див. Ембріогенез) та плідний, або фетальний (грец. fetus — плід) — з 9-го тижня, коли зародок має вже всі системи органів. Починаючи з 9-го тижня зародок людини називають плодом. У людини вагітність (антенатальний розвиток) триває 38–42 тиж;

2. постнатальний розвиток (грец. post — після, natus — народження) починається з народження і продовжується до смерті організму.

Для людини як біологічного виду характерне збільшення тривалості внутрішньоутробного періоду, сповільнення статевого дозрівання, поява перехідного періоду — клімаксу — між періодами статевої зрілості та літнього віку. На сьогодні немає єдиної схеми періодизації постнатального онтогенезу, оскільки вона повинна відображати біологічні (морфологічні, фізіологічні, біохімічні та ін.), психологічні та соціологічні аспекти розвитку і старіння організму. Необхідно зважати на фактори, що в різні періоди життя мають різну інформативність. У нашій країні у медико-біологічних дослідженнях використовують схему періодизації О. (таблиця):

Період	Межа
Новонародженість	1–10 днів
Грудний вік	10 днів–1 рік
Раннє дитинство	1–3 роки
Перше дитинство	4–7 років
Друге дитинство	8–12 років (хлопчики), 8–11 років (дівчатка)
Підлітковий вік	13–16 років (хлопчики), 12–15 років (дівчатка)
Юнацький вік	17–21 рік (хлопчики), 16–20 років (дівчатка)
Зрілий вік I	22–35 років (чоловіки), 21–35 років (жінки)
Зрілий вік 2	36–60 років (чоловіки), 36–55 років (жінки)
Літній вік	61–74 роки (чоловіки), 56–74 роки (жінки)
Старечий вік	75–90 років
Довгожителі	≥90 років

Період новонародженості характеризується різною зміною умов існування організму у зв’язку з переходом від внутрішньоутробного розвитку до розвитку у зовнішньому середовищі. У цей період організм особливо чутливий до дії шкідливих факторів. Період грудного віку особливий тим, що організм отримує основну масу поживних речовин із грудним молоком. У грудному молоці є, крім поживних речовин, деякі антитіла, які забезпечують пасивний імунітет у новонародженого. Від 1 до 7 років вторинні статеві ознаки маловиражені, переважає «тип малої дитини» з відносно великою головою, порівняно короткими кінцівками. У цьому віці м’язи слабкі, не здатні до сильних і тривалих скорочень. Тулуб чітко не поділяється на грудний і черевний відділи: вигини хребта не сформовані, велика рухомість суглобів, слаборозвинений щелепний апарат. Цей період називають «нейтральним дитинством». Найбільш відповідальний період

постнатального онтогенезу — статеве дозрівання, що включає друге дитинство, підлітковий і частково юнацький вік. Його називають також пубертатним періодом. Цей період характеризується тим, що в організмі людини відбувається розвиток вторинних статевих ознак, настає статева зрілість, дозрівання скелета, збільшуються розміри тіла, змінюються його пропорції, посилено розвиваються м'язи у чоловіків та відкладається жир у жінок. Статеві гормони проявляють виражений ефект на біохімічні обмінні процеси, підсилюючи анаболізм, що створює базу для стрибкоподібного росту, що спостерігається у хлопчиків 13–15 років, у дівчаток — 11– 13 років. Варто зазначити, що в пубертатний період активуються й інші залози внутрішньої секреції, гормони яких відіграють важливу роль у морфофункціональній перебудові організму. На фоні зазначених біологічних перетворень у цей час підсилюються процеси психологічного і культурного дозрівання, формуються соціально-психологічні властивості особистості. Репродуктивна функція дозріває у 18–20 років. У жінок встановлюються овуляторні цикли, а в чоловіків — циркадні ритми секреції тестостерону та продукції зрілої сперми. Завершується процес росту, причому у жінок трохи раніше. Після цього продовжується морфофункціональний розвиток, особливо у чоловіків. Зрілий період людини характеризується здатністю організму виконувати репродуктивну функцію, тобто чоловік і жінка спроможні народити дітей, тому часто цей період ще називають репродуктивним. Закінчується репродуктивний період клімаксом у жінок віком 45–50 років, а у чоловіків — у 55–60 років. Вважається, що після клімактеричного періоду настає літній вік, а за ним — старіння.

Закономірності старіння живих істот, зокрема людини, вивчає наука геронтологія (див. Геронтологія). Старіння є закономірною стадією індивідуального розвитку організму. Старіння стосується всіх рівнів організації: від молекулярних структур до цілісного організму. До найбільш характерних зовнішніх ознак належать: зменшення росту, зниження амплітуди рухів грудної клітки, зменшення розмірів

обличчя внаслідок втрати зубів і редукції альвеолярних відростків щелеп, збільшення обсягу мозкової частини черепа, ширини носа і рота, зміни у шкірі (зменшення кількості сальних залоз, товщини епідермісу, сосочкового шару шкіри, посивіння волосся). Для процесу старіння характерні зміни у функціонуванні важливих систем організму, зокрема регуляторних. Відбувається також зниження гостроти зору, функції слухового апарату, смаку, частини шкірної чутливості.
Для ендокринної регуляторної системи характерне зменшення маси залоз, зниження їх гормонотвірної функції (щитоподібної, статевих залоз). Зміни виникають і в інших системах. Так, знижується скоротна цілісність міокарда, сповільнюється ритмічна діяльність серця, секреторна активність травних органів, життєва ємність легень, основних ниркових функцій, судини стають менш еластичними внаслідок заміщення еластичних волокон колагеновими та відкладення холестеринових бляшок у стінці судин. Різко знижується імунний гомеостаз, кількість і функціональна активність Т-лімфоцитів.
Зниження активності системи імунітету призводить до розвитку аутоімунних процесів, зростання можливості утворення пухлин. На тлі регуляторних і функціональних порушень спостерігається зниження основного обміну, сповільнюється біосинтез білка, збільшується вміст жиру у крові, тканинах, знижується функціональна активність клітин, порушується проникність мембран, зростає частота генних і хромосомних аберацій.
Геріатрія — це галузь медицини, наука про хвороби осіб літнього і старечого віку (див. Геріатрія). Її завданням є затримка явища старіння, розробка способів нормалізації функцій організму при старінні, вивчення факторів ризику, які викликають передчасне старіння.
Отже, старіння — тривалий процес, останнім етапом якого є старість. Час настання старості залежить від багатьох причин. На сьогодні чітких показників, за якими можна визначити цей період онтогенезу, немає. Завершальною фазою онтогенезу є смерть.

У людини розрізняють природну (фізіологічну) смерть, що настає внаслідок старіння, а також передчасну (патологічну) смерть, що настає під дією захворювань або внаслідок нещасного випадку. Смерть — це процес, який можна розділити на два етапи. Перший етап — клінічна смерть. Для неї характерні втрата свідомості, припинення дихання і серцебиття. Але більша частина органів продовжує активно функціонувати.

Стан клінічної смерті поступово змінюється біологічною смертю. Вона настає не одночасно в усіх органах, що залежить від чутливості клітин до кисневого голодування. Найбільш чутливі до нестачі кисню нервові клітини кори головного мозку. Необоротні порушення в них настають через 6–7 хв. Спочатку гине кора великих півкуль головного мозку, потім клітини серця, кишок, легень, печінки. Для подовження стану клінічної смерті без переходу в біологічну використовують гіпотермію — зниження температури тіла шляхом його охолодження.

Розділ медицини, що займається оживленням людей, які знаходяться в стані клінічної смерті, називається реанімацією (оживлення).

Слід зазначити, що розробка нових та застосування вже існуючих на фармацевтичному ринку ЛП обов’язково мають проводитися за спеціальними інструкціями щодо можливості застосування їх на певних етапах Онтогенезу людини.

Вплив на здоров'я куріння:

Тютюнопаління стає шкідливою звичкою через звикання людини до нікотину, який міститься в тютюні. Нікотин насамперед діє на клітини нервової системи, але й органи дихання й травлення також страждають.

Продукти куріння потрапляють в організм через органи дихальної системи, тому вони потерпають найбільше. Самі продукти куріння є дуже різноманітними, але в

усіх випадках їх потрапляння в організм стає причиною порушень роботи багатьох систем органів

Ще одним недоліком куріння є те, що людина може постраждати від нього, навіть якщо сама не палить. Так званими пасивними паліями є ті, хто тривалий час перебуває поряд із людьми, які палять (активними курцями). У пасивних паліїв продукти куріння потрапляють в організм із повітрям, яке вони вдихають.

Великою проблемою тютюнопаління є звикання людини до нього. За своїм механізмом воно відповідає процесам формування наркотичної залежності. Основною речовиною, яка спричиняє звикання до куріння, є нікотин. У випадку потрапляння в організм нікотин стимулює вироблення речовин, які викликають ейфорію та покращують настрій. Цей стан і призводить до формування спочатку психічної, а згодом і фізичної залежності. На рівні психічної залежності відмова від куріння цілком можлива. А от у випадку формування фізичної залежності відмовитися від куріння набагато важче. Бо тоді відсутність можливості палити стає причиною фізичних страждань, і людина почуває себе погано.

Вплив на здоров'я алкоголю:

Ви вже знаєте, що споживання алкоголю негативно позначається на організмі людини. Найбільші проблеми в разі надмірного вживання алкоголю виникають у роботі нервової, серцево-судинної і травної систем. Часто страждає також видільна система.

Алкоголь порушує роботу центральної нервової системи. Він може бути причиною галюцинацій, неадекватного сприйняття дійсності, психічних розладів. Під впливом алкоголю людина часто перестає контролювати свої дії. У неї погіршуються координація рухів і реакція на подразнення. Усе це створює небезпеку як для самої людини, так і для сторонніх.

Під впливом алкоголю найбільше страждає печінка. У результаті дії алкоголю клітини печінки починають гинути. Вони заміщуються на жирову тканину; печінка руйнується (мал. 19.3). Найгіршим наслідком може бути цироз печінки і повна її загибель. Дуже погано алкоголь впливає на серце. Його споживання підвищує ризик розвитку серцево-судинних захворювань. Через алкоголізм порушуються обмін речовин та робота імунної системи. Найбільша проблема споживання алкоголю є звикання людини до нього. Механізм такого звикання, як і у випадку куріння, — один із варіантів формування наркотичної залежності. На жаль, алкоголь досить доступний. Слабоалкогольні напої можна легко купувати і споживати. І звичка до їх споживання може сформуватися дуже швидко.

Свого часу (приблизно 10 млн років тому) предки людини виробили стійкість до дії етилового спирту, щоб отримати можливість поїдати плоди дерев, у яких після падіння на землю вже почалися процеси бродіння. Це дозволило суттєво розширити харчову базу і сприяло адаптації до наземного способу життя. Для знешкодження спирту, який для більшості мавп є небезпечною отрутою, у людини існує цілий комплекс ферментів. Одним із ключових ферментів комплексу є алкогольдегідрогеназа. Цей фермент є каталізатором процесу окиснення спирту і виробляється переважно клітинами печінки.

Кожен із ферментів комплексу представлений кількома варіантами, які є продуктами різних алелів одного гена. Варіанти різняться між собою за швидкістю та ефективністю роботи. Реакція людини на алкоголь є похідною від того, які саме варіанти ферментів присутні в її геномі.

Саме генетичні відмінності у складі ферментної системи визначають шанси захворювання на алкоголізм у людини. В одних людей залежність від алкоголю розвивається швидко (інколи дуже швидко), а інші можуть уживати алкоголь без звикання більш тривалий час. Але слід пам'ятати, що захворіти на алкоголізм може

будь-яка людина. Питання тільки в часі, який потрібен для формування залежності. Її формування може розпочатися з дуже незначної кількості алкоголю у складі слабоалкогольних напоїв.

Лекція 15. Генетика. Методи генетичних досліджень. Закономірності спадковості, встановлені Г.Менделем.

Генетика — наука, що вивчає закономірності спадковості та мінливості. Елементарною одиницею спадковості є ген. Сукупність спадкової інформації, закладеної в генах клітини або організму, називається генотипом

Генетика — наука про закономірності спадковості та мінливості організмів. Це відносно молода галузь біології. Датою її народження вважають 1900 рік, коли три ботаніки, які проводили досліди по гібридизації рослин - голландець Г. де Фріз, німець К. Корренс та австрієць Е. Чермак, незалежно один від одного знайшли забуту працю чеського дослідника Грегора Менделя "Досліди над рослинними гібридами", видану в 1865 році. Вчені були вражені тим, наскільки наслідки їхніх дослідів наближались до отриманих Г. Менделем. Згодом закони спадковості, встановлені Г. Менделем, сприйняли науковці різних країн, а ретельні дослідження довели їхній універсальний характер.

Назву "генетика" запропонував англійський учений У. Бетсон у 1906 році. Новий етап у розвитку генетики пов'язаний з ім'ям видатного американського генетика Т. Х. Моргана (жал. І) та його учнів. Підсумком їхніх досліджень стало створення хромосомної теорії спадковості, яка вплинула на подальший розвиток не лише генетики, але й біології у цілому.

Основні генетичні поняття. Як вам відомо, елементарною одиницею спадковості є ген. Ген - це ділянка молекули нуклеїнової кислоти, яка визначає спадкові ознаки організмів. Він кодує первинну структуру молекул поліпептиду, білка, певного типу РНК або ж взаємодіє з регуляторним білком. Гени, які несуть спадкову інформацію про певні ознаки (наприклад, розміри організмів, колір волосся, очей, форму плодів), можуть перебувати у різних станах (алелях).

Алельні гени — це гени, що перебувають у різних станах, але займають одне й те саме місце (люкус) в хромосомах однієї пари (гомологічних хромосомах) та визначають різні стани певної ознаки (високий чи низький зріст, руде чи чорне волосся, блакитні чи карі очі, овальна чи куляста форма плоду тощо).
Алельні гени можуть бути домінантними чи рецесивними. Алель, яка в присутності іншої завжди проявляється у формі кодованого нею стану ознаки, називається - домінантною, а та, що не проявляється — рецесивною. Явище пригнічення прояву однієї алелі іншою називається домінуванням (від лат. домінатіс — панівний). Наприклад, у помідорів алель, що зумовлює червоне забарвлення плодів, домінує над алеллю жовтого; у людини алель, що визначає карий колір очей, домінує над алеллю блакитного. Домінантні алелі позначають великими латинськими літерами (A, B, C, D тощо), а відповідні їм рецесивні — малими (a, b, c, d тощо).

Певний ген може бути представлений не лише двома, а й значно більшою кількістю алелей (десятки, іноді сотні). Але при цьому слід пам'ятати, що в диплоїдних клітинах одночасно присутні лише два алельних гени, а в гаплоїдних — один. Наприклад, у людини три алельних гени (їх позначають IO, IA, IB) в різних поєднаннях визначають чотири групи крові: першу (IOIO), другу (IA або IAIO), третю (IBIB або IO) та четверту (IAIB). Існування різних алелей одного гена забезпечує комбінативну мінливість, бо різні поєднання алелей, одержаних від батьків, спричинюють прояв певних станів ознак у нащадків.

Сукупність генетичної інформації, закодованої в генах клітини організму, називається генотипом (від грец. генос — рід, походження і типос — відбиток). Унаслідок взаємодії генотипу з чинниками довкілля формується фенотип (від грец. фаіно — являю) — сукупність усіх ознак і властивостей організму.

Отже, предметом генетичних досліджень е явища спадковості й мінливості організмів. Спадковість - це властивість живих організмів передавати свої ознаки й особливості онтогенезу потомкам забезпечуючи спадкоємність поколінь організмів. Мінливість – здатність живих організмів набувати нових ознак та їхніх станів у процесі індивідуального розвитку. Спадковість і мінливість є протилежними властивостями живих організмів. Завдяки спадковості нащадки подібні до батьків, тобто зберігається стабільність біологічних видів. Мінливість забезпечує появу нових ознак та їхніх станів, завдяки чому відбуваються видоутворення та історичний розвиток біосфери в цілому.

Методи генетичних досліджень. Генетичні дослідження здійснюють у кількох основних напрямах: вивчення матеріальних носіїв спадкової інформації — генів, а також закономірностей її зберігання і передачі нащадкам; дослідження залежності проявів спадкової інформації у фенотипі від певних умов довкілля; встановлення причин змін спадкової інформації та механізмів їх виникнення; вивчення генетичних процесів, які відбуваються в популяціях організмів.

Результати генетичних досліджень проблем спадковості й мінливості є теоретичною базою для вирішення практичних питань. Основою сучасної селекції (науки про створення нових порід і сортів) слугують уявлення про генетичні наслідки різних типів схрещування, вплив штучного добору на спадкові ознаки організмів, значення чинників довкілля для розвитку ознак тощо.

Головні напрями медичної генетики — профілактика і лікування спадкових захворювань, дослідження мутагенних факторів з метою захисту від них генотипу людини тощо. Генетика є теоретичною базою і для генетичної (генної) інженерії (штучний синтез генів, виділення генів з організму, перенесення генів з одних організмів в інші тощо).

Методи генетичних досліджень. У вирішенні теоретичних і практичних генетичних проблем залежно від рівня організації живої матерії (молекулярний,

клітинний, організмовий, популяційно-видовий) учені застосовують відповідні методи досліджень.

Гібридологічний метод, застосований Г. Менделем, полягає в схрещуванні (гібридизація) організмів, які відрізняються за певними станами однієї чи кількох спадкових ознак. Нащадків, одержаних від такого схрещування, називають гібридами (від грец. гібрида — Суміш). Гібридизація лежить в основі гібридологічного аналізу - дослідження характеру успадкування станів ознак за допомогою системи схрещувань.

Схрещування буває моногібридним, дигібридним і полігібридним. Моногібридне схрещування — це поєднання батьківських форм, які відрізняються різними станами лише однієї спадкової ознаки (наприклад, кольором насіння); дигібридне - двох ознак (наприклад, кольором насіння та структурою його поверхні), полігібридне — трьох і більше.

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.

Родоводи складають у вигляді схем за певними правилами: організм жіночої статі позначають колом, чоловічої - квадратом. Позначення особин одного покоління розташовують у рядок і з'єднують між собою горизонтальними лініями, а батьків і нащадків - вертикальною.

Популяційно-статистичний метод дає можливість вивчати ти частоти зустрічальності алелей у популяціях організмів, а також генетичну структуру популяцій. Крім генетики популяцій, його застосовують й у медичній генетиці для вивчення поширення певних алелей серед людей (головним чином тих, які

визначають ті чи інші спадкові захворювання). Для цього вибірково досліджують частину населення певної території і статистичне обробляють одержані дані. Наприклад, за допомогою цієї методики було виявлено, що алель, яка зумовлює дальтонізм (порушення сприйняття кольорів), трапляється у 13% жінок (з них хвороба проявляється лише у 0,5%) та у 7% чоловіків (хворі всі).

Цитогенетичний метод ґрунтується на дослідженні особливостей хромосомного набору (каріотипу) організмів. Вивчення каріотипу дає змогу виявляти мутації, пов’язані зі зміною як кількості хромосом, так і структури окремих із них. Каріотип досліджують у клітинах на стадії метафази, бо в цей період клітинного циклу структура хромосом виражена найчіткіше.
Цей метод застосовують і в систематиці організмів (каріосистематика). Так, багато видів-двійниюв (видів, яких важко, а іноді навіть неможливо розпізнати за іншими особливостями) розрізняють за хромосомним набором. Такі випадки відомі серед комах, земноводних, гризунів тощо. Наприклад, у 30-ті роки XX сторіччя вчені звернули увагу на різну частоту захворювань малярією у розташованих поруч місцевостях. Дослідження каріотипу малярійного комара показало, що це не один вид, як вважали раніше, а комплекс видів-двійників, одні з яких переносять збудників малярії, а інші - ні.

Біохімічні методи використовують для діагностики спадкових захворювань, пов'язаних із порушенням обміну речовин. За їхньою допомогою виявляють білки, а також проміжні продукти обміну, невластиві даному організмові, що свідчить про наявність змінених (мутантних) генів. Відомо понад 500 спадкових захворювань людини, зумовлених такими генами (наприклад, цукровий діабет).
Близнюковий метод полягає у вивченні однояйцевих близнят (організмів, які походять з однієї зиготи). Однояйцеві близнята завжди однієї статі, бо мають однакові генотипи. Досліджуючи такі організми, можна з'ясувати роль чинників

довкілля у формуванні фенотипу особин: різний характер їхнього впливу зумовлює розбіжності у прояву тих чи інших станів певних ознак.
Окрему групу становлять методи генетичної інженерії, за допомогою яких учені виділяють із організмів окремі гени або синтезують їх штучно, перебудовують певні гени, вводять їх у геном іншої клітини або організму. Геном — сукупність генів гаплоїдного набору хромосом організмів певного виду. Крім того, вчені можуть сполучати гени різних видів в одній клітині, тобто поєднувати в одній особині спадкові ознаки, притаманні цим видам.

Висновки. Генетика — наука, що вивчає закономірності спадковості та мінливості. Елементарною одиницею спадковості є ген. Сукупність спадкової інформації, закладеної в генах клітини або організму, називається генотипом. Унаслідок взаємодії генотипу й умов довкілля формується фенотип особини, тобто сукупність усіх ознак і властивостей організму.
Гени, які кодують певні ознаки, можуть перебувати в різних станах (алелях). Вони відповідають за формування різних станів ознаки. Алельні гени бувають домінантними або рецесивними. Домінантна алель завжди проявляється у фенотипі в присутності рецесивної, остання ж у присутності домінантної не проявляється.

Варто зазначити важливі закономірності спадковості, встановлені Г. Менделем Грегор Мендель (1822-1884), спираючись на результати своїх експериментів зі схрещування різних сортів гороху, сформулював закономірності, відомі як закони Менделя.

Перший закон Менделя (закон одноманітності гібридів першого покоління, або закон домінування): у разі схрещування гомозиготних батьківських форм у першому поколінні потомства (F_1) всі особини однотипні (одноманітні) за фенотипом і генотипом. При цьому ознака, яка проявлялась в F_1, була названа

домінантною, а ознака другої батьківської форми, яка не проявилась, — рецесивною.

Другий закон Менделя (закон розщеплення): після схрещування (самозапилення) нащадків F_1 двох гетерозиготних батьків у поколінні F_2 спостерігалося розщеплення потомства за ознакою, що аналізувалась (фенотипом) у разі повного домінування у співвідношенні 3 : 1 і у співвідношенні 1:2:1 — при неповному домінуванні. Проміжне успадкування (неповне домінування) зумовлене тим, що домінантний ген не повністю пригнічує функції рецесивного гена, тому в гібридних особин ознаки мають проміжний характер порівняно з ознаками батьківських форм. Приклад неповного домінування — успадкування забарвлення квіток у рослини нічна красуня. У разі схрещування батьківських форм з червоними і білими квітками в гібридів квітки мають рожевий колір.

Третій закон Менделя (закон незалежного успадкування): розщеплення за кожною парою ознак відбувається незалежно від інших пар ознак. Цей закон справедливий тільки для генів, що містяться або в різних хромосомах, або в одній хромосомі, але достатньо далеко один від одного. Точного розщеплення за Менделем можна чекати лише тоді, коли потомство, що аналізується, достатньо велике.

Для дигібридного схрещування Мендель використовував гомозиготні рослини гороху, які відрізнялись за кольором і типом поверхні насіння: материнська рослина мала жовте і гладеньке насіння; обидві ознаки були домінантними. Батьківська рослина мала зелене і зморшкувате насіння; обидві ознаки були рецесивними. Якщо позначити домінантний і рецесивний алелі, що визначають колір насіння, відповідно літерами A і a, а алелі, що визначають форму поверхні насіння, літерами B і b, то тоді генотипи гомозиготних батьківських форм виглядатимуть таким чином: материнська рослина — AABB, батьківська — aabb. У першому випадку гамети міститимуть алелі A і B (AB), у другому — a і b (ab).

Злиття двох таких гамет приведе до появи дигібридної зиготи AaBb. За фенотипом такі рослини при повному домінуванні будуть мати дві домінантні ознаки: їх насіння буде жовтим і гладеньким. Для того щоб з'ясувати, скільки сортів гамет утворює такий дигібрид, Мендель провів аналізуюче схрещування: він схрестив гібридні рослини F_1 з рослинами, гомозиготними за двома рецесивними ознаками (тобто ті, що мали зелене і гладеньке насіння; генотип aabb). У потомстві було одержано 4 класи насіння у співвідношенні, близькому до 1 : 1 : 1 : 1 — 55 жовтих гладеньких (AaBb); 51 зелена гладенька (aaBb); 49 жовтих зморшкуватих (Aabb) і 53 зелених зморшкуватих (aabb). Таким чином, Мендель показав, що дигібрид утворює 4 сорти гамет у рівному співвідношенні і є гетерозиготним за обома алельними парами.

Після схрещування в F_2 двох гібридних рослин з F_1 було одержане в F_2 розщеплення за фенотипом у співвідношенні: 9 жовтих гладеньких : 3 жовтих зморшкуватих : 3 зелених гладеньких : 1 зелена зморшкувата. За генотипом розщеплення було у співвідношенні: 1:2:2:4:1:2:1:2:1.

При моногібридному схрещуванні число класів за фенотипом в F_2 дорівнює 2 (у співвідношенні 3 : 1), а за генотипом — 3 (у співвідношенні 1 : 2 : 1). При дигібридному схрещуванні ці значення становили відповідно 4 і 9, тобто в разі двох генів, що визначають дві незалежні ознаки, число класів за фенотипом відповідає 2^2, а за генотипом — 3^2.

Досліди Менделя стали основою для розвитку сучасної генетики. Йому вдалося виявити закономірності спадковості завдяки принципово новим методичним підходам.

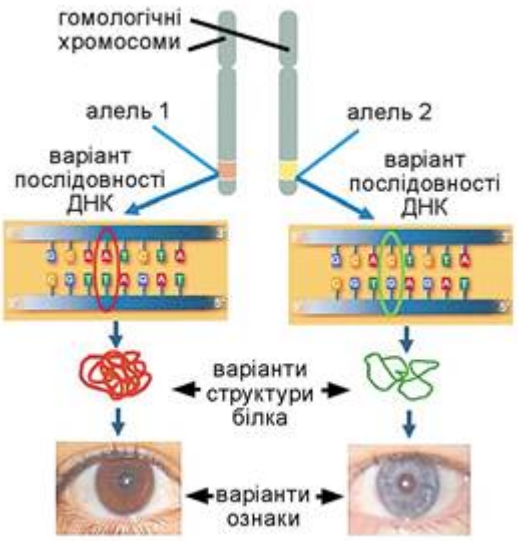
Перелічені прості прийоми дослідження склали принципово новий, гібридологічний метод вивчення спадковості. Сукупність генетичних методів вивчення спадковості називають генетичним аналізом.

Лекція 16. Мутаційна та комбінативна мінливість.

Мінливість — це здатність генетичного апарату до змін, які зумовлюють фенотипові відмінності між особинами одного виду в ряду поколінь або в межах одного покоління. Мінливість поділяють на спадкову (спричинену змінами генетичного матеріалу) та неспадкову (виникає в результаті зміни експресії генів під впливом факторів навколишнього середовища протягом індивідуального розвитку).

Спадкова мінливість може бути зумовлена або утворенням нових комбінацій алелів певних генів (комбінативна мінливість), що вже існують, або появою нових варіантів послідовностей нуклеотидів ДНК, зміною кількості гомологічних хромосом чи цілих хромосомних наборів (мутаційна мінливість).

ожен ген може бути представлений різними формами, які називають алельними генами (алелями). Певний алельний ген може визначати окремий стан певної ознаки. Нові алелі певного гена виникають унаслідок мутацій. У разі комбінативної мінливості різні варіанти геномів виникають за рахунок таких основних процесів.



1. Обмін ділянками між гомологічними хромосомами в результаті кросинговеру може збільшувати кількість варіантів комбінацій алельних генів і станів ознак, які вони зумовлюють, майже до нескінченності.

2. Випадковий розподіл гомологічних хромосом в анафазі першого мейотичного поділу. Саме цей процес забезпечує «виконання» третього закону Менделя — закону незалежного комбінування ознак (пригадайте формулювання цього закону та умови, за яких він виконується). Зрозуміло, що випадковість розподілу хромосом під час формування гамет і випадковість їхньої зустрічі при об'єднанні в зиготу приводить до виникнення різних варіантів генома та, відповідно, до формування різних варіантів фенотипу. Мутації можуть передаватися наступним поколінням.

Нові алельні гени, які виникли внаслідок мутацій, називають мутантними. Вихідний алельний ген, який слугував основою для виникнення мутантних, називають алелем дикого типу. Відповідно, алель дикого типу визначає стан ознаки, притаманний більшості особин даного виду.

Мутації — це раптові неспрямовані та стабільні (такі, що залишаються назавжди) структурні зміни генома, які можуть призводити до таких самих раптових змін ознак і передаються наступним поколінням.

Класифікації мутацій. Є різні класифікації мутацій залежно від того, який критерій обирають. Насамперед мутації поділяють на домінантні, рецесивні та кодомінантні.

Домінантні мутантні алелі обов'язково проявляються у фенотипі гетерозиготної особини. Прикладом може слугувати захворювання на ахондроплазію (непропорційна карликовість — укорочені кінцівки за нормальних розмірів голови та тулуба. Рецесивні мутантні алелі можуть проявлятися лише в гомозиготному

стані. Прикладом є прояв альбінізму в людини. У разі кодомінантності обидва алельні гени диплоїдної особини беруть участь у формуванні фенотипу (пригадайте успадкування груп крові в людини).

Залежно від характеру впливу на життєдіяльність організмів розрізняють летальні, сублетальні та нейтральні мутації. Летальні мутації, проявляючись у фенотипі, призводять до загибелі особини ще до початку постембріонального розвитку або набуття здатності до розмноження. Сублетальні мутації знижують життєздатність, спричиняючи загибель певної частини особин — від 10 % до 50 %. Нейтральні мутації у звичних для організмів умовах існування не впливають на їхню життєздатність. У певних випадках, особливо за змін умов існування, нейтральні мутації можуть виявитися корисними або шкідливими. Імовірність того, що мутація виявиться корисною, дуже мала.

