

З М І С Т

Передмова	4
Вступ	6
Частина I. Статична біохімія	9
Розділ 1. Хімічний склад живих організмів	10
Розділ 2. Вода і її властивості в живих організмах	16
Розділ 3. Білки і нуклеїнові кислоти	30
Розділ 4. Вуглеводи	68
Розділ 5. Ліпіди	89
Розділ 6. Вітаміни	98
Розділ 7. Ферменти	116
Розділ 8. Гормони	130
Частина II. Динамічна біохімія	145
Розділ 9. Енергетика біохімічних процесів	146
Розділ 10. Біологічне окиснення	153
Розділ 11. Обмін вуглеводів	163
Розділ 12. Обмін ліпідів	186
Розділ 13. Обмін білків і нуклеїнових кислот	203
Розділ 14. Обмін води і мінеральних речовин	233
Розділ 15. Регуляція і інтеграція процесів обміну речовини	244
Частина III. Біохімія фізичних вправ і спорту	251
Розділ 16. Біохімія м'язів і м'язового скорочення	252
Розділ 17. Динаміка біохімічних процесів в організмі людини при м'язовій діяльності	269
Розділ 18. Біохімічні зміни в окремих органах і тканинах при різних видах м'язової діяльності	273
Розділ 19. Біохімічні основи нейроендокринної регуляції обміну речовин при заняттях спортом	284
Розділ 20. Біохімічні основи спортивного тренування і характеристика тренуваного організму	296
Розділ 21. Вплив різних видів спорту на біохімічний стан організму	314
Розділ 22. Вікові особливості біохімічного стану організму ...	331
Розділ 23. Біохімічні основи раціонального харчування спортсменів	342
Список рекомендованої літератури.....	360
Основні поняття і терміни	361
Предметний покажчик	372

ПЕРЕДМОВА

Підготовка висококваліфікованих спеціалістів у галузі фізичного виховання і спорту вимагає ґрунтовних знань процесів життєдіяльності людського організму, в основі яких лежать біохімічні перетворення в клітині. Тому вивчення курсу біохімії на факультетах фізичної культури є необхідною передумовою підготовки вчителя даного профілю та майбутнього тренера.

Знання, набуті в курсі біохімії, можуть бути використані також при вивченні теорії фізичного виховання, фізіології, гігієни, спортивної медицини, спеціальних курсів зі спортивних дисциплін.

За останні роки накопичилось багато нових експериментальних фактів, закономірностей, з'явилися нові концепції та теорії, особливо в галузі біохімії спорту. У зв'язку з цим виникла необхідність у виданні такого посібника, який би відбивав сучасний стан рівня знань в галузі біохімії.

Багаторічний досвід викладання біохімії авторів попереднього видання “Химия и биологическая химия”, яке вийшло друком ще у 1988 році для студентів спеціальностей “Фізичне виховання” та “Початкова військова підготовка і фізичне виховання” для факультетів фізичного виховання педагогічних вузів, показав, що окремі розділи цього посібника не мають суттєвого значення для розуміння біохімічних процесів, що відбуваються в організмі спортсменів. Тому в новому виданні практично повністю вилучено такі розділи загальної, неорганічної та органічної хімії, як “Будова атома та електронних оболонок”, “Гібридизація орбіталей”, “Вуглеводні”, “Алкадієни” та ряд інших класів органічних сполук. У зв'язку з цим посібник названо “Біохімія”, що більше відповідає його змісту.

При підготовці нового видання посібника бралась до уваги наявність у студентів необхідних базових знань з хімії та біології в обсязі шкільного курсу.

Відповідно до традиційного ділення біохімії на статичну, динамічну та функціональну нове видання складається з трьох частин.

Статична біохімія описує хімічний склад живих організмів; властивості, що характеризують живу матерію; воду та її влас-

тивості в живих організмах; воду як електроліт; кислоти, буферні системи живих організмів; ієрархію молекулярної організації клітин.

