



Іван Барна

БІОЛОГІЯ

ДОВІДНИК
школяра та абітурієнта

ЗАГАЛЬНА БІОЛОГІЯ
БОТАНІКА
ЗООЛОГІЯ
БІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ



Тернопіль
Видавництво «Підручники і посібники»
2016

ББК 74.262.8
Б24

Рецензент В. В. Грубінко, завідувач кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, доктор біологічних наук, професор

Редактор *Віктор Хіловський*
Обкладинка *Світлани Демчак*
Комп'ютерний набір: *Олег Давидов*

У виданні використано фотоматеріали із Інтернет-джерел:

www.vokrugsveta.com; uk.wikipedia.org/wiki; elite-realty.at.ua; ianimal.ru; infoglaz.ru; biomedicina.com.ua; pidruchniki.com; www.tkg.org.ua; financeofua.ru; animalworld.com.ua; svittvarin.narod.ru; penguins2009.narod.ru; pernatidruzi.org.ua; ptcyrus.info; www.animalsglobe.ru; svit-tvarin.net.ua; dic.academic.ru; damitrianism.wordpress.com; www.zoolog.com.ua; www.naturalist.if.ua; www.naturephoto-cz.com; aroundnature.ru; geology.lnu.edu.ua

Фото на таблиці 44: *Василь Козак*

Барна І.

Б 24 Біологія : довідник школяра та абітурієнта / І. Барна. — Тернопіль : Підручники і посібники, 2016. — 768 с.: іл.

ISBN 978-966-07-2756-4

Довідник містить теоретичний матеріал з основних питань сучасної біології, зокрема таких її галузей, як загальна біологія, цитологія, гістологія, морфологія, фізіологія, біохімія, біофізика, систематика, географія таксонів, загальна екологія, еволюційне вчення, генетика, селекція, мікробіологія.

Для учнів загальноосвітніх шкіл, абітурієнтів, студентів, учителів та всіх, хто цікавиться біологією.

ББК 74.262.8

Навчальне видання

Барна Іван Васильович

БІОЛОГІЯ

Довідник школяра та абітурієнта

Формат 70×100/16. 62,21 ум. др. арк., 55,39 обл.-вид. арк. Тираж 1500. Замовлення № 16-018

Видавець і виготовлювач Редакція газети «Підручники і посібники».

46000, м. Тернопіль, вул. Поліська, 6а. Тел.: (0352) 43-15-15; 43-10-21.

Збут: zbut@pp-books.com.ua Редакція: red@pp-books.com.ua Виробництво: print@pp-books.com.ua

www.pp-books.com.ua

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи

до державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції

серія ДК № 4678 від 21.01.2014 р.

Книга-поштою: а/с 376, Тернопіль, 46011.

Тел.: (0352) 42-43-76; 097-50-35-376

ISBN 978-966-07-2756-4

©Барна І. В., 2016

ЗМІСТ

Передмова	16
ВСТУП	17
БІОЛОГІЯ — НАУКА ПРО ЖИВУ ПРИРОДУ	17
Зв'язки біології з іншими науками. Структура біологічних наук	17
Рівні організації живої природи	18
Рівні організації структури тіла	19
Основні методи біологічних досліджень	19
Наукові поняття біології	19
Проблеми пізнання суті життя	20
Основні ознаки живого	21
Розділ I. МОЛЕКУЛЯРНИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ	23
ХІМІЧНИЙ СКЛАД ЖИВИХ ОРГАНІЗМІВ. БІОЛОГІЧНО ВАЖЛИВІ РЕЧОВИНИ	23
Особливості хімічного складу живих організмів	23
ВОДА	26
Структура води	26
Властивості води	27
НЕОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ В ОРГАНІЗМАХ	29
ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ	30
Вуглеводи	30
Ліпіди	33
Амінокислоти	35
Білки	40
Ферменти	47
НУКЛЕЇНОВІ КИСЛОТИ	52
Дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК)	52
Рибонуклеїнова кислота (РНК)	58
Аденозинтрифосфатна кислота (АТФ) та її функції	60
Розділ II. КЛІТИННИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ	61
ОРГАНІЗАЦІЯ КЛІТИНИ	61
Клітина — основна структурно-функціональна одиниця організмів	61
Історія цитологічних досліджень. Клітинна теорія	61
Методи цитологічних досліджень	62
Загальні відомості про будову прокариотних та еукаріотних клітин	65
НАДМЕМБРАННІ ТА ПІДМЕМБРАННІ КОМПЛЕКСИ КЛІТИН	71
Надмембранні комплекси клітин. Будова й функції клітинних мембран	71
Підмембранні комплекси клітин	80
ЯДРО — СИСТЕМА ЗБЕРЕЖЕННЯ, ВІДТВОРЕННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЇ СПАДКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ	82
ЦИТОПЛАЗМА	88
ОДНОМЕМБРАННІ ОРГАНЕЛИ (ВАКУОЛЯРНА СИСТЕМА)	90
ДВОМЕМБРАННІ ОРГАНЕЛИ	102
Розділ III. ПОДІЛ КЛІТИНИ	118
ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ КЛІТИН	118
Клітинний цикл	118

Репродукція клітин	119
Мітоз	119
Мейоз	121
Амітоз	124
Ендомітоз	125
Розділ IV. ОБМІН РЕЧОВИН ТА ЕНЕРГІЇ	126
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕСІВ ОБМІНУ РЕЧОВИН ТА ЕНЕРГІЇ	126
Взаємозв'язок між анаболізмом і катаболізмом	126
Загальні закономірності обміну речовин	126
ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ОБМІН	128
ФОТОСИНТЕЗ	129
Екологія фотосинтезу	135
Добові та сезонні ритми фотосинтезу	138
Бактеріальний фотосинтез	138
ХЕМОСИНТЕЗ	139
МАТРИЧНИЙ СИНТЕЗ БІОЛОГІЧНИХ ПОЛІМЕРІВ	140
Біосинтез нуклеїнових кислот	140
Біосинтез білка. Основні етапи матричного синтезу білка	143
Взаємодія біополімерів і метаболічних процесів	144
ОБМІН РЕЧОВИН, ЕНЕРГІЇ ТА ІНФОРМАЦІЇ У БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ	145
Пластичний обмін	145
Енергетичний обмін	145
Інформаційний обмін	146
ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ БІОЛОГІЧНОЇ РЕГУЛЯЦІЇ.....	147
Механізми біологічної регуляції	147
Хромосомна регуляція	148
Розділ V. НЕКЛІТИННІ ФОРМИ ЖИТТЯ	149
ВІРУСИ	149
Будова, хімічний склад і властивості вірусів	149
Класифікація, деякі властивості та представники вірусів тварин і людини	151
Розмноження вірусів. Основні етапи взаємодії вірусу й клітини	152
Бактеріофаги	154
Циркуляція вірусів у природі	154
Походження і природа вірусів	155
ІНШІ НЕКЛІТИННІ ФОРМИ ЖИТТЯ	159
Пріони.....	159
Віроїди.....	160
Розділ VI. ОРГАНІЗМОВИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ	161
ОСОБЛИВОСТІ ПРОКАРІОТІВ ТА ЇХ МІСЦЕ В СИСТЕМІ ЖИВИХ ІСТОТ	161
Бактерії	161
Ціанобактерії.....	165
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЦАРСТВА РОСЛИНИ.....	167
Життєві функції рослинного організму	167
Роль рослин у природі та у житті людини	167
Життєві форми рослин	168
Принципи класифікації рослин	169
Тканини багатоклітинних рослин, їх будова та функції	170

Твірні тканини	170
Покривні тканини	171
Провідні тканини	171
Основні тканини	172
Механічні тканини	173
Видільні тканини	174
Органи рослин	175
Корінь, його будова та функції	175
Ґрунт і його значення для рослин	180
Пагін, особливості його будови та функції	183
Стебло, його функції та різноманітність	190
Листок та особливості його будови	194
Генеративні органи рослин	204
Квітка, її будова та функції. Різноманітність квіток	204
Суцвіття, їх різноманіття та біологічне значення	210
Запилення	211
Подвійне запліднення в покритонасінних рослин	213
Насіння	215
Плоди	218
Значення квіток, плодів і насіння в житті людини	221
Відтворення та розмноження рослин	222
Рослина — цілісний інтегрований організм. Взаємозв'язок органів рослини	225
ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІЙ РОСЛИННОГО ОРГАНІЗМУ	226
Живлення	226
Дихання	226
Транспортування речовин	226
Рухи та подразливість рослин	226
Ріст	228
Розмноження	228
Розвиток	228
Регуляція процесів життєдіяльності рослинного організму	229
НАДЦАРСТВО ЯДЕРНІ ОРГАНІЗМИ, АБО ЕУКАРІОТИ (EUCARIOTA)	232
Царство РОСЛИНИ (PLANTAE)	232
Підцарство СПРАВЖНІ ВОДРОСТІ (PHYCOBIONTA)	232
Відділ ЗЕЛЕНІ ВОДРОСТІ (CHLOROPHYTA)	235
Клас Вольвоксові (Volvocophyceae)	236
Клас Протококові (Protococophyceae)	237
Клас Кон'югати (Conjugatophyceae)	237
Клас Улотрикові (Ulotrichophyceae)	238
Відділ ДІАТОМОВІ ВОДРОСТІ (BACILLARIOPHYTA)	239
Клас Пеннатні (Pennatophyceae)	241
Відділ БУРІ ВОДРОСТІ (PHAEOPHYTA)	241
Клас Феозоспорові (Phaeozosporophyceae)	242
Клас Циклоспорові (Cyclosporophyceae)	243
Відділ ХАРОВІ ВОДРОСТІ (CHAROPHYTA)	243
Підцарство ЧЕРВОНІ ВОДРОСТІ, або БАГРЯНКИ (RHODOPHYTA)	243

Клас Бангієві (Bangiophyceae)	245
Клас Флоридієві (Florideophyceae)	245
Підцарство ВИЩІ РОСЛИНИ (EMBRIOBIONTA)	247
Відділ МОХОПОДІБНІ (BRYOPHYTA)	248
Клас Антоцеротові (Anthocerotopsida)	248
Клас Печіночники (Hepatopsida)	249
Клас Листостеблові, або Справжні мохи (Bryopsida)	250
Відділ ПЛАУНОПОДІБНІ, або ЛІКОПОДІОФІТИ (LYCOPODIOPHYTA)	253
Клас Плауноподібні, або Лікоподіопсиди (Lycopodiopsida)	254
Відділ ХВОЩЕПОДІБНІ, або ЕКВІЗЕТОФІТИ (EQUISETOPHYTA)	256
Клас Хвощеподібні, або Еквізетопсиди (Equisetopsida)	257
Відділ ПАПОРОТЕПОДІБНІ, або ПОЛІПОДІОФІТИ (POLYPODIOPHYTA)	259
Клас Поліподіопсиди (Polypodiopsida)	259
НАСІННІ РОСЛИНИ	262
Відділ ГОЛОНАСІННІ (GYMNOSPERMATOPHYTA, або GYMNOSPERMAE)	262
Клас Гінкгові, або Гінкгопсиди (Ginkgoopsida)	263
Клас Саговникові, або Цикадопсиди (Cycadopsida)	263
Клас Гнетові, або Гнетопсиди (Gnetopsida)	264
Клас Хвойні, або Пінопсиди (Pinopsida)	265
Відділ МАГНОЛІОФІТИ, КВІТКОВІ, або ПОКРИТОНАСІННІ (MAGNOLIOPHYTA, ANTHOPHYTA, або ANGIOSPERMAE)	269
Клас Магноліопсиди, або Дводольні (Magnoliopsida, або Dicotyledones)	271
Клас Ліліопсиди, або Однодольні (Liliopsida, або Monocotyledones)	280
ЦАРСТВО ГРИБИ (MYCETALIA)	285
Відділ Гриби (Mycophyta, або Mycota)	287
Клас Хітридіоміцети (Chytridiomycetes)	287
Клас Ооміцети (Oomycetes)	287
Клас Зигоміцети (Zygomycetes)	287
Клас Аскоміцети (Ascomycetes)	288
Клас Базидіоміцети (Basidiomycetes)	289
Клас Дейтероміцети, або Незавершені гриби (Deuteromycetes, або Fungiimperfecti)	294
Відділ ЛИШАЙНИКИ (LICHENOPHYTA)	296
Клас Сумчасті лишайники (Ascolichenaes)	300
Клас Базидіальні лишайники (Basidiolichenes)	302
ЦАРСТВО ТВАРИНИ (ANIMALIA)	303
Подібність та відмінність тварин і рослин	303
Зоологія — наука про тварин	303
Загальна характеристика царства Тварини	304
Принципи класифікації тварин. Наукові назви тварин	305
Різноманітність тварин, особливості їх поширення	306
Підцарство ОДНОКЛІТИННІ (PROTOZOA)	307
Тип Саркомастигофори (Sarcostigiphora)	309
Підтип Саркодові (Sarcodina)	309
Клас Кореніжки (Rhizopoda)	309
Клас Променяки, або Радіолярії (Radiolaria)	311
Клас Джгутиконосці (Mastigophora, або Flagellata)	312
Клас Споровики (Sporozoa)	313