Мутації можуть виникати в будь-яких клітинах організму. Генеративні мутації відбуваються у статевих клітинах і можуть успадковуватися під час статевого розмноження, соматичні — трапляються в нестатевих (соматичних) клітинах і за статевого розмноження нащадкам не передаються. Соматичні мутації можуть успадковуватися лише за нестатевого розмноження, як-от у рослин чи певних груп тварин (жалких, плоских, багатощетинкових червів тощо).

Мутації можуть виникати як у ядрі (ядерні мутації), так і в ДНК мітохондрій і хлоропластів (цитоплазматичні мутації). Їх можуть спричиняти фактори різноманітної природи (хімічної, фізичної чи біологічної), які пошкоджують молекули ДНК. Якщо причиною мутації є дія відомого мутагенного фактору (у природі чи в експерименті), то такі мутації називають індукованими.

Мутагенні фактори — це чинники хімічної (різноманітні хімічні речовини), фізичної (іонізуюча радіація, ультрафіолетові промені) та біологічної (наприклад,

віруси) природи, які здатні пошкоджувати молекули ДНК і, отже, збільшувати ймовірність виникнення мутацій.

Мутації виникають також унаслідок помилок систем реплікації, репарації чи рекомбінації. Мутації, які виникають без видимих причин, називають спонтанними (випадковими). Різноманітні пошкодження ДНК, про які ми згадували раніше, ще не є мутаціями, а лише передмутаційними змінами, які можуть бути або виправлені системами репарації, або залишатись у ДНК у вигляді мутацій. Тобто мутація є такою зміною послідовності нуклеотидів ДНК, яка залишилась після репарації та наступної чергової реплікації молекули ДНК.

Відома класифікація мутацій і за характером змін генома. Мутаційні зміни можуть охоплювати від одного до декількох нуклеотидів молекули ДНК, великі за довжиною послідовності та цілі набори хромосом. Відповідно, розрізняють точкові, хромосомні та геномні мутації.

Точкові мутації — зміни послідовності ДНК, які обмежуються лише одним або кількома нуклеотидами. Точкова мутація може являти собою навіть заміну одного нуклеотиду на інший.

Однонуклеотидні заміни в кодуючій частині гена можуть призвести до зміни кодону та, відповідно, до заміни амінокислоти у складі білка. Оскільки генетичний код є виродженим, то заміна одного нуклеотиду в складі кодону на інший може не змінити його змісту.

Спонтанні точкові мутації виникають у різних частинах генома з різною частотою. Ця частота є сталою величиною, тому, знаючи вихідну та мутантну послідовності ДНК, легко розрахувати, скільки часу було потрібно для переходу першої послідовності у другу. На цьому базується метод молекулярного годинника.

Молекулярний годинник — це метод датування філогенетичних подій (розходження споріднених видів або таксонів вищого рангу). Його суть полягає в тому, що заміни нуклеотидів у молекулах нуклеїнових кислот, які мають еволюційне значення, і, відповідно, амінокислот у синтезованих молекулах білків відбуваються майже з постійною швидкістю. Проте, враховуючи те, що в різних систематичних групах організмів швидкість виникнення мутацій може бути нерівномірною (поміркуйте чому), результати, отримані за допомогою цього методу, не можна вважати абсолютними.

Лекція 17. Генотип як цілісна система. Цитоплазматична спадковість. Взаємодія генотипу і умов довкілля. Модифікаційна мінливість. Генетика людини.

Взаємодія генів — це спільна дія декількох генів, у результаті якої з'являється ознака, якого немає у батьків, або посилюється прояв вже наявної ознаки. Для пояснення результатів взаємодії генів важливо розуміти механізм формування ознак.

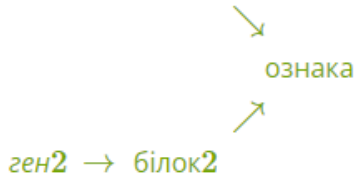
Ген — це ділянка ДНК, в якому закодована інформація про один білок. У найпростішому випадку формування ознаки може відбуватися в результаті дії одного білка, синтез якого визначається одним геном:

ген → білок → ознака

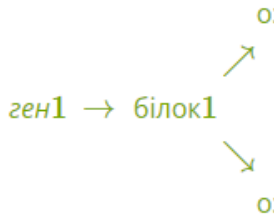
проте, зазвичай, ознака формується в результаті складних біохімічних процесів. У клітині відбувається взаємодія між білками-ферментами, синтез яких визначається генами, або між речовинами, які утворюються під впливом цих ферментів.

Можливі наступні типи прояву генів у фенотипі:

- одна ознака формується в результаті взаємодії декількох білків, синтез яких визначається кількома генами:



- один ген визначає синтез білка, який впливає на формування декількох ознак:



Можливою є взаємодія як між аллельними генами, так і між неалельними.

Алельні гени розташовані на однакових ділянках гомологічних хромосом і визначають одну ознаку. Приклади взаємодії алельних генів:

- повне домінування — взаємодія двох алелів одного гена, коли домінантний алель повністю виключає прояв дії рецесивного алеля;
- неповне домінування — взаємодія двої алелів одного гена, при йкому один алель гена не повністю домінує над іншим;
- кодомінування — рівнозначна проява обох алелів гена у фенотипі.

Неалельні гени розташовані на різних ділянках хромосом. Форми взаємодії неалельних генів:

- компліментарність — тип взаємодії неалельних генів, при якому один домінантний ген доповнює дію іншого, неалельного йому, домінантного гена;
- епістаз — тип взаємодії неалельних генів, при якому один ген може пригнічувати дію іншого;
- полімерія — тип взаємодії неалельних генів, при якому гени можуть впливати на одну і ту саму ознаку, посилюючи її прояв;
- плейотропія — множинна дія одного гена, тобто залежність кількох ознак від одного гена.

Комплементарність, епістаз і полімерія — це взаємодії, при яких декілька генів визначають одну ознаку.

Успадкування, при якому один ген впливає на формування декількох ознак, називається плейотропія (або множинна дія гена).
Особливості цитоплазматичного успадкування. Геном мітохондрії складається з кількох кільцевих молекул ДНК (мтДНК). Розмноження цих органел відбувається шляхом простого поділу, а метаболічно активні клітини можуть мати сотні таких

органел. Тому в разі виникнення в мтДНК мутації, у клітині швидко може накопичитися значна кількість копій ушкодженого гена, що негативно вплине на роботу мітохондрій, а отже - на енергетичний обмін у клітині. Це може супроводжуватися розвитком патологій. їхнє успадкування відрізняється від того, що ми розглядали раніше. Ви пам’ятаєте, що в багатьох організмів, включаючи людину, статеві клітини мають суттєво різну будову. Сперматозоїди є невеликими клітинами, що містять мало цитоплазми та мітохондрій (у людини це одна спіральна органела). Натомість яйцеклітини мають порівняно великий об’єм цитоплазми зі значною кількістю мітохондрій (сотні або тисячі). Під час запліднення всередину яйцеклітини проникає лише ядро, а відтак мітохондріальні гени батьківського організму не передаються до зиготи. Навіть якщо мітохондрія зі сперматозоїда й проникне в цитоплазму яйцеклітини, вона буде зруйнована. Таким чином, дитина отримує мітохондріальні гени лише від своєї матері (рис. 168). Відповідні ознаки будуть виявлятися незалежно від статі. Іншими словами, якщо мати має мітохондріальне захворювання, його матимуть усі її діти. Від батька ж такі гени дітям не передаються.

У рослин, окрім мітохондрій, є пластиди, які також мають власну ДНК. Успадкування ознак, зумовлених наявними в ній генами, має подібні закономірності.

Цитоплазматична спадковість у людини. У людини позаядерна ДНК міститься лише в мітохондріях. Вони мають 37 генів, які кодують деякі потрібні для функціонування цих органел білки, а також необхідні для біосинтезу білків тРНК та рРНК. Розлад роботи мітохондрій може призвести до порушення синтезу ними АТФ, а відтак - впливати на енергетичний обмін клітин і функціонування всього організму. Із цього випливає, що люди з ураженнями мітохондріальних функцій матимуть такий набір симптомів: уповільнений ріст, м’язова слабкість, підвищена втомлюваність, серцева недостатність і низка проблем з функціонуванням нервової

системи, нирок і дихання - ураженими будуть усі органи, які потребують значної кількості енергії для своєї роботи. Прикладом є синдром MERRF (Myoclonic Epilepsy with Ragged Red Fibers). Він пов’язаний з мутацією в гені, що кодує одну з тРНК (переносить лізин). Це призводить до порушення синтезу білків, до складу яких входить відповідна амінокислота

Що таке модифікаційна мінливість? Які її властивості? Модифікаційна (від лат. модус - міра, вигляд і фаціо - роблю) мінливість - це зміни ознак організму (його фенотипу), спричинені змінами умов середовища життя і не пов’язані зі змінами генотипу. Отже, модифікаційні зміни (модифікації) - це реакції організмів на зміну інтенсивності дії певних чинників довкілля. Вони однакові для всіх генотипно однорідних організмів. Наприклад, у всіх рослин стрілолисту, занурених у воду, утворюються довгі й тонкі листки, а у тих, які ростуть на суходолі - вони стрілоподібні. У рослин стрілолисту, занурених у воду частково, формуються листки обох типів. У денного метелика рябокрилки мінливої основне тло крил залежить від температури, за якої розвивалися лялечки: з тих, що перезимували виходять метелики з цегляно-червоним, а з тих, що розвивалися в умовах підвищених літніх температур, — чорним тлом крил.

Ступінь вираженості модифікацій прямо залежить від інтенсивності й тривалості дії на організм певного чинника. Так, у дрібного рачка-артемії ступінь волохатості задньої частини черевця залежить від солоності води: вона тим більша, чим нижча

концентрація солей у воді. Тривалий час точилися дискусії про можливість успадкування нових станів ознак, набутих організмом під час індивідуального розвитку. Вперше те, що модифікації не успадковуються, довів німецький учений А. Вейсман. Протягом багатьох поколінь він відрізав мишам хвости, але у безхвостих батьків завжди народжувалися хвостаті нащадки.

Як показали численні дослідження, модифікації можуть зникати протягом життя однієї особини, якщо припиняється дія чинника, який їх викликав. Наприклад, загар, набутий людиною влітку, поступово зникає протягом осінньо-зимового періоду. Якщо рослину стрілолист пересадити з води на суходіл, то нові листки матимуть не видовжену, а стрілоподібну форму. Деякі модифікації, які виникли переважно на ранніх етапах індивідуального розвитку, можуть зберігатися протягом усього життя особини. Але нащадкам вони не передаються. Наприклад, викривлення кісток нижніх кінцівок унаслідок рахіту зберігається протягом усього життя. Але в батьків, які в дитинстві перехворіли на рахіт, діти можуть народитися нормальними, якщо під час свого розвитку вони одержуватимуть потрібну кількість вітаміну D.

Залежність форми листків у стрілолиста від умов зростання:

1 - на суходолі; 2, 3 - у воді

Модифікаційна мінливість відіграє виняткову роль у житті організмів, забезпечуючи, зазвичай, їхню пристосованість до мінливих умов середовища. Наприклад, зміна форми листків стрілолиста із стрілоподібної на стрічкоподібну (лінійну) при зануренні цієї рослини у воду захищає її від ушкодження течією. Зміна шерсті ссавців під час осіннього линяння на густішу забезпечує захист від дії низьких температур, а загар людини - від шкідливої дії сонячного випромінювання. Все це дає підставу вважати, що подібні модифікації виникли в процесі історичного розвитку виду як певні пристосувальні реакції на зміни умов середовища існування, з якими постійно стикаються організми.

Генетика людини вивчає явища спадковості і мінливості у популяціях людей, особливості успадкування нормальних і патологічних ознак, залежність захворювання від генетичної схильності і факторів середовища. Завданням медичної генетики є виявлення і профілактика спадкових хвороб.

Генетика людини — одна з найважливіших проблем теоретичних основ сучасної медицини. Академік 1. П. Пав-лов, визнаючи важливе значення генетики для фізіології і медицини, писав: "Наші лікарі повинні як азбуку знати закони спадковості... Втілення у життя наукової істини про закони спадковості допоможе позбавити людство від багатьох скорбот і горя".

Одним з основоположників медичної генетики є видатний радянський невропатолог С. М. Давиденков (1880— 1961), який розпочав свою плідну роботу у двадцятих роках на Україні. Він вперше застосував ідеї генетики у клініці, дав аналіз ряду спадкових хвороб, частина з яких була описана ним також вперше. Важливою заслугою С. М. Давиденкова є розроблення методів медико-генетичного консультування і його практичне застосування.

Особливості генетики людини. Дослідження генетики людини пов'язане з великими труднощами, причини — у неможливості експериментального схрещування, повільній зміні поколінь, малій кількості потомків у кожній сім'ї. Крім того, на відміну від класичних об'єктів, що вивчаються у загальній генетиці, у людини складний каріотип, велика кількість груп зчеплення. Проте, не зважаючи на всі ці труднощі, генетика людини успішно розвивається.
Неможливість експериментального схрещування компенсується тим, що дослідник, спостерігаючи широку людську популяцію, може вибирати із тисяч шлюбних пар ті, які необхідні для генетичного аналізу. Метод гібридизації соматичних клітин дозволяє експериментальне вивчати локалізацію генів у хромосомах, проводити аналіз груп зчеплення (див. нижче).

При вивченні генетики людини використовуються такі методи: генеалогічний, близнюковий, популяційно-статистичний, дерматогліфічний, біохімічний, цитогенетичний, гібридизації соматичних клітин і метод моделювання.

У людини встановлені всі 24 теоретично можливі групи зчеплення генів: із них 22 локалізовані у аутосомах, у кожній із яких міститься по кілька сот генів. Більше 100 генів локалізовано у статевих хромосомах.

У ссавців, у тому числі і в людини, X- і Y-хромосоми мають гомологічну ділянку, в якій відбувається їх синапсис і можливий кросинговер. Всі гени, які локалізовані у

статевих хромосомах людини, можна поділити на три групи залежно від того, у яких ділянках статевих хромосом вони знаходяться.

Перша група охоплює гени, які локалізовані у тій частині Х-хромосоми, що не має гомологічної ділянки у У-хромосомі. Вони повністю зчеплені зі статтю, передаються виключно через Х-хромосому. До їх числа відносяться рецесивні гени гемофілії, дальтонізму, атрофії зорового нерва тощо. Домінантні гени із цієї ділянки однаково проявляються в осіб обох статей, рецесивні — у жінок тільки у гомозиготному, а у чоловіків — і гемізиготному стані.

Другу групу складає невелика кількість генів, які розташовані у непарній ділянці Y-хромосоми. Вони можуть зустрічатися тільки у осіб чоловічої статі і передаються від батька до сина. До них відносяться: волосатість вух, іхтіоз (шкіра у вигляді луски риби), перетинки між пальцями на ногах.

Третя група— гени, які розташовані у парному сегменті статевих хромосом, тобто гомологічному для Х- і Y-хромосом. їх називають неповно або частково зчепленими зі статтю. Вони можуть передаватися як з Х-, так і з Y-хромосомою і переходити з однієї до іншої у результаті кросинго-вера.

Методи вивчення спадковості у людини. Генеалогічний метод ґрунтується на простеженні якої-небудь ознаки у ряді поколінь з вказівкою родинних зв'язків між членами родоводу. Генеалогія, у широкому розумінні слова, — родовід людини. Генеалогічний метод був введений у науку в кінці XIX ст. Ф. Гальтоном. Суть його полягає у тому, щоб з'ясувати родинні зв'язки і прослідкувати наявність нормальної або патологічної ознаки серед близьких і далеких родичів у даній сім'ї.

Збирання даних починається з пробанда — особи, родовід якої необхідно скласти. Ним може бути хвора або здорова людина — носій якої-небудь ознаки або особа, яка звернулась за порадою до лікаря-генетика. Брати і сестри пробанда називаються сибсами. Звичайно родовід складається за однією або кількома

ознаками. Метод включає два етапи: збір відомостей про сім'ю і генеалогічний аналіз. Складання родоводу порівняно проста справа, проте при уявній доступності і простоті цей метод потребує великої ретельності, вміння вірно ставити запитання, високої кваліфікації лікаря. Генеалогічний метод є основною зв'язуючою ланкою між теоретичною генетикою людини і застосуванням її досягнень у медичній практиці.

Хоч генеалогічний метод є одним із найдавніших, його можливості використовуються не у повну міру через те, що широко використовуються нові, більш досконалі методи аналізу фенотипу, виявлення гетерозиготних носіїв, обліку впливу факторів середовища тощо.

Для складання родоводу проводять короткі записи про кожного члена родоводу з точною вказівкою його спорідненості у відношенні до пробанда. Потім роблять графічні зображення родоводу; для складання схеми прийняті стандартні символи.

При складанні родоводу покоління можна позначати римськими цифрами зверху вниз (зліва від родоводу). Потомство одного покоління (сибси) розташовується в одному горизонтальному ряду у порядку народження (зліва направо). У межах одного покоління кожний член позначається арабськими цифрами, у тому числі чоловіки і жінки сибсів. Кожний член родоводу може бути позначений відповідним шифром, наприклад II—5, III—7.

Генеалогічний метод тим інформативніший, чим більше є достовірних відомостей про здоров'я родичів хворого. При збиранні генетичних відомостей і їх аналізі необхідно мати на увазі, що ознака може проявитися у різній мірі, іноді незначній (так звані мікроознаки). Мікропроявом природженого вивиху стегна може вважатися сплощення вертлужної западини і збільшення рухливості ("розхитаність") тазостегнових суглобів. У родичів людей із спадково зумовленими дефектами губи і піднебіння частіше,, ніж у контролі, зустрічаються

високе вкорочене піднебіння, борозна на язичку, аномалії прикусу, сплощення носа або роздвоєння його кінчика.

Після складання родоводу починається другий етап — генеалогічний аналіз, метою якого є встановлення генетичних закономірностей. Спочатку необхідно встановити, чи носить ознака спадковий характер. Якщо яка-небудь ознака зустрічалася у родоводі кілька разів, то можна думати про її спадкову природу. Проте це може бути і не так. Наприклад, якісь зовнішні фактори або умови професії можуть викликати подібні захворювання у членів сім'ї. Вплив шкідливих факторів на жінку під час вагітності може призвести до народження дітей з подібними вадами.

У випадку виявлення спадкового характеру ознаки необхідно встановити тип успадкування: домінантний, рецесивний, зчеплений зі статтю (мал. 5.3).

Основні ознаки аутосомно-домінантного успадкування такі: прояв ознаки у рівній мірі у представників обох статей; наявність хворих у всіх поколіннях (по вертикалі) і при відносно великій кількості сибсів і по горизонталі (у сестер і братів пробанда). У гетерозиготного батька імовірність народження хворої дитини (якщо другий з батьків здоровий) складає 50%. Необхідно врахувати, що і при домінантному типі успадкування може бути пропуск у поколіннях за рахунок слабого прояву, "стертих" форм захворювання (мала експресивність мутантного гена) або за рахунок його низької пенетрантності (коли у носія даного гена ознака відсутня). Можливо у деяких випадках мутантний ген пригнічується якимось епістатичним геном. Необхідно врахувати, що при деяких домінантне успадковуваних захворюваннях людина може захворіти після 40—50 років. У випадку смерті у більш ранньому віці ніяких даних про можливу хворобу цього члена сім'ї, природно, немає, але є імовірність захворювання у нащадків.

Основні ознаки аутосомно-рецеси-ного успадкування: відносно невелика кількість хворих у родоводі, наявність хвороб "по горизонталі" (хворіють сибси - рідні, двоюрідні). Батьки хворої дитини частіше фенотипово здорові, але є гетерозиготними носіями рецесивного гена. Імовірність народження хворої дитини складає 25%. При прояві рецесивних захворювань часто зустрічається кровна спорідненість батьків хворого.

Необхідно мати на увазі, що наявність віддаленої спорідненості буває невідомою членам сім'ї. Приходиться враховувати побічні міркування, наприклад, походження із одного і того ж малонаселеного пункту або належність до якої-небудь ізольованої етнічної або соціальної групи.

Яскравий приклад прояву патологічної рецесивної ознаки при спорідненому шлюбі показаний на мал. Із цього родоводу видно, що у шлюб вступили сибси четвертого ступеня спорідненості. Від двох споріднених шлюбів народилося у одній сім'ї четверо, а у іншій — двоє дітей з тяжкою спадковою хворобою — ідіотією Тея—Сакса. (Причина цієї хвороби — нагромадження ліпідів у нервових клітинах мозку і їх руйнування). Мабуть, всі чотириюрідні сибси були гетерозиготними носіями цього рецесивного гена, який вони отримали від спільного предка.

Рецесивна ознака проявляється тоді, коли у генотипі є обидва рецесивні алеля. Крім описаного варіанта, коли батьки мають генотипи Аа і Аа, можливі і інші варіанти вихідних генотипів. Обидва батьки — рецесивні гомозиготи; у цьому випадку (безумовно, рідкісному) всі діти будуть хворими. Один із батьків хворий, а інший — здоровий, але має у генотипі мутантниП ген у гетерозиготному стані (аа і Аа). У цьому випадку спостерігається симуляція домінантного успадкування (теоретично можливе розщеплення 1:1). Проте найчастіше спостерігаються

варіанти народження хворої дитини у фе-нотипово нормальних батьків і наявність хворих у бічних лініях родоводу.

Захворювання, які зумовлюються зчепленим зі статтю геном (локалізованим у Х-хромосомі), можуть бути як домінантними, так і рецесивними. При домінантному Х-зчепленому успадкуванні захворювання однаково проявляється як у чоловіків, так і у жінок і згодом може передаватися нащадкам. У цьому випадку жінка може передавати цей ген половині дочок і половині синів (її генотип — ХАХа, імовірність передавання Х-хромосоми з домінантним мутантним геном—50%). Чоловіки ж передають цей ген з Х-хромосомою всім дочкам. Зрозуміло, що сини, які мають у своєму генотипі тільки одну материнську Х-хромосому, цей ген від батька успадкувати не можуть. Прикладом такого захворювання є особлива форма рахіту, стійкого до лікування кальциферолами (віт. D).

При рецесивному успадкуванні хвороб, які зчеплені з Х-хромосомою, як правило, страждають чоловіки. Гетерозиготна мати (носій) передає мутантний ген половині синів (які будуть хворими) і половині дочок, які, залишаючись фенотипово здоровими, як і мати, також є носіями і передають рецесивний ген разом з Х-хромосомою наступному поколінню.

Прикладом такої хвороби є кольорова сліпота (дальтонізм), гемофілія. У рідких випадках ці ознаки можуть проявитися і у жінок, якщо їхній батько був хворим, а мати була гетерозиготна.

Близнюковий метод — один з найбільш ранніх методів вивчення генетики людини, але він не втратив свого значення і сьогодні. Близнюковий метод дослідження був запропонований у 1876 р. англійським антропологом і психологм Ф. Гальтоном. Він виділив серед близнят дві групи: однояйцеві (монозиготні) і двояйцеві (дизиготні). На сьогодні в середньому на кожні 100 пологів приходиться одне

народження близнят. Демографи розрахували, що на Землі проживає близько 50 млн пар близнят. Приблизно одну третину всіх близнят складають однояйцеві, а дві третини — двояйцеві. Кількість моно-зиготних близнят у різних регіонах земної кулі величина відносно постійна, з невеликими коливаннями. Наприклад. в Італії 0,37%, в Данії— 0,38, в Японії — 0,40, в США — 0,39, в Австралії — 0,38%. Із наведених даних видно, що фактори, які впливають на появу однояйцевих близнят, майже не залежать від умов зовнішнього середовища.
Частота народження дизиготних близнят різна у різних країнах і має значні коливання. Наприклад, в Данії—1,02%, в Італії — 0,86%, в США—0,61%, в Австралії—0,77%, в Японії — 0,23, в Південній Африці — 2,23%. Таким чином, якщо в Японії на 10000 народжень приходиться 23 пари двояйцевих близнят, то в Південній Африці — 223. Причини такої різниці невідомі, проте цей факт свідчить про вплив факторів середовища. У старших вікових групах народження дизиготних близнят зустрічається частіше. Дослідження показали, що певну роль у народженні близнят має спадкова схильність до багатоплідної вагітності. Відомі випадки повторного народження близнят у одній сім'ї. На протязі останніх десятиріч кількість близнят знижується, причому це зниження стосується переважно двояйцевих близнят.

Монозиготні близнята розвиваються із роз'єднаних бластомерів, які утворилися після дробіння однієї заплідненої яйцеклітини і, отже, мають однакоііий генотип. Монозиготні близнята при нормальному ембріональному розвитку завжди однієї статі. У більшості випадків у них є одна плацента, проте не завжди можна зробити висновок про зиготність близнят на підставі наявності однієї чи двох плацент. Якщо розділення відбувається на протязі перших п'яти днів після запліднення, то кожний зародок буде мати власну плідну оболонку і плаценту. Цей варіант зустрічається приблизно у 25% однояйцевих близнят.

Якщо розщеплення відбувається на стадії розвиненої морули (5—12-й день), тоді однояйцеві близнята мають одну плаценту. Якщо ж процес розщеплення запізнюється і відбувається після ІЗ—15-го дня, то часто повного роз'єднання монозиготних близнят не відбувається і виникають різні деформації, зрощення і каліцтва. Прикладом може бути народження в Сіамі (теперішній Таїланд) у 1811 р. двох близнят хлопчиків, які зрослися грудьми. Згодом всі близнята, які зрослися якоіо-небудь частиною тіла, стали називатися сіамськими. Енг і Чанг прожили 63 роки, стан медицини в ті роки не давав можливості зробити операцію їх роз'єднання. Спроби роз'єднання зрослих близнят пов'язані з великим ризиком, проте на сьогодні відомі випадки вдалих операцій. Причини народження двояйцевих близнят — одночасне дозрівання двох і більше яйцеклітин. Це може статися у одному яєчнику або у обох. У деяких жінок бувають множинні овуляції. Певну роль в цьому відіграє спадкова схильність, але не можна відкидати і вплив навколишнього середовища.

Народження трьох, чотирьох і більше дітей у людини трапляється рідко. У 1934 р. в Канаді народились 5 дівчаток, у 1974 р. в Гданську — 3 хлопчика і дві дівчинки, які нормально росли і розвивались. Відомий випадок народження 5 дітей в Японії у 1981 р. У 1980 р. в Італії у 28-річної жінки народилось 6 дітей (дві дівчинки і чотири хлопчика). З генетичної точки зору двояйцеві близнята подібні як звичайні сибси, але на відміну від останніх у них більша спільність факторів при внутрішньоутробному (пренатальному) і частково постнатальному періодах розвитку.

У перший період застосування цього методу проводили порівняння близнят за зовнішніми морфологічними ознаками: колір волосся, очей, пігментація шкіри, форма носа, очей, губ, вушних раковин, візерунок пальців тощо. Ці ознаки, як відомо, спадково зумовлені. Якщо досліджувана ознака проявляється у обох близнят пари, їх називають конкордантними (лат. — бути згідним, подібним).

Конкордантність — це відсоток подібності за досліджуваною ознакою. Відсутність ознаки у одного із близнят — дискордантність.

На сьогодні для точнішого визначення зиготності крім морфологічних ознак використовують дослідження груп крові (за системою АВО, Rh, MN) і білків плазми крові.

Хоч жодна з цих ознак сама по собі не достатня, але у комплексі вони дають можливість визначити зиготність близнят. Між монозиготними близнятами можлива трансплантація органів, відторгнення не відбувається.

Близнюковий метод використовується у генетиці людини для того, щоб оцінити ступінь впливу спадковості і середовища на розвиток якої-небудь нормальної або патологічної ознаки. Оскільки у монозиготних близнят однакові генотипи, то наявні відмінності викликаються умовами середовища у період або внутрішньоутробного розвитку, або формування організму після народження. Великий інтерес для вирішення ряду питань мають випадки, коли партнери за якихось причин росли і виховувалися у різних умовах. Прояв конкордантності ряду фізіологічних ознак у такому випадку пояснюється впливом генотипу. З іншого боку, різнояйцеві близнята дозволяють проаналізувати інший варіант: умови середовища (коли близнята живуть поряд) однакові, а генотипи у них різні.

Вже з простого співставлення наведених даних видно, що такі ознаки, як групи крові, колір волосся і очей, повністю визначаються генотипом. У відношенні багатьох інших ознак висновки не такі явні, але помітно, що навіть деякі інфекційні хвороби (поліомієліт, туберкульоз) хоч і викликаються факторами вірусної або бактеріальної природи, у деякій мірі залежать від спадкової схильності. Для оцінки ролі спадковості у розвитку тієї чи іншої ознаки роблять розрахунки за формулою% подібності ОБ —% подібності ДБ,

100 —% подібності ДБ

де Н — коефіцієнт спадковості (англ. heredity —спадковість), ОБ—одно- і ДБ — двояйцеві близнята.

При Н, що дорівнює одиниці, ознака цілком визначається спадковим компонентом; при Н, що дорівнює нулю, визначальну роль відіграє вплив середовища. Коефіцієнт, який близький до 0,5, свідчить про приблизно однаковий вплив спадковості і середовища на формування ознаки.

Наведемо конкретний приклад. Кон-кордантність монозиготних близнят за шизофренією дорівнює 70%, дизи-готних— ІЗ °/о. Тоді

Н = (70-13)/(100-13) = 0.65, або 65%

Вплив середовища визначається формулою С-ІОО% —Н. Тоді С-100% - 65% = 35%. Отже, у наведеному випадку переважає вплив спадковості, але суттєву роль відіграють і умови середовища.

Інший приклад: група крові у монозиготних близнят співпадає у 100% випадків, а у дизиготних — у 45%, тобто ця ознака повністю визначається генотипом.

На підставі даних табл. 7 видно, що для багатьох захворювань поряд із спадковим компонентом значну роль відіграють умови середовища, при яких відбувається реалізація генотипу у фенотипі.