У динамічній біохімії представлено дані про різні біохімічні перетворення в організмі людини, що становлять основу його фізіологічних функцій.

Біохімія спорту доповнена матеріалами про тонку будову м'язів та їх хімічний склад, про механохімію м'язового скорочення. Показана динаміка біохімічних процесів в організмі людини при м'язовій діяльності; біохімічні зміни в м'язах під впливом тренувань з використанням різних видів спорту. Доповнено новими даними й іншими темами.

Автори будуть вдячні за всі зауваження щодо змісту, структури та викладення матеріалу підручника.

ВСТУП

Біохімія – це наука, яка вивчає склад, будову та властивості речовин живої природи, а також їх перетворення в процесі життєдіяльності живих об'єктів з метою пізнання молекулярних основ життя. Отже, біохімія вивчає як хімічну природу речовин, з яких побудований живий організм, так і їх перетворення залежно від діяльності органів і тканин.

Живий організм нерозривно пов'язаний з навколишнім середовищем, з якого він одержує необхідні для життя харчові речовини, воду та кисень. З цих речовин в організмі утворюються складні біоорганічні сполуки, які безпосередньо беруть участь у біохімічних перетвореннях, унаслідок яких у зовнішнє середовище виділяються продукти розпаду.

Біохімія вивчає не тільки процеси синтезу і розпаду складних органічних сполук у живому організмі, але й те, як ці перетворення пов'язані з поглинанням і виділенням енергії, а також механізми енергетичного обміну, що забезпечують здійснення різних фізіологічних функцій.

Одне з найбільш важливих завдань сучасної біохімії полягає в тому, щоб на основі глибоких знань хімічних перетворень, які відбуваються в живому організмі, знайти дійові шляхи управління обміном речовин. Пошук нових шляхів керування обміном речовин – це перш за все пошук нових засобів підвищення життєстійкості організму, лікування та профілактики різних захворювань. Від характеру і швидкості процесів обміну речовин залежить ріст і розвиток живого організму, його здатність протидіяти зовнішньому впливу, активно адаптуватися до нових умов існування.

Прийнято виділяти статичну, динамічну і функціональну біохімію. Остання вивчає особливості біохімічних процесів при різних функціональних станах організму (зокрема, медична біохімія та біохімія спорту).

Біохімія спорту досліджує закономірності біохімічних перетворень в організмі людини в процесі занять фізичними вправами.

Біохімія спорту як наукова дисципліна є складовою частиною комплексу спортивних наук. Вона безпосередньо пов'язана з теорією і методикою спорту, біологією м'язової активності

людини, фізіологією та гігієною спорту, спортивною медициною, спортивною морфологією та біомеханікою фізичних вправ.

Значний вклад у розвиток і становлення біохімії спорту як наукової дисципліни внесли такі видатні вчені, як А. Хілл, Е. Симонсон, Г. Ембден, В.В. Палладін, М.М. Яковлев та ін.

Проблеми біохімії спорту активно розробляються в багатьох науково-дослідних установах та вищих навчальних закладах. З питань біохімії спорту регулярно проводяться міжнародні та національні конгреси і конференції, спеціалізовані симпозіуми. Останніми роками опубліковано велику кількість наукових статей та книг, де висвітлюються питання біохімії спорту. Ознайомлення з ними допоможе в підготовці висококваліфікованих спеціалістів у галузі фізичної культури і спорту.

Частина I

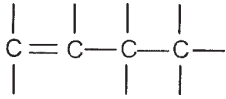
СТАТИЧНА БІОХІМІЯ

Розділ 1 | Хімічний склад живих організмів

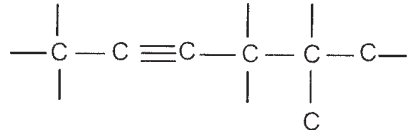
За своїм хімічним складом живі організми істотно відрізняються від літосфери і атмосфери. З 92 хімічних елементів, виявлених у земній корі, у живих організмах знайдено тільки 27. Причому тільки чотири хімічні елементи – водень (Гідроген), кисень (Оксиген), азот (Нітроген) і вуглець (Карбон) – виявлені в найбільшій кількості. У більшості клітин їхня частка складає 99% загальної маси. Відносний вміст трьох із цих елементів – водню, азоту і вуглецю – у живій речовині набагато вищий, ніж у земній корі. На частку даних елементів, разом узятих, припадає менше 1% її загальної маси. У земній корі більше всього міститься кремнію (Силіцію), алюмінію, потім – заліза (Феруму), кальцію, натрію і калію.