Тип Інфузорії (Infusoria, або Ciliata)	314
Клас Війчасті інфузорії (Ciliata)	314
Підцарство БАГАТОКЛІТИННІ (METAZOA)	316
Розділ СПРАВЖНІ БАГАТОКЛІТИННІ (EUMETAZOA)	317
Підрозділ ПРОМЕНЕВІ (RADIATA)	317
Тип Губки (Porifera, або Spongia)	317
Тип Кишковопорожнинні (Coelenterata)	320
Клас Гідроїдні (Hydrozoa)	321
Клас Сцифоїдні медузи (Scyphozoa)	322
Клас Коралові поліпи (Anthozoa)	323
Підрозділ ДВОБІЧНОСИМЕТРИЧНІ (BILATERALIA)	324
Тип Плоскі черви (Plathelminthes)	324
Клас Війчасті черви, або Турбеллярії (Turbellaria)	324
Клас Сисуни або Трематоди (Trematoda)	325
Клас Стьожкові черви, або Цестооди (Cestoidea)	327
Тип Первиннопорожнинні, або Круглі черви (Nemathelminthes)	330
Клас Нематоди, або Круглі черви (Nematoda)	331
Тип Кільчасті черви, або Анеліди (Annelides)	333
Клас Багатощетинкові черви, або Поліхети (Polychaeta)	334
Клас Малоощетинкові черви, або Олігохети (Oligochaeta)	336
Клас П'явки (Hirudinea)	338
Тип Молюски (Mollusca)	341
Клас Двостулкові молюски (Bivalvia)	342
Клас Черевоногі молюски (Gastropoda)	344
Клас Головоногі молюски (Cephalopoda)	346
Тип Членистоногі (Arthropoda)	348
Підтип Зябродишні (Branchiata)	349
Надклас Ракоподібні (Crustacea)	349
Клас Зяброногі ракоподібні (Branchiopoda)	352
Підтип Хеліцерові (Chelicerata)	354
Клас Павукоподібні, або Арахніди (Arachnida)	354
Ряд Павуки (Aranei)	354
Підтип Трахейні (Tracheata)	356
Клас Комахи (Insecta, або Hexapoda)	356
Відділ Комахи з неповним перетворенням (Hemimetabola)	360
Ряд Тарганові (Blattodea)	360
Ряд Прямокрилі (Orthoptera)	360
Ряд Бабки (Odonata)	360
Ряд Воші (Anoplura)	361
Відділ Комахи з повним перетворенням (Holometabola)	361
Ряд Жуки, або Твердокрилі (Coleoptera)	361
Ряд Лускокрилі, або Метелики (Lepidoptera)	362
Ряд Перетинчастокрилі (Hymenoptera)	363
Ряд Двокрилі, або Мухи (Diptera)	365
Підряд Довговусі двокрилі (Nematocera)	365
Підряд Коротковусі двокрилі (Brachycera)	366
Ряд Блохи (Siphonaptera)	367

Тип Хордові (Chordata)	367
Підтип Безчерепні (Acrania)	368
Клас Ланцетники, або Головохордові (Amphioxi, або Cephalochordata)	368
Підтип Хребетні, або Черепні (Vertebrata, або Craniata)	370
Надклас риби (Pisces)	371
Клас Хрящові риби (Chondrichthyes)	371
Підклас Пластинчастозяброві (Elasmobranchii)	372
Надряд Акули (Selachomorpha)	372
Надряд Скати (Batomorpha)	373
Клас Кісткові риби (Osteichthyes)	374
Підклас Променепері риби (Actinopterygii)	377
Надряд Ганоїдні (Ganoidomorpha)	377
Надряд Костисті риби (Teleostei)	378
Ряд Оселедцеподібні (Clupeiformes)	378
Ряд Лососеподібні (Salmoniformes)	378
Ряд Окунеподібні (Perciformes)	379
Ряд Коропоподібні (Cypriniformes)	379
Підклас Лопатепері (Sarcopterygii)	380
Надряд Кистепері (Crossopterygii)	380
Надряд Дводишні риби (Dipnoi, або Dipneustomorpha)	381
Клас Земноводні, або Амфібії (Amphibia)	381
Ряд Безхвості земноводні (Ecaudata, або Anura)	385
Ряд Хвостаті земноводні (Urodela, або Caudata)	386
Ряд Безногі земноводні (Apoda, або Gymnophiona)	386
Клас Плазуни, або Рептилії (Reptilia)	387
Ряд Лускаті (Squamata)	389
Підряд Ящірки (Sauria)	389
Підряд Змії (Ophidia, Serpentes)	391
Ряд Черепахи (Testudines)	392
Ряд Крокодили (Crocodylia)	392
Підтип Хребетні, або Черепні (Vertebrata, або Craniata)	393
Клас Птахи (Aves)	393
Надряд Пінгвіни (Impennes)	401
Ряд Пінгвіни (Sphenisciformes)	401
Надряд Типові, або Новопіднебінні птахи (Neognathae)	402
Ряд Страуси (Struthioniformes)	402
Ряд Нанду (Rheiformes)	402
Ряд Ему та Казуари (Casuariiformes)	402
Ряд Ківі (Apterygiformes)	403
Надряд Кільогруді птахи (Carinatae, або Volantes)	403
Ряд Дятли (Picariae)	403
Ряд Куроподібні (Galliformes)	403
Ряд Гусеподібні (Anseriformes)	404
Ряд Денні хижі птахи (Accipitres, або Falconiformes)	405
Ряд Совоподібні (Strigiformes)	406
Ряд Лелекоподібні (Ciconiiformes)	407
Ряд Журавлеподібні (Gruiformes)	409

Ряд Горобцеподібні (Passeriformes)	409
Підряд Співочі (Oscines)	410
Клас Ссавці (Mammalia)	411
Підклас Яйцекладні, або Першозвірі (Prototheria)	420
Ряд Однопрохідні (Monotremata)	420
Підклас Сумчасті (Marsupialia)	421
Підклас Плацентарні, або Справжні звірі (Eutheria)	421
Ряд Комахоїдні (Insectivora)	421
Ряд Рукокрилі (Chiroptera)	422
Ряд Гризуни (Rodentia)	423
Рід Ондатра (Ondatra)	424
Ряд Хижі (Carnivora)	424
Ряд Ластоногі (Pinnipedia)	426
Ряд Китоподібні (Cetacea)	427
Підряд Китоподібні (Balaenimorpha), Беззубі кити, або «Вусаті кити» (Mysticeti)	427
Підряд Дельфіноподібні (Delphinimorpha), або Зубаті кити (Odontoceti)	430
Ряд Парнокопитні (Artiodactyla)	430
Підряд Свиноподібні, або Нежуйні (Suimorpha)	430
Підряд Жуйні (Ruminantia)	431
Ряд Непарнокопитні (Perissodactyla)	431
Ряд Примати (Primates)	432
Підряд Напівмаври (Prosimii)	432
Підряд Людиноподібні, або Вищі примати (Anthropoidea)	432
Розділ VII. БІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ	435
ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ ЯК ЦІЛІСНА БІОЛОГІЧНА СИСТЕМА	435
Біологічні науки, що вивчають людину	435
Поняття про здоров'я і хворобу людини	435
Поняття про біологічні системи	436
Органи, фізіологічні та функціональні системи органів	436
Функціональна організація організму	438
Тканини людини, їх класифікація та взаємозв'язки	438
Внутрішнє середовище організму: кров, тканинна рідина, лімфа. Гомеостаз, шляхи його забезпечення	444
ОПОРА І РУХ	445
Опорно-рухова система людини, її функції та значення	445
Будова, склад, властивості кісток та їх ріст	445
Форми кісток організму людини	447
Типи з'єднання кісток (переривчасті та безперервні). Будова й типи суглобів	448
Будова скелета людини: голови, тулуба, верхніх і нижніх кінцівок та їхніх поясів	450
Кістки верхньої кінцівки	454
Кістки нижньої кінцівки	456
М'язи як частина опорно-рухової системи	458
Втома та її фізіологічні причини. Запобігання перевтомленню м'язів. Чергування навантаження та відпочинку	462
Основні групи м'язів організму в людини: м'язи голови, шиї, тулуба, верхніх і нижніх кінцівок	464

КРОВ І ЛІМФА	467
Кров. Хімічний склад крові	467
Фізико-хімічні властивості крові	467
Функції крові	468
Поняття про систему крові	470
Плазма крові	470
Формені елементи крові	471
Система згортання крові	475
Групи крові	479
Імунітет. Види імунітету.....	480
Алергічні реакції організму.....	483
Кровотворення та його регуляція	484
Будова серця	485
Автоматія серця	487
Серцевий цикл	488
Робота серця та її регуляція	489
Гуморальна регуляція функції серця	490
Кровоносні судини	490
Депо крові	492
Велике та мале кола кровообігу	493
Кров'яний тиск	495
Артеріальний пульс	496
Капілярний рух крові	496
Рух крові у венах	497
Регуляція кровообігу	498
Гуморальна регуляція судинного тонусу	499
Лімфатична система	500
ДИХАННЯ	503
Функції та будова органів дихання людини	504
Газообмін у легенях і тканинах	507
ЖИВЛЕННЯ І ТРАВЛЕННЯ	511
Будова та функції органів травлення	511
Травні залози (печінка, підшлункова залоза)	515
Травлення у ротовій порожнині	518
Функція стравоходу	520
Травлення в шлунку	520
Травлення у тонкій кишці	521
Травлення у товстій кишці	524
Всмоктування поживних речовин	524
Регулятори споживання їжі	525
Обмін речовин та енергії	526
Вітаміни	531
ВИДІЛЕННЯ	532
Системи, що забезпечують виділення продуктів метаболізму (сечовидільна, дихальна, травна, шкіра)	532
Видільна функція шкіри	532
Видільна функція печінки й травного тракту	533

Видільна функція легень і верхніх дихальних шляхів	533
Видільна функція нирок	533
Будова нирок	534
Сечоутворення	536
Регуляція функції нирок	539
ШКІРА	540
Будова та функції шкіри	540
Залози шкіри	542
Функції шкіри	543
Загартовування	545
ЕНДОКРИННА РЕГУЛЯЦІЯ ФУНКЦІЙ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ	546
Роль ендокринної системи у забезпеченні процесів життєдіяльності. Залози зовнішньої секречії, внутрішньої та змішаної секречії	546
Гормони, їхня хімічна природа та функції	547
Види, шляхи й механізми дії гормонів	547
Ланки синтезу й секречії гормонів	548
Основні залози внутрішньої секречії людини та їхні функції: гіпофіз, щитоподібна й підшлункова залози, наднирники, тимус (загрудинна, або вилочкова, залоза); основні гормони, які вони виробляють	549
Тканинні гормони	553
Особливості гуморальної регуляції життєвих функцій організму людини	554
РОЗМНОЖЕННЯ ТА РОЗВИТОК ЛЮДИНИ	555
Етапи онтогенезу людини. Генетичне визначення статі	555
Формування статевих ознак	556
Будова статевих органів	557
Розвиток статевих клітин. Менструальний цикл	558
Зaplіднення	559
Ембріональний розвиток. Функції плаценти	560
Вагітність	560
Постембріональний розвиток людини	562
НЕРВОВА РЕГУЛЯЦІЯ ФУНКЦІЙ ЛЮДСЬКОГО ОРГАНІЗМУ	563
Нервова система, її значення в регуляції та узгодженні функцій організму людини	563
Будова та види нейронів	564
Нейроглія.....	565
Нерви, нервові вузли та нервові центри	565
Поняття про нервовий імпульс та механізм його передачі	566
Рефлекторний принцип діяльності нервової системи	566
Безумовні та умовні рефлекси	567
Центральна та периферична нервова система людини	568
Вегетативна (автономна) нервова система	579
Функціональне значення вегетативної нервової системи	579
Взаємозв'язок нервової та гуморальної регуляції в організмі людини	281
СПРИЙНЯТТЯ ІНФОРМАЦІЇ. СЕНСОРНІ СИСТЕМИ	582
Сенсорні системи, їх значення	582
Класифікація рецепторів	583
Механізми рецепції	583
Перетворення сигналів на інформацію	584

Будова та функції органа зору	584
Сприйняття зображення предметів	586
Світлосприймальна система ока	588
Сприймання простору	590
Рухи очей	591
Обробка зорової інформації	592
Присінково-завитковий орган	592
Механізм сприймання звуку	594
Сприймання й розрізнення звуків	595
Сприймання сили (інтенсивності звуку)	595
Гравітаційна сенсорна система	596
Орган нюху	597
Орган смаку	598
Больова рецепція	600
Пропріорецепція	601
Інтероцепція	601
Взаємодія сенсорних систем	602
ПОВЕДІНКА ТА ПСИХІКА ЛЮДИНИ	602
Вища нервова діяльність	602
Безумовні рефлекси. Інстинкти	603
Умовні рефлекси	604
Взаємодія гальмування й збудження в корі великого мозку	606
Динамічний стереотип	606
Пам'ять та її види	607
МИСЛЕННЯ І СВІДОМІСТЬ	608
Мислення і мова	608
Фізіологічні основи мовлення	609
Свідомість	610
Перша сигнальна система	611
Друга сигнальна система	611
Відчуття	611
Сприйняття (сприймання)	611
Увага	612
Мотивація	612
Емоції	613
Особистість	614
Типи темпераменту. Характер	614
Обдарованість. Здібності	616
Сон і його значення	616
Розділ VIII. ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ ОРГАНІЗМІВ	619
РОЗМНОЖЕННЯ ОРГАНІЗМІВ	619
Форми розмноження організмів (нестатеве, статеве)	619
Нестатеве розмноження одноклітинних організмів	619
Статеве розмноження	619
Гермафродитизм	620
Партеногенез	621
Клон. Клонування організмів	621

Статеве розмноження. Процес формування статевих клітин. Чоловічі статеві клітини (сперматозоїди)	622
Жіночі статеві клітини (яйцеклітини)	624
ІНДИВІДУАЛЬНИЙ РОЗВИТОК ОРГАНІЗМІВ	628
Осіменіння та запліднення	628
Дроблення	629
Бластула	630
Гастрюляція	630
Нейруляція	632
Зародкові листки та їх похідні	633
Стовбурові клітини	634
Явище ембріональної індукції	636
Провізорні органи	636
Плацента	637
Критичні періоди розвитку	638
Система мати — плід	638
Постембріональний розвиток. Ріст організму	638
Регенерація	639
Періоди розвитку організму	640
Прямий і непрямий розвиток	640
Життєвий цикл. Прості та складні життєві цикли	642
Гетерофазне чергування у рослин	642
СПАДКОВІСТЬ І МІНЛИВІСТЬ ОРГАНІЗМІВ	643
Генетика — наука про закономірності спадковості й мінливості організмів	643
Етапи розвитку генетики	644
Основні генетичні символи і поняття	645
Методи генетичних досліджень	646
Особливості гібридологічного методу	647
Закономірності спадковості, встановлені Г. Менделем	647
Гіпотеза чистоти гамет (Г. Мендель, 1865). Закон чистоти гамет (У. Бетсон, 1902)	649
Моногібридне схрещування при неповному домінуванні (проміжному успадкуванні) ознак	649
Аналізуюче схрещування	650
Дигібридне схрещування. Закон незалежного спадкування неалельних генів.....	650
Фенотипний радикал	652
Полігібридне схрещування	652
Типи взаємодії генів	652
Комплементарна (доповнювальна) дія генів	653
Епістаз	655
Полімерія	655
Некумулятивна полімерія	656
Дія генів-модифікаторів	656
Множинний алелізм	657
Плейотропія	658
Спадкування ознак, зчеплених зі статтю	658
Пенетрантність та експресивність	660
Зчеплене успадкування, кросинговер. Лінійне розташування генів. Генетичні карти.....	660