Метод дерматогліфіки. Дерматогліфіка (гр. derma—шкіра, qliphe—малювати) —це вивчення рельєфу шкіри на пальцях, долонях і підошвах. На відміну від інших частин тіла тут є епідермальні виступи — гребені, які утворюють складні візерунки. Ще у давнину у Китаї і Індії звернули увагу на те, що візерунки на пальцях і долонях строго індивідуальні, і користувалися відбитками пальців замість підписів. На землі немає людей з однаковими малюнками на пальцях (крім монозиготних близнят). У 1892 р. Ф. Гальтон запропонував класифікацію цих візерунків, яка дозволила використовувати метод для ідентифікації особи у

криміналістиці. Таким чином, виділився один із розділів дерматогліфіки — дактилоскопія (вивчення візерунків на подушечках пальців). Інші розділи дерматогліфіки — пальмоскопія (малюнки на долонях) — плантоскопія (вивчення дерматогліфіки підошв).
Дактилоскопія. Гребені на шкірі пальців рук відповідають сосочкам дерми (від лат. — сосочок), тому їх називають також папілярними лініями, рельєф цих виступів повторює шар епідермісу. Міжсосочкові заглибини утворюють борозенки. На поверхні гребенів відкриваються вивідні протоки потових залоз, а у товщині сполучнотканинного сосочка знаходяться чутливі нервові закінчення. Поверхня, яка вкрита гребінчастою шкірою, відрізняється високою дотиковою чутливістю.

Закладка візерунків відбувається між 10 і 19 тижнями внутрішньоутробного розвитку; у 20-тижневих плодів уже добре помітні форми візерунків розгалуження нервових волокон.

Повне формування деталей будови дотикових візерунків завершується до шести місяців, після чого вони залишаються незмінними до кінця життя. При пошкодженні шкіри (опік, відморожування, травми) їх малюнок через деякий час повністю відновляється до деталей. Звичайно, відновлення можливе до тих пір, доки пошкодження не пов'язане з глибокою травмою, яка тягне утворення рубців із щільної сполучної тканини.

Дерматогліфічні дослідження мають важливе значення у визначенні зиготності близнят, у діагностиці деяких спадкових хвороб, у судовій медицині, у криміналістиці для ідентифікації особи. Папілярні лінії на подушечках пальців звичайно вивчають на відбитках, які наносять на папір після змащування пальців друкарською фарбою. Детальне дослідження візерунків провадять за допомогою лупи. Папілярні лінії різних напрямків ніколи не перетинаються, але можуть у певних пунктах зближуватися, утворюючи трирадіуси, або дельти (за подібністю

фігури до грецької літери). На подушечках пальців розрізняють лінії центрального візерунку і лінії рамки, які облямовують центральний візерунок.

Не дивлячись на індивідуальну неповторність візерунків, виділяють три основних типи їх: дуги А (англ. arch—дуга); петлі L (англ. Lor —петля) і завиткові візерунки W (англ. whorl — завиток). Дугові візерунки зустрічаються рідше решти (6%), у цьому візерунку є лише один напрям папілярних ліній. Починаючись з одного краю візерунку, лінії, піднімаючись до іншого, протилежного краю, утворюють дуговий, шатровий візерунок, вигин якого буває або крутим, або пологим. Петлеві візерунки найбільш поширені (близько 60%). Це замкнений з одного боку візерунок: гребені починаються також від краю візерунка, але, не доходячи до протилежного краю, згинаються у вигляді петлі і повертаються до того ж краю, від якого починались. Якщо петля відхиляється у бік променевої кістки, вона називається радіальною, якщо у бік ліктьової кістки—ульнарною (Lr, Lu).

Запис пальцевих візерунків

	Пальці				
	I	II	III	IV	V
Права рука	W	A	L^r	W	L^u
Ліва рука	W	L^u	L^u	W	L^u

Завиткові візерунки займають середнє місце за поширеністю (34%). Вони мають вигляд концентричних кіл, овалів, спіралей, знизу і зверху центральна частина візерунка облямована двома напрямками ліній. Завитки мають дві дельти. Типи пальцевих візерунків і їх запис приведені на мал. 5.5. На пальцях ніг є також три типи візерунків, але у іншому процентному співвідношенні (більший процент дуг). Тактильні візерунки на підошві у людини редуковані у порівнянні з мавпами і займають меншу площу.

Кількісним показником демотогліфіки є підрахунок гребенів (кількість папілярних ліній між дельтою і центром візерунка). У середньому на одному пальці буває 15-20 гребенів, на всіх десяти пальцях у чоловіків ця цифра дорівнює 144,98+-51,08, а для жінок – 127,23+-52,21.

Біохімічні методи використовуються для діагностики хвороб обміну речовин, причиною яких є зміни активності окремих ферментів. За допомогою біохімічних методів відкрито близько 5000 молекулярних хвороб, які є наслідком прояву мутантних генів. При різних типах захворювання вдається або визначити сам аномальний білок — фермент, або проміжні продукти обміну. Ці методи дуже трудомісткі, вимагають спеціального обладнання і тому не можуть бути використані для масових популяційних досліджень з метою раннього виявлення хворих із спадковою патологією обміну.
Останніми роками у різних країнах розробляються і використовуються для масових досліджень спеціальні програми. Перший етап такої програми полягає у тому, щоб серед великої кількості обстежуваних виділити ймовірно хворих, які мають якесь спадкове відхилення від норми. Така програма називається просіюючою, або скринінг-програмою (англ. sreening — просіювання). Для цього етапу звичайно використовується невелика кількість простих, доступних методик (експрес-методів). Експрес-методи ґрунтуються на простих якісних реакціях виявлення продуктів обміну у сечі, крові. На другому етапі проводиться уточнення (підтвердження діагнозу або відхилення при хибно-позитивній реакції на першому етапі). Для цього використовуються точні хроматографічні методи визначення ферментів, амінокислот тощо.

Використовують також мікробіологічні тести, які ґрунтуються на тому, що деякі штами бактерій ростуть тільки на середовищах, які містять певні амінокислоти, вуглеводи. Вдалося отримати штами за речовинами, які є субстратами або проміжними метаболітами у хворих при порушенні обміну. Якщо у крові або сечі є

необхідна для росту речовина, то у чашці Петрі навколо фільтрувального паперу, просоченого однією з цих рідин, спостерігається активне розмноження мікробів, чого не буває у випадку аналізу у здорової людини. Розробляються різні варіанти мікробіологічних методів.

Популяційно-статистичний метод дозволяє вивчати поширення окремих генів у популяціях людей. Звичайно проводиться безпосереднє вибіркове дослідження частини популяції або вивчають архіви лікарень, пологових будинків, а також проводять опитування шляхом анкетування. Вибір способу залежить від мети дослідження. Останній етап полягає у статистичному аналізі.
Одним з найбільш простих і універсальних методів є метод, запропонований Г. Харді і В. Вайнбергом (див. гл. II). Є і ряд інших спеціальних математичних методів. У результаті цього можна визначити частоту генів у різних групах населення, частоту гетерозиготних носіїв ряду спадкових аномалій і хвороб.

Популяційно-статистичний метод дозволяє визначити генетичну структуру популяцій (співвідношення між частотою гомо- і гетерозигот). Нові можливості для проведення генетичного аналізу відкриває використання електронно-обчислювальної техніки. Знання генетичного складу популяцій населення має велике значення для соціальної гігієни і профілактичної медицини.

Патогенетичний метод. Принципи цитогенетичних досліджень сформувалися на протязі 20—30-х років на класичному об'єкті генетики — дрозофілі і деяких рослинах. Метод ґрунтується на мікроскопічному дослідженні хромосом. Нормальний каріотип людини включає 46 хромосом, із них 22 пари ауто-сом і 2 статеві хромосоми. До 1956 р. кількість хромосом у людини не була точно встановлена, це вдалося шведським вченим Д. Тийо і А. Левану.

Лекція 18. Завдання сучасної селекції. Штучний добір і його форми. Гібридизація. Гетерозис.

Найважливішою галуззю практичного застосування генетичних досліджень є селекція (від лат. селектіо - вибір, добір) - наука про теоретичні основи і методи створення нових і поліпшення існуючих сортів рослин, порід тварин і штамів мікроорганізмів. Крім генетики, теоретичним підґрунтям для селекції слугує вчення про штучний добір. Селекціонер має бути добре обізнаним із особливостями розмноження, розвитку та процесів життєдіяльності тих видів, з якими він працює.

Які завдання постають перед сучасною селекцією? Завданням сучасної селекції є підвищення продуктивності існуючих, а також створення нових, продуктивніших сортів культурних рослин, порід свійських тварин і штамів корисних мікроорганізмів, пристосованих до умов сучасного сільського господарства і промисловості. Селекція бере безпосередню участь у розв’язанні основного завдання сільського господарства - забезпечення найповнішого виробництва харчових продуктів за найменших витрат.

Визначаючи завдання селекції, М.І. Вавилов наголошував на необхідності вивчення і врахування різноманітності вихідного матеріалу, ролі середовища життя у формуванні фенотипу, закономірностей успадкування під час гібридизації організмів і визначення форм штучного добору.

Особливе значення для успіху селекційної роботи має генетичне різноманіття вихідного матеріалу. Генофонд існуючих порід свійських тварин, сортів культурних рослин, штамів мікроорганізмів значно обмежений порівняно з вихідними предковими видами. Тому вчені виявляють ознаки, що їх цікавлять,

серед диких видів, які є резервом для здійснення селекційної роботи. Це є однією з причин, за якої необхідно охороняти генофонд диких видів організмів.

Що таке сорт рослин, порода тварин і штам мікроорганізмів? Породою тварин або сортом рослин називають сукупність особин одного виду з певними спадковими ознаками (особливостями будови, процесів життєдіяльності, продуктивності тощо), створену людиною внаслідок штучного добору

Штам (від нім. штам - стовбур, родина) - це чиста культура мікроорганізмів (тобто нащадки однієї клітини). Від однієї материнської клітини можна одержати різні штами, що відрізнятимуться своїми властивостями: продуктивністю, чутливістю до антибіотиків тощо. На відміну від природних популяцій, особини однієї породи, сорту або штаму тривалий час не можуть існувати без постійної уваги до них людини.

Кожній породі, сорту або штаму притаманна певна реакція на вплив умов довкілля. Тобто, їхні позитивні властивості можуть проявитися лише за сукупної дії певних чинників (утримання тварин, вирощування рослин, культивування мікроорганізмів, кліматичних факторів тощо). Породи тварин і сорти рослин високопродуктивні в одних географічних зонах, не завжди придатні для використання в інших. Тому вчені всебічно досліджують властивості нових порід і сортів, перевіряють їхню придатність для використання в певній кліматичній зоні. Так вони здійснюють їхнє районування - комплекс заходів, спрямованих на перевірку відповідності властивостей тих чи інших порід або сортів умовам певної кліматичної зони. Районування є необхідною умовою раціонального використання порід і сортів на території будь-якої країни.

Які основні методи застосовують у селекції? Основні методи селекції - це штучний добір і гібридизація. Теорію штучного добору створив видатний англійський

учений Ч. Дарвін. Основні положення своєї теорії він виклав у праці «Походження видів шляхом природного добору, або збереження обраних порід у боротьбі за життя» і розвинув у праці «Зміни свійських тварин і культурних рослин під впливом одомашнення». За Ч. Дарвіном, механізм штучного добору такий: серед багатьох тварин або рослин певного виду людина вибирає для подальшого розмноження окремих особин, які відрізняються від інших станами ознак, що її зацікавили. Серед нащадків відібраних плідників також проводять добір: особин, які успадкували від батьків бажані для людини стани ознак, залишають для подальшого розмноження. Таким чином, із покоління в покоління бажаний для людини стан ознаки розвивається все більше, оскільки як плідників відбирають особин, у яких він виражений найкраще. Водночас методом гібридизації людина може поєднувати (комбінувати) у фенотипі нащадків корисні для неї стани ознак батьків. Проте добір за певними ознаками, зазвичай, приводить до змін і деяких інших ознак, пов’язаних з ними, а з часом - і до значної перебудови самого організму, тобто до створення нового сорту або породи. Ч. Дарвін припустив, що на початкових етапах створення культурних форм діяв несвідомий добір. Надаючи переваги при розмноженні певним особинам, людина не ставила перед собою свідомо завдання створити нові породи чи сорти і методично не застосовувала різні системи схрещування і типи штучного добору. Тільки у другій половині XVIII століття несвідому форму штучного добору почали змінювати на методичну. спеціально підбирали батьківські пари, застосовували різні варіанти схрещування і плановий добір серед одержаних нащадків за певними ознаками. Це дало можливість створювати породи або сорти із запланованими властивостями.

Отже, штучний добір - це вибір людиною господарсько найцінніших тварин, рослин, мікроорганізмів для одержання від них нащадків з бажаними станами ознак. Він е найважливішим елементом будь-якої селекційної роботи, необхідним

не лише для збереження досягнутих результатів, а й для їхнього подальшого вдосконалення.

Гібридизація – процес отримання гібридів у результаті схрещувань рослин або тварин, які відрізняються між собою одним чи кількома алелями, числом або будовою хромосом. Часто Г. характеризується гетерозисом (особини мають більшу життєздатність, пристосованість та плідність). Гібриди першого покоління гетерозиготні щодо ознак, які вивчаються. Першим провів схрещування та описав техніку отримання гібрид. насіння нім. ботанік Й. Кельрейтер (1761). Він довів значення пилку при заплідненні у рослин, рівноцінність участі в передачі спадк. ознак пилку та яйцеклітини; визначив велику різноманітність форм у другому і наступних поколіннях; показав доцільність проведення складних схрещувань для отримання нових різновидів рослин. Серед. ін. видатних науковців, які вивчали питання Г., – А. Болотов, Т. Найт, К. Гертнер, А. Сажре, Ш. Ноден, М. Віхура. Ці вчені вперше застосували в Г. внутр.-видові, міжвидові та міжродові схрещування. Наприкінці 18 – на поч. 19 ст. Г. спочатку в Росії, а пізніше у Великій Британії та Франції стала методом створення нових сортів рослин. Ці наук. досягнення стали передумовою для відкриття закономірностей або правил успадкування гібридами морфол. ознак, встановлених Ґ. Менделем (1866). Закони Менделя лягли в основу гібридолог. аналізу. На поч. 20 ст. Г. рослин широко використовували С. Букасов, І. Мічурін та М. Цицин для отримання міжвидових та міжродових гібридів.

Г. тварин почали проводити дещо пізніше. Спочатку це були аматор. схрещування, гол. чином у поміщиц. садибах, курей з фазанами, коня з вислюком, бика з бізоном. Цілеспрямовану Г. тварин проводив Ф. Фальц-Фейн в Асканії-Новій. В результаті схрещування зебри з конем та зубра з бізоном він вивів нові породи (відповідно зеброїд та зубро-бізон).

На сучас. етапі розрізняють Г. внутр.-видову, віддалену та соматичну (або парасексуальну). Г. форм усередині виду і таксономічно віддалених груп може бути як природною, так і штучною. Як осн. метод створення нових форм використовується внутр.-видова Г. (схрещування підвидів, сортів, ліній порід).

Віддалена Г. складається переважно з міжвидової та міжродової Г. Вона має обмежене застосування, що пов'язано з геогр. ізоляцією видів, розбіжністю циклів розмноження, нездатністю пилкових трубок проростати на приймочці маточки, генет. несумісністю гамет або фізіол. несумісністю ядра і цитоплазми, нежиттєздатністю зиготи на ранніх стадіях розвитку тощо. Для проведення Г. використовують цілу систему схрещувань: прості – (А × В); трилінійні – (А × В) × С; ступінчасті – (А × В) × С) × Д; подвійні – (А × В) × (С × Д); діалельні – кожний сорт схрещується з усіма сортами, відібраними для схрещування; неповні зворотні, або аналізувальні – (А × В) × А, (А × В) × В; повні зворотні – А × В-ВС7 × А. При розведенні тварин системи схрещувань поділяють на родинні (інбридинг, або інцухт) та неродинні (аутбридинг).

Розрізняють ділянки Г., на яких у спец. госп-вах вирощують насіння гетерозисних гібридів, та зони Г., які виникають у природі внаслідок порушення цілісності ізоляц. геогр. бар'єру між 2-ма дивергентними, але ще не повністю репродуктивно ізольованими популяціями, що створює умови для Г. За допомогою Г. можна переносити від дикого виду в культур. окремі хромосоми, їхні сегменти або гени, які контролюють унікал. властивості рослин. Для цього застосовують зворотні схрещування (за допомогою нулісомиків, моносомиків, транслокацій), метод гамма-опромінення пилку напівлетал., летал. і надлетал. дозами та дію на пилок ін. чинників (мутагенів, екзоген. ДНК тощо).

Схрещуватися можуть не лише живі організми (рослини, тварини), але й окремі їхні клітини (дві та більше). При цьому Г. відбувається в організмі або в культурі in vitro. Значного розвитку набула Г. соматич. клітин у тварин та протопластів

(протоплазма з включенням без клітин. оболонки, зруйнов. за допомогою пектинази чи целюлази) у рослин. Цей метод є особливо важливим у тих випадках, коли Г. при звичай. схрещуваннях неможлива. Для підвищення ймовірності злиття клітин їх обробляють у тварин інактивованим вірусом Сендай, у рослин – поліетиленгліколем або ін. чинниками. Гібридні клітини виділяють за допомогою селектив. середовищ, у яких клітини батьків. форм гинуть, а гібридів – виживають. Гібриди називають соматичними, якщо при злитті клітин сформувалося заг. ядро. Якщо ядра залишаються відокремленими, то при злитті генетично ідентич. клітин утворюється гомокаріон, а при злитті клітин з генетично різними ядрами – гетерокаріон. У разі успадкування гібридом ядра (ядерних генів) однієї з батьків. форм, поряд з цитоплазмою ін. або 2-х батьків. форм вживається термін «цитоплазматичний гібрид», або «цибрид». Соматичну Г. рослин в Україні започаткували акад. НАНУ Ю. Глеба та очолюваний ним колектив. З допомогою Г. соматич. клітин можна вивчати закономірності регуляції дії генів у процесі онтогенет. диференціації клітин, складати генет. карти, розробляти способи масового вироб-ва специф. антитіл для створення нових форм рослин, що поєднують генотипи різних сортів, які не схрещуються в звичай. умовах тощо. Нині методом соматич. Г. уже отримані гібриди картоплі, тютюну, моху, людини і кролика, людини і комара, людини і моркви тощо. Прикладом успішного застосування Г. на практиці є виведення сорту гібрид. кукурудзи (1930-і рр.). Завдяки Г. було досягнуто значних успіхів у селекції ін. культур (озимої пшениці, ячменю, жита, соняшника тощо). Шляхом схрещування спонтан. та індуков. мутацій виведено новий тип напівкарлик. пшениці, що призвело до різкого збільшення продуктивності цієї культури.

Гетерозис - (від грец. ἑτεροίωσις – зміна, перетворення) – явище переваги гібридів над батьківськими формами за ознаками росту, розвитку, продуктивності та стійкості до абіотичних і біотичних факторів. Термін «Г.», або

«гібридна сила», запропонував 1910 Г. Шелл на позначення стимулюючої ролі гетерозиготності, яка й зумовлює це явище. Макс. прояв Г. спостерігається в гібридах 1-ї генерації (F1), у наступних поколіннях він поступово згасає. Г. відіграє важливу роль в еволюції рослин. світу, внаслідок чого широко застосовуваний у світ. с.-г. практиці. Доведено, що продуктивність гетерозис. гібридів на 10–30 % вища, ніж традиц. сортів. В Україні його широко використовують для вироб-ва гібрид. насіння кукурудзи, соняшнику, сорго, помідорів, баклажанів, перцю, цибулі, огірків, кавунів, гарбузів, цукр. буряків, люцерни тощо, зокрема майже 100 % посівних площ кукурудзи і бл. 50-ти % соняшнику займають гетерозисні гібриди. Інтенсив. використанню Г. в селекції сприяє застосування цитоплазматич. чол. стерильності (ЦЧС), яка забезпечує генет. кастрацію материн. форми і, таким чином, значною мірою зменшує витрати праці при одержанні гібрид. насіння. З метою застосування ефективніших технологій використання Г. розробляють методи генної інженерії, біотехнології, біохім. генетики. Значний внесок у теор. обґрунтування технології та в практику селекції і насінництва гібридів зробили вчені Ін-ту рослинництва ім. В. Юр'єва (Харків), Ін-ту зерн. госп-ва (Дніпропетровськ) і Нац. центру насіннєзнавства та сортовивчення – Селекц.-генет. ін-ту (Одеса) УААН, зокрема В. Козубенко, Б. Соколов, О. Мусійко, П. Ключко. Укр. ученим належить пріоритет у відкритті ЦЧС соняшнику (В. Вольф), у створенні гібрид. соняшнику (В. Бурлов) та озимого жита (І. Поляков, А. Здрілько), що стало передумовою для гетерозис. селекції цих культур.

Лекція 19. Біотехнологія. Генетична та клітинна інженерія.

Створення нових, якісних і доступних лікарських препаратів, харчових продуктів, захист навколишнього середовища є одним із найбільш актуальних питань у світовому масштабі, вирішення якого неможливе без використання методів біотехнології. Тому саме біотехнологія є однією з найперспективніших спеціальностей XXI століття не тільки в Україні, а й у всьому світі.

Біотехнологія – це галузь знань, яка вивчає та розробляє методи отримання корисних для людства продуктів за допомогою біологічних об'єктів: мікроорганізмів, клітин тварин і рослин. Перші зародки біотехнології з'явилися, коли людина стала використовувати процес бродіння для приготування винних напоїв і випікання хлібобулочних виробів. Як окрема галузь науки біотехнологія була визнана в XX столітті.

Біотехнологія забезпечує виробництво лікарських засобів, харчових продуктів, створення трансгенних мікроорганізмів, рослин і тварин тощо. Досягнення біотехнології використовуються майже у всіх галузях науки і техніки, адже саме вона допомагає створювати якісні та недорогі продукти. У теперішній час вагомий внесок біотехнології спостерігається в галузі охорони здоров'я. Можливість необмеженого отримання природних білкових біорегуляторів і біологічно активних речовин, у т.ч. рідкісних і дорогих, відкриває нові перспективи в лікуванні різних захворювань. Біотехнологія займається розробкою вакцин, зокрема для боротьби з такими захворюваннями як СНІД, гепатит, малярія, деякі ракові пухлини. Сьогодні фармацевтичні фірми витрачають на біотехнологічні дослідження біля 20% бюджету, а спеціалісти-біотехнологи входять до ТОП-10 спеціальностей, які є найбільш затребуваними та перспективними .

Майбутні біотехнологи вчаться створювати лікарські засоби та виробляти харчові продукти із застосуванням мікроорганізмів, клітин рослин і тварин. Під час навчання студенти пізнають таємниці клонування та трансгенезу.

Процес формування майбутнього фахівця відбувається не тільки у навчальних аудиторіях та лабораторіях, а й безпосередньо у виробничих умовах при проходженні загальної інженерної і технологічної практики на сучасних провідних підприємствах України біотехнологічного профілю (ЗАТ «Індар», ВАТ «Фармак», ЗАТ «Борщагівський ХФЗ», ПАТ «Біолік», «СанІнБев Україна», ВАТ «Вім-Біль-Дан Україна» тощо).

Їх професійна діяльність передбачає:

- виробничо-технологічні та організаційно-керівні функції у галузі виробництва біотехнологічних продуктів;
- розробку нових і вдосконалення існуючих технологічних процесів;
- отримання біотехнологічних продуктів;
- вибір і обґрунтування нових технологічних процесів і режимів виробництва;
- забезпечення високого рівня якості продукції;
- організацію інженерного і матеріально-технічного забезпечення виробництва у нових економічних умовах.

Клітинна інженерія — це галузь біотехнології, яка розробляє й використовує технології культивування клітин і тканин поза організмом у штучних умовах. Окрім того, у межах клітинної інженерії розробляють і використовують технології гібридизації клітин. Одним із напрямів клітинної інженерії є клонування тварин і рослин

Клонування рослин, наприклад, дозволяє дуже швидко розмножувати найбільш цінні особини рослин, які характеризуються високою врожайністю, підвищеною

стійкістю до захворювань або іншими якостями. Часто клонування використовують для розмноження унікальних декоративних форм рослин.

Одним із досягнень клітинної інженерії стала розробка методів використання стовбурових клітин у лікуванні людини. Здатність до необмеженого поділу і до перетворення на різні типи клітин (так звана плюрипотентність) робить їх ідеальним матеріалом для трансплантаційних методів терапії. Найбільш доступними вважаються стовбурові клітини дорослого організму. Однак реальний потенціал їх диференціювання ще слабо вивчений. Надзвичайно привабливі для використання в медицині є ембріональні стовбурові клітини людини: з них можна отримувати будь-які типи клітин організму. Потрапляючи в організм під час трансплантації, стовбурові клітини продовжують ділитися й самі знаходять місце, де їхня допомога найпотрібніша. Ця здатність стовбурових клітин отримала назву хоумінг. Генетична (генна) інженерія — це галузь біотехнології, яка розробляє й використовує технології виділення генів з організмів і окремих клітин, їх видозмінення й уведення в інші клітини або організми.

Суть генетичної інженерії полягає в штучному створенні генів із потрібними властивостями і введення їх у відповідну клітину. Перенесення гена здійснює вектор (рекомбінантна ДНК) — спеціальна молекула ДНК, сконструйована на основі ДНК вірусів або плазмід, яка містить потрібний ген і здатна транспортувати його до клітини та забезпечити його вбудовування в її генетичний апарат. Генетична інженерія широко використовується як у наукових дослідженнях, так і в новітніх методах селекції.

Використання генної інженерії в галузі селекції стало причиною активних суперечок. Різні вчені та активісти громадських організацій наводили аргументи як «за», так і «проти» застосування цієї технології. Серед позитивних аргументів —

підвищена врожайність, екологічні переваги, захист від шкідників. З іншого боку — невпевненість частини споживачів у безпечності нових технологій.

Теоретично, негативний вплив, наприклад, рослин, які отримані за допомогою технології генетичної інженерії, на інші організми можливий через наявність в організмі рослин біологічно активних речовин (інсектициди, фунгіциди та ін.). Вплив цих речовин може бути прямий або опосередкований через трофічні ланцюги. Однак до сьогодні достовірних експериментальних даних про негативний вплив таких організмів на нецільові види не отримано.

У Європі використовувати змінені за допомогою методів генної інженерії рослини сої та кукурудзи для виготовлення харчових продуктів дозволено з 1997 року, а харчові ферменти, добавки, одержані в результаті генної інженерії, використовують понад двадцять років. Проте в багатьох європейських країнах законодавчі акти з харчових продуктів містять вимоги щодо безпечності продуктів такого походження.

Генетично модифіковані організми

Генетично модифіковані організми (ГМО) — це організми, генотип яких було змінено за допомогою методів генетичної інженерії з використанням технології рекомбінантних ДНК. Інша назва генетично модифікованих організмів — трансгенні організми. Для створення генетично модифікованих організмів часто використовують такі методи перенесення генів, як створення вектора на основі бактеріальної плазміди та обстріл клітин із генної гармати

Генна гармата використовує для внесення в геном клітин дуже дрібні частки важких металів (золота, срібла, вольфраму), на яких наноситься ДНК. Ці частки вистрілюють по культурі клітин за допомогою стисненого повітря. Частина клітин у цьому випадку гине, але частина залишається живою й отримує чужий ген.

Використання ГМО

Такі організми можуть мати велике значення для підвищення ефективності сільського господарства та під час досліджень у галузі молекулярної біології. Перші генетично модифіковані організми, які одержали за допомогою методів молекулярної біології, з'явилися у світі лише у 80-х роках XXстоліття.

Зараз у різних галузях господарства широко використовуються генетично модифіковані організми, які належать до мікроорганізмів, тварин і рослин. Мікроорганізми використовують для синтезу людських білків (інсуліну, гормону росту тощо), які застосовують у медицині. Прикладом генетично модифікованих тварин є лосось (вбудований у геном ген забезпечив високу швидкість росту риби) та кози (новий ген забезпечує вироблення її молочними залозами молока з цінними для здоров'я речовинами). Генетично модифіковані рослини (соя, кукурудза тощо) мають підвищену стійкість до дії шкідників, захворювань і несприятливих погодних умов.

Лекція 20. Проблеми, пов’язані з ГМО та продуктами, отриманими від них.

Вперше ГМО було отримано у 1980 році, що дало поштовх до створення на їх базі різних організмів – тварин, рослин, дріжджів. Значного поширення набули ГМО у біотехнологічній промисловості для виробництва лікарських препаратів та інших речовин. Хоч перші ГМО були створені на основі тварин, зараз найпоширенішими є трансгенні рослини.

Генетично модифіковані продукти, доступні сьогодні на ринках, включають помідори, гарбуз, кукурудзу, картоплю, горох, дріжджі, сою (яка використовуються в 60% всіх продуктів харчування, таких як хліб, макаронні вироби, цукерки, морозиво, пироги, печиво, маргарин, м'ясні продукти і вегетаріанські замінники м'яса). Генетично модифіковані організми, також використовуються для виробництва сирів і рапсового масла. Але це тільки початок. Через кілька років знайти натуральну їжу бути практично неможливо.

Більшість генетично модифікованих продуктів не можуть бути виявлені. У сучасному світі виробники вже впровадили генетично модифіковані інгредієнти у виробництво продукції, не інформуючи споживачів. Не дивлячись на низький загальний рівень обізнаності населення щодо потенційних ризиків використання ГМО, 85-90% споживачів вимагають чіткого маркування всіх генетично модифікованих продуктів харчування. Найважливішим залишається те, що сьогодні немає наукового обґрунтування і гарантій безпечності споживання ГМО людьми і сільськогосподарськими тваринами в довгостроковій перспективі. Очевидним є те, що стрімкий розвиток та поширення сучасних біотехнологій породили ряд соціальних, економічних, правових, релігійних, етичних та інших проблем та протиріч. Особливо гостро сьогодні стоїть питання можливих ризиків і загроз для здоров'я людини та екосистеми Землі пов'язаних з ГМО.

За таких умов особливо важливим стає здійснення на державному рівні заходів

щодо посилення біобезпеки, захисту громадян України від потенційних ризиків використання ГМО.