Виходячи з наведених вище даних, можна зробити висновок про те, що виявлені в живому організмі хімічні елементи (водень, кисень, азот і вуглець) є найбільш придатними для побудови тих біомолекул, з яких він складається. Придатність даних елементів пояснюється їх легкістю і будовою їх атомів. Для заповнення зовнішньої електронної оболонки атому водню не вистачає одного електрона, кисню – два, азоту – три і вуглецю – чотири. Тому атоми цих хімічних елементів здатні утворювати міцні ковалентні зв'язки шляхом спарювання електронів як між собою, так і з атомами інших елементів. При цьому утворюються молекули простих і складних речовин.

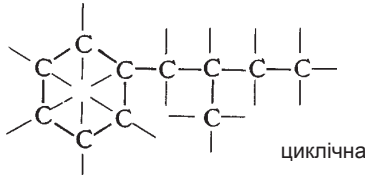




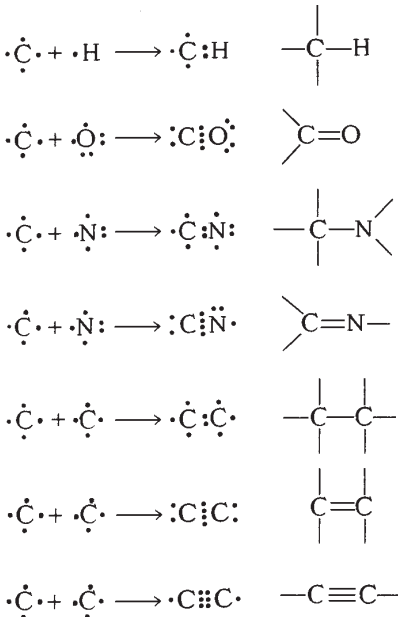
з подвійним зв'язком



з потрійним зв'язком



Усі ці структури складають основу скелетів великої кількості вуглецевмісних молекул. До таких вуглецевих скелетів можуть приєднуватися інші атомні групи, завдяки здатності вуглецю утворювати ковалентні зв'язки з киснем, воднем, азотом і ін.



Все це призводить до утворення дуже великої кількості речовин, в основі яких лежать скелети з ковалентно зв'язаних між собою вуглецевих атомів. Такі речовини називаються органічними сполуками. Лише одному хімічному елементу – вуглецю – присвячена окрема наука – органічна хімія, або хімія вуглецю. Можна поррахувати, скільки є неорганічних сполук (сполук без вуглецю), поррахувати ж, скільки існує органічних – неможливо. Жодний інший хімічний елемент не може утворювати молекули, що відрізняються за розмірами і формою, а також за будовою, бічних ланцюгів і функціональних груп. Це обумовлено тим, що чотири ковалентні одинарні

зв'язки, утворені атомами вуглецю, розташовуються в просторі у вигляді тетраедра, причому кут між двома з цих зв'язків складає

близько $109,5^\circ$. Цей кут у різних атомів вуглецю може дещо змінюватися, при цьому вуглець-вуглецеві сполуки утворюють різноманітні тривимірні структури.

Другою важливою властивістю органічних сполук є те, що складові частини їх молекул можуть вільно обертатися навколо одинарних вуглець-вуглецевих зв'язків. Завдяки такій властивості органічні молекули з великою кількістю одинарних зв'язків можуть набувати різноманітних форм, так званих конформацій, залежно від кута повороту цих зв'язків.