Основні положення хромосомної теорії спадковості	663
Генетика популяцій. Закон Харді-Вайнберга.....	663
ЗАКОНОМІРНОСТІ МІНЛИВОСТІ	664
Мутаційний процес	664
Модифікаційна (неспадкова) мінливість, її властивості й статистичні закономірності. Норма реакції. Варіаційний ряд і варіаційна крива	665
Загальні властивості модифікацій	668
Комбінативна мінливість	669
Мутаційна мінливість	669
Мутаційні фактори	671
ГЕНЕТИКА ЛЮДИНИ	672
Методи генетики людини	672
Медична генетика	674
Організація генотипу у різних груп організмів	675
Основні закономірності організації та функціонування генів у прокаріотів	675
Основні закономірності функціонування генів в еукаріотів	676
Цитоплазматична спадковість	676
Закон гомологічних рядів у спадковій мінливості	677
СЕЛЕКЦІЯ	678
Завдання та методи селекції	378
Штучний добір, його форми	679
Системи схрещувань організмів: внутрішньовидова гібридизація (споріднене — <i>інбридинг</i> та неспоріднене — <i>аутбридинг</i>)	680
Міжвидова (віддалена) гібридизація	681
Гетерозис	681
Особливості селекції рослин	681
Особливості селекції тварин	682
Основні методи селекції мікроорганізмів	684
Поліплоїдія	685
Центри різноманітності та походження культурних рослин	686
Основні центри одомашнення тварин	686
Біотехнологія	687
Генна інженерія	687
Клітинна інженерія	689
Химерні організми	689
Трансгенні організми (генетично модифіковані організми)	689
Розділ ІХ. НАДОРГАНІЗМОВІ РІВНІ ЖИТТЯ	691
ЕКОЛОГІЯ	691
Визначення, предмет і завдання екології	691
Екологічні явища, стани та процеси	691
Надорганізові рівні організації життя	691
Екологічні фактори: абіотичні, біотичні, антропогенні	692
Вплив лімітуючих факторів на організм. Закон мінімуму	692
Принцип екологічної толерантності	693
Екологічна валентність виду та біоіндикація.....	694
Зміст екологічних законів	965
Форми біотичних зв'язків	696

Адаптація	998
Адаптивні біологічні ритми організмів	699
Фотоперіодизм	701
Сезонні зміни у житті рослин	702
Сезонні зміни в житті тварин	703
Основні середовища існування організмів	704
Вид. Ареал. Екологічна ніша. Критерії виду. Структура виду	709
ПОПУЛЯЦІЙНО-ВИДОВИЙ ТА ЕКОСИСТЕМНИЙ РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ	711
Популяція. Характеристика популяції	711
Екосистеми, їх склад та різноманіття	716
Біоценоз	718
Біогеоценоз	718
Перетворення енергії в екосистемах	720
Потік енергії та продуктивність у кормових мережах	720
Типи ланцюгів живлення	721
Піраміди в екології	722
Розвиток екосистем. Сукцесії. Саморегуляція екосистем	722
Агроценози	725
БІОСФЕРНИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ	726
Біосфера	726
Ноосфера	727
Жива речовина біосфери, її властивості й функції	727
Колообіг речовин та потоки енергії в біосфері як необхідні умови її існування	729
Колообіг води	730
Колообіг Карбону	730
Колообіг Нітрогену	732
Колообіг Фосфору	733
Колообіг Сульфуру	733
Сучасні екологічні проблеми	734
Охорона та раціональне використання природних ресурсів	735
Природоохоронні заходи. Законодавчі акти про природно-заповідний фонд	736
Категорії природно-заповідного фонду. Природоохоронні комплекси	740
ОСНОВИ ЕВОЛЮЦІЙНОГО ВЧЕННЯ	742
Еволюція	742
Еволюційна гіпотеза Ж.-Б. Ламарка	743
Еволюційна теорія Ч.-Р. Дарвіна	743
Види природного добору	746
Докази еволюції органічного світу	746
ІСТОРИЧНИЙ РОЗВИТОК ОРГАНІЧНОГО СВІТУ. СУЧАСНА СИСТЕМА	
ОРГАНІЧНОГО СВІТУ	761
Принципи класифікації організмів. Таксономічні одиниці	761
Основні події, що відбувались у різні геологічні періоди Землі	763

ПЕРЕДМОВА

Формування сучасного наукового світогляду передбачає оволодіння основами знань з природничих наук. Біологія посідає серед них одне з чільних місць, оскільки відіграє провідну роль у розв'язанні таких актуальних проблем сучасності як взаємодія людини й біосфери, раціональне використання природних ресурсів, доводить, що прискорення науково-технічного прогресу має обов'язково поєднуватися з бережливим ставленням до них, ураховуючи закономірності існування живої природи. Досягнення біології вражають своєю глибиною і різноманіттям проникнення у проблеми існування живого. Вони стосуються усіх без винятку сфер людського існування — від суто прагматичних до пізнавальних й естетичних.

У пропонованому довіднику висвітлено основні питання сучасної біології, зокрема таких її галузей як загальна біологія, цитологія, гістологія, морфологія, фізіологія, біохімія, біофізика, систематика, географія таксонів, загальна екологія, еволюційне вчення, генетика, селекція, мікробіологія.

Деякі матеріали в довіднику подано конспективно, але більшість — дещо ширше для створення повнішого уявлення про той чи інший розділ біології. Додаткові пізнавальні матеріали та цікаві факти до відповідних тем містяться у рубриках «і+». Поряд із загальнонавчаними поняттями й термінами використано й наукову термінологію. Це полегшить поглиблене засвоєння матеріалу у вищих навчальних закладах

У вступній частині розглянуто зв'язки біології з іншими науками, наукові поняття та методи біологічних досліджень, основні ознаки живого та рівні організації живої матерії. Далі виклад матеріалу продовжують розділи «Молекулярний рівень організації життя», «Клітинний рівень організації життя», «Поділ клітини», «Обмін речовин та енергії», «Неклітинні форми життя», «Організмний рівень організації життя», «Біологія людини», «Основні властивості організмів», «Надорганізмні рівні життя».

Текст довідника ілюстрований. Уміщені в ньому малюнки, світлини, схеми й таблиці полегшують сприйняття матеріалу та сприяють його запам'ятовуванню. Довідник допоможе швидко повторити вивчений раніше матеріал, підготуватися до державних підсумкових атестацій, предметних олімпіад, турнірів, зовнішнього незалежного оцінювання. Він стане у пригоді абітурієнтам, учителям біології, студентам-першокурсникам та всім, хто цікавиться біологією.

Автор свідомий того, що довідник не позбавлений недоліків, а тому будь-яку доброзичливу критику буде сприйнято з вдячністю.

Автор

ВСТУП

БІОЛОГІЯ — НАУКА ПРО ЖИВУ ПРИРОДУ

Біологія (від грецьк. *bios* — *життя* і *logos* — *слово, наука*) — комплекс наук про живу природу, предметом яких є всі прояви життя: будова й функції живих істот, їх походження й розвиток, а також взаємозв'язок з навколишнім середовищем.

Термін «біологія» незалежно один від одного запропонували 1802 р. французький учений Ж. Б. Ламаркі німецький учений Г. Р. Тревіранус. Цей термін застосовують у своїх працях Т. Роозе (1797) і К. Бурдах (1800).

Біологія вивчає життя як специфічну форму існування матерії, досліджує її структурні й генетичні зв'язки (фізичні, хімічні) з іншими формами матерії, а також процеси, що відбуваються в організмах; будову організмів, функції, походження, розвиток, поширення, виникнення природних угруповань; їх взаємовідносини та взаємодію з неживими компонентами навколишнього середовища.

Сучасна біологія — це складний комплекс дисциплін, кожна з яких має свій предмет вивчення, завдання, об'єкти дослідження, проблеми й методи.

Завдання сучасної біології полягає в глибокому пізнанні сутності життя та закономірностей його виявів, що дає можливість перетворення живої природи в інтересах людини.

Біологія має вагомим практичне й теоретичне значення. Досягнення біології широко використовують у медицині, сільському господарстві, лісівництві тощо.

Результати біологічних досліджень лежать в основі багатьох виробничих процесів харчової, мікробіологічної, текстильної, фармацевтичної галузей промисловості. Лише на основі даних біології можлива правильна організація охорони природи, раціональне використання біологічних ресурсів, підвищення біологічної продуктивності.

Біологія має велике світоглядне значення і впливає на розвиток філософії.

Зв'язки біології з іншими науками. Структура біологічних наук

Біологія разом з фізикою, хімією, астрономією і геологією належить до природничих наук, предметом вивчення яких є природа. Біологія вивчає всю різноманітність живих організмів та їх життєдіяльність, а решта дисциплін — неживу природу.

Біологія тісно пов'язана з іншими природничими дисциплінами, зокрема:

i+

- **біохімія та біофізика** вивчають хімічні реакції та фізико-хімічні процеси в живих організмах;
- **палеонтологія** вивчає викопні рештки організмів, їх сліди, відбитки; намагається реконструювати їх зовнішній вигляд, біологічні особливості, способи живлення, розмноження тощо;
- під час вивчення успадкування у схрещуваннях статистичних закономірностей модифікаційної мінливості та генетики популяцій використовують **математичні методи**;
- на стику з природничими науками виникли нові наукові дисципліни — **космічна біологія, кріобіологія, радіаційна біологія** та інші.

Усі біологічні науки можна систематизувати:

▶ за основними царствами живої природи (*вірусологія* вивчає віруси, *бактеріологія* — бактерії, *мікологія* — гриби, *ботаніка* — рослини, *зоологія* — тварин);

▶ за окремими розділами об'єктів вивчення (бактерії — *мікробіологія*, водорості — *альгологія*, мохи — *бриологія*, найпростіші — *протистологія*, черв'яки — *гельмінтологія*, комах — *ентомологія*, риби — *іхтіологія*, земноводних — *батрахологія*, плазунів — *герпетологія*, птахів — *орнітологія*, ссавців — *теріологія* (або мамаліологія), класифікацію різних груп організмів — *систематика*);

▶ за рівнем організації живої природи: на молекулярному рівні — *біохімія, молекулярна біологія*; клітинному — *цитологія*; тканинному — *гістологія*; органному — *морфологія, анатомія*; організмовому — *мікробіологія, ботаніка, зоологія*; біоценозному та біосферному — *екологія, біогеографія*;

▶ за процесами життєдіяльності: *біохімія, біофізика, фізіологія, ембріологія, біологія розвитку*;

▶ за господарським використанням живих організмів:

- а) рослин — *рослинництво, овочівництво, плідівництво*;
- б) тварин — *бджільництво, шовківництво, рибництво, птахівництво, конярство, скотарство, свинарство, вівчарство*.

Вимерлі організми досліджує *палеонтологія*, шляхи історичного розвитку окремих систематичних груп — *філогенія*, прийоми планування й обробки результатів біологічних досліджень методами математичної статистики — *біометрія*. Нові біологічні науки: *космічна біологія*, *біологічна кібернетика*, *генна інженерія*.

Рівні організації живої природи

Життя є багаторівневою системою. *Рівень організації живої матерії* — це функціональне місце біологічної структури певного ступеня складності в загальній системі живої природи. Основні властивості життя виявляються на всіх його рівнях, але характер їх вияву на кожному рівні має свої особливості. Існування життя на всіх рівнях готується та визначається структурою нижчого рівня.

Молекулярний рівень. Біологічна система виявляється на рівні функціонування біологічно активних макромолекул: білків, вуглеводів, нуклеїнових кислот. Із цього рівня розпочинаються найважливіші процеси життєдіяльності — кодування та передача спадкової інформації, обмін речовин і перетворення енергії. Йому властива стійкість молекулярних структур у поколіннях.

Клітинний рівень. У кожній клітині одноклітинних і багатоклітинних організмів відбуваються процеси обміну речовин і перетворення енергії, забезпечуються процеси розмноження й передачі нащадкам спадкової інформації. Отже, клітина є структурно-функціональною та універсальною одиницею живого. Клітинний рівень в одноклітинних організмів збігається з рівнем організму.

Тканинний рівень. У багатоклітинних організмів під час індивідуального розвитку клітини спеціалізуються за будовою та функціями, які виконують, формуючи тканини. Тканина — це сукупність клітин (подібних за будовою, походженням, функціями) та міжклітинної речовини, які виконують в організмі певну роль. На тканинному рівні між усіма організмами спостерігають велику подібність.

Органний рівень. Орган — структурно-функціональні об'єднання кількох типів тканин (наприклад, корінь, пагін, квітка — у рослини; голова, рука, нога, серце — у людини). Різні органи взаємодіють між собою, об'єднуючись у системи органів (травлення, дихання, кровообігу тощо).

Організмний рівень. Організм — цілісна диференційована система органів. На рівні організму спостерігають найбільшу різноманітність форм життя. На цьому ж рівні відбуваються процеси онтогенезу, тому організмний рівень називають ще й *онтогенетичним*.

Популяційно-видовий рівень. Вид — це сукупність близькоспоріднених організмів, що характеризуються певними, лише їм властивими морфо-фізіологічними та еколого-географічними особливостями. Сукупність організмів одного виду, що населяють певну територію і так чи інакше ізольовані від особин інших сукупностей, утворює *популяцію*. Між особинами популяції відбувається вільне схрещування. Популяція — елементарна одиниця еволюційного процесу, в ній розпочинаються процеси видоутворення. Цей рівень організації живого характеризується надзвичайною різноманітністю. На нашій планеті мешкає понад 2 млн видів різноманітних організмів: дроб'янок, грибів, рослин і тварин.