До теперішнього часу прийнято низку міжнародних угод, що регламентують правила поведінки країн-членів світового співтовариства при вирішенні різних проблем, пов'язаних з використанням біотехнологій. Найважливіші з цих угод CBD (Convention on biological diversity), Оргуська конвенція і Картахенський протокол з біобезпеки.

Останній був прийнятий у січні 2000 р. на Конференції Сторін Конвенції про біологічне різноманіття. Документ набрав чинності у 2003 р. після того, як його ратифікували 50 країн світу (на жовтень 2011 року прийнятий в 161 країні). Україна приєдналася до нього у 2002 році. Метою Протоколу є встановлення міжнародних правил для країн, що його ратифікували, стосовно безпечного перевезення, обробки та використання «живих змінених організмів», які отримують методами генної інженерії.

Всі країни Європейського Союзу у своїй діяльності. яка пов'язана зі створенням та використанням ГМО, керуються Директивою 2001/18/ЄС про навмисне вивільнення ГМО у довкілля та Постановами 1829/2003/ЄС, 1830/2003/ЄС, згідно яких харчові продукти, виготовлені з використанням ГМО, вміст яких перевищує 0,9 % , підлягають обов'язковому маркуванню, та Постановою 1946/2003/ЄС про транскордонний рух ГМО.

В Україні поводження з ГМО регулюється Законами України: «Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів» (2007) зі змінами (2010); «Про дитяче харчування» (2006) із змінами щодо посилення вимог до виробництва та обігу продуктів дитячого харчування (2010); «Про безпечність та якість харчових продуктів» (1998) зі змінами щодо інформування громадян про наявність у харчових продуктах генетично модифікованих організмів (2009); «Про захист прав споживачів» (2006); «Про основи національної безпеки України» (2003); «Про

тваринний світ» (2001); «Про рослинний світ» (1999); «Про екологічну експертизу» (1995); «Про охорону навколишнього природного середовища» (1991). Також питання ГМО регулюються низкою постанов Кабінету Міністрів, найважливішою серед яких є «Про затвердження порядку етикетування харчових продуктів, які містять генетично модифіковані організми або вироблені з їх використанням та вводяться в обіг» (2009 р.), а також наказами Міністерства екології та природних ресурсів, Міністерства аграрної політики та ін.

Проведення оцінки потенційного негативного впливу на людину та довкілля від використання ГМ рослин, в залежності від специфіки впливу та особливості їх використання базується на трьох групах ризику:

1. Ризики потенційного негативного впливу на організм людини при споживанні продуктів харчування, які були виготовлені з генетично модифікованих рослин. Встановлено, що наслідками вживання людиною ГМ-продуктів можуть бути алергічні захворювання, порушення обміну речовин, поява стійкості мікрофлори людини до антибіотиків, віддалений канцерогенний, тератогенний та мутагенний ефекти внаслідок безпосередньої дії трансгенних білків. Токсична дія нових, «незапланованих» білків, що з'являються в генетично-модифікованих рослинах та потрапляння в організм людини гербіцидів.

2. Ризики потенційного негативного впливу генетично модифікованих рослин на довкілля при їх широкому використанні.

Серед цих ризиків головними є поширення хвороб через міжвидові бар'єри, створення стійких до гербіцидів бур'янів, втрата біологічного різноманіття сільськогосподарських культур, більш широке використання хімічних речовин для обробки і, як наслідок, збільшення забруднення води, що призведе до порушення екологічного балансу.

3. Глобальні економічні та соціальні ризики при широкому та довготривалому впровадженні трансгенних технологій.

Лекція 21. Предмет і завдання екології. Екологічні фактори. Закономірності дії екологічних факторів на живі організми.

Екологія — наука про взаємодію живих організмів та їхніх угруповань одне з одним і з навколишнім середовищем.

Об'єктами вивчення екології є біологічні системи надорганізмового рівня — популяції, екосистеми й біосфера в цілому.

Предметом вивчення екології є взаємодія організмів один з одним і з навколишнім середовищем.

На популяційному рівні екологія вивчає характеристики популяцій (наприклад, просторову структуру) і характер взаємозв'язків між особинами (наприклад, внутрішньовидову конкуренцію). На рівні екосистем велике значення мають міжвидові трофічні зв'язки (трофічні ланцюги), за допомогою яких відбувається перенесення поживних речовин та енергії в екосистемі. На рівні біосфери вивчають процеси планетарного масштабу, такі як колообіг речовин, асиміляція сонячної енергії, продукція органічної речовини.

На сьогодні екологія вийшла за межі біології й перетворилася на міждисциплінарну науку, що присвячена взаємодіям людини з навколишнім середовищем, та охоплює питання охорони природного середовища.

Основними завданнями екології є:

- вивчення взаємодії організмів із факторами навколишнього середовища та їх впливу на середовище проживання;
- вивчення організації та функціонування біологічних угруповань (популяцій, екосистем, біосфери);
- розробка основ раціонального природокористування.

Етапи розвитку екології

Перший етап — зародження екології. До середини XIX ст. відбувалося поступове накопичення даних про взаємозв'язки живих організмів із середовищем їх проживання. Ще відомий природознавець К. Лінней (1707-1778) підкреслював провідне значення кліматичних чинників.

Термін «біосфера» увів австрійський геолог Е. Зюсс (1875). Значний вплив на розвиток екологічної науки здійснив усесвітньо відомий науковець-зоолог Ж. Б. Ламарк (1744-1829), який вважав, що найважливішою причиною пристосувальних змін організмів є вплив умов навколишнього середовища. І, звісно ж, чималий внесок у становлення екології мала теорія природного добору визначного вченого Ч. Дарвіна (1859). Засновником екології ж вважається німецький біолог Е. Геккель, який 1866 року вперше вжив термін «екологія».

На другому етапі (середина XIX — середина XX ст.) відбулося виокремлення екології в самостійну галузь знань. Засновником популяційної екології вважається англійський вчений Ч. Елтон. Він у своїй монографії вперше використав поняття екологічної ніші, обґрунтував правило екологічних пірамід, сформулював принципи популяційної екології (1927).

1926 року вийшла праця видатного українського вченого В. І. Вернадського «Біосфера», де було висвітлено величезну роль живих організмів у геохімічних процесах Землі. У 30-ті роки XX століття сформувалися напрямки екології популяцій та екосистем. Зокрема, були запропоновані математичні моделі чисельності популяцій (В. Вольтерра, А. Лотка, Г. Гаузе). Поняття «екосистема» було введено 1935 року англійським ботаніком А. Тенслі.

Третій етап розвитку екології розпочався в другій половині XX ст., коли стали помітними зміни в навколишньому середовищі, такі як забруднення води, повітря,

зникнення лісів, вимирання рідкісних видів тварин і рослин. Ці зміни були наслідком швидкого розвитку промисловості й приросту населення. Стало зрозуміло, що діяльність людини не лише завдає шкоди довкіллю, але й загрожує існуванню самого людства. Так екологія перетворилася на комплексну науку, яка вивчає також проблеми охорони навколишнього середовища.

Структурні підрозділи екології

У наш час екологію поділяють на декілька наукових дисциплін.

Біоекологія є базовою екологічною наукою, що вивчає закономірності взаємозв'язків організмів та умов середовища.

Геоекологія розглядає зв'язок біосферних та геологічних процесів, участь геологічних чинників у виникненні й еволюції життя на Землі.

Прикладна екологія вивчає механізми руйнування біосфери людиною й способи запобігання цьому процесу, а також розробляє принципи раціонального використання природних ресурсів.

Екологічні рухи

У XX столітті у світі почали поширюватися екологічні рухи, спрямовані на захист навколишнього середовища. Найбільш відомими міжнародними неурядовими організаціями є Міжнародний союз охорони природи (IUCN), Всесвітній фонд дикої природи (WWF), Всесвітнє товариство захисту тварин (WSPA), Грінпіс. Їхня діяльність спрямована на виявлення та вирішення глобальних і регіональних екологічних проблем.

У більш ніж 90 країнах світу існують Зелені партії і політичні рухи; їх об'єднує міжнародна мережа Глобальні Зелені. Вони закликають до соціальних реформ

стосовно охорони навколишнього середовища, захисту екологічних і пов'язаних із ними соціальних прав громадян.

В окремих країнах і їхніх регіонах існують добровільні об'єднання громадян і громадських організацій, метою яких є вирішення місцевих екологічних проблем і контроль за дотриманням природоохоронних законів. В Україні велика увага приділяється створеннюприродоохоронних територій, охороні річок, боротьбі з браконьєрством. Екологічне мислення популяризується — відбуваються екологічні акції (наприклад, кампанії на захист первоцвітів або проти утримання дельфінів у неволі), виходять друком книги екологічного спрямування.

Ключова ідея

Екологія вивчає взаємодію організмів один з одним із навколишнім середовищем на рівні популяцій, екосистем і всієї біосфери. Розділами біоекології є аутекологія (взаємодія «особина — середовище»), демекологія (взаємозв'язки особин в угрупованні) і синекологія (зв'язки в екосистемах).

Усі організми потенційно здатні до необмеженого розмноження та розселення. Але видовий склад організмів, що мешкають у різних кліматичних зонах, не змішується: кожній з них притаманний певний набір видів тварин, рослин, грибів, мікроорганізмів. Надмірне розмноження і розселення організмів обмежується певними географічними перешкодами (моря, гірські ланцюги, пустелі тощо), кліматичними факторами (температура, вологість тощо), а також різноманітними взаємозв’язками між окремими видами. Пригадаємо: частина простору в біогеоценозах, населена популяціями даного виду, яка забезпечує їх потрібними ресурсами та умовами існування, - це місцеіснування виду. Усі ці ресурси та умови існування разом називають екологічними факторами. Екологічні фактори - це всі компоненти середовища мешкання, які впливають на організми та їхні

угруповання. Залежно від природи та особливостей дії їх поділяють на абіотичні, біотичні та антропогенні. Абіотичні фактори - компоненти та властивості неживої природи (температура, освітленість, вологість, газовий склад повітря, тиск, сольовий склад води, тип ґрунту тощо), які прямо або опосередковано впливають на окремі організми та їхні угруповання.

Біотичні фактори - різні форми взаємодій між особинами в популяціях і між популяціями в угрупованнях. Як ви пам’ятаєте, такі взаємодії можуть бути антагоністичними (конкуренція, паразитизм, хижацтво тощо), взаємовигідними (наприклад мутуалізм) чи нейтральними (нейтралізм). Кожен з організмів постійно взаємодіє з особинами свого (внутрішньовидові зв’язки) та інших (міжвидові зв’язки) видів (різні форми внутрішньо- та міжвидових взаємодій детальніше розглянемо згодом). Тому одні види організмів є складовою середовища мешкання інших. удь-який організм під час здійснення власних процесів життєдіяльності змінює середовище мешкання: при цьому одні ресурси із цього середовища вилучаються, інші, навпаки, вносяться.

Антропічні або антропогенні фактори - це різні форми діяльності людини, що змінюють стан середовища мешкання різних видів істот, включно із самою людиною. Зокрема, антропічні фактори - це прямий вплив людини на навколишнє середовище (полювання на тварин, вирубування дерев тощо), тоді як антропогенні - наслідки господарської діяльності людини (наприклад, забруднення довкілля, пов’язане з експлуатацією заводів, ТЕЦ, АЕС).

Екологічні фактори як ресурси та умови. Усе те, що споживають організми, слід вважати ресурсами середовища мешкання. Ресурси (їжа, вміст хімічних елементів і вологи в ґрунті тощо), на відміну від умов існування (температури, відносної вологості повітря, солоності води, швидкості течії тощо), вичерпуються організмами, унаслідок чого стають менш доступними.

Розрізняють ресурси незамінні та взаємозамінні. Незамінні ресурси організм не може замінити на інші (наприклад, Нітроген або Калій для рослин, рослина хвилівник звичайний для гусені денного метелика - поліксени). Якщо один ресурс організм може повністю замінити на інший, такі ресурси є взаємозамінними (наприклад, голуби та інші птахи можуть споживати насіння рослин різних видів).

Мінливість екологічних факторів. Кожен екологічний фактор діє на організми з певною інтенсивністю. Вона може бути відносно постійною протягом тривалих історичних періодів розвитку біосфери (наприклад, сонячне випромінювання, сила тяжіння, сольовий склад морської води, газовий склад атмосфери тощо). Більшість екологічних факторів має мінливу інтенсивність дії (температура, вологість повітря, освітленість тощо). Ступінь мінливості кожного екологічного фактору залежить від особливостей середовища мешкання організмів. Наприклад, температура на поверхні води або ґрунту може коливатись у значних межах залежно від пори року чи доби, тоді як у водоймах чи ґрунті на глибинах понад кілька метрів перепади температури не такі відчутні.

Зміни екологічних факторів можуть бути: періодичними, залежно від часу доби, пори року, положення Місяця відносно Землі тощо; неперіодичними (виверження вулканів, землетруси, урагани тощо); спрямованими протягом значних історичних проміжків часу (зміни клімату Землі, пов’язані з перерозподілом співвідношення площ суходолу та Світового океану). Організми легше адаптуються до звичних для них періодичних змін дії екологічних факторів і гірше до тих, які змінюються неперіодично, особливо якщо з ними не доводилося стикатися їхнім предкам.

Дія одного й того самого екологічного фактору може бути нейтральною для одних організмів й відчутно впливати на інших, які мешкають на спільній території. Наприклад, азот (N_2) атмосферного повітря (пригадаємо: його вміст становить 78,1 %) - нейтральний фактор для багатьох організмів (тварин, рослин, грибів, багатьох

мікроорганізмів), адже вони не здатні його засвоювати. Але він життєво потрібний азотфіксуючим організмам (бульбочковим бактеріям, деяким ціанобактеріям тощо).

Від ступеня мінливості умов існування залежить і видова різноманітність організмів певної екосистеми: що різноманітніші умови, то різноманітніший її видовий склад.

Лекція 22. Основні середовища існування організмів. Живі організми, як особливе середовище існування.

Середовища існування — усі умови живої та неживої природи, у яких існують організми і які прямо чи опосередковано впливають на стан, розвиток і розмноження як окремих особин, так і популяцій, обумовлюючи відповідну їх реакцію.

Середовище існування є складовою частиною біогеоценозу й охоплює екологічні чинники: абіотичні, біотичні, антропогенний. Фактори середовища впливають на організм комплексно, спричиняючи в ньому відповідні реакції.

Живі організми Землі населяють 4 основні середовища існування: наземно-повітряне, водне, ґрунт, а також організми інших істот.

Для природи характерна мінливість умов середовища. Проте кожний вид пристосувався до комплексу екологічних чинників і амплітуди їх змін з подальшим спадковим закріпленням цих пристосувань.

Адаптації — пристосування організмів до умов середовища. Але доцільність екологічних адаптацій є поняттям відносним, бо такі адаптації оптимально виявляються лише за певних умов і значно обмежують або роблять неможливим існування організму за інших обставин.

Наземно-повітряне середовище

Серед абіотичних чинників наземно-повітряного середовища провідна роль належить освітленості, температурі, вологості й газовому складу атмосфери.

Освітленість. Сонячне випромінювання — основне джерело енергії для всіх процесів, що відбуваються на Землі. Світло як джерело фотосинтезу має

фундаментальне екологічне значення — забезпечує орієнтацію живих організмів у просторі. Біологічна дія світла на рослини зумовлена його спектральним складом, інтенсивністю, добовою і сезонною періодичністю.

Щодо впливу світла рослин поділяють на 3 групи: світлолюбні (сосна, береза, вишня); тіньовитривалі (ялина, граб, липа, черемха); тіньолюбні (смерека, плаун булавоподібний, копитняк). Тварин — на 2 групи: денні — активні у світлу частину доби (більшість тварин); нічні — активні вночі (лемури, кажани, сови).

Тварини, які живуть без світла, мають редуковані органи зору (кріт, сліпак), або ці органи можуть взагалі втрачатись (дощовий черв'як, протей).

Температура. Усі хімічні процеси, що відбуваються в організмі, залежать від температури — зовнішньої і внутрішньої. Температура обмежує поширення тварин і визначає рівень їхньої активності. Залежність фізіологічних процесів від температури довкілля у холоднокровних тварин вища, ніж у теплокровних.

Температура середовища існування змінюється протягом доби та сезону й залежить від широти місцевості та експозиції схилу.

Діапазон температур на Землі значно ширший від меж, у яких можливе життя: у повітрі — від -70 до +85 °С, у відкритому океані — від -3,3 до +30 °С.

Процеси життєдіяльності організмів можливі за температури 0 ... +40 °С, але оптимальне значення температури для більшості організмів — від +10 до +30 °С.

Температурний оптимум, верхня і нижня межі температурної витривалості залежать від виду:

- молюски в гарячих джерелах витримують до +53 °С, личинки деяких мух — до +60 °С, ціанобактерії та бактерії живуть при +90 °С;

- лялечки метелика кропив’янки не гинуть за температури -25 °С, а лялечки одного з видів короїдів витримують до -53 °С;
- спори деяких бактерій, цисти найпростіших, яйця круглих червів, насіння і пилок рослин після зневоднення не втрачають життєздатності за температури, близької до абсолютного нуля (-273 °С).

Однією з форм пристосування організмів до несприятливих температурних умов є анабіоз — стан організму, за якого життєві процеси уповільнюються або тимчасово припиняються (після втрати до 75 % води). Зі стану анабіозу організми виходять, коли настають сприятливі умови і життєві процеси поновлюються.

Щодо впливу температури виділяють 2 групи живих організмів: теплолюбні й холодостійкі.

Теплолюбні рослини — рослини субтропічної і тропічної зон; з культурних рослин — бавовник, рис, кавун, диня тощо.

Холодостійкі рослини — мешканці тундри, високогір’їв; з культурних рослин — озимі зернові культури (пшениця, жито, тритікале), багаторічні трави. Пристосованість таких рослин до існування в умовах низьких температур — накопичення цукрів, які знижують точку замерзання цитоплазми.

До холодостійких тварин належать тварини Півночі, більшість членистоногих. Наявність у гемолімфі членистоногих гліцерину знижує точку замерзання тканинної рідини.

Теплолюбні види тварин живуть за високих температур (до +80 °С, іноді вище). Це тварини субтропічної і тропічної зон, членистоногі гарячих джерел тощо.

Залежно від рівня теплопродукції, тварин поділяють на холоднокровних й теплокровних. До холоднокровних тварин належать безхребетні, риби, земноводні і плазуни; до теплокровних — птахи і ссавці.

Температура тіла холоднокровних тварин близька до температури навколишнього середовища. У разі підвищення температури довкілля в них прискорюються фізіологічні процеси, розвиток личинок. Робота м’язів підвищує теплопродукцію (у польоті комахи нагріваються на 12 °С). У суспільних комах є суспільна терморегуляція (10 тис. бджіл у вулику виробляють енергію, достатню для його нагрівання до +35 °С).

Теплокровність забезпечує незалежність від температури навколишнього середовища завдяки більш досконалим термоізоляції і терморегуляції. Терморегуляційну функцію в теплокровних тварин виконує густий волосяний чи пір’яний покрив або жировий прошарок (у китів — понад 50 см).

Терморегуляція — сукупність фізіологічних процесів, які підтримують температуру тіла на сталому рівні: у птахів — 40-42 °С, у яйцекладних ссавців — від 24 до 34 °С, у плацентарних — близько 37 °С. Розрізняють фізичну терморегуляцію — регулювання тепловіддачі положенням волосяного чи пір’яного покриву, зміною діаметра капілярів шкіри, потовиділенням і диханням, та хімічну — здатність тварин виробляти теплоту скорочуванням м’язів унаслідок зміни інтенсивності окиснювальних процесів.

Вологість. Вода забезпечує біохімічні процеси і входить до складу тіла всіх живих організмів.

З екологічної точки зору вода є лімітуючим фактором у наземних екосистемах, де її кількість значно коливається.

Щодо води рослин поділяють на групи: гідрофіти — водні рослини, прикріплені до ґрунту й занурені у воду цілком або нижньою частиною (кушир, елодея, латаття); гігрофіти — рослини, які живуть в умовах надмірного зволоження (рогіз, очерет, стрілолист); мезофіти — рослини умов середньої зволоженості ґрунту (дерев'янисті, трав'янисті й польові культури лісостепової і степової зон); ксерофіти — рослини посушливих місцевостей (саксаул, верблюжа колючка, кактус).

Пристосування вищих рослин до посушливих місцезростань:

- короткий весняний вегетаційний період (рослини-ефемери);
- розвиток глибокої кореневої системи (верблюжа колючка) або сильне її розгалуження у поверхневих шарах ґрунту (кактус);
- накопичення значних запасів води у стеблі (кактус) або листках (агава, алое);
- втрата листками асиміляційної здатності, перетворення їх на колючки (кактус); листки вузькі, шорсткі, що скручуються в трубочку, ховаючи продихи (ковила).

Тварини отримують вологу трьома шляхами: під час пиття, з їжею та в результаті розщеплення органічних сполук (переважно жирів). Тварин щодо води поділяють на групи:

- гігрофіли — вологолюбні (мокриці, земноводні);
- мезофіли — посуховитривалі (більшість тварин);
- ксерофіли — сухолюбні (павукоподібні, пустельні комахи, плазуни);
- термофіли — теплолюбні (личинки двокрилих комах, плазуни).

Пристосування тварин до посухи:

- отримують воду з їжі (комахи, плазуни, гризуни);

- здатні долати значні відстані до водопою за рахунок швидкого довготривалого бігу (антилопи, сайгаки);
- використання води жирового походження (верблюди, гризуни);
- ведуть нічний спосіб життя;
- мала водопроникність шкіри;
- у період тривалої посухи можуть впадати в діапаузу — тимчасовий фізіологічний спокій, коли притупляється ріст, розвиток і знижується рівень обміну речовин.

Газовий склад повітря. Нижні шари атмосфери містять газоподібні компоненти: кисень (21 %), вуглекислий газ (0,03 %) і азот (78 %). Газовий склад атмосфери впливає на життєдіяльність організмів, та основне значення має кількість у повітрі кисню та вуглекислого газу.

Організми, здатні жити і розвиватись без вільного кисню, отримують необхідну їм енергію за допомогою анаеробного дихання — безкисневого розщеплення органічних сполук. У разі повної відсутності кисню організм забезпечує енергією процес гліколізу.

Вуглекислий газ для рослин є джерелом Карбону. Підвищення його концентрації в повітрі посилює інтенсивність фотосинтезу, але гальмує процес дихання. Загальнокліматичне значення вуглекислого газу полягає в тому, що він є своєрідним термостатом планети — пропускає основний потік сонячної радіації, але затримує відбите від ґрунту теплове випромінювання (тепличний ефект).

Водне середовище існування

Гідробіонти — організми, що живуть у воді, адаптуються як до існування у водному середовищі взагалі, так і до певного типу водойм чи зони Світового океану.

Залежно від зони заселення, виділяють такі екологічні групи гідробіонтів: планктон, нектон, бентос, перифітон і нейстон.

Планктон — сукупність організмів, які населяють товщу води й пасивно переносяться течією на значні відстані (бактерії, ціанобактерії, водорості, радіолярії, медузи, дрібні рачки, личинки кісткових риб). Пристосовані до плавучості, мають значення в живленні морських тварин і процесах самоочищення води.

Нектон — сукупність водних організмів, пристосованих до активного плавання на значні відстані у відкритих частинах водойм і протистояння течіям (китоподібні, ластоногі, риби, головоногі молюски). Усі вони мають обтічну форму тіла.

Бентос — сукупність організмів, що населяють дно водойм або мешкають у товщі ґрунту водойм (ціанобактерії, деякі водорості, форамініфери, поліпи, круглі та багатощетинкові черви, деякі види молюсків і ракоподібних, голкошкірі, придонні риби — скати, бички, камбала).

Перифітон — організми, які утворюють нарости на різних предметах у товщі води (деякі водорості, наприклад улотрикс, деякі молюски, вусоногі ракоподібні).

Нейстон — організми, які населяють поверхню води, використовуючи як опору силу натягу водної плівки (клопи-водомірки).

Гідробіонти різних зон Світового океану адаптовані до припливів та відпливів, а в прісних водоймах — до швидкої течії річок (форель, личинки мошок).

Поширення гідробіонтів обмежується солоністю води (як правило, вони уникають ділянок із солоністю води, вищою за океанічну (34-35 ‰)).

Більшість гідробіонтів адаптована до існування на певних глибинах, і лише деякі з них можуть перебувати на різних глибинах (черви палоло та голкошкірі) чи на глибоководді (латимерія).

Деякі морські глибоководні організми здатні виробляти світло за рахунок окиснення ліпідів (явище люмінесценції) — кишковопорожнинні, ракоподібні, молюски, риби.

Гідробіонти прісних водойм виводять надлишки води з організму, а мешканці солоних водойм мають пристосування, що запобігають виходу води назовні.

Гідробіонти адаптуються до періодичного пересихання водойм і перенесення посушливого періоду:

- медузи під час відпливів мігрують у море;
- кільчасті черви і вусоногі раки ховаються в пісок, молюски — у черепашки;
- найпростіші переносять посушливий період у стадії цист або спор;
- війчасті й малощетинкові черви, дводишна риба-лусковик на період посухи закопуються у мул, пісок.

Ґрунт — особливе середовище існування живих організмів

Ґрунт — верхній родючий шар земної кори, придатний для життя рослин, прокаріотів, грибів і ґрунтової фауни, що утворився в результаті спільного впливу клімату, материнської породи, живих організмів (рослин і тварин) і часу, а на окультурених територіях — і діяльності людини.

За екологічними характеристиками ґрунт має низку спільних рис з наземно-повітряним і водним середовищами існування.

Найбільш характерною особливістю ґрунту є його родючість — здатність забезпечувати рослин і ґрунтову фауну елементами живлення, водою, повітрям і теплом.

Характерні риси ґрунту як середовища існування:

- механічний склад ґрунту утворюють структурні агрегати — грудочки, стійкі проти розмивання;
- наявність системи порожнин між агрегатами, заповнених водою або повітрям;
- значні запаси органічних речовин;
- порівняно невелика амплітуда добових і річних коливань температур (глибше 2 м сезонні коливання температури майже не відчутні).

Тому різноманітні організми, які живуть у ґрунті, легше переживають посушливий період; органічні речовини створюють кормову базу для них; у період низьких або підвищених температур вони можуть мігрувати в підґрунтовий шар землі.

Шар підстилки, розміщений над ґрунтом, формується переважно за рахунок рослинного опаду, решток рослин і тварин. Мешканці ґрунту (бактерії, гриби, водорості, тварини) переробляють органічні рештки підстилки в подрібнену органіку — детрит, що перемішується з мінеральними речовинами й утворює гумус.

Порівняно з наземно-повітряним, ґрунт — більш стабільне середовище існування різних організмів: ґрунтові тварини завдяки вертикальній міграції забезпечуються необхідними умовами існування; завдяки наявності вологи умови існування дрібних організмів у ґрунті наближаються до подібних у водоймах.

Мешканці ґрунту:

- рослини і ґрунт перебувають у постійному взаємозв’язку. У ґрунті існує ярусність і конкуренція кореневих систем; щорічно тут залишаються відмерлі підземні частини рослин. Повільно розкладаючись, вони поповнюють запаси гумусу;
- ґрунтові водорості (зелені, жовто-зелені й діатомові) живуть як на поверхні ґрунту, так і в його товщі. Вони сприяють утворенню та накопиченню органічних речовин, покращують аерацію ґрунту, впливають на його структуру;
- ґрунтові бактерії — мікроскопічні організми, яких надзвичайно багато в ґрунтах навколо кореневої системи рослин і більшість з яких живе у верхньому шарі ґрунту. Родючість і окультурення ґрунту, перш за все пов’язані з діяльністю бактерій (азотфіксуючі — збагачують ґрунт Нітрогеном; нітрифікуючі — розщеплюють амоніак до нітратів; денітрифікуючі — відновлюють нітрати і нітрити до молекулярного азоту; сапрофітні — розщеплюють органічні рештки відмерлих рослин і тварин);
- ґрунтові гриби також розщеплюють відмерлі рештки тварин і рослин до мінеральних речовин, сприяють ґрунтотворному процесу;
- ґрунтова фауна — сукупність тварин, які живуть у ґрунті: найпростіші (амеби, джгутикові, інфузорії), черви (круглі, кільчасті), членистоногі (багатоніжки, ракоподібні, павукоподібні, комахи), черевоногі молюски, хребетні тварини (земноводні, плазуни, ссавці).

Постійні мешканці ґрунту: круглі черви та дощові черв’яки, деякі багатоніжки, комахи, кліщі, кроти, сліпаки; оселяються у ґрунті протягом більшої частини свого життєвого циклу личинки жуків (хрущів, коваликів); перебувають лише під час несприятливого періоду деякі комахи, земноводні, лускаті плазуни.

Адаптації тварин до пересування в ґрунті:

- найпростіші, круглі черви, кліщі пересуваються за допомогою води в шпарках між ґрунтовими часточками;
- дощові черв’яки — за допомогою скорочення м’язів;
- круглі та кільчасті черви, кліщі, личинки комах — за допомогою вертикальних міграцій;
- вовчки, жуки, кроти — за допомогою риючих кінцівок;
- сліпаки — за допомогою рухів голови.

Адаптації тварин до низького вмісту в ґрунті кисню:

- вбирання його крізь тоненькі покриви (дощові черв’яки);
- перебування в пухирцях повітря в товщі води (дрібні тварини);
- вертикальні міграції (круглі та кільчасті черви, кліщі, личинки комах).

Лекція 23. Історичний розвиток органічного світу. Штучний і природній добір. Пристосованість організмів та її відносність. Пр. роб. Порівняння природного і штучного добору.

До теперішнього часу описано понад 2 млн видів тварин, 0,5 млн видів рослин, близько 100 тис. видів грибів. Для збереження інформації про таку величезну

різноманітність живі організми класифікують (систематизують) – об'єднують у групи, керуючись певними критеріями. Цим займається систематика – наука, яка вивчає і описує живі організми, а також встановлює споріднені зв'язки між ними. Розрізняють штучну і природну системи. Основне завдання сучасної систематики – збудувати природну систему, тобто об'єднати філогенетично споріднені групи організмів на підставі даних палеозоології, генетики, біохімії та інших наук. Таким чином, основний критерій природної системи – еволюційна спорідненість особин, а не подібність їх зовнішніх ознак (як у штучній).