Біогеоценотичний рівень. Біогеоценози — історично сформовані стійкі угруповання популяцій різних видів, що зв'язані між собою і з навколишньою природою обміном речовин, енергії та інформації. Для цього рівня характерні постійні потоки енергії між популяціями різних видів, а також постійний обмін речовин між живою (біотичною) та неживою (абіотичною) частинами біогеоценозів, тобто колообіг речовин.

Популяції різних видів утворюють у біосфері Землі складні угруповання — біоценози.

Біоценози — сукупність рослин, тварин, грибів і прокариот, які населяють ділянку суші або водойми та перебувають у певній взаємодії між собою.

Разом з конкретними ділянками земної поверхні, які займають біоценози, та прилеглою атмосферою вони утворюють екологічні системи (екосистеми). Такі екосистеми можуть бути різного масштабу: від краплини води або мурашника до екосистеми острова, річки, континенту або біосфери в цілому.

Екосистема — комплекс організмів і водночас середовище їх існування з усіма взаємозв'язками та взаємодією між ними. Екосистема — «безмірне» поняття, але існує клас екосистем, які мають певні розміри й принципове значення «цеглинок» в організації всієї біосфери — це біогеоценози.

Біогеоценоз — це така екосистема, усередині якої немає біоценотичних, мікрокліматичних, ґрунтових і гідрологічних кордонів; біогеоценоз — одна з найбільш складних природних систем. Зовні помітні межі біогеоценозів найчастіше збігаються з межами рослинних угруповань (фітоценозів).

Першоосною формування біогеоценозів слугують рослини й прокаріоти — продуценти органічної речовини (автотрофи). Автономність і саморегуляція біогеоценозу обумовлюють його визначальне положення в біосфері планети як елементарної одиниці на біогеоценотичному рівні організації живого. Біогеоценоз являє собою незамкнуту систему, яка має енергетичні «входи» і «виходи», що зв'язують її із сусідніми біогеоценозами.

Біосферний рівень. Біосферу нашої планети утворюють окремі біогеоценози. Біосферний рівень організації характеризується біологічним колообігом речовин та єдиним потоком енергії, які забезпечують функціонування біосфери як єдиної цілісної системи. Біосфера — система вищого порядку, що охоплює всі явища життя на Землі.

Вчення про біологічні системи справили великий вплив на розвиток теорії механічних систем і кібернетики (К. Шеннон, У. Ешбі), а остання, у свою чергу, сприяла вивченню системної організації життя (І. І. Шмальгаузен).

Рівні організації структури тіла

Доклітинний — віруси та бактеріофаги.

Клітинний передядерний — бактерії та ціанобактерії.

Клітинний ядерний — водорості, гриби, найпростіші.

Передтканинний двошаровий — губки та кишковопорожнинні.

Передтканинний сланевий — водорості, гриби, лишайники.

Тканинний тришаровий — плоскі та круглі черви.

Тканинний багатшаровий — мохоподібні, моллюски, голкошкірі.

Органний — кільчасті черви, членистоногі, безчерепні.

Системний — пагонові рослини (вищі спорові рослини, голонасінні, покритонасінні) та хребетні тварини (риби, земноводні, плазуни, птахи, ссавці).

Основні методи біологічних досліджень

Описовий метод — спостереження, опис і порівняння біологічних об'єктів та явищ з метою їх оцінки.

Порівняльний метод — виявлення загальних закономірностей у будові та життєдіяльності різних живих організмів.

Порівняльно-описовий метод — застосовують при відкритті та вивченні нових видів живих організмів.

Метод моніторингу — система постійних спостережень за станом і перебігом певних процесів у конкретних біологічних об'єктах, окремих екосистемах або біосфері загалом.

Історичний метод — дослідження явищ природи з'ясовує закономірності появи та розвитку біологічних об'єктів, становлення їх структури та функцій.

Експериментальний метод полягає у зміні дослідником умов існування об'єкта дослідження, його будови та спостереження за наслідками змін. Експерименти бувають польові та лабораторні.

Статистичний метод — математична обробка результатів дослідження з метою перевірки їх вірогідності, істотної різниці.

Метод моделювання — імітація процесів, недоступних для безпосереднього спостереження або експериментального відтворення. Особливе місце належить математичному моделюванню, завдяки якому можна проаналізувати складні кількісні взаємозв'язки й закономірності.

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.

Наукові поняття біології

Гіпотеза — науково обґрунтоване припущення (здогад), що висувають для пояснення певних реальних явищ або закономірного зв'язку між ними.

Науковий факт — поодинокі реальні події чи факти, що заслуговують на детальне вивчення.

Поняття — форма узагальнення предметів і явищ, істотні зв'язки між якими виражають закон. Нові наукові поняття вводять на основі аналізу наукових фактів.

Закономірність — реальний суттєвий зв'язок між подіями, що більш-менш регулярно повторюються.

Правило — статистично підтверджена закономірність.

Закон — явище виявлення однакових змін чи реакцій у разі повторення експерименту або статично вірогідна закономірність.

Теорія — наукове узагальнення певної системи фактів, ідей, закономірностей, підтвержене практично.

Зв'язок між видами наукових знань: *гіпотеза* → *ймовірність* → *практична перевірка* → *вірогідність* → *теорія або закон*.

Проблеми пізнання суті життя

До ознак живих систем належить їх типовий хімічний склад, якому властива наявність нуклеїнових кислот і білків, тобто макромолекул, що складаються з аперіодично з'єднаних дрібних субодиниць і тому домінують у світі живих істот. В організмі макромолекули постійно синтезуються заново і розпадаються.

Живі системи — це відкриті системи, через які проходять потоки речовин та енергії. Ці системи перебувають у динамічному стаціонарному стані, відмежовані від навколишнього середовища структурами, які утруднюють обмін речовин, зводять до мінімуму їх втрати й слугують для підтримання просторової єдності системи.

З метою підтримання сталості структури живих систем у мінливих умовах середовища необхідне внутрішнє регулювання найрізноманітніших процесів, які обумовлюють взаємне узгодження та підпорядкування єдиній імперативі. Використання принципу зворотного зв'язку дозволило створити кібернетичні регульовані системи підтримання постійності параметрів внутрішнього, а інколи — й зовнішнього середовища (*гомеостаз*).

Живі системи є особливою формою існування матерії. Вони здатні до розподілу ентропії (ступеня неупорядкованості в системі). Згідно із другим законом термодинаміки, в природі в цілому й у кожній ізольованій системі зокрема ентропія завжди збільшується, але оскільки величина ентропії характеризує ступінь неупорядкованості, впорядкованість завжди зменшується.

Проте живі системи, витрачаючи енергію, не лише підтримують властивий їм стан упорядкованості (ступінь організованості), але й збільшують його, наприклад, під час росту.

І все ж, другий закон термодинаміки залишається в цьому випадку не порушеним, бо в результаті життєдіяльності організму в навколишньому середовищі приріст ентропії виявляється більшим, ніж її зменшення всередині організму.

Оскільки живі істотине ізольовані, а відкриті системи, то можна сформулювати визначення живого так: **живими називають системи, здатні самотійно підтримувати й збільшувати свій дуже високий ступінь впорядкованості, існуючи в середовищі з меншим ступенем впорядкованості.**

Б. М. Медніков (1982) зробив спробу охарактеризувати живе через низку аксіом теоретичної біології:

1) усі живі організми є результатом єдності фенотипу та програми для його побудови (генотипу), яка передається спадково з покоління в покоління (аксіома А. Вейсмана);

2) генетична програма функціонує за матричним принципом. Як матриця, на якій формується геном наступного покоління, використовується ген попереднього покоління (аксіома М. К. Кольцова);

3) у процесі передачі з покоління в покоління генетичні програми в результаті різних причин змінюються випадково та не цілеспрямовано; такі зміни можуть виявитися корисними в даному середовищі лише випадково (перша аксіома Ч. Дарвіна);

4) випадкові зміни генетичних програм під час становлення фенотипу багаторазово посилюються (аксіома М. В. Тимофеева-Ресовського);

5) багаторазово посилені зміни спадкових програм підлягають добору умовами зовнішнього середовища (друга аксіома Ч. Дарвіна).

Дискретність і цілісність — це фундаментальні властивості організації життя на Землі. Живі об'єкти в природі відносно відокремлені один від одного (особини, популяції, види). Будь-який багатоклітинний організм складається із клітин, а будь-яка клітина (також одноклітинного організму) — з певних органел.

Органели складаються з дискретних, зазвичай високомолекулярних органічних речовин, які в свою чергу складаються з дискретних атомів тощо. У той же час складна організація неможлива без взаємодії її частин і структур — без цілісності.

Цілісність біологічних систем якісно відрізняється від цілісності неживого насамперед тим, що цілісність живого підтримується в процесі розвитку. Живі системи — відкриті системи, які постійно обмінюються речовиною та енергією із середовищем, і серед них немає двох однакових особин, популяцій чи видів.

Ця унікальність вияву дискретності й цілісності живого ґрунтується на явищі — *конваріантній редуплікації*. Конваріантна редуплікація (самовідтворення зі змінами), здійснювана на основі матричного принципу (сума трьох перших аксіом), — це, мабуть, єдина специфічна для життя властивість. В її основі лежить унікальна здатність до самовідтворення основних «керівних систем» (хромосом, ДНК і генів).

«Розмноження» і ріст кристалів принципово відрізняються від редуплікації за матричним принципом, не забезпечуючи появи практично нескінченної кількості новоутворень (1-а аксіома Дарвіна), які передаються по спадковості.

Завдяки здатності до самовідтворення за матричним принципом молекули ДНК виконують роль носія спадковості вихідних керівних систем (аксіома Вейсмана). Ця властивість нуклеїнових кислот — важлива умова існування життя.

Під час самовідтворення керівних систем у живих організмах відбувається не механічне повторення, а відтворення із внесенням змін (1-ша аксіома Ч. Дарвіна). Імовірність таких змін впливає з фізико-хімічних властивостей молекул ДНК. Будь-яка достатньо складна високомолекулярна сполука має обмеження структурної стабільності. Вона періодично зазнає структурних змін у результаті зміни місцезнаходження атомів або цілих фрагментів. Ці зміни, якщо вони не призводять до загибелі організму, будуть багаторазово посилюватися (аксіома Тимофєєва-Ресовського), передаватися спадково у процесі самовідтворення за матричним принципом. Конваріантна редуплікація означає можливість спадкового передавання дискретних відхилень (мутацій) від вихідного стану.

Життя на Землі виступає як активний геохімічний фактор. У результаті діяльності живих організмів змінювались параметри всієї Землі (змінювався склад атмосфери, літосфери й гідросфери).

Як би не відрізнялись види за тривалістю життя, плодючістю, репродуктивними циклами та іншими особливостями, що визначають процеси розмноження — в усіх без винятку випадках утворюється надлишкова кількість потомства.

Надлишкова численність потомства — це (з одного боку) основа енергійних геохімічних процесів за участю живого та стимулятор природного добору (з іншого). Здавалось би, протягом тривалого часу організми могли б набути здатності до «раціональної репродуктивності». Проте скрізь спостерігаємо стійке збереження і розвиток таких форм розмноження, які забезпечують існування постійного «тиску життя».

Зі збільшенням численності зростає й вірогідність появи нових спадкових змін та їх комбінацій. Із прогресії розмноження впливає два важливі наслідки:

- 1) зростає вірогідність появи нових спадкових відхилень;
- 2) створюється «тиск життя» (В. І. Вернадський) і (як наслідок) виникає боротьба за існування — фундамент природного добору.

Усе це дає можливість дійти висновку, що жива речовина з моменту появи на Землі стає активним фактором власного подальшого існування.

Основні ознаки живого

Самооновлення — здатність організму в процесі обміну речовин та енергії забезпечувати постійність хімічного складу й будови частин організму, їх функціонування. Самооновлення відбувається шляхом заміни зношених структурних елементів — молекул, органел, клітин. Відносно стабільними є ДНК і структурні полісахариди (целюлоза). Період біологічного напівоновлення білка в печінці людини — 8–9 днів, резервного жиру — втричі більший.

Дихання (*анаеробне, аеробне*) — у процесі дихання вивільняється енергія для життєдіяльності організмів при розщепленні високоенергетичних сполук — вуглеводів, жирів, білків.

Живлення (*автотрофне, гетеротрофне*) — фізіологічний процес вбирання та засвоєння рослиною поживних речовин або процес надходження поживних речовин в організм тварин; джерело речовин та енергії.

Виділення — виведення з організму кінцевих продуктів обміну речовин — CO_2 , H_2O , NH_3 , Рb, радіонуклідів, баластних речовин.

Самовідтворення (розмноження) — відтворення живими організмами нових особин. У його основі — здатність молекул ДНК до самоподвоєння перед поділом клітини й одержання дочірніми клітинами точної копії материнської ДНК — генетичного коду.

Саморегуляція (авторегуляція) — автоматичне підтримання сталого стану в біологічних системах, їх здатність зберігати свій склад і властивості на відносно постійному рівні, незалежно від змін умов середовища.

Єдність хімічного складу — живі організми складаються з тих самих хімічних елементів, що й неживі, але співвідношення їх неоднакове. У живих організмах 98 % хімічного складу припадає на чотири органогенні елементи: *Карбон, Гідроген, Оксиген, Нітроген*. З неорганічних сполук вагоме значення має вода, що становить у різних організмів від 60 % до 90 %. Основними речовинами організму є органічні сполуки: білки, нуклеїнові кислоти, вуглеводи, ліпіди.

Обмін речовин та енергії. Живі системи використовують зовнішні джерела енергії у вигляді їжі, світла тощо. Обмін речовин — це сукупність хімічних перетворень, що пов'язані з живленням, газообміном і виділенням. Два його процеси — *асиміляція* і *дисиміляція* — забезпечують сталість внутрішнього середовища.

Саморегуляція клітини — автоматичне включення та виключення процесів, що підтримують склад клітини за принципом зворотного зв'язку.

Саморегуляція організму — циклічний процес автоматичного підтримання життєвого стану або функцій на сталому рівні. У рослинних організмів функції регулюються за допомогою фітогормонів, а на зовнішні подразники — здебільшого зміною росту. У вищих тварин функції регулюються взаємодією нервової та гуморальної систем.

Гомеостаз — здатність живої системи підтримувати всі її властивості на певному відносно сталому рівні; забезпечує взаємодію складних процесів регуляції та координації, що включаються і виключаються в клітині автоматично.

Саморегуляція біоценозу — численність кожного виду в біоценозі регулюється внаслідок взаємного пристосування видів.

Ріст і розвиток. *Ріст*, як правило, пов'язаний зі збільшенням маси живої речовини. Відбувається внутрішньо за рахунок поживних речовин, одержаних у процесі живлення. *Розвиток* — процес формування організму або його частин та органів. Це незворотний, закономірно спрямований процес тісно пов'язаних кількісних та якісних змін особини від народження до смерті. Розрізняють індивідуальний розвиток (*онтогенез*) та історичний розвиток (*філогенез*).

Подразливість — здатність живого організму або його утворень сприймати зміни навколишнього або внутрішнього середовища та відповідати на ці зміни реакцією збудження. Живі організми реагують на електричні, хімічні, механічні, термічні подразники.

У рослин подразливість сприймається всіма клітинами, у багатоклітинних тварин — нервовою системою та органами чуттів. Збудження в рослинних і тваринних клітинах супроводжується виникненням біоелектричних потенціалів. Одним з виявів подразливості є рух органодів клітини, окремих тканин, органів, а також усього організму.

Рух — зміна положення в просторі всього організму або окремих його частин. Активно рухаються, в основному, тварини, деякі бактерії, водорості, статеві клітини (зооспори, сперматозоїди), активними також є ростові й тургорні рухи в рослин у формі *тропізмів* і *настії*.

Адаптація — процес пристосування організмів чи їхніх органів у процесі органічної еволюції під дією її основних факторів — мінливості, спадковості й добору.

Дискретність і **цілісність** становлять єдність протилежностей життя. Органічний світ цілісний, тому що становить систему взаємозв'язаних частин, і водночас він дискретний, бо складається з окремих одиниць — організмів, які теж дискретні.

Упорядкованість. Дискретні одиниці в організмі утворюють упорядковану систему, чим зумовлена добре погоджена діяльність усіх процесів, що відбуваються і в цілому організмі, і в окремих клітинах.

Упорядкованість у часі забезпечує чітку послідовність усіх процесів, які відбуваються у живих системах.

ХІМІЧНИЙ СКЛАД ЖИВИХ ОРГАНІЗМІВ. БІОЛОГІЧНО ВАЖЛИВІ РЕЧОВИНИ**Особливості хімічного складу живих організмів**

До складу живих організмів входить близько 90 хімічних елементів періодичної системи Д. І. Менделєєва. Біологічні функції виявлені лише в 30 з них. Усі ці елементи трапляються і в неживій природі, що свідчить про єдність живої та неживої природи.

Однак співвідношення хімічних елементів у живих організмів інше, ніж в об'єктах неживої природи. Всі живі організми різко відрізняються від навколишньої неорганічної природи за кількісним складом елементів. Наприклад, у ґрунті Карбону менше ніж 1 %, а в рослинах — близько 18 %; уміст Силіцію в ґрунті — 33 %, а в рослинах — 0,15 %.

Це вказує на вибіркочуватність організмів використовувати лише певні хімічні елементи, які необхідні для побудови і життєдіяльності клітини.

Якщо хімічний склад живих організмів відносно подібний, то компонентів неживої природи — різний.

Наприклад, у літосфері переважає Si, Al, O₂, у гідросфері — H₂ і O₂, в атмосфері — N₂, O₂.

Залежно від вмісту елементів в організмах живих істот їх можна поділити на групи.

I. Органогенні елементи — O₂, C, H₂, N₂. На них припадає майже 98 % хімічного вмісту клітини.

Оксиген (O₂) — вміст у клітині — 65–75 %; входить до складу молекул води й органічних сполук; забезпечує реакції окиснення.

Карбон (C) — вміст у клітині — 15–18 %; входить до складу молекул органічної речовини, кісток, черепашок.

Гідроген (H₂) — вміст у клітині — 8–10 %; компонент води та органічних сполук.

Нітроген (N₂) — вміст у клітині — 1,5–10 %; структурний компонент амінокислот, білків, нуклеїнових кислот, АТФ, хлорофілу, вітамінів.

II. Макроелементи — P, K, S, Cl₂, Ca, Na, Mg, Fe, масова частка яких становить 1,9 %.

Калій (K) — основний позитивно заряджений йон в організмі тварин; забезпечує транспортування речовин через клітинні мембрани; зумовлює нормальний ритм серцевої діяльності.

Сульфур (S) — входить до складу амінокислот, білків, вітаміну B₁ і деяких ферментів.

Хлор (Cl₂) — основний негативно заряджений йон в організмі тварин та людини; входить до складу хлоридної кислоти шлункового соку.

Кальцій (Ca) — входить до складу клітинної стінки рослин, кісток, зубної емалі, черепашок моллюсків; активує зсідання крові; регулює скорочення м'язів, діяльність серця людини й тварин.

Натрій (Na) — головний внутрішньоклітинний позитивно заряджений йон; забезпечує транспортування речовин через клітинні мембрани, нормальний ритм серцевої діяльності.

Магній (Mg) — структурний компонент хлорофілу, а також кісток і зубів; активує енергетичний обмін, синтез ДНК.

Ферум (Fe) — входить до складу багатьох ферментів, гемоглобіну; бере участь у синтезі хлорофілу, процесах дихання і фотосинтезу.

III. Мікроелементи — Zn, Mn, Co, Cu, Mo, Cr, Br, J (усього близько 50). Уміст кожного з них у клітині менший за 0,01 %. Відіграють важливу роль у процесах життєдіяльності — входять до складу ферментів, гормонів, дихальних пігментів, емалі зубів.

IV. Ультрамикроелементи — U, Ag, Au, Be, Ra, Pb та інші. Вміст кожного з них у клітині — менш ніж 0,001 %. Більшість із них визнані необхідними для життєдіяльності рослин і тварин, хоча їх фізіологічну роль в організмах поки що не встановлено. Деякі з цих елементів входять до складу ферментів.

Одні й ті ж мікро- й макроелементи в різних організмах можуть виконувати різні біологічні функції. Наприклад, Магній у хребетних тварин сприяє розвитку кісткової тканини, тоді як у рослин він бере участь у процесі фотосинтезу.

У різних організмах уміст елементів може суттєво відрізнятися. Наприклад, у бурих водоростях накопичується багато Йоду, у моллюсків — Купруму, у сіркобактерій — Сульфур, у хвощів — Силіцію і Хрому, у жовтецевих — Літію, у болотній рясці — Радію, у хребетних — Феруму, у деяких бактерій — Мангану.

Роль і функції окремих хімічних елементів

Елемент	Входить до складу	Функція	Хвороби, пов'язані з нестачею	
			у рослин	у тварин
N	нітратів, амонію, всіх нуклеїнових кислот, пігментів (хлорофілу, гемоглобіну)	Бере участь у синтезі білків	Пригнічення росту, пожовтіння листя (хлороз)	Нестача трапляється рідко
P	АТФ, АДФ, нуклеотидів, коферментів НАД, НАДФ, фосфоліпідів, у мінеральній формі тощо	Бере участь у синтезі білків, фосфоліпідів тощо	Пригнічення росту, зокрема коріння	Нестача трапляється рідко
K	у вигляді йонів усередині клітини	Утворення електричного потенціалу у клітинах на мембранах, підтримка осмотичного тиску, бере участь у процесі фотосинтезу, зумовлює нормальний ритм серцевої діяльності, активує ферменти білкового синтезу	Пожовтіння та побуріння листя по краях	Нестача трапляється рідко, можлива при застосуванні сечогінних препаратів
Na	у вигляді йонів усередині клітини	Утворення електричного потенціалу на мембранах, підтримання осмотичного тиску, грає роль у регуляційного обміну, впливають на синтез гормонів, бере участь у підтриманні й регуляції кислотно-лужного балансу організму	Нестача трапляється рідко	М'язові судоми
S	амінокислот (цистеїну, метіоніну, цистину), вітаміну В ₁ , деяких ферментів	Бере участь в утворенні сірковмісних амінокислот, у процесах хемосинтезу сіркобактерій, у печінці утворює продукти знезараження отруйних речовин	Хлороз	
Cl	у вигляді аніонів солей Натрію, Калію, Кальцію, Магнію тощо, хлоридної кислоти шлункового соку	У складі хлоридної кислоти бере участь у травленні, відіграє роль у формуванні осмотичного потенціалу плазми крові та інших рідин	Нестача трапляється рідко	М'язові судоми
Mg	молекул хлорофілу, солей з пектиновими речовинами	Активує енергетичний обмін і синтез ДНК, бере участь у фотосинтезі, входить до складу кісток, з'єднує дві субодиниці рибосом	Хлороз	

Ca	у вигляді йонів, солей пектинових речовин, що з'єднують рослинні клітини, солей Кальцію кісток, оболонки деяких водоростей, черепашок моллюсків, коралових поліпів тощо	Бере участь у процесі утворення жовчі, підвищує рефлекторну збудливість спинного мозку, бере участь у передачі нервових імпульсів, з'єднанні крові, сполученні ДНК з білками, у механізмі язогового скорочення, входить до складу кісток	Пригнічення росту	Поганий ріст кісток, рахіт; втрата свідомості, погане з'єднання крові
Mn	деяких пігментів	Підвищує діяльність деяких ферментів (карбоксилази), сприяє фотосинтезу, диханню, бере участь у розвитку кісток	Плямистість листя (хлороз)	Поганий розвиток кісток
Fe	молекул хромопротеїдів — гемоглобіну й міоглобіну, окислювальних ферментів — цитохромів, каталази, пероксидази, ферредоксину, залізовмісного білка феритину	Бере участь у біосинтезі хлорофілу, у процесах дихання, зберігається у печінці, селезінці у вигляді феритину	Сильний хлороз, зокрема молодого листя	Недокрив'я
Co	вітаміну B ₁₂	Бере участь у розвитку еритроцитів	Нестача трапляється рідко	Анемія
Cu	геоміанінів безхребетних, деяких ферментів (оксидаз)	Переносить кисень, сприяє процесам кровотворення, синтезу гемоглобіну, цитохромів, сприяє реакціям фотосинтезу у темній фазі, визначає забарвлення тіла тварин	Порушення розвитку насіння	Викликає анемію, порушення травлення, кровотворення, захворювання серця тощо; у великій кількості токсична
Zn	деяких ферментів	Активує розщеплення карбонатної кислоти, сприяє синтезу рослинних гормонів — ауксинів, амінокислоти проліну, анаеробному диханню рослин, транспорті вуглекислого газу крові, поділу клітин, розпаду органічних речовин у водно-мусередовищі тощо	Деформація листків	Затримання росту
Mo	деяких ферментів	Сприяє азотному живленню рослин, підвищує стійкість рослин до грибних захворювань, бере участь у процесі відновлення нітратів, синтезі амінокислот у рослин, фіксації Нітрогену атмосфери, утилізації спиртів	Уповільнення росту; за відсутності не поселяються бульбочкові бактерії, погіршується діяльність продигового апарату, уповільнюється синтез білків	Затримання росту

B		Впливає на ростові процеси, особливо рослин, нормальний поділ клітин рослин	Відмирання верхівок пагонів, квітів, зав'язі, провідних тканин, гниття буряків; погано розвиваються бульбочки на коренях бобових рослин	
F	у вигляді нерозчинних солей Кальцію зубів і кісток	Входить до складу кісток, зубної емалі	Нестача трапляється рідко	Виникає карієс; Надлишок викликає плямистість зубної емалі
I	гормону тироксину щитоподібної залози	Бере участь у регуляції енергетичного обміну	Нестача трапляється рідко	Ендемічний зоб, кретинізм у дітей

Елементи можуть входити до складу неорганічних або органічних сполук, бути або у вигляді іонів, або складниками різних сполук.

Уміст основних органічних та неорганічних сполук у клітині

Речовини	Уміст, %
<i>Органічні:</i>	
білки	10–20
вуглеводи	0,2–2,0
жири	1–5
нуклеїнові кислоти	1,0–2,0
АТФ та інші низькомолекулярні органічні речовини	0,1–0,5
<i>Неорганічні:</i>	
вода	70–80
мінеральні речовини	1,0–1,5

ВОДА

Вода є найважливішою неорганічною сполукою: жоден із існуючих організмів не може обходитися без води, тому що вона бере участь в усіх процесах життєдіяльності. У середньому в клітинах організмів — близько 80 % води. Вміст води в різних тканинах й органах рослини може змінюватися від 3–9 % у сухій насінні до 80–95 % у молодих листочках. Що більше у клітині води, то інтенсивніший у ній обмін речовин: у 1,5-місячного ембріона людини вміст води становить 97, 5%, у новонародженої дитини — 74 %, у дорослої людини — в середньому 66 %, а в клітинах людей похилого і старечого віку — 60 %.

Уміст води в різних тканинах та органах (% сирої маси):

- склисте тіло ока — 98,5 %;
- кров цільна — 82 %;
- мозок — 80 %;
- м'язи — 75 %;
- печінка — 75 %;
- кістки — 45 %;
- жирова тканина — 30–40 %;
- дентин — 10 %;
- емаль — 3 %;
- листя салату, цибулі, плоди помідорів, огірки — 95 %;
- листя капусти, редиска, м'якуш кавуна — 92 %;
- листя трав'янистих рослин, яблука, груші, бульби картоплі — 75–80 %;
- стовбури дерев — 40–50 %;
- зерна злаків — 12–15 %;
- мохи, лишайники — 5–7 %;
- водні рослини, гриби — понад 80 %;
- хвоя — 50–70 %;
- сухе насіння — 12–20 %.