Структурними одиницями системи є таксони – вид, рід, родина, ряд, порядок, клас, тип, царство. Усі таксони утворюють ієрархічну систему – кожний таксон включає таксони нижчого порядку: тип – класи, клас – ряди і т. д. Найвищим систематичним таксоном у системі живого світу вважається царство. Іноді вживається категоріянадцарство. У цьому випадку всіх живих організмів групують у надцарство Прокаріоти і надцарство Еукаріоти. Прокаріоти представлені царством Дріб'янки, до яких належать бактерії і синьо-зелені водорості, що не мають клітинного ядра. До надцарства Еукаріот належать царства: Рослини, Тварини, Гриби.

Царство Тварини складається з двох підцарств: Одноклітинні та Багатоклітинні. У кожному підцарстві прийняті такі основні категорії (таксони): тип, клас, ряд, родина, рід і вид. Проміжні категорії утворюються з додаванням префікса над- і під-: надклас, підродина, підтип. Наприклад, тип Хордові об'єднує класи: Ланцетники, Кісткові та Хрящові риби, Земноводні, Плазуни, Птахи, Ссавці. Клас Земноводні складається з трьох рядів – Безногі, Хвостаті, Безхвості. Ряд Безхвості включає сімнадцять родин. У царстві Рослини та Гриби найвищою категорією є тип. Далі йдуть клас, ряд, родина, рід, вид.

У біології застосовується бінарна номенклатура виду, розроблена К. Ліннеєм. За правилами бінарної номенклатури кожен вид має назву латинською мовою, що включає родову й видову назви, наприклад кишкова паличка – Escherichia coli.

Біологічній еволюції передувала хімічна еволюція органічних речовин, яка тривала протягом кількох сотень мільйонів років.

Первинна атмосфера Землі складалась із вуглекислого газу, метану, амоніаку, оксидів сірки, сірководню та водяної пари. Озонового шару не було, і до поверхні суходолу та Світового океану надходив потік космічного та ультрафіолетового сонячного випромінювання. Унаслідок підвищеної вулканічної активності у води Світового океану й атмосферу потрапляли різноманітні хімічні сполуки. У морській воді в умовах випромінювання та проходження через них електричних розрядів (блискавки), утворювались деякі органічні сполуки.

Коацервати – скупчення нуклеотидів, амінокислот, невеликих ланцюжків з амінокислот, моносахаридів тощо, яке відокремлене від води поверхнею розділу.

Протягом мільйонів років такі структури ускладнювалися внаслідок включення до їх складу нових різноманітних білкових молекул, завдяки вип'ячуванню окремих її ділянок усередину або назовні.

Еволюційно закріплювалися лише такі системи, які були здатні до саморегуляції й самовідродження. Це були перші живі організми – протобіонти.

Перші організми були анаеробними гетеротрофами. У той час коли метаболізм певних істот базувався на гліколізі, інші виробляли здатність використовувати атмосферний вуглекислий газ для утворення різних органічних речовин, треті навчилися фіксувати атмосферний азот.

Унаслідок зменшення запасу абіогенних органічних речовин виникла жорстока конкуренція, яка прискорила процес еволюції первинних гетеротрофів. Виключною подією стало виникнення фотосинтезу. Він звільнив життя від

залежності від органічних сполук абіогенного походження. Перші фотосинтезуючі істоти одержували водень шляхом розщеплення органіки або сірководню, тобто фотосинтез був безкисневим.

Потім ціанобактерії засвоїли фоторозщеплення води. Побічним продуктом такого фотосинтезу стає кисень. Його накопичення в атмосфері привело до ускладнення життя первинних гетеротрофів. Деякі з них вимерли, інші знайшли середовище, де кисень відсутній, треті пішли шляхом, який привів до виникнення еукаріотичних клітин. Частина з них утворила симбіоз із аеробними істотами.

Частково первинні гетеротрофи поглинали аеробні клітини, не розщеплюючи, а зберігаючи їх як «енергетичні станції» – утворилися мітохондрії. Інша частина вступала в симбіоз з первинними фотосинтетиками, зберігаючи їх у вигляді хлоропластів. Такі симбіонти дали початок царству Рослини.

Природний добір — це виживання і розмноження найбільш пристосованих до умов середовища організмів певного виду. Штучний добір — це виведення людиною нових сортів організмів певного виду. Подібність між цими двома процесами полягає в тому, що основою того й іншого служить спадкова мінливість: вона доставляє спадкові зміни ознак - матеріал для добору. У результаті дії штучного і природного відбору виходять нові форми: при штучному відборі - породи і сорти, а при природному - види.

Однак між цими двома процесами є суттєва різниця. Воно полягає в наступному. При штучному відборі людина відбирає за поміченим ознаками і спрямовує дію відбору в бік, корисну для себе. При цьому відбираються ознаки можуть виявитися навіть шкідливими для самого організму. Наприклад, кращі породи свиней або молочної худоби абсолютно не могли б існувати в природі без турботи про них людини.

При природному відборі чинником добору є умови навколишнього середовища. Відбираються будь-які життєво важливі ознаки. У силу цього природний відбір діє

тільки на користь організму і виду в цілому, до якого він належить.
У результаті штучного відбору створюються породи домашніх тварин і сорти культурних рослин, пристосовані людиною до його потреб і намічених цілей. А в результаті природного відбору створюються види, пристосовані до життя в певних умовах навколишнього середовища.
Штучний відбір проводиться з того часу, як людина стала займатися землеробством і приручennям тварин. Природний відбір відбувається протягом всієї історії органічного світу: він більш ранній і тривалий.
Дарвін вказав, що під впливом діяльності людини природний відбір з плином часу переходив у штучний методичний через несвідомий відбір. Але і при методичному відборі проявляється дія природного відбору: людина воліє здорових і сильних особин, слабкі, ж гинуть частіше самі. Природний і штучний відбір органічно пов'язані.

Пристосованість — відносна доцільність будови і функцій організму, що є результатом природного добору, який усуває непристосованих особин. Ознаки виникають внаслідок мутацій. Якщо вони підвищують життєздатність організму, його плодючість, сприяють розширенню ареалу, то такі ознаки «підхоплюються» добором, закріплюються у потомстві і стають пристосуваннями.

Форма тіла тварин дає їм можливість легко пересуватися у відповідному середовищі, робить організми малопомітними серед предметів. Наприклад, обтічна форма тіла у риб, наявність довгих кінцівок у стрибунця.

У рослин форма квітки, положення на пагоні сприяє запиленню.

Маскування — набуття схожості організму з будь-яким предметом навколишнього середовища, наприклад, схожість крил метелика із сухим листям або корою дерев. Форма тіла гусені метеликів-п’ядунів робить їх непомітними серед сухих гілок рослин. Рибу-голку не видно серед водоростей.

Захисне забарвлення приховує організм у середовищі існування, робить його непомітним. Наприклад, біле забарвлення у зайця, зелене — у стрибунця. Забарвлення, що розчленовує, — чергування світлих і темних смуг на тілі створює ілюзію світлотіні, розмиває контури тварини (зебри, тигри).

Застережливе забарвлення вказує на наявність в даної особини отруйних речовин, спеціальних органів захисту, на небезпеку для хижака (оси, змії, сонечка).

Мімікрія — здатність до наслідування менш захищеним організмом одного виду більш захищеного організму іншого виду (або предмета середовища), що оберігає його від винищення (осовидні мухи, неотруйні змії).

Пристосувальна поведінка у тварин — це загрозлива поза, що попереджає й відлякує ворога, завмирання, турбота про потомство, запасання харчів, будова гнізда, нори. Поведінка тварин спрямована на захист і збереження від ворогів і шкідливих впливів факторів середовища.

У рослин також виробилися пристосування: колючки оберігають від поїдання; яскраве забарвлення квіток приваблює комах-запилювачів; різний час дозрівання пилку і насінних зачатків перешкоджає самозапиленню; різноманітність плодів сприяє поширенню насіння.

Усі пристосування мають відносний характер, тому що діють у визначених умовах, до яких адаптований організм. При зміні середовища пристосування можуть не захистити організм від загибелі, а отже, ознаки перестають бути пристосувальними. Вузька спеціалізація може стати причиною загибелі в умовах, що змінилися.

Причина виникнення пристосувань полягає в тому, що організми, які не відповідають даним умовам, гинуть і не залишають потомства. Організми, що

вижили у боротьбі за існування, в даних умовах мають можливість передати свій генотип і закріпити його у поколіннях.

Лекція 24. Мікроеволюція. Макроеволюція. Вид та його критерії.

Мікроеволюція - це сукупність еволюційних процесів, які відбуваються в популяціях одного виду

Макроеволюційні зміни - наслідок процесів, що відбуваються на мікро-еволюційному рівні. Нагромаджуючись, ці зміни спричинюють макроеволюційні явища.

Процеси всередині виду, які спричинюють формування внутрішньовидових угруповань - популяцій, підвидів і далі - до становлення нових видів, називають мікроеволюцією. Створюючи теорію природного добору, Ч. Дарвін пов'язував дію добору лише з особинами. Проте дослідження, проведені вже в XX ст., довели, що повністю зрозуміти дію добору можна тільки, беручи до уваги процеси, які відбуваються в групах організмів.

Сукупність генотипів усіх особин, що входять у популяцію, становить ЇЇ генофонд. У популяції одночасно знаходяться особини як з домінантними, так і з рецесивними ознаками. Виникає запитання: чому рецесивний алель не витісняється домінантним? Цю закономірність суто математично пояснили у 1908 р. незалежно один від одного два дослідники, за прізвищами яких і було названо законом Харді - Вайнберга.

Візьмемо якусь популяцію з однаковим співвідношенням генотипів АА і аа. Частоту гена А в ній позначимо через p, а гена а - через q. Тоді частоти цих генів у гаметах самок і самців становитимуть по 0,5. На підставі схрещування гетерозигот Аа і Аа складемо решітку Пеннета:

Гамети ♂ / ♀	0,5 p (A)	0,5 q (a)
0,5 p (A)	0,25 p^2 (AA)	0,25 pq (Aa)
0,5 q (a)	0,25 pq (Aa)	0,25 q^2 (aa)

відсутністю мутацій, відсутністю добору за ознаками, що кодуються певним геном, відсутністю міграцій із сусідніх популяцій цього виду. В природних популяціях таких умов немає і генофонд популяції змінюється.

Відносно стабільні гени з часом можуть змінюватися шляхом мутацій. У кожному окремому гені мутації виникають рідко, але в генотипі будь-якого організму генів дуже багато. Звідси випливає, що в кожному поколінні відбуваються мутації

значної кількості генів. У рослинних і тваринних організмів може бути від 5 до 30% гамет, у яких хоча б один ген мутований, тобто змінений.
Більшість мутацій рецесивні, і в популяції вони спочатку нагромаджуються в гетерозиготному стані. Тому фенотипово популяція однорідна, хоча й насичена різноманітними рецесивними мутаціями. У разі досягнення досить великої концентрації гетерозигот з'являються рецесивні гомо-зиготи, які потрапляють під контроль природного добору. Якщо нові ознаки виявляються сприятливими, вони підхоплюються добором і число таких організмів у популяції швидко зростає. Насиченість популяцій рецесивними алелями встановив генетик С. С. Четвериков, а І.І. Шмальгаузен назвав Ті резервом спадкової мінливості.

Дрейф генів та його генетичні наслідки. Однією з причин певної генетичної структури популяції є дрейф генів - випадкова і неспрямована зміна частот зустрічальності алелів у популяції. Найкраще це явище виявляється в нечисленних популяціях завдяки обмеженню свободи вибору партнера при розмноженні. І навпаки, чим вища чисельність популяції, тим менш значна роль дрейфу генів у зміні частот зустрічальності алелів.
Так, очевидно, в результаті дрейфу генів у північноамериканських індіанців концентрація алеля гена групи крові В (^в) Дуже низька, переважає група крові 0. Припускають, що в тій популяції стародавнього племені, яке мігрувало з Азії і дало початок аборигенам Північної Америки, цього алеля гена випадково не виявилось або його носіїв було мало і алель JB у результаті дрейфу генів був втрачений.

Одним з наслідків дрейфу генів є збільшення частоти зустрічальності гомозигот у нечисленних популяціях. Це зумовлено підвищенням ймовірності спорідненого схрещування, в Результаті якого зростає частка гомозигот. Крім того, в таких популяціях випадково можуть втрачатися окремі алелі.

Однією з причин дрейфу генів є так звані популяційні Хвилі - періодичні коливання чисельності особин популяцій. Найчіткіше воно виражене в організмів із швидкою зміною поколінь (комах, кліщів, однорічних рослин). При цьому зменшення густоти популяції спричинюється загибеллю частини особин внаслідок випадкових причин, незалежно від ступеня їхньої пристосованості до умов довкілля, що значно змінює співвідношення частот зустрічальності різних алелів.

Отже, в результаті дрейфу генів у популяціях, особливо нечисленних, може зростати частота зустрічальності гомозигот; тривалий час зберігатись мутантний алель, який знижує пристосованість особин; завдяки популяційним хвилям може швидко збільшуватися частота зустрічальності одних алелів, тоді як інші взагалі можуть бути втрачені. Таким чином, популяції, які спочатку мали подібну генетичну структуру, з часом все більше розрізнятимуться за нею незалежно від умов існування.

Межі між різними способами видоутворення умовні: на різних етапах мікроеволюції один спосіб змінює інший або вони діють сумісно. Первинна географічна ізоляція може згодом приєднатися до дії екологічної, що приведе до вдосконалення пристосувань, тому процес видоутворення має пристосувальний характер. Коли утворений вид стає генетичне замкненою системою, мікроеволюція закінчується. Проте всередині виду продовжують нагромаджуватися мутації, які, в свою чергу, можуть стати джерелом нового напряму еволюції. Кожний вид існує реально, але є історично сформованою тимчасовою ланкою в ланцюзі процесу еволюції.

На зміни у популяціях впливають:

- а) хвилі життя - це коливання чисельності особин у популяції;
- б) ізоляція - неможливість схрещування між особинами одного виду;

Ізоляція є:

- а) географічна (річка, гори, ліс);
- б) екологічна - коли в середині популяції виникають раси (форм з різними вимогами до умов довкілля в межах ареалу);
- в) дрейф генів - перерозподіл генів і зміна їх частоти зустрічності внаслідок випадкових схрещувань.

  При малій чисельності особин у популяції зростає можливість при схрещуванні переходу рецесивних генів у гомозиготний стан, що веде до загибелі особин з рецесивними генами і до зміни генофонду популяції.

  Макроеволюція - еволюційний процес, що приводить до виникнення надвидових груп. На відміну від мікроеволюції, яка відбувається в історично короткий час і доступна для безпосереднього вивчення, макроеволюція триває впродовж довгих грандіозних проміжків часу і недоступна для безпосереднього спостереження. У сучасній еволюційній біології макроеволюція розглядається як результат поступового накопичення та поєднання мікроеволюційних змін. Основними формамимакроеволюційних змін є дивергенція, конвергенція та паралелізм.

  Дивергенція (від. лат. diverto - відхиляюсь) - розвиток ознак відмінності в особин одного виду внаслідок пристосування до різних умов середовища. Відмінність ознак, що виникає в результаті цього явища, називається гомологією. Гомологічні органи — це органи, які подібні за будовою та походженням, але виконують різні функції (наприклад, кінцівки кита, кішки і людини, кореневище пирію і бульби картоплі. Прикладом дивергентної еволюції є поява рядів ссавців від спільного предка. Конвергенція (від. лат. convergo - зближуюсь) - незалежний розвиток подібних ознак у філогенетично віддалених організмів унаслідок пристосування їх до подібних умов середовища. Подібність ознак, що виникає в результаті цього явища, називається аналогією.

Аналогічні органи — це органи, що виконують подібні функції, але не мають спільного плану будови і походження. Прикладом конвергентної еволюції є поява крил у різних тварин. Паралелізм (від. грец. parallelos - той, що рухається поряд) - незалежний розвиток подібних ознак у споріднених систематичних груп організмів. Подібність ознак, що виникає в результаті цього явища, називається гомойологією (наприклад, подібність форми тіла у ластоногих, виникнення шаблезубості в різних групах викопних кішок, паралельна еволюція сумчастих і плацентарних ссавців).

Вивчаючи закономірності історичного розвитку тварин, О. М. Сєверцов у 20-х роках XX ст. розробив поняття «біологічний прогрес» і «біологічний регрес».

Біологічний прогрес - напрям еволюції, за якого народжуваність у популяції переважає над смертністю. Ознаками біологічного прогресу є зростання чисельності особин, розширення площі існування, підвищення темпів внутрішньовидової мінливості, утворення і велика кількість підлеглих систематичних груп, високий потенціал виживання. На сьогодні в стані біологічного прогресу перебувають покритонасінні, головоногі молюски, комахи, птахи, ссавці.

Біологічний регрес - напрям еволюції, за якого смертність у популяції переважає над народжуваністю. Ознаками біологічного регресу є зменшення чисельності особин, звуження площі існування, зниження темпів внутрішньовидової мінливості, зменшення різноманітності групи, низький потенціал виживання. На сьогодні в стані біологічного регресу перебувають види, що їх занесено до Червоної книги.

Поняття про біологічний прогрес і біологічний регрес є лише узагальнювальними термінами, що показують ступінь видової різноманітності певної групи у відповідний геологічний період розвитку нашої планети.

Отже, основними напрямами макроеволюційних змін є біологічний прогрес та біологічний регрес.

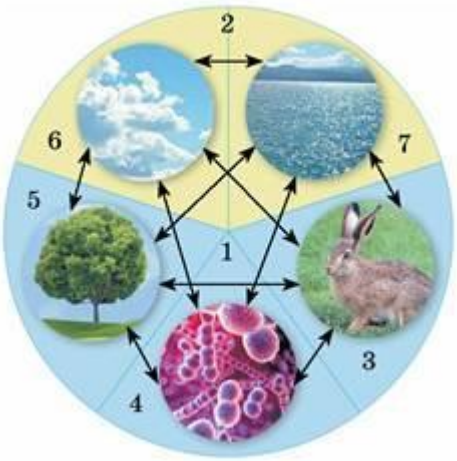
Лекція 25. Біогеоценоз і його структура. Зміни в біоценозах. Агроценози. Перетворення енергії. Кругообіг речовин у біосфері.

Біоценоз — історично сформована сукупність усіх видів організмів, які населяють ділянку місцевості з однорідними умовами існування й взаємодіють між собою. Термін «біоценоз» запропонував 1877 р. німецький учений Карл Август Мьобіус (1825-1908) - один із фундаторів екології.

Популяції різних видів, які входять до складу певної екосистеми, тісно пов’язані не лише між собою, а й з умовами фізичного середовища мешкання. Вони отримують з довкілля певні речовини, потрібні для забезпечення їхньої життєдіяльності, та виділяють туди продукти обміну речовин.

Екосистема — це сукупність організмів різних видів, які взаємодіють між собою і з фізичним середовищем мешкання таким чином, що всередині такої біологічної системи виникають потоки енергії та колообіг речовин, які зв’язують усі її складові в єдину цілісну систему. Пригадаємо: колообіг речовин - це обмін речовинами між абіотичною (неживою) та біотичною (живою) частинами екосистем (завдання: знайдіть їх на мал. 1.).

Термін «екосистема» 1935 р. запровадив англійський учений, один з перших екологів Артур Тенслі (1871-1955). 1942 р. відомий фахівець у галузі вивчення рослинних угруповань Володимир Миколайович Сукачов (1880-1967, народився в с. Олександрівка на Харківщині) запропонував термін «біогеоценоз». Згідно з його поглядами, біогеоценоз - це екосистема, що займає певну однорідну ділянку місцевості. Так В. Сукачов започаткував новий напрям екологічних досліджень - біогеоценологію, що вивчає структуру та функціонування біогеоценозів.



Мал. 1. Структура екосистеми: 1 - біоценоз; 2 - екотоп; 3 - тварини; 4 - мікроорганізми; 5 - рослинність; 6 - атмосфера; 7 - ґрунт, вода (завдання: проаналізуйте наведену схему і поясніть, які зв'язки пов'язують між собою її складники)

Мал. 2. Структура біогеоценозу / екосистеми

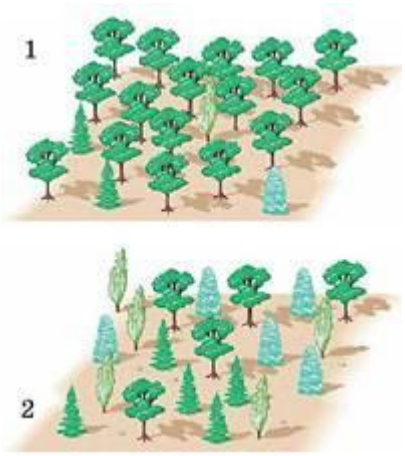
Основою екосистем є фотосинтезуючі організми (здебільшого зелені рослини), які формують певне рослинне угруповання - фітоценоз. Ділянку середовища, яку займає біогеоценоз, називають біотопом (від грец. біос - життя та топос - місце). Для позначення ділянки, яку займає екосистема, використовують термін екотоп (мал.2).

Поняття «екосистема» та «біогеоценоз» досить близькі, але не тотожні. Біогеоценоз, на відміну від екосистеми, є більш конкретним територіальним

поняттям, оскільки займає обмежену ділянку з однорідними умовами існування, на якій формується фітоценоз. Термін «екосистема» стосується будь-якої сукупності пов’язаних між собою організмів різних видів, які не обов’язково займають ділянку з однорідними умовами існування.

Структура біогеоценозу. До абіотичної частини біогеоценозів належать: неорганічні сполуки (вуглекислий газ, кисень, азот, вода, сірководень тощо), які включаються у біогенну (тобто за участю живих істот) міграцію речовини; органічні сполуки (рештки організмів чи продукти їхньої життєдіяльності), що зв’язують між собою абіотичну та біотичну частини біогеоценозу; кліматичний режим (середньорічна температура, вологість тощо), який визначає умови існування організмів.

Біотичну частину біогеоценозу складають різні екологічні групи організмів, популяції яких пов’язані між собою різними зв’язками. Це насамперед продуценти (від лат. продуцентіс - той, що виробляє, створює) - автотрофні прокаріоти, водорості, вищі рослини; консументи (від лат. консумо - споживаю) - фітофаги, хижаки, паразити, сапротрофи, симбіотрофи); редуценти (від лат. редуцентіс - той, що повертає, відновлює) - бактерії, гриби, деякі тварини. Редуценти зв’язують між собою абіотичну та біотичну частини біогеоценозів, забезпечуючи стабільність колообігу речовин у них.



Мал. 3.

Кожен біогеоценоз характеризується певною видовою, просторовою, екологічною структурою. Видова структура визначається як видовим різноманіттям, так і співвідношенням чисельності та густоти популяцій окремих видів. Видове різноманіття (видове багатство) враховує не тільки число видів, які входять до складу даного біогеоценозу, але й кількісний розподіл особин між різними видами. Наприклад, у біогеоценозах з незначним видовим різноманіттям часто спостерігають чітке переважання (домінування) окремих видів над іншими, тоді як у біогеоценозах із значним видовим різноманіттям такого зазвичай немає (мал. 3). Видова насиченість біогеоценозу - кількість видів, що припадає на одиницю площі або об’єму.

Штучні екосистеми часто розглядають як окремий тип екосистем (агроценози). Вони створюються людиною й використовуються нею для господарських цілей. До агроценозів належать поля сільськогосподарських культур, городи, теплиці, сади, морські ферми, виноградники, парки тощо.

Агроценози містять такі самі екологічні групи організмів, як і природні екосистеми, — продуценти, консументи і редуценти. Але в них один вид суттєво переважає за кількістю особин. Агроценози й створюються задля одержання

людиною продукції від цього виду. Консументи у складі агроценозів представлені людиною і шкідниками та збудниками захворювань виду, який є об'єктом вирощування. Фактично, шкідники і збудники захворювань — це конкуренти людини зі споживання ресурсів певного агроценозу.

Особливості функціонування агроценозів

Існувати без підтримки людини такі екосистеми не можуть. У них переважають організми одного виду, і вони не здатні до саморегуляції або така здатність є слабкою. Регуляцію цих систем здійснює людина.

Основний спосіб регуляції — ліквідація конкуруючих видів та створення сприятливих умов для вирощування корисних видів. Це досягається або агротехнічними прийомами (обробка ґрунту для збереження вологи, снігозатримання, прополювання тощо), або використанням хімічних препаратів (гербіцидів, фунгіцидів, акарицидів, родентоцидів тощо).

Регуляція процесів в агроценозах ускладнюється тим фактом, що наявність великої кількості особин одного виду, ще й розташованих із великою щільністю, створює сприятливі умови для поширення шкідників і захворювань. Для представників цих видів агроценози є величезним харчовим ресурсом, наявність якого дає гарні можливості для їх швидкого розмноження.

І ще один фактор впливає на цей процес. Генетичне різноманіття культурних організмів є меншим, ніж у диких видів. Причина цього — жорсткий відбір для використання людиною лише певних генетичних варіантів. Тому будь-якому патогену набагато легше пристосуватися до систем захисту організмів культурних видів.

Підвищення продуктивності агроценозів

Людина постійно вилучає з агроценозу речовини (коли споживає вирощену в них продукцію). Тому ці речовини доводиться постійно поновлювати (наприклад, вносити добрива). Без внесення добрив продуктивність агроценозу протягом кількох років суттєво знижується.

Для агроценозів можуть використовуватися як природні, так і синтетичні добрива. Кожен із цих типів добрив має свої переваги та недоліки.

Крім внесення добрив, існують й інші способи підвищення продуктивності агроценозів. У першу чергу, це селекційна робота, яка дозволяє отримувати сорти рослин і породи тварин зі значно більшою продуктивністю. Крім того, велике значення має технологія сівозмін. Чергуючи на одній території різні агроценози, можна підтримувати загальну продуктивність такої системи протягом тривалого часу і з високою ефективністю.

Обмін речовин і енергії складає єдине ціле і підпорядковується універсальному закону збереженням матерії і енергії.

Метаболізм забезпечує сталість постійно втрачаючи організмом речовин (вода, мінеральні сполуки), забезпечує організм енергією, необхідною для руху, секреції, виявлення ряду речовин і інших проявів життя.
Обмін речовин складається із процесів асиміляції і дисиміляції.

Асиміляція (анаболізм) – процес засвоєння організмом речовин, при якому затрачується енергія.
Дисиміляція (катаболізм) – це процес розпаду складних органічних сполук, який проходить з виділенням енергії.
Єдиним постачальником енергії для організму людини і тварин є окислення органічних речовин, які поступають з їжею. При розщепленні харчових продуктів до кінцевих елементів – вуглекислого газу і води, - виділяється енергія, частина

якої переходить в механічну роботу, яку виконують м'язи, друга частина використовується для синтезу більш складних сполук або накопичується в спеціальних мікро енергетичних сполуках.
Макроенергетичними сполуками називають речовини, розщеплення яких супроводжується виділенням великої кількості енергії. В організмі людини і тварин роль макроенергетичних сполук виконують аденозинтрифосфатна кислота (АТФ) і креатин фосфат (КФ).

Білками (протеїнами) – називають високомолекулярні сполуки, які складаються із амінокислот. Білки виконують важливі функції в організмі.

Структурна або пластична, функція пов’язана з тим, що білки є головною складовою частиною всіх клітин і міжклітинних структур. Білки також входять в склад основної частини хрящів, кісток і шкіри. Біосинтез білків визначає ріст і розвиток організму.

Каталітична або ферментативна, функція білків, полягає в способі прискорення біохімічних реакцій в організмі. Від активності білків – ферментів залежить здійснення всіх видів обміну речовин в організмі.
Захисна функція білків проявляється в утворенні антитіл при потраплянні в організм чужорідного білка (бактерій).
Крім того білки зв’язують токсичні речовини і отрути, які попадають в організм і забезпечують згортання крові і зупинку кровотечі при ранах.

Транспортна функція – полягає в перенесенні багатьох речовин. Забезпечення клітин киснем і виділення вуглекислого газу із організму здійснюється складним білком – гемоглобіном, ліпопротеїди забезпечують транспорт жирів.
Важливою функцією білків є передача спадкової інформації, в якій важливу участь відіграють нуклеотиди. В склад нуклеотидів входять нуклеїнові кислоти.

Розрізняють два основні види нуклеїнових кислот:

- рибонуклеїнові кислоти (РНК),
- дезоксорибонуклеїнові кислоти (ДНК).

Важливою біологічною функцією нуклеїнових кислот є їх участь в біосинтезі білків.

Регуляторна функція білків направлена на підтримку біологічних констант в організмі, які забезпечуються регулярними впливами різних гормонів білкової природи.

Енергетична роль білків полягає в забезпеченні енергією всіх життєвих процесів в організмі тварин і людей. при окисленні 1 г білка в середньому виділяється енергія рівна 16,7 кДж (4,0 ККал).

В організмі постійно проходить синтез і розпад білків. Білки не можуть бути замінені іншими харчовими речовинами. Так як і синтез в організмі можливий лише із амінокислот. Також білок може заміняти собою жири і вуглеводи.

До жирів відносять неоднорідні в хімічному відношенні речовини, які ділять на прості ліпіди (нейтральні жири, віски), складні ліпіди (фосфоліпіди, гліколіпіди, сульфоліпіди) і стероїди (холестерин та ін.). Основна маса ліпідів в організмі людини представлена нейтральними жирами. Нейтральні жири їжі людини є важливим продуктом енергії. При окисленні 1г жиру виділяється 37,7 кДж (9,0 ККал) енергії.

Добова потреба дорослої людини в нейтральному жирі становить 70-80г, для дітей 3-10 років – 26-30г.

Нейтральні жири в енергетичному відношенні можуть бути замінені вуглеводами. Проте є ненасичені жирні кислоти – лінолева, ліноленова і арахідонова, які повинні обов’язково міститися в харчовому раціоні людини, їх називають незамінними жирними кислотами.