Насичувальний уміст води (% до сухої речовини):

- аерофільна водорість (Pleurococcus vulgaris) — 60 %;*
- кущові та листуваті лишайники — 170–300 %;*
- листяні та печінкові мохи — 300–500 %;*
- бурі водорості — 400 %;*
- вищі рослини-сукуленти — до 1 600 %;*
- шапінкові гриби — 1 000–2 000 %;*
- желатин — 500 %;*
- агар-агар — 700 %.*

Деякі тварини, втрачаючи більшу частину води, втрачають ознаки життя. Такий стан називають *анабіозом*. У стані анабіозу клітини можуть перебувати дуже довго (іноді роки). Після зволоження вони пробуджуються і стають активними. Тварини особливо чутливі до нестачі води. Обмеження, а особливо повне позбавлення води, людина й тварини переносять значно важче, ніж часткове або повне голодування. Втрата понад 20 % маси за рахунок втрати води для людини смертельна.

Структура води

Розгляд деяких особливостей внутрішньомолекулярної структури води важливий для розуміння її біологічних властивостей. За даними рентгеноструктурного аналізу, обидва атоми Гідрогену в молекулі води розміщені на однаковій відстані від атома Оксигену (0,098 нм), але не на одній лінії з ним, а утворюючи кут 105°. Кожний атом Гідрогену утримується біля Оксигену потужним ковалентним зв'язком, утвореним завдяки виникненню спільної пари електронів. Енергія ковалентного зв'язку становить майже 110 ккал/моль. У цій сполуді 2 пари спільних електронів зміщені до Оксигену, тому електричний заряд усередині молекули розподілений нерівномірно: в атомів Гідрогену (точніше, ядер Гідрогену, тобто протонів) переважає позитивний заряд, а в Оксигену — негативний. Отже, молекула води — це диполь.

Наявністю полюсів у молекулі води пояснюється її здатність набувати орієнтації в електричному полі, притягуватись і приєднуватись до різних молекул, які несуть заряд, унаслідок чого утворюються гідрати.

Здатність води утворювати гідрати пояснює її універсальні розчинні властивості. З дипольними властивостями води пов'язана також її здатність утворювати водневі зв'язки.

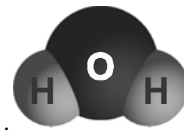
Водневий зв'язок виникає в результаті притягання між протонами та спільними парами електронів сусідніх молекул води. Енергія водневого зв'язку, порівняно з енергією ковалентного зв'язку, невелика.

Вона становить лише 4,5 ккал/моль. Проте слабкий зв'язок, повторений багаторазово, дає значну енергію взаємодії. Завдяки тепловому рухові молекул водневі зв'язки між молекулами рідкої води постійно виникають і розриваються. Під час охолодження, коли енергія теплового руху стає меншою від енергії водневих зв'язків, останні пронизують усю масу молекул. Виникає регулярна, характерна для льоду шестигранна структура. Привертають до себе увагу великі міжмолекулярні порожнини, які виникають під час утворення льоду.

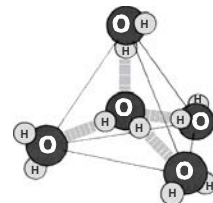
Молекули в рідкій воді «упаковані» щільніше. Утворення водневих зв'язків між молекулами води істотно впливає на деякі її властивості. Відомо, наприклад, що питома теплота плавлення льоду вища, ніж у більшості інших речовин і становить 79,7 кал/г, тобто 1,44 ккал/моль. Така значна кількість тепла потрібна для розриву водневих зв'язків під час перетворення льоду в рідину.

Якщо врахувати, що кожна молекула води в кристалі льоду сполучена із сусідніми молекулами двома водневими зв'язками, то теоретично для розриву всіх водневих зв'язків було б потрібно $2 \cdot 4,5 = 9$ ккал/моль

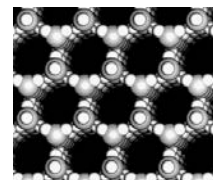
Але насправді, як уже зазначалось, потрібно лише 1,44 ккал/моль. Це свідчить про те, що для перетворення льоду в рідину зовсім не потрібно розривати всі водневі зв'язки. Для цього достатньо зруйнувати близько 15 % їх. Отже, в рідкій воді зберігаються значні скупчення молекул, зв'язаних між собою, як у льоді, водневими зв'язками.



Масштабна модель молекули води



Утворення водневих зв'язків



Кристалічна структура льоду: молекули води об'єднані в правильні шестикутники

Дослідження показують, що за температури +20°C близько 70 % молекул перебуває у воді у вигляді агрегатів, які містять в середньому по 57 молекул у кожному. Такі агрегати, що зберігають у рідкій воді структуру льоду, називаються *кластерами*. Високу питому теплоємність води пояснюють поглинанням енергії, яка витрачається на руйнування кластерів. Це має істотне значення для організмів під час коливань температури зовнішнього середовища. Вода, поглинаючи тепло, що витрачається на розрив водневих зв'язків, діє як буфер. Висока теплота пароутворення води вказує на те, що кластери існують і за температури, близької до кипіння, тому потрібно багато енергії для руйнування залишків водневих зв'язків. Цю особливість води живі організми використовують для боротьби з перегріванням (випаровування води з поверхні тіла).

Властивості води

Вода має ряд специфічних особливостей, які накладають глибокий відбиток на будову й життєдіяльність організмів водного середовища. Насамперед вода — це єдина речовина на Землі, яка одночасно і у великих кількостях трапляється в рідкому, твердому й газоподібному станах.

Як рідина вода має надзвичайно високу *універсальну розчинну здатність*, зумовлену полярністю її молекул і здатністю утворювати водневі зв'язки. Вода є середовищем і безпосереднім учасником більшості біохімічних реакцій і процесів у живих організмах. Водні розчини — основа ґрунтового живлення рослин, транспорту речовин по організму. Своєрідні властивості води реалізуються у багатьох загальнобіологічних проявах.



Більшість речовин під час плавлення розширюються, а вода, навпаки, стискується. При замерзанні води об'єм льоду збільшується. Ці об'ємні зміни води — один з могутніх факторів екологічного значення, який формує вигляд поверхні Землі, руйнуючи гори до материнських порід — первинного матеріалу для утворення ґрунту. Велике значення для збереження та підтримання життєдіяльності водних організмів має особлива властивість води — за температури +4 °C у неї найвища густина (1 г/см³), унаслідок чого лід утворюється лише на поверхні водойм, зберігаючи придонний шар води від замерзання.

Висока прихована *теплота плавлення льоду* (336 Дж/г) забезпечує поступове замерзання рік, озер, морів, танення снігу, льоду, льодовиків. Завдяки цій прекрасній властивості води на нашій планеті сезонні (температурні) переходи відбуваються плавно. Володіючи найвищою серед рідких і твердих тіл питомою теплоємністю та високою для рідин теплопровідністю, вода є ідеальною рідиною для підтримання теплової рівноваги організмів.

Кліматичне значення цих властивостей води важко переоцінити. Висока теплоємність робить воду головним акумулятором сонячної і термічної енергії та її розподілом на планеті.

Висока *діелектрична проникність води* зумовлює інтенсивну дисоціацію солей, кислот і основ на йони, наявність яких підвищує різноманітність біохімічних реакцій, здійснює регуляцію осмотичної рівноваги організму й середовища. Завдяки полярності своїх молекул вода виступає в ролі стабілізатора структури, визначає функціональну активність макромолекул залежно від товщини гідратної оболонки, розташованої навколо них.

Незважаючи на високе значення теплоти плавлення льоду і пароутворення, вода має здатність випаровуватись за будь-якої температури, у тому числі й у стані замерзання.

Порівняно з іншими рідинами у воді аномально висока прихована *теплота випаровування* — 2263,8 Дж/г при 100°C. Повільне випаровування рятує відкриті водойми від надмірних втрат від жаркої погоди. При цьому надзвичайно важливо, що витрачене на випаровування тепло не втрачається. Під час конденсації пари воно виділяється в такій самій кількості, підвищуючи температуру повітря або субстрату. Прихована теплота пароутворення відіграє вагомий роль у взаємовідносинах організмів і середовища. До кількості біологічно значних властивостей води необхідно віднести високий поверхневий натяг, з яким пов'язані сили зчеплення її молекул (капілярності) й прилипання (адгезії). Завдяки їм здійснюється переміщення води та її розчинів по стеблу рослини, адсорбційні процеси в кореневих системах, травних системах, дихання, руху. Поверхневупливку води використовують для пересування багато живих організмів (водомірки, тропічні ящірки-василіски), прикріплення та переміщення (ряд молюсків, личинки комарів, нейстонні водорості й безхребетні, утворюючи своєрідний біоценоз — *нейстон*).

Вода має повну прозорість у видимій ділянці спектра, що відіграє першорядну роль для більшості життєво важливих процесів живих істот земної поверхні й водної товщі — фотосинтезу, фотоперіодизму, орієнтації в просторі, фотоморфогенезу, пошуку їжі, поведінки, тощо.

Насамкінець ще одна властивість води — її *нестискуваність*, що дуже важливо для росту і підтримання форми органів і частин рослин і тварин. Стан тургору забезпечує доцільне положення органів рослин у просторі. В екологічному плані вода унікальна і незамінна як джерело газоподібного Оксигену, що виділяється в процесі фотосинтезу. Крім того, вона є донором йонів Гідрогену, що беруть участь у фотосинтетичних процесах.

Роль води в клітині

Вода визначає деякі фізичні властивості клітин, наприклад, їх об'єм, пластичність. Вода — добрий розчинник і більшість речовин у водному розчині надходить у клітину, у водному ж розчині відпрацьовані речовини виводяться з клітини. Більшість реакцій, які відбуваються у клітині можуть відбуватися лише у водному розчині. Вона є реагентом у багатьох реакціях. Білки, жири, вуглеводи та інші речовини розщеплюються за участі води. Такі реакції називають реакціями гідролізу. Вода відіграє істотну роль у розподілі та передаванні тепла в організмі. Вода є розчинником багатьох речовин: солей, цукрів, амінокислот, білків. У цьому випадку притягання молекул води до розчинної речовини перевищуватиме енергію притягання між молекулами води. Речовини, які добре розчиняються у воді, називають *гідрофільними*. Проте існує група речовин, які важко розчиняються у воді або практично нерозчинні — *гідрофобні* речовини. До них належить більшість неполярних речовин — жири, ліпоїди, каучуки, парафіни тощо.

i+ Нерозчинність неполярних речовин широко використовується клітиною: до складу клітинних мембран входять неполярні речовини (ліпоїди), які обмежують перехід води із зовнішнього середовища в клітину й назад, а також з одних частин клітини в інші. Вагоме значення має вода в організації структури біополімерів, зокрема білків. Молекула білка — це довга нитка, від якої по всій довжині відходять бокові групи (радикали). Частина радикалів — гідрофільна, інша частина — різко гідрофобна. З тієї ж причини, з якої поміщені у воду жири, парафіни та інші гідрофобні речовини злипаються, утворюючи краплі, зчіплюються один з одним і гідрофобні радикали білка. Білкова нитка закручується в кульку, із зовнішнього боку якої розмістяться гідрофільні групи, а всередині — гідрофобне ядро. У водному середовищі між гідрофобними ділянками білкової молекули виникають сили зчеплення, які підтримують стабільність структури білкового полімеру. Вода є основною речовиною протоплазми, вона необхідна для перебігу реакцій обміну речовин. Активна роль у цих реакціях належить лише вільним молекулам води. Якщо ж молекула входить до складу кластера, вона скована й метаболічно інертна. Якщо кластерів багато, вони скупчуються, оточують і наче «затирають» активні поверхні клітини (наприклад, активні центри ферментів із субстратами) і тому гальмують перебіг обмінних процесів. Можливо, через це так різко пригнічується метаболізм у клітині під час зниження температури.

Вода в біологічних об'єктах виконує такі основні функції:

- водне середовище об'єднує всі структури організму в єдине ціле, починаючи від молекул у клітинах і закінчуючи тканинами та органами. У тілі рослин водна фаза являє собою безперервне середовище: від вологи, поглинутої коренями з ґрунту, до поверхні розділення рідина — газ, де вона випаровується;

- вода — важливий розчинник і середовище для біохімічних реакцій;

- вода бере участь в упорядкуванні структур у клітинах. Вона входить до складу молекул білків, визначаючи їх конформацію. Видалення води з білків висоловнюванням або за допомогою спирту призводить до їх коагуляції та випадання в осад. У підтриманні структур гідрофобних ділянок білкових молекул і ліпопротеїдів істотна роль належить структурованій воді;

- вода — метаболіт і безпосередній компонент біохімічних процесів, під час фотосинтезу вода є донором електронів. Під час дихання (у циклі Кребса) вода бере участь в окиснювальних процесах. Вода необхідна для гідролізу та багатьох синтетичних процесів;

- можливо, істотну роль у життєвих явищах, особливо в мембранних процесах відіграє відносно високо протонна й електронна провідність структурованої води;

- вода — головний компонент транспортної системи вищих рослин у судинах ксилеми й ситоподібних трубках флоєми, під час переміщення речовин по симпласту (багатоядерний цитоплазма-

тичний утвір, сукупність протопластів, з'єднаних плазмодесмами) й апопласту (система взаємозв'язаних міжфібрилярних просторів клітинних оболонок та міжклітинників, через яку здійснюється переміщення води в рослині);

- вода — терморегулятор: вона захищає тканини від різких коливань температури завдяки високій теплоємності та високій питомій теплоті пароутворення;
- вода — добрий амортизатор під час механічних впливів на організм;
- завдяки явищам осмосу й тургору вода забезпечує пружний стан клітин і тканин рослинних організмів;
- для водоростей та для багатьох водних тварин вода є середовищем існування;
- наземні спорові рослини зберігають залежність від краплинно-рідкої води (їхні гамети рухаються за допомогою джгутиків).

НЕОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ В ОРГАНІЗМАХ

Важливу роль у життєдіяльності клітини відіграють *мінеральні солі*, молекули яких у водному розчині розпадаються на катіони й аніони.