Нейтральні жири, що входять в склад їжі і тканин людини, представлені головним образом тринліцеринами, які містять жирні кислоти – реальмітинову, стеаринову, оліанову, лінолеву, ленолеінову.

В жировій тканин нейтральний жир депонує в виді тригліцеридів. По мірі необхідності проходить мобілізація жиру, тобто розпад тригліцеридів з виділенням вільних жирних кислот.

Надмірне вживання вуглеводів з їжею призводить до відкладання жиру в організмі. В нормі у людини 25-30% вуглеводів їжі перетворюється в жир.

Біологічна роль вуглеводів для організму людини визначається перш за все їх енергетичною функцією. Енергетична цінність 1г вуглеводів містить 16,7 кДж (4,0 ккал). Добова норма дорослої людини в вуглеводах становить близько 0,5 кг. Основна частина їх (близько 70%) окислюється в тканинах до води і вуглекислого газу. Близько 25-28% харчової глюкози перетворюється в жир і лише 2-5% її синтезується в глікоген – запасний вуглевод організму.
Складні вуглеводи, які поступили з їжею, не можуть проникнути через слизову оболонку кишечника в кров і лімфу. Єдиною формою вуглеводів, яка може всмоктуватися, являються моносахариди. Вони всмоктуються головним чином в тонкому кишечнику, потоком крові переносяться в печінку і до тканин. В печінці із глюкози синтезується глікоген. Цей процес називають глікогенезом. Глікоген може розпадатися до глюкози. Цей процес називають глікогенолізом. В печінці можливе новоутворення вуглеводів із продуктів їх розпаду, а також із продуктів розпаду жирів і білків, що називається гліконеогенез.

В вуглеводному обміні організму велике значення має м’язова тканина. М'язи, особливо під час їх підвищеної діяльності, забирають із крові значну кількість глюкози. В м'язах так як і в печінці синтезується глікоген. Розпад глікогену являється одним із продуктів енергії м’язового скорочення.

В стані повного фізичного і психічного спокою, організм витрачає енергію на:

- постійні хімічні процеси,
- механічну роботу, яку виконують окремі органи (серце, дихальні м'язи, кровоносні судини, кишечник),
- постійну діяльність железисто-секреторного апарату.

Основний обмін речовин залежить від віку, росту, маси тіла, статі. Найбільш інтенсивний основний обмін речовин по розрахунку на 1 кг маси тіла вирізняється у дітей. У новонароджених він становить 209-222 кДж (50-53 кал/кг) на добу, у дітей 1-го року – 176 кДж (1 кал) в 1 год. на 1 кг маси тіла.
По витраченню енергії в стані спокою тканини організму неоднорідні.

Більш активно витрачають енергію внутрішні органи, менш активно – м’язові тканини.

У жінок основний обмін речовин нижчий, ніж у чоловіків. Це пов’язано з тим, що у жінок менша маса і поверхня тіла.

До значних змін основного обміну призводять порушення функцій органів і систем органів. При підвищеній функції щитовидної залози, малярії, туберкульозі, які супроводжуються лихорадкою, основний обмін речовин посилюється.

Безперервність життя на землі забезпечується унікальною здатністю живих істот створювати і підтримувати внутрішнє середовище, здійснювати обмін речовин з навколишнім середовищем і передавати ці властивості за спадковістю своїм нащадкам.

Кругообіг речовин — основна властивість, характерна риса біосфери. Повторюваний процес взаємопов'язаного перетворення, переміщення речовин. Кругообіг речовин і енергії — багаторазова участь речовин і енергії в

процесах, які протікають в географічній оболонці планети. Процеси кругообігу речовин у біосфері прийнято розділяти на великий (геологічний) та малий (біологічний) кругообіг.

Рушійною силою великого (геологічного) кругообігу є тектонічні процеси і сонячна енергія. Його потужність - 2 о 1016 т на рік, а тривалість існування - понад 4 млрд. років. Малий (біологічний) кругообіг речовин пов'язаний з діяльністю живої речовини. Його сукупна потужність перевищує 5 о 10й т на рік. Обидва кругообіги протікають одночасно та пов'язані між собою. Вони утворюють єдиний біогеохімічний цикл - циклічне постійне перетворення речовин та зміну потоків енергії з просторовим масоперенесенням за рахунок сукупної дії біотичних та абіотичних трансформацій речовини. В межах єдиного біогеохімічного циклу біосфери найбільше значення мають кругообіги 6 елементів: водню, кисню, вуглецю, азоту, фосфору і сірки (рис. 1.1).

Кругообіг вуглецю - маса вуглецю в біосфері перевищує 12000 млрд. т. Кругообіг вуглецю відбувається фактично між живою речовиною та двоокисом вуглецю (С02). У процесі фотосинтезу, здійснюваного рослинами, двоокис вуглецю (вуглекислий газ) і вода за допомогою енергії сонячного світла перетворюються на складні органічні сполуки. Щорічно зелені рослини поглинають 200 млрд. т вуглецю. Більша його частина повертається в атмосферу завдяки процесам дихання. Відмерлі рослинні і тваринні організми розкладаються грибами та мікроорганізмами, що супроводжується виділенням С02, який теж повертається в атмосферу. Загальний запас вуглецю в атмосфері становить 711 млрд.т. Ще більше його містить так звана "карбонатна система" Світового океану - 390 трлн. т. Карбонатну систему океанів складають різноманітні живі організми - найпростіші, водорості, корали, молюски тощо, які нагромаджують вуглекислий кальцій у своїх тілах. Повний цикл обміну біосферного вуглецю здійснюється протягом 300 - 1000 років.

Кругообіг води: вода вкриває поверхні Землі. За одну хвилину під дією сонячного тепла з поверхні водойм Землі випаровується 1 млрд. т води. Внаслідок конденсації водяної пари утворюються хмари, випадають атмосферні опади. Опади проникають у ґрунт, ґрунтові води повертаються на поверхню землі через джерела. Загальний запас води в гідросфері становить 138 -1016 т. Маса водної пари в атмосфері - 130 о 10м т. Швидкість циркуляції води дуже велика: вода океанів поновлюється за 2 млн. років, ґрунтові води - за рік, річкові - за 12 діб, водна пара в атмосфері - за 10 діб. Щорічно для створення первинної продукції біосфери в процесах фотосинтезу використовується близько 1% води, що потрапляє у вигляді опадів. Людина для побутових і промислових потреб використовує вже близько 2,5% загальної кількості опадів за рік.

Кругообіг кисню: природними продуцентами вільного молекулярного кисню на Землі є зелені рослини, що утворюють його в процесі фотосинтезу. Атмосфера містить 1,2 - 2,0 о 1015 т кисню. Щорічно цей запас поповнюється на 70 - 100 млрд. т за рахунок фотосинтезу зелених рослин, при цьому 55 млрд. т кисню виробляють лісові масиви. Для абсолютної більшості живих організмів кисень є життєво необхідним. Він забезпечує здійснення окислювальних реакцій, під час яких вивільнюється необхідна для життєдіяльності організмів енергія. У природі відбувається постійний кругообіг цього газу в результаті збалансованих процесів використання атмосферного кисню для дихання, окислювальних процесів і виділення його у вільному вигляді при фотосинтезі. За розрахунками, повний кругообіг кисню у біосфері здійснюється за 2000 років.

Кругообіг азоту: атмосфера є найбільшим резервуаром газоподібного азоту (3,9 о 1019т, або 78 % за об'ємом). Для більшості організмів він є нейтральним газом. Лише для великої групи мікроорганізмів азот є фактором життєдіяльності. Засвоюючи молекулярний азот, такі мікроорганізми після відмирання забезпечують корені вищих рослин доступними формами цього елементу, який

включається в склад амінокислот, білків та пігментів. Кругообіг азоту здійснюється за допомогою двох взаємно збалансованих процесів - нітрифікації (послідовне окислення вільного азоту до нітратів, що поглинаються коренями рослин) і денітрифікації (відновлення азотовмісних сполук до вільної форми). Обидва процеси здійснюються бактеріями. Біологічна фіксація азоту становить приблизно 126 млн. т в рік. За рахунок абіогенної фіксації (наприклад, при розрядах блискавок чи виверженнях вулканів) у біосферу додатково поступає 26 млн. т азоту в нітратній формі.

Кругообіг фосфору - цей важливий і необхідний для живих організмів елемент циркулює, поступово переходячи з органічних сполук у фосфати, які знову можуть використовуватись рослинами. На відміну від азоту, резервуаром фосфору служить не атмосфера, а гірські породи та інші відклади, що утворились у минулі геологічні епохи. Ці породи поступово піддаються ерозії, вивільнюючи фосфати в екосистеми, але велика кількість фосфатів попадає в море, де частково відкладається у мілководних осадах, а частково губиться у глибоководних. Механізми повернення фосфору в кругообіг вірогідно недостатньо ефективні і не поповнюють втрат. Діяльність людини призводить до посиленої втрати фосфору за рахунок ерозії ґрунтів. З іншого боку, активне використання фосфору в добривах призводить до евтрофікації ("надудобрення") вод, що супроводжується бурхливим розмноженням водоростей ("цвітіння води"), які поглинають розчинений у воді кисень і виділяють токсичні продукти обміну. Сформовані природні екосистеми при цьому руйнуються.

Кругообіг сірки - охоплює повітря, води і ґрунти, де відбуваються процеси окислення і відновлення, завдяки яким відбувається обмін сірки між фондом доступного для рослин сульфату (SO_4) та фондом сульфідів заліза, що знаходяться глибоко в ґрунті і в осадах. Ці хімічні реакції виконують спеціалізовані мікроорганізми - сіркобактерії.

Кругообіги азоту й сірки все більше підпадають під вплив промислового забруднення повітря. Окиси азоту (N_2O і NO_2) і сірки (SO_2) на відміну від нітратів і сульфатів токсичні. Основне джерело SO_2 - спалювання вугілля, а NO_2 - вихлопні гази та інші промислові викиди. Двоокис сірки реагує з водною парою повітря, утворюючи капельки сірчаної кислоти, котрі випадають на землю з кислим дощем. Кислі дощі стали серйозною проблемою, оскільки спричиняють всихання дерев і закислення озер на величезних територіях Європи і Північної Америки.

Промислові викиди в атмосферу вуглекислого газу і паралельне збільшення споживання кисню, яке до того ж супроводжується зведенням лісових масивів, загрожує руйнуванням балансу O_2 - CO_2 в атмосфері, що може стати причиною глобальних кліматичних катаклізмів.

Необережне втручання людини в природний перебіг біогеохімічних циклів, які формувалися протягом десятків і сотень мільйонів років еволюції біосфери, може мати катастрофічні наслідки.

Варто зазначити про суттєву важливість трансформації енергії в біосфері: живі організми постійно споживають енергію. Первинне джерело енергії в біосфері - Сонце. Живий світ Землі складається з організмів трьох основних типів: автотрофів (продуцентів), гетеротрофів-консументів і гетеротрофів-редуцентів. Потік енергій в біосфері має один напрямок - від Сонця через рослини (автотрофи) до тварин (гетеротрофів), або від продуцентів до консументів і редуцентів.

Автотрофи - це організми, які створюють органічні речовини з неорганічних у процесі фотосинтезу (використовуючи сонячну енергію) або хемосинтезу (використовуючи енергію хімічних реакцій). Автотрофів називають також продуцентами (від лат. - той, хто виробляє). Більшість продуцентів утворюють

органічну речовину за рахунок утилізації сонячної енергії, води, вуглекислого газу та мінеральних солей. Це зелені вищі рослини, лишайники, водорості та фотосинтезуючі бактерії. На Землі є близько 350000 видів зелених рослин, а їх сукупна біомаса становить 98 - 99 % всієї маси живої речовини біосфери. У хімічних зв'язках складних органічних сполук, які утворюються продуцентами, зосереджена енергія, що вивільнюється при розкладанні їх у процесі травлення в тварин та інших гетеротрофів.

Гетеротрофи - це організми, що одержують енергію за рахунок харчування автотрофами чи іншими гетеротрофами. До них належать рослиноїдні тварини, хижаки й паразити, а також хижі рослини та гриби. Гетеротрофів поділяють на консументів та редуцентів. Консументи (або фаготрофи) споживають готову органічну продукцію, поїдаючи інші живі організми. Редуценти (або сапротрофи) споживають органічні речовини мертвих тіл рослин і тварин або відходів їх життєдіяльності, розкладаючи їх до простих хімічних сполук (води, вуглекислого газу та мінеральних солей). Таким чином замикається кругообіг речовин у біосфері.

Процеси кругообігу речовин і перетворення енергії є основою динамічної рівноваги і стійкості біосфери.

Лекція 26. Видоутворення. Біологічний прогрес і регрес.

Вид - це сукупність популяцій особин, що подібні між собою за будовою, процесами життєдіяльності, положенням в екосистемах (вид займає певну екологічну нішу), населяють певну частину біосфери (ареал), вільно схрещуються між собою (якщо їм притаманне перехресне запліднення) і дають плодючих нащадків.

Процес дивергенції не тільки пояснює появу нових видів у процесі еволюції, а й поступове збільшення їхньої кількості, адже один предковий вид може дати початок певній кількості дочірніх.

Основні положення біологічної концепції виду, на якій базується синтетична теорія еволюції, такі:

- особини одного виду становлять певну генетичну єдність, оскільки мають подібний набір генів (геном), проте вони можуть відрізнятися за набором алельних генів (генотипом);
- сукупність подібних між собою популяцій, які відрізняються від інших популяцій того самого виду одним або небагатьма варіантами ознак, становить підвид; наявність підвидів - свідоцтво екологічної пластичності видів;
- у природі певні види не схрещуються з іншими; якщо ж гібридизація і відбувається, то отримані нащадки зазвичай не здатні до розмноження;
- популяція є елементарною одиницею еволюції, бо в ній відбуваються усі мікроеволюційні процеси (спадкова мінливість, популяційні хвилі, дрейф генів, природний добір та боротьба за існування). Окремі особини, які

складають популяцію, не мають власної еволюційної долі, бо всі еволюційні події здійснюються протягом зміни низки поколінь унаслідок схрещувань.

Приналежність особин до певного виду визначають за певними критеріями - характерними для особин цього виду ознаками та властивостями, серед яких подібні особливості будови та процесів життєдіяльності, вимоги до умов середовища життя, подібний геном тощо.

Механізми видоутворення. Одним з видів еволюційного процесу є видоутворення - процес виникнення нових видів та їх зміни в часі. Раніше ми згадували, що передумовою видоутворення є зміни в генофонді окремих популяцій або груп популяцій, що забезпечує їх репродуктивну ізоляцію.

Тривала внутрішньовидова ізоляція призводить до того, що окремі популяції можуть еволюціонувати незалежно від інших. Мутації, які виникають в одній популяції, не можуть проникати в іншу. Дрейф генів призводить до того, що в різних популяціях у різних напрямах змінюється генофонд. У свою чергу, природний добір перебудовує генофонд кожної ізольованої популяції у напрямі формування адаптацій до конкретних умов середовища мешкання. Тому за своїм генофондом ізольовані популяції стають дедалі менше схожими на інші популяції виду.

Видоутворення може відбуватися різними шляхами, найчастіше шляхом дивергенції, коли від вихідної батьківської форми виникають два або більше нових видів-нащадків. Поняття дивергенція ввів Ч. Дарвін. Під ним він розумів явище розходження ознак у нащадків спільного предка як наслідок пристосувань до різних умов довкілля (мал. 211).

Видоутворення шляхом дивергенції є наслідком ізоляції. Відповідно до її типів розрізняють географічне та екологічне видоутворення.

Географічне видоутворення відбувається внаслідок просторової ізоляції популяцій предкового виду. Його прикладів існує дуже багато. Це і класичні спостереження Ч. Дарвіна на Галапагоському архіпелазі за різноманіттям дрібних горобцеподібних пташок - в'юрків.

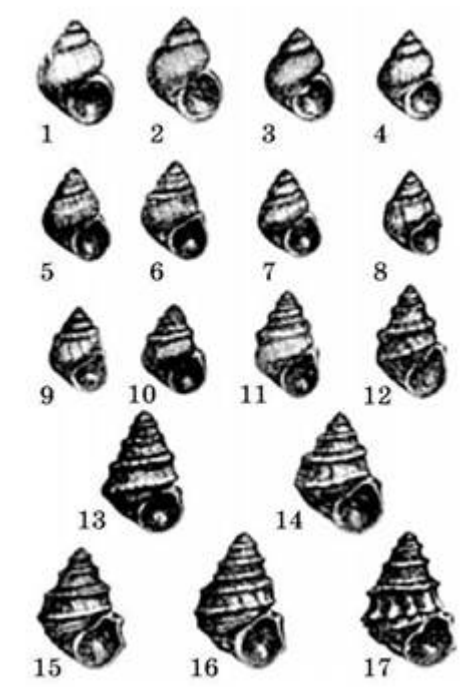
Він помітив, що на кожному з островів Галапагоського архіпелагу мешкає свій вид цих птахів. Ці види досить близькі між собою і з видом, який мешкає на материковій частині Південної Америки, біля берегів якої розташовані острови архіпелагу. Ч. Дарвін пояснив це явище тим, що материковий вид свого часу розселився на острови архіпелагу, де в умовах ізоляції, внаслідок пристосувань до певних умов того чи іншого острова, предковий вид дав початок характерним для кожного острова різним видам.

Екологічне видоутворення відбувається внаслідок появи різних форм екологічної ізоляції у межах батьківського ареалу:

- виникнення нових видів унаслідок кратного збільшення числа хромосомних наборів (поліплоїдизації);
- виникнення репродуктивної ізоляції особин унаслідок хромосомних перебудов;
- гібридизація з наступним подвоєнням числа хромосом;
- виникнення нових видів через розділення екологічних ніш.

Ще один тип видоутворення відбувається перетворенням існуючих видів: вид-предок при цьому трансформується у вид-нащадок протягом тривалого проміжку часу. Цей спосіб видоутворення спостерігають тоді, коли зміни умов існування охоплюють весь ареал. Так, у деяких видів з вузьким ареалом, який не змінювався протягом тривалого часу, відомо послідовний ряд видів, що змінюють один одного в різні геологічні епохи. Прикладом цього можуть слугувати деякі

види черевоногих молюсків озер Словенії, великих озер Африки та Північної Америки. Кожен із сучасних видів цих молюсків має довгий ряд своїх власних видів-попередників:



Хоча більшість видів утворилися шляхом дивергенції, проте в подальшому такі дочірні види могли опинитися в подібному за умовами проживання середовищі та незалежно один від одного пристосовуватися до нього. Отже, й адаптації до такого середовища в них можуть відбуватися незалежно один від одного – паралельно. Явище паралельної еволюції слід відрізняти від конвергенції. Паралелізм завжди починається з процесу дивергенції. У разі паралельної еволюції подібні ознаки формуються незалежно у близькоспоріднених груп організмів, тобто таких, які мають багато спільних груп генів. Тому в генофондах споріднених видів можуть закономірно з’являтися подібні мутації, на основі яких формуються подібні ознаки.

Процес еволюції безперервно відбувається у напрямі максимального пристосування живих організмів до умов навколишнього середовища (тобто

збільшується пристосованість нащадків порівняно з предками). Таке удосконалювання пристосованості організмів до навколишнього середовища О. М. Северцев назвав біологічним прогресом. Він забезпечує збільшення чисельності, ширше розповсюдження певного виду (або групи видів) у просторі та розпад його на підлеглі групи. Таким чином, критеріями біологічного прогресу є: збільшення чисельності; розширення ареалу; прогресивна диференціація — збільшення числа систематичних груп, які утворюють даний таксон.

Еволюційне значення виділених критеріїв полягає в тому, що виникнення нових пристосувань знижує елімінацію особин, у результаті середній рівень чисельності виду зростає. Стійке підвищення чисельності нащадків, порівняно з предками, збільшує щільність населення, що через загострення внутрішньовидової конкуренції призводить до розширення ареалу. Цьому ж сприяє і більша пристосованість. Унаслідок розширення ареалу вид під час розселення зазнає впливу нових факторів середовища, до яких необхідно пристосовуватись. Так відбувається диференціація виду, посилюється дивергенція і, врешті-решт, збільшується кількість дочірніх таксонів. Таким чином, біологічний прогрес — це найзагальніший шлях біологічної еволюції.

Біологічний регрес — явище, протилежне біологічному прогресу. Характеризується зворотними ознаками: зниженням чисельності особин, звуженням ареалу, поступовим або швидким зменшенням видової різноманітності групи. Може призводити до вимирання виду. Загальна причина біологічного регресу — відставання темпів еволюції групи від швидкості змін навколишнього середовища. Еволюційні фактори діють безперервно, унаслідок чого відбувається вдосконалення пристосувань до умов середовища. Проте коли умови змінюються раптово (дуже часто внаслідок непродуманої діяльності людини), види не встигають сформувати відповідні пристосування. Це призводить до скорочення їх чисельності, звуження ареалів, загрози вимирання. Біологічний регрес не слід

плутати з регресом морфофізіологічним — спрощенням у будові організмів того або іншого виду в результаті мутацій. Пристосування, що формуються на базі таких мутацій, можуть за відповідних умов вивести групу на шлях біологічного прогресу, якщо вона потрапить у відповідне середовище існування (наприклад, паразитичні організми).

Релікти — рослини і тварини, що входять до складу рослинного покриву або тваринного світу даної країни або області, як пережитки флори і фауни минулих геологічних епох, і які знаходяться в деякій невідповідності з сучасними умовами існування.

Релікти названі по їх зв'язках з рослинним або тваринним світом минулих епох, або з певними типами рослинності. Наприклад, лісовими реліктами в Арктиці є види, що просунулися далеко на північ під час теплішої післяльодовикової епохи, і що утрималися там в оточенні тундри (ліннея, чорниця, деякі грушанки).

Біологічний прогрес досягається різними шляхами. О. М. Северцев назвав їх головними напрямами еволюційного процесу. Зараз виділяють такі шляхи біологічного прогресу: арогенез, алогенез і катагенез.

Арогенез (морфофізіологічний прогрес) — шлях перетворень, що супроводжуються виникненням значних морфофізіологічних змін, завдяки яким формуються широкі адаптації (пристосування). Значні морфофізіологічні зміни називають ароморфозами. Ароморфози, за О. М. Северцевим, — це такі зміни будови та функцій органів, які мають загальне значення для організму в цілому і піднімають енергію його життєдіяльності на новий якісний рівень. Вони характеризуються підвищенням організації, розвитком універсальних пристосувань, розширенням середовища існування.

Ароморфози є окремими конкурентоздатними морфофізіологічними змінами, які визначають арогенез тієї чи іншої групи. Типовими ароморфозами у безхребетних є: статеве диференціювання, поява білатеральної організації, виникнення трахейної системи дихання, концентрація центральної нервової системи, перехід до легеневого дихання; у ссавців — розділення серця на праву й ліву половини з диференціацією двох кіл кровообігу, збільшення робочого об'єму легень. Наслідком цих ароморфозів є досконаліше окиснения сполук та достатнє постачання органів киснем, тобто інтенсифікація їх функцій. Диференціювання і спеціалізація органів травлення забезпечують повніше використання поживних речовин, що сприяє посиленню процесів метаболізму, підвищенню загальної активності, виникненню теплокровності, активізації рухових органів та вдосконаленню їх конструкції. Ароморфозом є утворення поперечносмугастої мускулатури, а розвиток ходильних кінцівок і крил у комах дав їм можливість опанувати сушу і частково повітря (порівняно із зябродишними членистоногими). Ароморфозами в розвитку рослин були: виникнення епідермісу, продихів, провідної і механічної систем, закономірна зміна поколінь у циклі розвитку, утворення квіток, плодів тощо. Ароморфози формуються на основі спадкової мінливості та природного добору і є пристосуваннями широкого значення. Вони забезпечують перевагу в боротьбі за існування і відкривають можливості освоєння нового, раніше непридатного середовища існування. Шляхом ароморфозів утворюються великі систематичні групи — типи та класи.

Алогенез — розвиток групи організмів (родини, ряду, класу, типу та ін.) усередині однієї адаптивної зони з виникненням багатьох близьких форм, які відрізняються пристосуваннями одного масштабу.

Цей шлях досягнення біологічного прогресу пов'язаний із проникненням організмів у певні вузькі (диференційовані) умови середовища в результаті розвитку окремих пристосувань. Такі окремі пристосування називають

аломорфозами, або ідіоадаптаціями. Ідіоадаптації — дрібні еволюційні зміни, які сприяють пристосуванню до певних умов середовища існування і не супроводжуються загальним підвищенням рівня організації. Завдяки формуванню різних ідіоадаптацій тварини близьких видів можуть жити в найрізноманітніших географічних зонах. Прикладами ідіоадаптацій є різні типи дзьобів у птахів або різні пристосування до запилення і розповсюдження насіння у рослин. У результаті ідіоадаптацій виникають дрібні систематичні групи.

Катагенез (морфофізіологічний регрес) — шлях еволюційних перетворень, що супроводжується втратою яких-небудь морфологічних або фізіологічних особливостей у зв'язку з паразитичним або прикріпленим способом життя. Цей шлях біологічного прогресу О. М. Северцев назвав загальною дегенерацією. Дегенерація звичайно супроводжується зникненням ряду органів. Наприклад, у деяких паразитичних червів немає кишечника, слабко розвинена нервова система. Проте їм властива дуже висока плодючість, що забезпечує збереження і процвітання видів. У деяких вусоногих рачків, що паразитують на інших тваринах, немає кишечника, кінцівок. Деякі паразитичні рослини втратили хлорофіл, кореневу систему.

Загальна дегенерація може бути підґрунтям біологічного прогресу (у паразитичних організмів). Катагенез доволі поширений шлях еволюції. Паразитичні форми є в 2500 родах рослин, в усіх класах найпростіших, у 13 із 14 класів червів, у 5 з 9 класів членистоногих. Як ароморфоз, так і загальна дегенерація дають змогу організмам розширити свої адаптаційні можливості за допомогою ідіоадаптацій.

Лекція 27. Біогеоценоз як середовище еволюції. Зв'язки живлення.

Різні рівні організації живої матерії співвідносяться між собою за принципом «матрьошки»: кожен вищий щабель містить у собі всі попередні. Так, молекули складають клітини, клітини - організм, організми - популяції, а останні - біогеоценози. Довкілля на певний рівень впливає опосередковано, через вищі. Тому від факторів навколишнього середовища найбільш залежні біогеоценози, а найменш - біомолекули. Це визначає різні ступені інтеграції живого на кожному рівні його організації. Інтеграція (від лат. інтегратіо - поповнення) - структурне об'єднання окремих частин, які входять до складу цілісної системи, та узгодженість їхніх дій (наприклад, клітини в багатоклітинному організмі).

Найвищий ступінь інтеграції спостерігають на молекулярному рівні, де величезна різноманітність молекул складає кілька стабільних типів сполук: білків, ліпідів, вуглеводів, нуклеїнових кислот. Навіть незначні зміни структури молекул, насамперед білків і нуклеїнових кислот, можуть докорінно змінити їхні властивості. Така інтеграція - необхідна умова нормального функціонування надзвичайно складних молекулярних систем живих істот.

На клітинному рівні ступінь інтеграції зменшується: кількість і форма певних органел у клітині може значно змінюватись, не порушуючи при цьому її функцій тощо. На організмовому рівні інтеграція ще нижча: значно варіюють маса, зріст, забарвлення та багато інших ознак організму. Ще менш інтегровані популяції, в яких постійно змінюється чисельність особин, співвідношення їхніх вікових груп, різних фаз розвитку тощо.

Інтеграція в біогеоценозах дуже слабка і полягає лише у підтриманні на певному рівні колообігу речовин та перетворень енергії в ланцюгах живлення. Окремі ланки цих ланцюгів можуть легко замінюватись іншими.

Важливою особливістю живих систем усіх рівнів організації є їхня здатність нормально функціонувати лише в стабільних умовах, тому на кожному рівні організації підтримується гомеостаз. Найнестабільніші умови довкілля і, відповідно, нестійкий гомеостаз притаманні надорганізмовим живим системам.

Чому біогеоценоз е середовищем для еволюційних процесів? Сучасні еволюційні погляди ґрунтуються на ідеях В.І. Вернадського про взаємозв'язок усіх рівнів живого в єдиній біосфері.

У кожному біогеоценозі всі популяції взаємопов'язані трофічними, просторовими та іншими зв'язками і постійно впливають одна на одну. Тому будь-які еволюційні зміни в популяціях спричинюють фактори, які діють через біогеоценоз як цілісну систему. Отже, біогеоценоз - це середовище еволюційних процесів. Залежно від типу біогеоценозу еволюція популяцій, що входять до його складу, може відбуватись у різних напрямах.

Що таке спряжена еволюція? У стабільних біогеоценозах завдяки великій кількості популяцій різних видів, тобто різних екологічних ніш, та розгалуженим трофічним сіткам будь-які еволюційні зміни порушують гомеостаз системи, тому елімінація насамперед відбувається серед мутантних особин. Такі біогеоценози можуть поступово змінюватись як одне ціле завдяки спряженій еволюції. Її прикладом можуть слугувати пристосування квіткових рослин до запилення комахами, а комах - до живлення пилком і нектаром квіток.

Звичайно ці взаємозв'язки ще складніші. Наприклад, комахи-запилювачі слугують їжею для інших тварин; існують комплекси рослиноїдних видів, які живляться квітковими рослинами, не запилюючи їх, тощо. Такі стабільні біогеоценози є живими компонентами різних ландшафтно-кліматичних зон.

Які види називають ценофілами, а які - ценофобами? Види, із популяцій яких складаються стабільні біогеоценози, називають ценофілами (від грец. койнос - спільний та філео - люблю). Вони здебільше вузько пристосовані до певних умов того чи іншого типу стабільних біогеоценозів, тобто екологічно та еволюційно непластичні.

Стабільний біогеоценоз у разі порушення відновлюється через послідовні зміни компонентів - сукцесії. Як вам відомо, перші етапи сукцесії збіднені видами. Їм властиві різкі коливання чисельності, жорстка конкуренція тощо. До наступних етапів сукцесії входить усе більше видів, поки відновиться колишнє видове різноманіття. Види, які беруть участь на ранніх етапах сукцесій, мають високу екологічну пластичність, мало спеціалізовані й не трапляються в зрілих біогеоценозах. Тому їх називають ценофобами (від грец. фобос - страх).

У яких екосистемах відбувається неспряжена еволюція? Звідки види-ценофоби потрапляють на ділянки зрушених біоценозів? Існують так звані інтразональні біогеоценози, умови довкілля в яких постійно змінюються, наприклад біогеоценози річкових долин. Річка, вимиваючи породу, постійно поглиблює своє русло: частина вимитих речовин відкладається на її берегах у вигляді піску та глини. У міру поглиблення русла ці наноси вкриваються рослинністю, утворюючи заплавні луки (тобто угруповання, що періодично затоплюються під час повені). Коли русло значно заглиблюється, частина лук уже не затоплюється, і заміщується сосновими лісами, які з часом витісняє листяний ліс. Зрозуміло, що в таких мінливих умовах біогеоценози перебувають у стані безперервної сукцесії і заселені переважно екологічно пластичними видами-ценофобами. У збіднених видами біогеоценозах зміни в кожній популяції мало залежать від змін у інших популяціях, тобто відбувається неспряжена еволюція.

На межах між стабільними біогеоценозами умови середовища різноманітніші, тому їхнє видове різноманіття багатше, ніж у кожному з сусідніх біогеоценозів. Тут, крім ценофілів з обох стабільних біогеоценозів, трапляються й ценофоби. Наприклад, біогеоценози лісостепу різноманітніші за угруповання степової та лісової зон, які вони розділяють.

Яку роль відіграють види у біосфері? Як ви помітили, видовий рівень організації живої матерії не вписується в систему «матрьошки», бо популяції одного і того самого виду входять до складу різних біогеоценозів. Міграції особин між різними популяціями одного виду, що трапляються в різних біогеоценозах, змінюють частоти зустрічальності алельних генів і їхніх поєднань й, відповідно, генофонди популяцій.

Це позначається на густоті популяцій і сприяє ввімкненню різних регуляторних механізмів для її збалансування, тобто спричиняє низку мікроеволюційних змін. Популяції одного виду наче «зшивають» окремі біогеоценози в єдину надсистему. Крім того, за рахунок міграцій відбувається горизонтальний потік біомаси між біогеоценозами.

Трофічні рівні та ланцюги живлення. Вам уже відомо, що функціонування екосистеми пов'язане з перетворенням енергії. Основним джерелом енергії більшості екосистем є сонячне світло, яке фототрофи перетворюють на енергію хімічних зв'язків органічної речовини. Частину накопиченої енергії вони витрачають на забезпечення власних потреб, решта переходить до гетеротрофів. Отже, організми з різним типом живлення перебувають на різних трофічних рівнях.

Трофічний рівень - сукупність організмів з однаковим типом живлення.

Ось як розподіляються організми по різних трофічних рівнях: перший - автотрофи (продуценти); другий - рослиноїдні організми (консументи I порядку), сапротрофи (редуценти); третій - хижаки (консументи II - IV порядку тощо) (рис. 180).

В екосистемах види, які займають різні трофічні рівні, пов'язані потоком енергії. Такий взаємозв'язок відображають ланцюги живлення.

Ланцюг живлення - види організмів, пов'язаних між собою харчовими відносинами, що створює певну послідовність у передаванні речовин та енергії.

Типи ланцюгів живлення. Виокремлюють ланцюги виїдання (пасовищний) та розкладання (детритний). Ланцюг живлення, що починається з автотрофних фотосинтезуючих або хемотрофних організмів, називається пасовищним, або ланцюгом виїдання. Приклад ланцюга виїдання - взаємини між організмами на заплавній луці. Починається такий ланцюг з квіткової рослини. Наступна ланка - метелик, що живиться нектаром квітки. Метелика поїдає мешканець вологих місць існування - жаба. Її захисне забарвлення дає їй змогу підстерегти жертву, але не рятує від іншого хижака - вужа. Чапля, упіймавши вужа, замикає цей ланцюг живлення.

Ланцюг живлення, що починається з відмерлих залишок рослин, решток й екскрементів тварин, називається детритним, або ланцюгом розкладання. Він починається з розкладання мертвої органічної речовини й продовжується сапротрофами (членистоногі, черви, гриби та мікроорганізми), які її безпосередньо споживають. Їх, у свою чергу, поїдають консументи (наприклад, комахи).

У будь-якій екосистемі різні ланцюги живлення не існують окремо один від одного, а тісно пов'язані між собою завдяки тому, що представники того самого виду можуть бути ланками різних ланцюгів живлення. Переплітаючись, вони

формують трофічну сітку. Її існування забезпечує стійкість екосистеми: у разі зміни чисельності популяцій певних видів кормові об'єкти легко замінюються.

Правило екологічної піраміди. Для всіх екосистем характерні певні закономірності передавання енергії та біомаси між трофічними рівнями. Правило екологічної піраміди відбиває таку закономірність: на кожному наступному трофічному рівні кількість біомаси та енергії, що їх запасають організми за одиницю часу, є значно меншою, ніж на попередньому. Наочно це правило можна зобразити як піраміду, складену з окремих блоків. Кожен із цих блоків відповідає продуктивності організмів на відповідному трофічному рівні ланцюга живлення

Лекція 28. Історичний розвиток та різноманітність органічного світу. Гіпотези виникнення життя на Землі.

Сукупність видів організмів на Землі існувала й існує в тісній взаємодії між собою і навколишнім середовищем. Увесь сучасний органічний світ нараховує понад 2 млн видів істот, які упорядковуються для вивчення в систему організмів. Система органічного світу – сукупність видів організмів на Землі, упорядкована шляхом включення їх у таксони надвидового рангу. У системі органічного світу живі істоти класифікуються з урахуванням їхньої спорідненості не тільки за комплексом морфологічних, фізіологічних, біохімічних та молекулярно-генетичних ознак, а головне – з урахуванням філогенетичної спорідненості організмів. Тобто ця система має бути філогенетичною. Створення системи органічного світу є головним завданням систематики.

Систематика – наука про різноманітність організмів, завданням якої є опис і впорядковування різноманітних існуючих і вимерлих видів, їх розподіл, класифікація на певні таксономічні катеогрії та опрацювання природної системи органічного світу. Основне значення систематики полягає в створенні можливості орієнтування у величезній різноманітності живих організмів. Основними методами систематики є порівняльно-анатомічний, хромосомний, біохімічний, генетичний та ін. У систематиці виділяють три розділи: систематика прокаріотів, рослин, тварин.

Біологічна класифікація – це галузь систематики, що вивчає процес установлення і характеристики систематичних груп організмів, визначає розподіл їх за рядом певних ознак. Найдавніша система біологічної класифікації була розроблена давньогрецьким філософом Арістотелем, який класифікував тварин, базуючись на способі їхнього пересування (по землі, по воді чи в повітрі). Сучасна класифікація побудована на засадах, запропонованих К. Ліннеєм, який перший згрупував види

живих істот на основі спільних анатомічних характеристик. Пізніше ця класифікація зазнавала численних поправок з метою відображення еволюційних зв'язків між організмами. В останній час набула значного поширення так звана молекулярна систематика, побудована на аналізі генетичного матеріалу ДНК або РНК. Ця система класифікації виявила численні еволюційні зв'язки між організмами, які до того не були відомі. Таким чином, завдяки впровадженню молекулярної систематики, існуюча класифікація живих істот вже багато в чому зазнала змін.

Людина часто схильна звертатися до минулого, так-як в ньому заховані його таємниці. Звернення до історії завжди пов'язане з уявленням про невловимий хід часу, однак небагато хто мають ясну уяву про багаторіччя світу, в якому ми живемо. Скільки не існувало людство – питання про те, як і коли утворилась Земля, цікавило всіх. Питання, як і з чого зародилось життя, було одним з перших питань, з яким первісна людина звернулась до себе, ледве змогла і озирнутись в жорсткій боротьбі за існування.

Поняття часу

Є що-небудь більш загадкове, ніж час? З глибокої давнини людство намагається проникнути в його сутність, виразити словами, числами, міфами. Саме в стародавніх міфах вперше з'являються поняття "день" і "рік", котрі являються більш конкретними, ніж поняття "час". Вони мають початок і кінець.

Згідно з Біблією, Земля виникла декілька тисяч років назад. В інших культурах, наприклад, по китайській міфології, вік Землі оцінюється в 130 тисяч років. Давньоіндійські філософи вважають Землю такою старою, що навіть більш старою, ніж визначають сучасні вчені. Перший імпульс до поняття категорії часу дали, очевидно, давньогрецькі вчені-атомісти.

Але лише в епоху Відродження (15-16ст.) наука починає звільнюватися від всезагального впливу міфології і всесильної влади церкви. Починається епоха Великих географічних відкриттів, доведена кулеподібна форма Землі. Корали – яскравий приклад геологічного годинника, але вони можуть служити тільки в періоді, не старше 440 млн. років.

Природний результат еволюції матерії

З незапам'ятного часу походження життя було загадкою для всього людства. Але здатність задати собі питання: "Звідки ми?" – людина отримує порівняно недавно, 7-8 тисяч років тому, на початку нового кам'яного віку (неоліту).

Разом з тим з’являється віра в те, що навколишня природа – тварини і рослини, річки і моря, гори і рівнини – також одушевлені. Ідея самозародження життя з води, мулу чи гниючої матерії також йде від давніх міфів. В різноманітних варіантах ця ідея дожила до початку 20 століття.

Більшість сучасних спеціалістів переконані в тому, що виникнення життя в умовах первинної Землі, є природний результат еволюції матерії. Це переконання засновано на доведеній єдності хімічної основи життя, побудованій з декількох простих і самих розповсюджених у Всесвіті атомів.

Ні один серйозний вчений сьогодні не вважає, що життя на Землі - виключно, явище у Всесвіті. Не дивлячись на те, що проведено і проводяться безліч цілеспрямованих дослідів, але до сих пір не з’ясовано ніяких фактів, котрі показали б, що істоти принесені на Землю метеоритами або з космічним пилом.

Біогенез і абіогенез

В розвитку вчення про походження життя важливе місце займає гіпотеза, яка затверджує, що все живе походить тільки від живого – теорія біогенезу. Цю теорію в середині 19 в. протиставляли ненауковим уявленням про самозародження

організмів. Однак як теорія походження життя, біогенез неупорядкований, оскільки принципіально протиставляється живе неживому, підтверджує відкинуту наукою ідею вічності життя.

Абіогенез – ідея про походження живого з неживого – вихідна гіпотеза сучасної теорії походження життя. Важливо підкреслити, що зараз життя на Землі не може виникнути абіогенним шляхом. Життя виникло на Землі абіогенним шляхом. В теперішній час живе походить тільки від живого (біогенне походження). Можливість повторного виникнення життя на Землі вилучене.

Данні, отримані при дослідженні метеоритів.

Однак, аж до самого останнього часу ми могли оперувати тільки методом логічної реконструкції.

Але ось зовсім недавно ми отримали в руки зовсім неоцінимий матеріал: вдалось виявити надзвичайно давні з'єднання, які містять Вуглець, при чому ці з'єднання були виявлені не на Землі, де б вони зазнали за її багатовікову історію надто великі зміни, а в занесених до нас із космосу метеоритах.

В метеоритах були виявлені складні з'єднання Вуглецю. Деякі з них можна розглядати як попередники складних біологічних молекул, але утворились вони щонайменше 4,5 млрд. років назад і не на Землі, а на якійсь іншій планеті. Виявлення цих з'єднань свідчить про те, що Земля зовсім не є єдиним місцем, з котрим пов'язані процеси виникнення життя: ці процеси можуть проходити і в інших ділянках Всесвіту, хоча подальша еволюція могла проходити зовсім різними шляхами.

Ці знахідки слугують матеріальним підтвердженням повсюдності процесів зародження життя: ми зараз можемо говорити не тільки про виникнення життя на

Землі, але про виникнення життя взагалі. Ми починаємо усвідомлювати, що процес еволюції життя є процес всезагальний і необхідний.

Енергетичний баланс життя

Процес виникнення життя розпадається логічно на декілька стадій. Перша – це формування простих біогенних молекул – процес, якому, очевидно, передували поглинання і фіксація вільної енергії.

Джерелом вільної енергії при цьому могли бути деякі форми випромінювання – або безпосередньо сонячна радіація, або сонячний вітер (потік плазми, складена в основному з ядер Водню і електронів, розповсюджуваних з великою швидкістю від Сонця в результаті безперервного розширення сонячної корони), або енергія радіоактивного розпаду.

Таким чином, в "первинному бульйоні" в процесі його формування накопичувалась вільна енергія. Перша стадія еволюції життя в цьому бульйоні представляє собою поперед усього перетворення більш простих з’єднань за рахунок накопиченої вільної енергії в більш складні молекулярні структури.

За цим в якийсь момент (який саме, невідомо) під дією ультрафіолетового випромінювання Сонця з’являється нове джерело енергії, достатнє – але і не тільки – для підтримання життя. Однак життя не могло існувати на цьому принципі нескінченно. Виникали різні поглинаючі ультрафіолет форми, які, однак, безслідно зникли. Саме тут і діяв процес природного відбору на молекулярному рівні. На сьогодні ми бачимо тільки ті, що виграли в цьому змаганні.

Гіпотеза панспермії

Панспермія – гіпотеза про повсюдність поширення в Всесвіті зародків живих істот. Згідно панспермії, в світовому просторі розсіяні зародки життя (наприклад, спори мікроорганізмів), які рухаються під тиском світових променів, а потрапивши в сферу притягання планети, осідають на її поверхні і закладають на цій планеті

початок живого. Ця гіпотеза була видвинута шведським вченим Ареніусом в 1907 р.

Перші теорії Опаріна і Холдейна

Накопичення фактів, говорячих о хімічній і генетичній єдності життя,неминуче повинно було рано чи пізно навести на певні роздуми про виникнення життя. Першою спробою в цьому роді стала книга Опаріна "Виникнення життя", видана ним в 1924 р.

Ідеї, виказані в цій невеликій за об’ємом книзі, лягли в основу майже всіх сучасних теорій виникнення життя. Опарін висказав припущення, що при міцних електричних розрядах в земній атмосфері, яка 4-4,5 млрд. р. назад складалась із аміаку, метану, вуглекислого газу і пари води, могли виникнути найпростіші органічні з’єднання, необхідні для виникнення життя.

П’ять років пізніше ті ж самі в сутності положення, але незалежно від Опаріна, були в значно коротшій формі висказані Холдейном. Обидві ці роботи представляють собою спробу використати нові знання відносно циклів біохімічної реакції окислення і бродіння, для того щоб пояснити виникнення життя через виникнення її важливіших біохімічних властивостей в умовах, які, як припускається, існували на первісній Землі; особливу увагу при цьому приділяють процесам, відбуваючимся в океані, або гідросфері, а також на зміні в примітивній атмосфері Землі.

В 1897 році Бухнеру вдалось ізолювати "неживий" фермент із дріжджових клітин, досліджувані Пастером в 1855 р. Ця робота поклала початок хімічному вивченню процесу бродіння.

Цим самим були закладені основи для поняття природи і функціонування ферментів – органічних молекул, здатних в багато разів прискорювати звичайні хімічні реакції надзвичайно специфічні в своїй діяльності. Іншими словами,

ферменти є ніщо інше, як органічні каталізатори. Опаріну було зрозуміло, що їх виникнення виявилось необхідною ланкою процесу виникнення життя.

Він намагався відповісти на заперечення – заперечення доволі вагомі, - висовувані проти старих теорій виникнення життя на Землі, і усунути протиріччя, народженні успіхом досвіду Пастера, експериментально довівшого неможливість спонтанного самозародження. Пастер довів, що живе виникає тільки із зародків, вже присутніх в середовищі.

Якщо погодитись з таким висновком, то життя слідує вважати таким же вічним, як і сама матерія, - а численні вчені саме так і вважали. Але це положення в сутності лежало на гіпотезі Аристотеля про незмінювання світо створення і заперечувало новій, доведеній теорії еволюції організмів. Відмова ж від цієї ідеї відкривала шлях для нової гіпотези, складеній в тому, що умови, в яких виникло життя, відрізняється від умов, в яких життя існує зараз. Ця відмінність стосувалась головним чином складу атмосфери.

Основні етапи виникнення життя

Ознаки діяльності живих організмів виявлені багатократно в докембрійських породах, розсіяних по всій земній кулі. В Пд. Африці (м. Фігтри) знайдені породи зі слідами діяльності мікроорганізмів, вік яких більше 3,5 млрд. років.

Процеси, які передували виникненню життя на Землі, безперечно, здійснювались на основі тих же фізичних і хімічних законів, які діють на Землі і досі. Фізичні і хімічні властивості різних атомів і молекул робили обов’язковим взаємодію між ними.

Говорячи про виникнення життя шляхом складних хімічних перетворень молекул, важливо мати на увазі, що ці процеси не мали єдиного і неповторюваного характеру, а могли протікати і, очевидно, протікали в неоднакових умовах і на різних ділянках поверхні Землі.

Передбачаєма історія виникнення життя викладена в трьох основних частинах:

- від атома до молекули;
- від молекули до полімеру;
- від полімеру до організму.

Хімічна еволюція живого

Із Водню, Азоту і Вуглецю при наявності вільної енергії на Землі повинні були виникати спочатку прості молекули: аміак, метан і подібні з'єднання. Далі ці нескладні молекули в первинному океані могли вступати в нові зв'язки між собою і з іншими речовинами.

З особливим успіхом, очевидно, протікали процеси росту молекул при наявності групи –N=C=N –. Ця група приховує в собі великі хімічні можливості до росту як за рахунок приєднання до атому Вуглецю атома Водню, так і шляхом реагування з азотистою основою.

З визначеного етапу хімічної еволюції, участь кисню в цьому процесі стала необхідною. В атмосфері Землі кисень міг накопичуватись в результаті розкладу води і водяної пари під впливом ультрафіолетових променів Сонця (існують припущення про наявність кисню до зародження життя).

В ході таких і аналогічних їм реакцій води первинного океану насичувались різноманітними речовинами, утворюючи первинний бульйон. Шляхом реакції полімерилізації з простих молекул могли бути утворені і більш складні молекули – білки, ліпіди, нуклеїнові кислоти і їх спричинені.

Однією з найбільш важливих ланок початкової стадії хімічної еволюції слідує визнати з'єднані здібності до самовідтворення полінуклеотидів з каталітичною активністю поліпептидів. При виникненні життя необхідна була участь як полінуклеотидів, так і поліпептидів.

Надалі ускладнення обміну речовин в таких системах значну роль повинні були відіграти каталізатори (різні органічні і неорганічні речовини) і просторово-часові відносини (тобто, закінчити зв'язок) початкових і кінцевих продуктів реакції. Все це не могло з'явитись до появи мембран.

Утворення мембранної структури вважається самим важким етапом хімічної еволюції життя. Біологічні мембрани, як відомо, складають агрегати білків і ліпідів, здатні розмежувати речовини від середовища і надати упаковці молекул міцності.

Початкові етапи біологічного обміну

Вважають, що в початкових етапах передбіологічної еволюції коацервати, в яких виникла концентрація певного набору металів і простих органічних речовин, стали основою для переходу до біогенних синтезів. Навіть перші живі організми могли получити АТФ із обточуваного середовища.

З іншого боку, каталітична активність коацерватов могла бути підсилена і при виникненні комплексів між металами і органічними з'єднаннями.

До виникнення дійсної живої істоти здібність до самовідтворення не обов'язково могла бути зв'язана з точною редуплікацією нуклеїнових кислот, так як вона здійснювалась дуже повільно. Самоподвоєння їх могло б бути результатом постійності співвідношення швидкостей різних реакцій обміну речовин, йдучих із участю коферментов – каталізаторов небілкової природи.

Надалі, очевидно, шов передбіологічний відбір коацерватов і по здібності накопичення спеціальних білковоподібних полімерів, відповідальних за прискорення хімічних реакцій. Всі ці зміни привели до виникнення циклічного обміну речовин, характерного для живих створінь.

В системі коацерватов не виключений і відбір самих нуклеїнових кислот, тобто відбір по генам. Система з успішною працюючою послідовністю нуклеотидів в нуклеїновій кислоті має право називатись живою.

Хіральна чистота живого

В питанні про походження життя одним із загадкових залишається факт наявності абсолютної хіральної чистоти (від греч. cheir – рука): у живих істот – зміст в молекулах білків тільки "лівих" амінокислот, а в нуклеїнових кислотах – "правих" цукрів. Подібне явище могло виникнути тільки внаслідок утрати передбіологічного середовища первинної дзеркальної симетрії (однаковий зміст правих і лівих ізомерів амінокислот і цукрів).

Неживій природі присутня тенденція установлення дзеркальної симетрії (рацемації).

Досвіди останніх років показали, що тільки в хірально чистих розчинах практично могло виникнути біологічно вагоме видовження ланцюга полінуклеотидів і процес самореплікації. Живі системи організовані так, що тРНК із правих цукрів приєднує до себе тільки ліві амінокислоти. Ось чому виникнення життя, очевидно, виключалось до руйнування дзеркальної симетрії передбіологічного середовища і появи саморепліцируючих систем.

Усі живі організми підтримують свою хіральну чистоту, і еволюція не надала їм засобів для мешкання в рацемічному середовищі.

Всі викладені – не більш як правдоподібні гіпотези можливих шляхів виникнення життя, і тут можна очікувати нових цікавих відкриттів. Так, за останні роки показано, що давно відомі бактерії, проживаючі в гарячих джерелах, на дні океанів, в шлунку деяких жуйних тваринах, поглинаючи вуглекислий газ, водень і виділяючи метан (метаноутворюючі бактерії), мало відрізняються від організмів, які жили на Землі першими.

В проблемі виникнення біологічного обміну на Землі ще є багато нез'ясованого. Занесене життя на землю чи воно тут виникло? Прошов біологічний обмін через коацерватний стан чи первісно виникає генетичний код? Але науково вірогідною залишається можливість виникнення життя з неорганічних речовин за допомогою діяння фізичних факторів середовища і діяння передбіологічного відбору.

Прискорення еволюції

Прискорення (акселірація) – відміна риса еволюції: вперше це підкреслив академік Опарін. Після виникнення життя на Землі її еволюція характеризується тенденцією до поступового прискорення. Від виникнення перших живих істот (біля 3,5 млрд. р. назад) до першого масового розвитку багатоклітинних в вендську епоху пройшло більш 2,5 млрд. р.

Для досягнення величезного різноманіття тварин і рослин було необхідно біля 400 млн. р., для розвитку ссавців і птах – біля 100 млн. р., приматів – біля 60 млн. р., гомінід – біля 16 млн. р., для роду чоловіка – 6 млн. р., для Homo sapiens – 60 тис. р.

Древній кам'яний вік (палеоліт) продовжувався стільки ж, скільки наступні неоліт, бронзовий і залізний віки. Сучасна наука зародилась біля 300 р. назад. Увесь хід розвитку свідчить про прискорення.

Швейцарський інженер і філософ Ейхельберг досить образно описує темпи прогресу людства:

"Припускається, що вік людства 600 тис. р. Уявляємо собі рух людства як марафонський біг на 60 км.

Більша частина 60-кілометрової відстані проходить по дуже складному шляху – через незаймані ліси. Ми мало знаємо цю частину, так як лише в кінці, на 58-59-м кілометрі бігу, зустрічаємо разом з первісною зброєю малюнки печерних людей як

перші ознаки культури і ледве лише на останньому кілометрі шляху з’являється все більше ознак землеробства.

За 200 м до фінішу дорога вже покрита кам’яними плитами, ми проминаємо римські фортеці.

За 100 м до фінішу наш бігун пробігає через середньовікові міста.

До фінішу залишається ще 50 метрів; там стоїть людина, яка розумними очами слідкує за бігуном, - це Леонардо да Вінчі.

Залишається тільки 10 метрів! Вони починаються при світлі факелів і при світлі масляних світильників.

Але при стрімкому пориві на останніх 5 метрах трапляється диво: світло заливає нічну дорогу, машини шумлять на землі і в повітрі і здивований бігун осліплений прожекторами фото- і телекореспондентів".

Ейхельберга турбує цей стрімкий біг. Він питає – невже стрімкий рух людства до науково-технічного прогресу може виявитись рухом до його загибелі?

Безперечно, що розвиток людства визначається іншими законами, відмінними від законів біологічної еволюції. Але еволюція життя і неживої природи в геологічному минулому – процес діалектичний, котрому теперішнє зобов’язане своїм існуванням. На довгому шляху життя крізь глибини часу можна виявити вражаючий зв’язок між мешканцями Землі і спадкоємністю розвитку клімату і ландшафту, періодами небувалого розквіту і епохами згубних випробувань.

Сучасне середовище, в якому ми живемо, змінюється з дивовижною швидкістю; зараз за десятиріччя проходять зміни, які в минулому проходили за мільйони років.

Прискорення є спільною закономірністю в розвитку. Але з ним зв’язана і цефалізація, сучасним досягненням якої є людський мозок. Прискорення веде не до загибелі, а до прогресу. В цьому закономірність еволюції.

Лекція 29. Біосфера. Загальна характеристика біосфери. Вплив діяльності людини на стан біосфери.

Біосфера (гр. bios – життя, + sphaira – куля) – область поширення на Землі організмів та продуктів їх життєдіяльності.

Біосфера оболонка Землі, склад, структура і енергетика якої в сучасних рисах зумовлені минулою або сучасною діяльністю живих організмів.

Поняття про біосферу не раз змінювалось з часу появи цього слова. Початок вчення про біосферу пов’язують з іменем відомого французького натураліста Ж. Б. Ла-Марка (1802), який запропонував термін "біологія" для всіх живих організмів, що населяють Землю. Визначення біосфери як особливої оболонки Землі та її назва були запропоновані відомим австрійським геологом Е. Зюссом (1875) у його праці з геології Альп. Окремі факти і положення про біосферу знаходимо у працях А. Гумбольдта, В. Докучаєва, Я. Молешотта та інших дослідників.

Детально розробив вчення про біосферу український вчений В. І. Вернадський – перший президент Української Академії наук.

Біосфера, за Вернадським, це оболонка Землі, де жива речовина відіграє домінуючу роль, значно впливає на всі процеси, що в ній відбуваються. Вернадський дав таке визначення біосфери: "Біосфера являє собою оболонку життя – область існування живої речовини".

У численних своїх працях В. І. Вернадський виклав вчення про біосферу як особливу оболонку Землі, яка включає як область поширення живої речовини, так і саму речовину, в якій життєдіяльність організмів (утому числі людини) проявляється як могутній геохімічний фактор планетарного масштабу і значення.

Біосфера включає нижню частину атмосфери (7 км на полюсах і 18 – 20 км на екваторі), всю гідросферу (11 км), і літосферу (до глибини 3 км на суші та 0,5…1 км під дном океану).

За В. І. Вернадським, нижня межа життя в земній корі визначається температурою 100°С, яка спостерігається до глибини 2,5…3,5 км.

Але в 70-х та 80-х роках в нафтогазоносних водах були знайдені мікроорганізми на глибині 4,5…6 км. Якщо включити в біосферу шари атмосфери, де спостерігається перенесення живих організмів, зачатків організмів, то межі по вертикалі будуть становити 25…40 км.

Об'єм біосфери – 10·109 км³ (0.4% об'єму Землі), маса біосфери 3·1018 т – близько 0,05% маси землі (5,96·1027 г).

Компонентами біосфери є жива речовина, гірські породи, вода, повітря, сонячна радіація. Для біосфери є характерним те, що вона включає речовину у твердому, рідкому і газоподібному станах, тобто вона трифазна. Основним джерелом всіх процесів, які в ній відбуваються є сонячна енергія.

У зв'язку з цим для біосфери характерний постійний кругообіг речовини та енергії, в якому найактивнішу роль відіграють живі організми. Область існування живої речовини охоплює атмосферу (до тропопаузи), літосферу (кору вивітрювання), всю гідросферу, тобто біосфера триярусна. Літосфера, гідросфера, атмосфера і жива речовина співвідносяться між собою так, як, наприклад, кам'яна чаша, масою 51,26 кг, вода, масою 45,36 г, копійка і поштова марка.

У межах біосфери існують області, в межах яких активне життя неможливе. Так, у верхніх шарах тропосфери, а також в найбільш холодних і жарких районах земної кулі організми можуть існувати лише в стані спокою. Сукупність таких областей біосфери називають парабіосферою (Хатчінсон, 1972).

Але і в інших областях біосфери, де організми можуть існувати в активному стані, життя розподілене нерівномірно. Неперервний шар живої речовини, як його назвав В. І. Вернадський, займає водну товщу, і вузькою смугою простягається на межі літосфери, і тропосфери, де включає ґрунт з корінням рослин, грибами, мікроорганізмами і тваринами, а також включає приземну частину тропосфери, в якій розміщені частини рослин і переноситься основна маса пилку, спор, насіння.

Цей шар В. Б. Сочава (1944) назвав фітосферою, а Е. М. Лавренко (1949) – фітогеосферою. Потужність фітогеосфери найбільша в океанічних областях, де вона досягає 11 км, по суші вона може досягати 100…150 м.

Загальні закономірності розподілу живих організмів
Все живе в біосфері утворює живу речовину. Зараз нараховують 0,5 млн. видів рослин і 1,5 млн. (за іншими даними 2 млн.) видів тварин, у тому числі хребетних 42 тис, членистоногих – 1 млн. видів.

Життя зародилось в океані, однак сьогодні більшість організмів живе на суші. У Світовому океані нині налічують 160 тис. видів тварин і рослин, за кількістю перше місце посідають молюски (60 тис. видів), друге – ракоподібні (20 тис. видів), третє – риби (16 тис. видів).

Жива речовина нашої планети існує у вигляді великої кількості організмів із своїми індивідуальними ознаками різноманітністю форм і розмірів. Серед живих організмів зустрічаються дуже різні за розмірами мікроорганізми і багатоклітинні тварини і рослини великих розмірів.