Найбільше значення мають солі, що утворюють катіони: K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ та аніони Cl^- , $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- , SO_4^{2-} .

Ряд катіонів й аніонів необхідний для синтезу важливих органічних речовин.

Залишки ортофосфатної кислоти, приєднуючись до ряду білків клітини, змінюють їх фізіологічну активність. Залишки сульфатної кислоти, приєднуючись до нерозчинних у воді чужорідних речовин, надають їм розчинності та сприяють виведенню їх із клітин та організму. У вигляді йонів (аніонів і катіонів) відіграють важливу роль у підтримці осмотичного тиску та кислотно-лужної рівноваги клітини, забезпечують сталість внутрішнього середовища.

Йони мінеральних солей необхідні для реалізації ферментативної активності. Йони Кальцію беруть участь у зсіданні крові. Вміст катіонів й аніонів у клітині й міжклітинній рідині різний. Це забезпечується напівпроникністю мембрани. Так, у цитоплазмі клітини концентрація йонів K^+ вища, а концентрація йонів Na^+ та Ca^{2+} нижча, ніж у середовищі, яке оточує клітину. Такий нерівномірний розподіл йонів необхідний для здійснення багатьох важливих для життєдіяльності процесів, зокрема для проведення збудження по нервових і м'язових клітинах, скорочення м'язів. Після смерті клітини концентрація йонів K^+ і Na^+ у ній і в середовищі швидко вирівнюються.

Від концентрації аніонів залежать буферні властивості клітини. Буферністю називають здатність клітини підтримувати слаболужну реакцію свого вмісту на постійному рівні. Всередині клітини її забезпечують аніони $H_2PO_4^-$ та HPO_4^{2-} . У позаклітинній рідині та у крові роль буфера відіграють аніони HCO_3^- . Якщо концентрація солей у клітині вища, ніж у середовищі, то вода буде надходити у клітину.

Неорганічні натрієві й калієві солі нітратної та ортофосфатної кислот, кальцієва сіль сульфатної кислоти є важливими складниками мінерального живлення рослин, тому їх вносять у ґрунт як добрива для підживлення рослин.

У клітині за умови її нормального функціонування підтримується чітко визначений якісний та кількісний склад солей. Підвищення вмісту йонів K^+ , наприклад, спричиняє токсичний вплив на серцевий м'яз. Відкладення кальцію в кістках можливе за умови наявності Фосфору, коли співвідношення Кальцію та Фосфору становить 2 : 1, а відкладання Фосфору можливе лише за умови наявності вітаміну D. Хлоридна кислота створює кисле середовище у шлунку тварин і людини й у спеціальних органах комахоїдних рослин, прискорюючи перетравлення білків їжі.

Луги — гідроксиди лужних і лужноземельних металів й амонію — теж відіграють важливу біологічну роль, тому що під час дисоціації утворюють йони OH^- та йон відповідного металу.

Фізіологічний розчин — 0,9 % $NaCl$. У ньому клітини не набухають і не зморщуються. Осмотичний тиск фізіологічного розчину дорівнює осмотичному тиску в клітині.

Якщо в їжі людини, тварин або живленні рослин недостатньо P, K, Na, Ca, Cu, Co, Mo тощо, то порушується утворення кісткової тканини, затримується синтез таких важливих сполук, як нуклеїнові кислоти, гемоглобін, хлорофіл, тироксин унаслідок чого виникають різні захворювання, затримується ріст і розвиток.

Нерозчинені солі входять до складу кісток (переважно кальцій фосфат, менше — магній ортофосфат), ряду органічних речовин, черепашок молюсків і форамініфер панцирів раків (переважно кальцій карбонат), внутрішньоклітинного скелету радіолярій (силіцій(IV) оксид або стронцій сульфат).

Для організму людини і тварин небезпечні радіоактивні ізотопи багатьох хімічних елементів: Йоду, Цезію, Стронцію, Урану тощо. Потрапляючи в організми, Стронцій-90 може відкладатись у кістках, заміщуючи Кальцій. Унаслідок цього кістки стають ламкими. Ізотоп Йоду порушує функції щитоподібної залози. Значні концентрації радіонуклідів здатні накопичувати рослини. З рослинною їжею вони згодом потрапляють в організм тварин і людини. Високий уміст нітратів у їжі та воді шкідливий для організму людини. Тому за вмістом нітратів, наприклад, в овочах, потрібно здійснювати постійний контроль. Існують спеціальні норми вмісту нітратів та інших шкідливих сполук у продуктах харчування та воді.

ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ

Вуглеводи

Вуглеводи, цукри, аліфатичні поліоксикарбонільні сполуки та їх похідні (у тому числі полімерні) — компоненти всіх без винятку живих організмів. Вуглеводи — група органічних природних сполук, до складу яких входять Карбон, Гідроген й Оксиген. Загальна формула більшості вуглеводів — $C_n(H_2O)_n$. За хімічними властивостями вуглеводи — альдегідоспирти або кетоспирти.

У рослинах вуглеводи є первинними продуктами фотосинтезу й використовуються потім для біосинтезу глікозидів, поліцукридів, амінокислот, жирних кислот, поліфенолів тощо. У складі тіла людини й тварин вуглеводи містяться в меншій кількості (не більше 2 % сухої маси тіла), ніж білки та ліпіди. В організмах рослин за рахунок целюлози на долю вуглеводів припадає до 80 % сухої маси, тому в цілому в біосфері вуглеводів більше, ніж усіх інших органічних сполук разом узятих. Вуглеводи широко використовують у сфері охорони здоров'я.

Номенклатура і класифікація вуглеводів

Термін «вуглеводи» запропонував професор Дерптського (Тартуський, Естонія) університету К. Г. Шмідт (1848). Хімічну структуру простих вуглеводів наприкінці XIX ст. встановив Е. Фішер.

Вуглеводи поділяють на три основні групи:

- 1) **моносахариди** — вуглеводи, не здатні до гідролізу;
- 2) **олігосахариди** — складні вуглеводи, молекули яких складаються із двох-чотирьох залишків моносахаридів; під час гідролізу вони розпадаються на моносахариди (прості цукри);
- 3) **вищі полісахариди** — високомолекулярні вуглеводи, молекули яких складаються із сотень тисяч залишків моносахаридів (під час гідролізу вони розпадаються на моносахариди).

Залежно від кількості атомів Карбону в ланцюгу моносахаридів розрізняють *тріози, тетрози, пентози, гексози, гептози, октози, нонози і декози*.

Пентози

Пентози $C_5H_{10}O_5$ доволі широко представлені в природі. Дані цукри та їх похідні входять до складу нуклеотидів, нуклеїнових кислот, нуклеопротейдів, ферментів, деяких вітамінів тощо. У багатьох рослин з пентоз утворена опорна тканина у вигляді полісахаридів — пентозанів. Пентози є також проміжними продуктами обміну вуглеводів в організмі людини й тварин. *Рибоза* входить до складу нуклеотидів рибонуклеїнових кислот цитоплазми та ядра клітини. Крім того, похідне рибози (спирт рибітол) є складовою вітаміну B_2 (рибофлавіну). *Дезоксирибоза* входить до складу ДНК клітини. *Ксилози* багато в деревині, соломі, качанах кукурудзи й оболонках зерен.

Гексози

З усієї різноманітності простих цукрів для організму людини вагоме значення мають **гексози** ($C_6H_{12}O_6$), передусім *глюкоза, галактоза, манозайфруктоза*. Глюкоза у вільному стані міститься в багатьох фруктах і ягодах, особливо у винограді (17–20 %), тому її називають «виноградним цукром». Багато глюкози є в меді (33–37 %). Глюкоза входить до складу бурякового, молочного та деяких інших цукрів, крім того, вона є основним структурним елементом рослинного крохмалю, клітковини, тваринного полісахариду глікогену. Глюкоза та її похідні входять до складу тканин організму людини й тварин. Глюкоза, глюкозамін і глюкуронова кислота — обов'язкові компоненти багатьох глікопротеїдів. У крові міститься 0,08–0,12 %, або 80–120 мг глюкози. Глюкоза разом із галактозою входить до складу молочного цукру — *лактози*. Вона є важливим компонентом ліпоїдів нервової системи та головного мозку, входить до складу білків глікопротеїдів. Галактоза витрачається в організмі людини і тварин на синтез *глікогену*. Вона є складовою частиною деяких вуглеводів рослин, у тому числі трисахариду рафінози та полісахариду агару; останній застосовують у бактеріології та під час виготовлення деяких кондитерських виробів. Ізомер глюкози *маноза* трапляється переважно

як складова полісахаридів мананів, яких багато в слизі зерен злаків, бульб орхідей. Маноза у вільному стані міститься в шкірці апельсинів. В організмі тварин маноза виявлена в складі слини, слизу кишечника, рідини суглобів, а також глікопротеїдів крові.

Інші прості цукри

Тріози $C_3H_6O_3$ як структурні елементи тваринного чи рослинного організму не виявлені; вони є продуктами обміну.

Тетрози $C_4H_8O_4$, подібно до тріоз, утворюються у вигляді фосфатних етерів під час обміну вуглеводів в організмі людини й тварин.

Олігосахариди

Олігосахариди — вуглеводи, молекули яких містять від 2 до 10 залишків моносахаридів, з'єднаних глікозидними зв'язками. Відповідно до цього розрізняють дисахариди, трисахариди тощо.

Дисахариди — складні цукри, кожна молекула яких під час гідролізу розпадається на дві молекули моносахаридів. Дисахариди поряд з полісахаридами є одним з основних джерел вуглеводів у їжі людини і тварин. За будовою дисахариди є глікозидами, у яких дві молекули моносахаридів з'єднані глікозидним зв'язком.

Серед дисахаридів найбільш важливі *мальтоза*, *лактоза* та *сахароза*. Мальтоза входить до складу рослинного крохмалю і тваринного глікогену. Кількість мальтози збільшується в умовах ферментативного гідролізу крохмалю та глікогену в процесі травлення, під час проростання зерна, розщеплення крохмалю в умовах спиртового бродіння тощо. Усі цукри, які за структурою подібні до мальтози, мають відновлювальні властивості, оскільки в одному із залишків глюкози зберігається напівацетальний гідроксил. Лактоза, або молочний цукор, складається із залишків галактози та глюкози. Лактоза є основним цукром молока. Крім того, вона входить до складу складних ліпідів головного мозку — галактозидів, до яких відносять цереброзиди.

Вуглевод *целобіоза* із групи дисахаридів, як і лактоза, побудована за типом мальтози. Вона утворюється із двох залишків глюкози. Целобіоза є складником клітковини (целюлози) і може бути одержана як продукт її гідролізу. Сахароза, буряковий або тростинний цукор, утворюється із залишків глюкози й фруктози.

Полісахариди

За загальними принципами будови *полісахариди* можна розділити на дві групи: монополісахариди, які складаються з моносахаридних одиниць лише одного типу, та гетерополісахариди, для яких характерна наявність двох або більше типів мономерних ланок. За функціональним призначенням полісахариди також можуть бути розділені на дві групи: структурні та резервні полісахариди. Важливим структурним полісахаридом є *целюлоза*, а головними резервними — *глікоген* (у тварин, грибів) і *крохмаль* (у рослин).

Крохмаль — це суміш двох монополісахаридів: лінійного — амілози і розгалуженого — амілопектину, загальна формула яких $(C_6H_{10}O_5)_n$. Як правило, вміст амілози в крохмалі становить 10–30 %, амілопектину — 70–90 %. Полісахарид крохмаль побудований із залишків глюкози, з'єднаних в амілозі та лінійних ланцюгах амілопектину α -1,4-зв'язками, а в точках галуження амілопектину — міжланцюговими α -1,6-зв'язками. У молекулі амілози зв'язано в середньому по 1 000 залишків глюкози, окремі ділянки молекули амілопектину складаються із 20–30 таких одиниць. Крохмаль має відносну молекулярну масу 10^5 – 10^7 Da. Під час часткового кислотного гідролізу крохмалю утворюються полісахариди з меншим ступенем полімеризації — декстрини, а під час повного гідролізу — глюкоза. Крохмаль є найбільш важливим харчовим вуглеводом; уміст його в рисовому та кукурудзяному борошні становить 75–80 %, у картоплі — 25 %.

Глікоген — головний резервний полісахарид у багатьох тварин і людини, побудований із залишків α -D-глюкози. Емпірична формула глікогену, як і крохмалю $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Глікоген міститься практично в усіх органах і тканинах тварин і людини, найбільшу його кількість виявлено в печінці та м'язах.

Відносна молекулярна маса глікогену становить 10^5 – 10^8 Da і більше. Його молекула побудована з розгалужених поліглікозидних ланцюгів, у яких залишки глюкози з'єднані α -1,4-зв'язками. У точках галуження є α -1,6-зв'язки. Глікоген за будовою близький до амілопектину. У молекулі глікогену розрізняють внутрішні гілки (ділянки поліглікозидних ланцюгів між точками галуження) і

зовнішню гілку-ділянку від периферичної точки галуження до нередукованого кінця ланцюга. Під час розщеплення спочатку утворюється декстрин, потім мальтоза і, наприкінці, — глюкоза.

Целюлоза(клітковина) — найбільш поширений структурний полісахарид у рослинному світі. Під час часткового гідролізу целюлози утворюється дисахарид целобіоза, за повного гідролізу — глюкоза.

Відносна молекулярна маса целюлози становить 1 000 000–2 000 000 Da. Клітковина не перетравлюється ферментами шлунково-кишкового тракту, оскільки набір цих ферментів у людини не містить β -глюкозидазу. Водночас відомо, що наявність оптимальних кількостей клітковини в їжі сприяє формуванню калу. За повного виключення клітковини з їжі порушується формування калових мас.

Структурним і частково запасним полісахаридом матриксу рослинних оболонок є геміцелюлоза — гетерополімер з різних гексоз (глюкози, манози, галактози), пентоз (ксилози, арабінози) й уронових кислот (глюкуронової та галактуронової кислот). Ланцюги геміцелюлоз не кристалізуються та не утворюють фібрилярних структур. Наявність полярних груп уронових кислот зумовлює їх високу гідратацію.

Пектинові речовини — лінійні полімери полігалактуронової кислоти, які перериваються залишками рамнози. Вільні карбоксильні групи полімеру етерифікуються спиртами (метилуються). Молекули **пектинів** зазвичай розгалужені завдяки наявності бічних ланцюгів з нейтральних цукрів, ковалентно з ними зв'язаних. Ланцюги пектинів часто сполучаються між собою атомами Кальцію і Магнію, утворюючи **пектати**. Пектинові речовини здатні утворювати міцні комплекси з токсичними йонами важких металів, що використовують у медицині для виведення з організму цих іонів.

До природних речовин полісахаридної групи належить хітин — головний волокнистий компонент клітинної стінки багатьох грибів, зовнішніх покривів багатьох членистоногих. Хітин — лінійний монополімер N-ацетил-D-глюзаміну. Як і целюлоза, хітин нерозчинний у воді й у більшості органічних розчинників, але хімічно інертний, оскільки його паралельні ланцюги мають кристалічну упаковку.

Волокнистим компонентом оболонок дріжджових клітин є полісахарид *поліглюкан*.

Опорний каркас клітинної стінки бактерій і ціанобактерій — складний глюкопептид *муреїн*, який утворює одну гігантську мішкоподібну молекулу, яку називають муреїновим мішком. Основою структури муреїнового мішка є сітка паралельних полісахаридних ланцюгів, побудованих з дисахаридів ацетилглюкозаміну й ацетилмурамової кислоти (які чергуються), з'єднаних між собою численними короткими пептидними ланцюгами. До полісахаридів належать також камеді кісточкових порід, агар морських водоростей.

Функції вуглеводів

• **Енергетична** — вивільняють закладену в них енергію, забезпечуючи значну частину енергетичної потреби організму. За повного розщеплення 1 г вуглеводів вивільняється 17,2 кДж енергії. Вуглеводи розпадаються до води й вуглекислоти. Розщеплюються і за участі Оксигену, і без нього.

• **Будівельна**, або **структурна**, — целюлоза входить до складу клітинної стінки рослин; хітин — стінок клітин грибів і скелету членистоногих; рибоза і дезоксирибоза — складники ДНК, РНК, АТФ.

• **Запасальна** — у тваринних клітинах відкладається глікоген, у рослинних — крохмаль.

• **Пластична** — вуглеводи беруть участь у синтезі амінокислот, нуклеїнових кислот, ліпідів.

• **Захисна** — захист від механічних та інших впливів: вуглеводи є основним компонентом оболонок рослинних клітин та зовнішнього скелета членистоногих.

• **Опорна** — целюлоза оболонок рослинних клітин не лише захищає їх від зовнішніх впливів, а й створює міцний стовбур (стебло) рослин, хітин — у грибів і членистоногих.

Процеси обміну вуглеводів в організмі людини

1. Розщеплення в шлунково-кишковому тракті полісахаридів і дисахаридів, які надходять з їжею до моносахаридів. Усмоктування моносахаридів з кишечника в кров.

2. Синтез і розпад глікогену в тканинах, насамперед у печінці.

3. У тканинах відбувається розпад глюкози двома шляхами: гліколізу (анаеробний, без споживання Оксигену) та пентозного циклу (аеробний, із прямим окисненням глюкози, пентофосфатний шлях).

4. Взаємоперетворення гексоз.

5. Аеробний метаболізм *пірувату*. Цей процес виходить за рамки вуглеводного обміну, але його можна розглядати як завершальну його стадію: окиснення продукту гліколізу — пірувату.

6. Важливим є також процес гліконеогенезу, або утворення вуглеводів з неуглеводних продуктів. Такими продуктами є насамперед пірвіноградна та молочна кислоти, гліцерин, амінокислоти тощо.

Ліпіди

Ліпіди становлять велику групу різноманітних органічних речовин, до складу яких входять жири та ліпоїди. Ліпоїди й жироподібні речовини за хімічною будовою, фізико-хімічними властивостями та біологічною роллю близькі до нейтральних жирів.

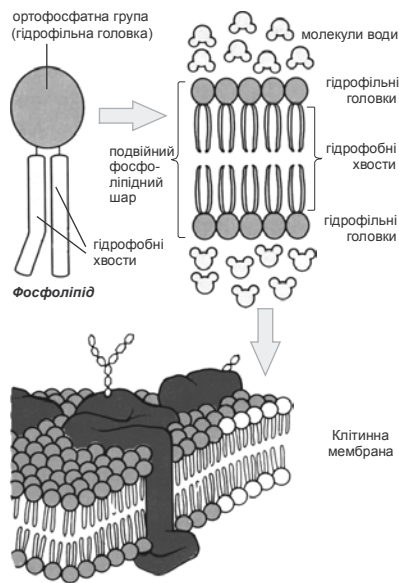
Загальною властивістю ліпідів є нерозчинність у воді, але вони розчиняються в спирті, бензині, хлороформі. Специфічним для всіх ліпідів є також утворення емульсії різної дисперсності та стійкості у водному середовищі. Ця властивість має істотне біологічне значення, оскільки від емульгування жирів залежить їх розщеплення і всмоктування. У вигляді емульсії жир перебуває у крові та лімфі, транспортується до різних органів і тканин, беручи участь у процесах обміну.

Ліпіди входять у певних кількостях до складу всіх органів і є джерелом енергії. Під час окиснення 1 г жиру утворюється від 35,67 до 38,95 кДж енергії.

За рахунок жирів раціону забезпечується в середньому 25–35 % енергії, необхідної людині на добу, а для окремих народів (наприклад, жителів Півночі Євразії чи Північної Америки) — навіть більше. Ліпіди входять до складу людського організму як пластичний матеріал, утворюючи комплекси з білками (ліпопротеїди), вуглеводами (гліколіпіди) та деякими іншими речовинами. Саме такі комплекси становлять основу структури клітин і тканин. Ліпіди, (переважно складні) разом з білками становлять основну масу субцелюлярних утворень клітин. Наприклад, у ядрах клітин печінки, серця та інших органів міститься 15–16 % сухої маси ліпідів, у мітохондріях — 21–30 %. Із загальної кількості субцелюлярних структур майже 90–95 % становлять складні ліпіди — фосfolіпіди (фосфатиди).

Оскільки ліпіди не розчиняються у воді, вони значною мірою зумовлюють міцність тих структур по складу яких входять. З огляду на це, особливо важлива роль ліпідів у структурі мембран, де

3* I. В. Барна. Біологія. Довідник.



Будова фосfolіпідів та їх розташування у складі клітинної мембрани

У жирах розчиняються вітаміни А, D, К, Е, що є необхідною умовою участі цих вітамінів у обміні речовин.

Мембрани, як відомо, відіграють основну роль у структурі, обміні та функціях клітин, а також її органел — мітохондрій, лізосом, також ядра тощо. У кожному типі мембран внутрішня частина являє собою бімолекулярний шар ліпідів, на якому з внутрішнього та зовнішнього боку розташовані білки, тобто білки ніби вбудовані з двох сторін у ліпідний шар. Тому мембрани характеризують як шаруваті структури. Високий уміст ліпідів у клітинах нервової системи, особливо головного мозку, є свідченням їх важливої ролі у формуванні структури та функціонуванні цього органа. Жир, який відкладається під шкірою, у капсулі нирок та інших органах, відіграє своєрідну роль буфера, що охороняє організм від травмування.

У разі зниження температури підшкірний жир певною мірою захищає організм від переохолодження. Ліпіди є важливим фактором регулювання обміну води, затримуючи її втрати через покривні тканини.

З усіх органічних речовин молекули ліпідів мають найбільшу частку Гідрогену, який під час окиснення утворює воду, а тому вони є одним із джерел ендогенної води.

Ліпіди та продукти їх обміну складають велику групу біологічно активних речовин, які впливають на метаболізм і структуру клітин та організму. До цих речовин належать чоловічі та жіночі статеві гормони, гормони кори наднирників, простагландини, жовчні кислоти, деякі вітаміни (наприклад, А і D) та інші сполуки.

Від фізико-хімічних властивостей ліпідів (розчинності, температури плавлення тощо) значною мірою залежать їх біологічні особливості. У практиці охорони здоров'я використовують ліпидовмісні препарати (у тому числі емульсії) для лікування різних захворювань.

За біологічними особливостями ліпіди поділяють на дві великі групи — резервні й конституційні.

Резервні ліпіди (у більшості випадків — прості жири тригліцериди) відкладаються в підшкірній жировій тканині, сальнику, капсулі нирок тощо. Найбільше резервних ліпідів відкладається в підшкірній жировій тканині (близько 50 %), доволі багато їх є в сальнику (20–25 %), значно менше — у м'язах (5–8 %).

Загальна кількість резервних ліпідів у більшості людей становить 10–15 % маси тіла. Вміст їх може значно коливатися залежно від режиму харчування (особливо вуглеводами), інтенсивності роботи, стану організму та інших причин. У випадку ожиріння частка жиру може сягати 25–35 %, а інколи навіть 50 % маси тіла.

Конституційні (протоплазматичні) ліпіди є переважно складними ліпідами. У вигляді ліпопротеїдів вони складають основи клітин і субцелюлярних структур, особливо мітохондрій. Кількість їх у клітині відносно постійна і залежно від умов життя змінюється меншою мірою, ніж кількість резервних ліпідів. За хімічною будовою та фізико-хімічними властивостями ліпіди поділяють на *прості, складні та похідні ліпіди*.

Прості ліпіди

Цепереважно складні ефіри різних спиртів і жирних кислот:

1) *жири* (нейтральні жири) — складні ефіри гліцерину та вищих жирних кислот, тобто тригліцериди;

2) *стериди* — складні ефіри одноатомних циклічних спиртів стеринів і вищих жирних кислот;

3) *воски* (віск) — вищі жирні та циклічні спирти та їх етери з вищими жирними кислотами. До простих ліпідів відносять також етери вітамінів А і D з вищими жирними кислотами.

Складні ліпіди

Складні ліпіди є етерами вищих жирних кислот і спиртів, але, на відміну від простих ліпідів, вони мають у своїй молекулі ще кілька інших складників (азотисті сполуки, залишки ортофосфатної або сульфатної кислот, вуглеводи тощо).

До складних ліпідів належать:

1) *фосфоліпіди* (фосфатиди) — етери жирних кислот і спиртів (гліцерину, сфінгозину). Крім того, до їх складу входять залишки фосфатної кислоти й нітрогеновмісні сполуки (холін, коламін, серин).

2) *гліколіпіди* — похідні аміноспирту сфінгозину, жирних кислот і вуглеводів (глюкози, галактози). Деякі гліколіпіди містять нейрамінову кислоту й галактозамін.

3) *сульфоліпіди* — подібні до гліколіпідів і фосфатидів, але мають у своєму складі залишок сульфатної кислоти.

Похідні ліпідів

Похідними ліпідів є сполуки, які близькі до ліпідів за будовою та фізико-хімічними властивостями, а також зв'язані з ліпідами в структурі клітини та процесах обміну. До них належать насичені та ненасичені жирні кислоти, моногліцериди й дигліцериди, вищі спирти, пігмент каротин, жиророзчинні вітаміни (А, D, Е, К) та інші.

Функції ліпідів

- *Будівельна* (фосфоліпіди беруть участь у побудові біліпідного шару мембран, які містять, окрім них, ще й гліколіпіди та ліпопротеїди);

- *Енергетична* (під час розщеплення 1 г жирів вивільняється 38,9 кДж енергії, тобто вдвічі більше, ніж під час окиснення білків і вуглеводів);

- *Запасальна* (у рослин відкладаються про запас олії, у тварин — жири, а також надлишок вуглеводів і білків може перетворюватися в жири та відкладатися про запас);

- *Теплоізоляційна* (завдяки низькій теплопровідності жири, накопичуючись у підшкірній клітковині, запобігають втратам тепла);

- *Водоутворювальна* (під час окиснення 1 г жирів утворюється 1,1 г метаболічної води, яка дуже важлива для мешканців пустелі, тварин, що впадають у сплячку);

- *Регулятивна* (серед ліпідів є стероїдні гормони та жиророзчинні вітаміни, які беруть участь у регуляції процесів життєдіяльності організмів);
- *Захисна* (воски захищають органи рослин від втрат води, жири навколо внутрішніх органів тварин захищають від механічних впливів).

Амінокислоти

У результаті досліджень, проведених на початку XIX ст., було встановлено, що білки, які мають велику відносну молекулярну масу, під час кислотного гідролізу розпадаються на простіші сполуки — амінокислоти, які відрізняються одна від одної за будовою. Нині відомо понад 150 амінокислот. Проте структурними елементами тваринних білків можуть бути лише 20 різних α -амінокислот.

Амінокислоти білків являють собою похідні насичених карбонових кислот, у яких один або два атоми Гідрогену в радикалі заміщені аміногрупою. Як правило, аміногрупою заміщується атом Гідрогену біля атома Карбону, розташованого поруч з карбоксильною групою (α -карбонового атома). Якщо в молекулі карбонової кислоти аміногрупами заміщується два атоми Гідрогену, то одна з них приєднується до α -карбонового атома, а інша — до останнього.

Амінокислоти поділяють на ациклічні (амінокислоти жирного ряду) та циклічні. Залежно від кількості карбоксильних або аміногруп ациклічні амінокислоти поділяють на чотири підгрупи: моноаміномонокарбонові, моноамінодикарбонові, діаміномонокарбонові та діамінодикарбонові.

Циклічні амінокислоти поділяють на дві підгрупи: карбоциклічні, цикл яких складається лише з атомів Карбону, і гетероциклічні, до циклу яких входить ще гетероатом (найчастіше Нітроген).

Усі амінокислоти — безбарвні кристалічні речовини, гіркі (крім гліцину) на смак. За винятком амінооцтової, містять асиметричний атом Карбону, тому є оптично активними речовинами. Більшість амінокислот добре (за винятком сульфуровмісних) розчиняються у воді, мають високу температуру плавлення (220–315°C) і належать до L-ряду. Амінокислоти D-ряду виявлені останнім часом лише в складі мікроорганізмів й антибіотиків.