Органічний світ суші у видовому відношенні більш різноманітний, ніж органічний світ водного середовища. Якщо кількість видів сухопутних тварин складає 93%, то водних – лише 3%. Для рослин характерне аналогічне співвідношення. На наземні флори припадає 92% видів і 8% на водні. Наведені цифри свідчать про те, що

можливості для видоутворення на суші були більш сприятливі, ніж у водному середовищі.

Для порівняння кількості живих організмів використовують поняття "біомаса", "продукція живих організмів" тощо.

Біомаса (гр. bios – життя + massa - тісто) – загальна маса особин одного виду, груп або всього угруповання живих організмів на одиницю площі або об’єму. В середньому на 1 см² земної поверхні припадає 580 мг сухої органічної речовини. До складу цієї біомаси входить біомаса рослин, тварин, грибів, бактерій. У біосфері біомаса розподілена нерівномірно і змінюється від нуля (крига Антарктиди) до 60 кг/м² (тропічні ліси).

Біомаса всієї біосфери – приблизно 1841…2440 млрд. т, що становить близько 0,00001% маси земної кори. Жива речовина, якої так небагато у біосфері, постійно виникаючи і руйнуючись, перетворюючи сонячну енергію в хімічну, виконує величезну геохімічну роботу (газову, концентраційну, енергетичну, окислювально-відновну, деструктивну).

Біологічна продукція – відтворення біомаси рослин, тварин, грибів і мікроорганізмів, які входять до складу екосистеми, за певний період часу. Найчастіше біопродукція виражається як маса сухої речовини за рік на одиницю площі, або об’єму (води, ґрунту). Розрізняють первинну і вторинну біопродукцію.

Первинна або валова первинна, продукція – це маса органічної речовини та енергії, яка утворюється в процесі фотосинтезу рослин. Валова продукція частково (до 50%) витрачається на дихання самих рослин, решту становить чиста первинна продукція. Щорічно частину чистої продукції (7…10% у наземних і до 40% у морських екосистемах) поїдають гетеротрофи – рослиноїдні тварини та паразити рослин, частина використовується мінералізаторами, частина іде на приріст біомаси.

Чиста продукція і біомаса не завжди перебувають у прямій залежності. Тільки в однорічників співвідношення їх 1:1. У багаторічників співвідношення біомаси і чистої продукції змінюється у широких межах: у лісах вона може досягти 50:1, у лугових і степових угрупованнях – 3:1.

В молодих екосистемах біомаса невелика, а чиста продукція переважає. У зрілих екосистемах біомаса досягає максимуму, а чиста продукція – мінімуму У Світовому океані біомаса рослин невелика (3,9 млрд. т), а чиста продукція у 14 разів більша (55 млрд. т). Треба підкреслити, що "мета" у природи і мета людини різна: природа збільшує валову продукцію, а людина – чисту продукцію.

Величина чистої первинної біопродукції біосфери оцінюється авторами по-різному: від 50 млрд. т сухої органічної речовини за рік. Причому, 2/3 її виробляється на суші, 1/3 – в океані. Майже 70% чистої продукції утворюється в лісах Землі. Проте людина інтенсивно знищує ліси: 20 га за хвилину; 15 млн. га щороку вирубується. Це у 18 разів більше ніж приріст лісів за той самий час.

Розподіляється чиста первинна продукція на Землі дуже нерівномірно і змінюється від 0 до 45 кг/м² у рік: в тундрі – 0,1…3,0 (в середньому – 0,6), в степах – 0,2…5,0 (1,6), напівпустинях – 0,10…4,0 (0,7) кг/м² у рік. Велика маса чистої первинної продукції спостерігається у певних районах Землі. На континентах – у тропіках, в океанах між 40° і 60° північної і південної широт. Саме у цих районах рослини одержують тепло, воду і поживні речовини в оптимальному співвідношенні. Але в загальному плані чиста первинна продукція на земній кулі зменшується із зниженням температури, тобто від екватора до полюсів. Майже 60% усієї продукції суші утворюється в тропіках, 20% - у субтропіках, і 20% на решті територій.

Вторинна біопродукція – маса живої речовини, виробленої гетеротрофами.

Загальна маса живої речовини на Землі була підрахована В. І. Вернадським, який в 1927 році представив наближену величину – 1021 г. Однак ця величина була дещо завищеною і з того часу різні дослідники наводять свої оцінки біомаси Землі. Найбільш точними вважають дані, одержані М. І. Базилевич та іншими.

Незалежно від методів підрахунків існують зональні закономірності розподілу біомаси організмів на суші та в океані:

- в океані загальна біомаса організмів значно нижча, ніж на суші;
- основна біомаса рослин зосереджена на суші;
- біомаса тварин в океані більша ніж біомаса тварин на суші;
- на суші біомаса рослин перевищує біомасу тварин.

Роль живих організмів у біосфері

Значення організмів у створенні і переробці органічних речовин дуже різноманітне. Виділяють три основні групи організмів: продуценти, консументи і редуценти.

Продуценти – це автотрофні організми, які синтезують з неорганічних сполук органічні речовини з використанням сонячної енергії або енергії, що виділяється під час хімічних реакцій (хемотрофи), (зелені рослини – фотосинтез, бактерії – хемосинтез). Бактерії (водневі, нітрифікуючі, сіркобактерії, залізо…) внаслідок своєї діяльності синтезують органічні речовини з CO_2, використовуючи енергію, вивільнену при окисленні аміаку, сірководню, сірки.

Консументи – організми, що живляться органічною речовиною (первинною чи вторинною) трансформуючи її в інші форми. Це всі тварини, частина мікроорганізмів, паразитичні та комахоїдні рослини.. Виділяють консументи першого порядку – фітофаги, рослиноїдні організми, другого порядку – хижаки і паразити, що споживають рослинні організми, третього порядку – хижаки і паразити, що споживають хижих тварин і паразитів.

Редуценти (деструктори, детритофаги) – організми, що живляться мертвою органічною речовиною (бактерії, гриби, мікроорганізми) і розкладають її до мінеральної.

Обмін речовин, який відбувається в природі, можливий лише за участі представників всіх трьох груп організмів: без продуцентів неможливе життя, так як тільки вони створюють основу життя – первинну продукцію органічних речовин, консументи різних порядків, споживаючи первинну і вторинну і вторинну продукцію, перетворюючи органічну речовину з однієї форми в іншу, сприяють зростанню різноманітності форм життя на Землі і зміні поколінь.

Редуценти розкладаючи органічні речовини до мінеральних, перешкоджають перетворенню планети в кладовище мертвих решток. Так відбувається кругообіг біогенних речовин та енергії в біосфері. Постійне надходження енергії Сонця живить цей циклічний процес і компенсує неминучу втрату енергії біосфери через теплове випромінювання. Тому біосферу В. І. Вернадський назвав глобальною "біологічною машиною" по трансформації енергії Сонця, яка підтримує біологічний кругообіг речовини.

Кругообіг речовин у біосфері

Життя – це кругообіг елементів між організмами і середовищем. Причина кругообігу – обмеженість елементів, з яких будується тіло організмів. Тільки завдяки кругообігу живі організми тепер – через 4 млрд. років після своєї появи – не зазнають дефіциту основних біогенних елементів.

Розрізняють два види кругообігу речовин та енергії у біосфері:

- геологічний (великий), який відбувається між сушею та океаном;
- біологічний (малий), який відбувається або на суші, або в океані.

Біологічний кругообіг включає як горизонтальну, так і вертикальну міграцію та складається з двох протилежних процесів: синтез органічної речовини з неорганічної за допомогою сонячної енергії; мінералізація органічних решток і виділення енергії.

Біологічний кругообіг – це багаторазова участь хімічних елементів у процесах, які протікають у біосфері. В зв'язку з цим біосферу визначають як область Землі, де протікають три основних процеси: кругообіг вуглецю, азоту, сірки, в яких беруть участь 5 елементів (H, O, C, N, S), що рухаються через атмосферу, гідросферу, літосферу. У природі кругообіг здійснюють не речовини, а хімічні елементи. Ці 5 елементів рухаються і окремо, і в таких сполуках, як вода, нітрати, двооксид вуглецю, двооксид сірки.

Кругообіг вуглецю. У біосфері вуглецю багато – 12000 млрд. т. Це пояснюється тим, що еволюція життя на Землі – це еволюція сполук вуглецю, які безперервно виникають, змінюються і розкладаються. Кругообіг вуглецю відбувається фактично між живою речовиною та двооксидом вуглецю.

У процесі фотосинтезу, здійснюваного рослинами, CO_2 і вода з допомогою енергії сонячного світла перетворюються на різні органічні сполуки. Щорічно вищі рослини і водорості поглинають при фотосинтезі 200 млрд. т вуглецю. Якби вуглець повертався в атмосферу, його запас (700 млрд. т) у ній швидко б вичерпався.

Але він повертається в результаті процесу дихання рослин і тварин. Відмерлі рослинні і тваринні організми розкладаються грибами і мікроорганізмами до CO_2, який теж повертається в атмосферу. Повний цикл обміну атмосферного вуглецю здійснюється за 300 років. Але частина вуглецю вилучається у вигляді торфу, нафти, вугілля, вапняку, мармуру – викопних відкладів і осадових порід.

Вважають, що на кругообіг вуглецю часом дуже впливає діяльність людини. Використання викопного палива і автомобілізація порушили динамічну рівновагу

між кількістю виділеного і поглинутого вуглецю у бік його збільшення в атмосфері. У наш час людство виробляє стільки ж CO_2, як і всі організми фотосинтетики. Зараз в атмосфері CO_2 близько 0,03%. Вчені припускають, що до кінця 20 століття кількість його може збільшитися на 12…20%.

Швидкість кругообігу азоту, фосфору і сірки при цьому різко зросте. Крім того, припускається, що збільшення CO_2 в атмосфері у 2 рази підвищить (внаслідок парникового ефекту) середню глобальну температуру на 3…6°С. А це має спричинити катастрофу – рівень морів і океанів може значно піднятися. Можуть бути затоплені найбільш родючі низинні землі. До того ж потепління високоширотних зон зменшить перепад температур – головного двигуна циркуляції повітряних мас атмосфери. Внаслідок цього вологі області Землі стануть ще більш вологими, а сухі – більш сухими.

Кругообіг кисню. Щорічно лісові масиви виробляють 55 млрд. т кисню. Він використовується живими організмами для дихання і бере участь в окисних реакціях в атмосфері, літосфері, гідросфері. Циркулюючи через біосферу, кисень перетворюється то на органічну речовину, то на воду, то на молекулярний кисень. Весь кисень атмосфери (2,8·1014 – 1,2·1015 т) за кожні 2 тис. років проходить через живу речовину біосфери. За час свого існування людство безповоротно втратило близько 273 млрд. т кисню.

У наш час щорічно на спалення вугілля, нафтопродуктів і газу витрачається 13·109 т кисню. Інтенсивність цього процесу збільшується щороку на 6%. Майже 3 млрд. років рослини збагачували атмосферу киснем. Але при збереженні нинішніх темпів його споживання вже через два століття концентрація кисню можливо знизиться до критичного рівня. Основні поглиначі кисню – промисловість і автомашини. Кожній людині на добу потрібно 80 л. кисню, автомашині ж для згоряння 1 л. бензину – 200 л. А в світі налічується понад 300 млн. автомашин.

Кругообіг азоту, фосфору, сірки. Діяльність людини прискорює кругообіг цих елементів. Головна причина цього прискорення – використання фосфору в добривах, що призводить до еутрифікації – надудобрення. Еутрифікація в першу чергу діє на континентальні водойми. При еутрифікації відбувається бурхливе розмноження водоростей – цвітіння води. Це призводить до зменшення кількості розчиненого у воді кисню. Продукти обміну водоростей знищують рибу та інші організми. Сформовані екосистеми при цьому руйнуються. Процес еутрифікації змогла б зменшити нестача азоту і сірки. Але індустрія і вихлопи двигунів внутрішнього згоряння викидають щорічно багато нітратів і сульфатів. Потрапляючи на землю разом з дощами, вони засвоюються рослинами.
Кругообіг води. На Землі води багато – гідросфера становить 1/4000 її маси. Вода покриває ¾ поверхні Землі. За 1 хвилину під дією сонячного тепла з поверхні водойм Землі випаровується до 1 млрд. т води.
Після охолодження пари утворюються хмари, випадає дощ і сніг. Опади частково проникають у ґрунт. Ґрунтові води повертаються на поверхню землі через коріння рослин джерела, наноси, тощо. Швидкість циркуляції води досить велика: вода океанів поновлюється за 2 млн. років, ґрунтова вода – за рік, річкова за 12 діб, пара в атмосфері – за 9 діб. Двигуном кругообігу є енергія Сонця.

Щорічно для створення первинної продукції рослини біосфери використовують при фотосинтезі 1% води, що потрапляє у вигляді опадів. Людина тільки для побутових і промислових потреб використовує 20 мм опадів – 2,5% загальної їх кількості за рік, Безповоротний щорічний водозабір тепер становить 5,5 тис. м³. Щорічно він збільшується на 4…5%. Якщо такий приріст збережеться, то до 2100 р. людство вичерпає запаси прісної води на Землі.

У процесі історичного розвитку людина поступово втрачала зв'язки з природою. На певному етапі розвитку цивілізації людина почала активно перетворювати природу і її вплив на довкілля зростав із кожним сторіччям, поки

не став провідним екологічним фактором. Ці проблеми поставили людство на межу всеосяжної біосферної кризи, яка загрожує його існуванню.
Протягом останніх 10 тис. років під впливом діяльності людини площа лісів на нашій планеті скоротилася не менш ніж на третину. Людина вирубує ліси, звільняючи площі під рілля, пасовища, поселення та використовуючи деревину для власних потреб. І навіть нині, коли людство почало усвідомлювати катастрофічні наслідки цих процесів, площа лісів щорічно скорочується, насамперед за рахунок тропічних лісів, які відіграють велику роль у підтриманні екологічної рівноваги на нашій планеті.
Також великий вплив на забруднення атмосфери мають викиди шкідливих для здоров'я людини та інших організмів відходів промислових підприємств тощо. Особливу небезпеку для довкілля становлять кислотні дощі, спричинені забрудненням атмосфери сірчистим газом. Кислотні дощі призводять до тяжких наслідків. Зокрема прісні водойми стають мертвими, гинуть ліси та багато інших проблем.

Іншою небезпекою для здоров'я людини може стати послаблення озонового екрану. Це відбувається внаслідок надходження в атмосферу хлорфторвуглецевих сполук.
Діяльність людини негативно впливає і на різноманітні водойми, забруднення промисловими та побутовими відходами, пестицидами та добривами, які змиваються з полів, зміна екологічних умов, осушення, тощо. Порушення санітарного стану водойм, а також виснаження водних ресурсів загострює проблему питної води.
Надходження неочищених або недостатньо очищених стічних вод у природні водойми унеможливлює використання їх для відпочинку людей, рибальства.

До вимирання цілих водних екосистем також призводять аварії танкерів, нафтовидобувних платформ, унаслідок яких плівка з нафти вкриває значні площі морів.

До змін гідрологічних режимів водойм призводять створення штучних водойм, водосховищ, що згубно впливають на водні біогеоценози та популяції окремих видів.

На мою думку, людям слід задуматися над своїми вчинками, обережніше ставитися до природних багатств, тоді в світі запанує гармонійність, зменшиться кількість природних катаклізмів, які зараз мають досить великий вплив на людей.

Лекція 30 Основні властивості живих систем. Можливості й перспективи застосування досягнень біології у забезпеченні існування людства.

Питання про появу і суть життя здавна турбували учених, філософів і широкі верстви населення; це зрозуміло, адже ми й самі - живі істоти. Незважаючи на досить бурхливий розвиток біологічних наук, застосування фізико-хімічних методів досліджень, методів молекулярної біології, генної та клітинної інженерії, електронної мікроскопії й складної обчислювальної техніки, проблема сутність життя досі залишається загадковою для людства. Сучасна наука не здатна штучно створити навіть найпростіший живий організм, також невідомі достовірні причини старіння й смерті, причини появи життя на нашій планеті. Тому дотепер визначення життя має здебільшого описовий характер й складається з перерахування його головних форм й властивостей.

ДО ГОЛОВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЖИВИХ СИСТЕМ СЛІД ВІДНЕСТИ НАСТУПНІ:

1. Усі живі організми складаються із тих же самих хімічних елементів, як і неживі тіла. В відміну від неживої природи, процентне співвідношення хімічних елементів у всіх живих істотах практично однакове. Чотири органогенні елементи, такі як Карбон, Оксиген, Гідроген та Нітроген, складають до 98 % біомаси; біля 1,9 % припадає на 8 макроелементів (Фосфор, Сульфур, Калій, Хлор, Натрій, Магній, Кальцій, Ферум), а 0,1 % - на частку більш аніж 30 мікроелементів (Алюміній, Купрум, Молібден, Цинк, Кобальт, Нікель, Йод, Стронцій, Селен, Флуор, Бром, Бор й ін.).

2. Усі живі істоти складаються із особливих, здебільшого високомолекулярних, органічних сполук, води і окремих інших неорганічних речовин. Поміж органічних речовин головні - це білки, нуклеїнові кислоти, вуглеводи й ліпіди. Із

неорганічних речовин унікальну роль має вода, що складає 60-99 % біомаси різноманітних організмів, а теж солі й неорганічні кислоти.

3. Обмін речовинами і енергією із навколишнім середовищем - потрібна умова життя живих систем. Дві його сторони - асиміляція та дисиміляція врівноважуючись, забезпечують динамічну сталість будови й властивостей внутрішнього середовища біологічних систем (гомеостаз), що складає основу їх здатності до саморегуляції.

4. Жива матерія відзначається різноманітними взаємозалежними рівнями організації: молекулярним, клітинним, організмовим, популяційним і видовим, екосистемним, чи біогеоценотичним, й біосферним. Інтеграція взаємодій деяких складових будь-якого рівня зменшується від мінімального до вищого.

5. Живим матеріям притаманна дискретність. Значить це, що на усіх рівнях організації обов'язково живуть структурно-функціональні одиниці - це молекули, клітини, організми, популяції, біогеоценози.

6. Живі істоти мають здатність до розмноження, росту і індивідуального розвитку. Неперервність існування забезпечують життєві цикли. Усі нові клітини й організми формуються, незважаючи на розмаїтість способів розмноження, винятково із материнських клітин.

7. Генотип - спадкова інформація, яка закодована в формі певної послідовності нуклеотидів молекул нуклеїнових кислот (ДНК або вірусної РНК). В момент поділу клітини вона чи цілком (мітотичний поділ), чи частково (мейотичний поділ) передається кожній із дочірніх клітин.

8. Генотип реалізується в фенотипі в момент матричного синтезу білків та здатний змінюватися за рахунок мутацій й рекомбінацій. Фенотип утворюється за рахунок взаємодії генотипу організму із факторами оточуючого середовища.

9. Усі процеси життєдіяльності клітин забезпечуються органелами, а більшості багатоклітинних організмів - ще і тканинами і органами. Для усіх живих істот специфічна подразливість; усі функції переважної більшості багатоклітинних тварин регулює нервова (шляхом рефлексів), ендокринна (з допомогою гормонів й інших біологічно активних речовин) і імунна системи, тоді як в рослин й грибів - біологічно активні речовини (фітогормони і ін.).

10. Еволюція - це процес утворення адаптацій організмів до змін оточуючого середовища у послідовних рядах поколінь. Здатність живих істот і надорганізмових живих систем пристосовуватись до умов середовища - показник ступеня їх екологічної пластичності. Процес адаптацій здійснюється у елементарних еволюційних одиницях (популяціях) в середовищі біогеоценозів. Темпи еволюції залежні від швидкості зміни умов довкілля; вони різко зростають в момент біоценотичних криз. Процес еволюції необоротний.

11. Біологічний прогрес певного виду залежать від його можливості підтримувати оптимальну густоту (гомеостаз) деяких популяцій.

Вимирання чи виживання виду в момент біоценотичних криз залежне від його можливості швидко пристосовуватися до зміни середовища (еволюційна пластичність). Тому історичний час життя як окремого виду, так та надвидових груп (родів й т. д.) не залежне від ступеня морфологічного ускладнення і частоти зміни поколінь.

12. Біопродуктивність та біорізноманітність біосфери у періоди між кризами являється відносно стабільними показниками. Визначають їх максимально можлива продуктивність автотрофів й максимально повне засвоєння продуктів їх асиміляції у ланцюгах живлення.

13. Живі системи усіх рівнів організації здатні нормально функціонувати тільки за умови підтримання їх гомеостазу. Порушення гомеостазу тільки на одному із даних рівнів веде до структурно-функціональних змін на усіх інших.

14. Найменш інтегровані й, відповідно, вразливі для зовнішніх впливів популяційно-видовий, екосистемний, чи біогеоценотичний, й біосферний рівні. Зниження біорізноманіття веде до дестабілізації біогеоценозів, порушення ланцюгів живлення і зрештою спричиняє біоценотичні кризи. В власну чергу це здатний викликати біосферну кризу. Найзгубніше діють на стабільність надорганізмових біологічних систем ті фактори, інтенсивність дії котрих неперіодично змінюється та виходить за межі витривалості біологічних систем, головним чином антропогенні.

Щодо можливостей та переспектив використання досягненьт біології в забезпеченні життя людства:

Біологічні дослідження потрібні для створення наукових основ прогнозування й планування розвитку стабільного процвітаючого людського суспільства майбутнього. Для даного треба відвернути наявну загрозу біосферної кризи, котру у пресі нерідко звуть «екологічною». Специфічність загрози сучасної біоценотичної кризи, як та усіх майбутніх, - в змінах біосфери, викликаних господарською діяльністю людини.

Для створення екологічно стабільного суспільства, тобто ноосфери, людство має у найближчому майбутньому взяти під контроль зростання народонаселення; замість застосування невідновних ресурсів експлуатувати відновні; впровадити екологічно обгрунтовані технології збільшення виготовлення продуктів харчування; припинити винищення первинних лісів та перейти до промислового застосування вторинних й штучних лісонасаджень із наступним їх відновленням; зменшувати орозміри стічних вод, запроваджувати надійні способи для очищення і постійний

контроль за їх якістю, створювати замкнені системи водопостачання промислових й енергетичних об'єктів; проводити ефективний захист й відновлення природних екосистем.

Одне із важливих завдань біології - це вивчення біорізноманіття істот нашої планети. Воно далеко не завершене: учені-систематики вважають, що невідомими сучасній науці залишаються не менше мільйона видів зараз існуючих живих організмів.

В майбутньому селекціонери будуть ще ширше застосовувати штучні мутації для одержання високопродуктивних сортів сільськогосподарських рослин й промислових штамів мікроорганізмів. Штучні мутації теж потрібні для розроблення генетичних методів контролю чисельності популяцій шкідливих організмів, що у майбутньому унеможливить масове розмноження даних видів у агроценозах й людських поселеннях.

Великі перспективи має генетична (генна) інженерія. Окрім практичних напрямів (зростання продуктивності штамів мікроорганізмів, перенесення у клітини прокаріотів генів еукаріотів, котрі відповідають за синтез важливих сполук - вітамінів, гормонів, ферментів і т.п.), в майбутньому вона зможе розв'язувати глобальні проблеми. Так, в галузі боротьби з спадковими захворюваннями будуть знайдені методи вилучення із хромосом алельних генів - носіїв інформації про дані захворювання, з заміною на безпечні алелі, й інші способи відповідних змін генотипу, а теж штучні антимутаційні засоби для зниження частот нових, головним чином шкідливих, мутацій. Перенесення генів бульбочкових бактерій, котрі визначають здатність до фіксування атмосферного азоту, до каріотипу вищих рослин дало б змогу значної економії коштів, що витрачаються на виробництво та внесення азотних добрив, а теж знизило б небезпеку забруднення довкілля нітратами. Для подальшого розвитку генетичної інженерії створюють банки генів - колекції генів різних організмів, вбудованих в плазміди.

Широко застосовуватимуть в майбутньому генетично змінені, так звані трансгенні, чи генетично модифіковані, організми. Методами генетичної інженерії у геном рослин вводять деякі гени, що забезпечують стійкість до впливу пестицидів, шкідників, інших шкідливих факторів довкілля тошо. Так, створені сорти картоплі, до каріотипу котрих являлись приєднані бактеріальні гени, що робить дану рослину неїстівною для колорадського жука. Генетично змінені організми нерідко характеризуються високою продуктивністю та плодючістю, що здатний допомогти розв'язати проблему забезпечення людей продуктами харчування. Утім, широке використання подібних організмів потребує додаткових досліджень.

Чимало очікують в майбутньому від даної галузі біотехнології, як клітинна інженерія. Внаслідок штучного поєднання соматичних клітин організмів різноманітних видів, що здатні належати до різноманітних родин і рядів, буде отримано чимало високопродуктивних гібридів. Гібридизація соматичних клітин надає змогу створювати препарати, котрі підвищують стійкість організму до різних інфекцій, високопродуктивні популяції породи, сорти й штами промислових й сільськогосподарських організмів і т.п.

Дякуючи виділенню соматичних клітин із організму і перенесенню на поживні середовища уже створюють культури клітин (тканин) для одержання цінних речовин, що в значні мірі зменшить собівартість та припинить вилучення цілющих рослин і інших організмів із природи. Окрім того, адже соматичні клітини містять усю спадкову інформацію, притаманну особині, існує змогу вирощування із них значної кількості нащадків із ідентичними спадковими властивостями, тобто клонування.

Використання стовбурових клітин в медицині дасть змогу лікувати різні захворювання, в тому числі онкологічні, відновлювати ушкоджені органи, омолоджувати організм і т.п..

На прощання автори даної книжки бажають вам успіхів в вивченні і збереженні різного і чудового світу живої природи.

Використана література

1. https://yrok.net/lesson/katalog-urokiv/biolohiia/11/konspekt-uroku-osnovni-vlastivosti-zhivikh-sistem-mozhlivosti-i-perspektivi-zastosuvannya-dosyagnen-biologiji-u-zabezpechenni-isnuvannya-lyudstva.html
2. https://osvita.ua/vnz/reports/ecology/21347/
3. https://osvita.ua/vnz/reports/biolog/26530/
4. https://osvita.ua/vnz/reports/biolog/26140/
5. https://pidru4niki.com/77530/prirodoznavstvo/istorichniy_rozvitok_riznomanitnist_organichnogo_svitu
6. https://naurok.com.ua/test/istorichniy-rozvitok-i-riznomanitnist-organichnogo-svitu-7150.html
7. https://uahistory.co/pidruchniki/anderson-biology-9-class-2017/59.php
8. https://uahistory.co/pidruchniki/kycherenko-general-biology-11-class-2006/53.php
9. https://uahistory.co/dpa/dpa-answers-barna-biology-9-class-2020/84.php
10. https://uahistory.co/pidruchniki/ostapchenko-biology-9-class-2017/41.php
11. https://pidru4niki.com/1628041451691/ekologiya/krugoobig_rechovin_biosferi
12. https://osvita.ua/vnz/reports/biolog/27313/
13. https://uahistory.co/pidruchniki/zadorozhnij-biology-and-ecology-11-class-2019-standard-level/33.php

14. https://uahistory.co/pidruchniki/ostapchenko-biology-and-ecology-11-class-2019-standard-level/35.php
15. https://uahistory.co/pidruchniki/sobol-biology-9-class-2017-ua/52.php
16. https://osvita.ua/vnz/reports/biolog/26826/
17. https://subject.com.ua/biology/universal/200.html
18. https://acherontiella.livejournal.com/35651.html
19. https://subject.com.ua/gdz/biology/11klas_1/8.html
20. https://miyklas.com.ua/p/biologiya/9-klas/zakonomirnosti-uspadkuvannia-oznak-355880/vzayemodiia-geniv-358358/re-bcdc12f3-29cc-4cf0-9deb-c0c13c08d1cb
21. https://uahistory.co/pidruchniki/ostapchenko-biology-and-ecology-10-class-2018-standard-level/32.php
22. https://osvita.ua/vnz/reports/biolog/23154/
23. https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/3152/ontogenez
24. https://uahistory.co/compendium/biology-reference-notes-7-class-salo/50.php
25. https://disted.edu.vn.ua/courses/learn/4331
26. https://ternopilcity.gov.ua/dergavni-strukturi/ternopilske-miske-viddilennya-upravlinnya-vikonavchoi-direktsii-fondu-sotsialnogo-strahuvannya-ukraini-v-ternopilskiy-oblasti/23412.html
27. https://phc.org.ua/news/scho-take-vil-ta-yaki-sposobi-yogo-profilaktiki-isnuyut

28. https://uahistory.co/pidruchniki/sobol-biology-and-ecology-10-class-2018-standard-level/8.php
29. https://superagronom.com/slovnik-agronoma/fotosintez-id18434
30. https://osvita.ua/vnz/reports/biolog/27405/
31. https://uahistory.co/pidruchniki/ostapchenko-biology-9-class-2017/16.php
32. https://uk.wikipedia.org/wiki/
33. https://znanija.com/task/8250917
34. https://uahistory.co/pidruchniki/zadorozhnij-biology-and-ecology-10-class-2018/86.php
35. https://miyklas.com.ua/p/biologiya/9-klas/zberezhennia-ta-realizatciia-spadkovoyi-informatciyi-349681/rozmnozhennia-zhivikh-organizmiv-sposobi-podilu-klitin-393716/re-c3b3540a-87d3-4a30-ae73-bca8498c1816
36. https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/3574/klitinnij-cikl
37. https://naurok.com.ua/budova-klitin-prokariotiv-i-eukariotiv-101407.html
38. https://miyklas.com.ua/p/biologiya/9-klas/khimichnikh-sklad-klitin-328110/rol-nukleyinovikh-kislot-iak-nosiia-spadkovoyi-informatciyi-atf-ta-inshi_-329734/re-0b571ba7-f29e-47d6-b29d-5d53a470949b
39. https://www.znanius.com/4137.html
40. https://odesa.consumer.gov.ua/uk/131-voda-v-organizmi-lyudini-rol-i-vmist-2
41. https://uahistory.co/pidruchniki/sobol-biology-9-class-2017-ua/3.php
42. https://repo.snau.edu.ua/bitstream/123456789/3971/1/
43. https://osvita.ua/vnz/reports/biolog/26125/