Третя властивість ковалентних зв'язків, утворених вуглецем, полягає в тому, що вони характеризуються певною довжиною. У середньому довжина вуглець-вуглецевих зв'язків дорівнює $0,154$ нм. Подвійні зв'язки коротші, їх довжина становить близько $0,134$ нм. На відміну від одинарних подвійні зв'язки мають велику жорсткість і не дозволяють вільного обертання. При наявності в молекулі подвійного зв'язку кути між одинарними зв'язками збільшуються. Тривимірна структура (конформація) органічних молекул відіграє дуже важливу роль у багатьох біологічних процесах, зокрема, при взаємодії каталітичних центрів ферментів з субстратами. Для забезпечення нормальних біологічних функцій молекули ферменту і субстрату їх структури повинні точно відповідати одна одній (як ключ має підходити до замка). Така точна просторова конфігурація необхідна для багатьох процесів, які відбуваються у клітині: для зв'язування молекули гормону з його рецептором на поверхні клітини, для реплікації ДНК і т.д.

Абсолютну більшість органічних біомолекул можна розглядати як похідні вуглеводнів – сполук, що складаються з атомів вуглецю і водню. Якщо один або більше атомів водню у вуглеводнях замінити різними функціональними групами, то утворюються різні сімейства органічних сполук (що є також причиною розмаїтості і великої кількості органічних сполук). До найбільш важливих сімейств органічних сполук із характерними функціональними групами належать спирти, альдегіди, кетони, кислоти, аміни, аміди, прості і складні ефіри (табл. 1).

Функціональні групи органічних біомолекул хімічно більш реакційноздатні, ніж вуглеводневі скелети. Функціональні групи змінюють характер розподілу електронів, впливаючи на реакційну здатність всієї органічної молекули. Наявність тих або інших функціональних груп в органічних біомолекулах дозволяє прогнозувати перебіг хімічних реакцій. Більшість біомолекул містять функціональні групи двох або декількох типів і тому мають поліфункціональні властивості. До таких сполук нале-

Таблиця 1. Сімейства органічних сполук та характерні для них функціональні групи (R_1 і R_2 – вуглеводневі ланцюги, до яких приєднані функціональні групи)

Сімейство	Будова	Функціональна група
Спирти	$R_1-\text{OH}$	гідроксильна
Альдегіди	$R_1-\text{C}\begin{matrix} \text{=O} \\ \text{H} \end{matrix}$	альдегідна
Кетони	$R_1-\text{C}\begin{matrix} \text{=O} \\ \text{O} \end{matrix}-R_2$	карбонільна
Кислоти	$R_1-\text{C}\begin{matrix} \text{=O} \\ \text{OH} \end{matrix}$	карбоксильна
Аміни	$R_1-\text{N}\begin{matrix} \text{H} \\ \text{H} \end{matrix}$	аміногрупа
Аміди	$R_1-\text{C}\begin{matrix} \text{=O} \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$	амідогрупа
Прості ефіри	$R_1-\text{O}-R_2$	ефірна
Складні ефіри	$R_1-\text{C}\begin{matrix} \text{=O} \\ \text{O} \end{matrix}-R_2$	складноефірна

жать амінокислоти $R-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$, що містять амінну та карбоксильну групи.

Глюкоза $\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{C}\begin{matrix} \text{=O} \\ \text{H} \end{matrix}$ – містить гідроксильні групи та альдегідну, молочна кислота – гідроксильну і

карбоксильну групи, ацетооцтова – кетонну і карбоксильну. Функціональні групи відіграють дуже важливу роль у біологічній активності біомолекул. У таких молекулах вони виявляють характерні для них хімічні властивості і вступають у визначені для них хімічні реакції.

Живий організм за своїми властивостями відрізняється від об'єктів неорганічного світу складністю і високим рівнем організації. Характерним для живих організмів є складність їхньої внутрішньої будови, наявність великої кількості складних молекул. Існують мільйони різних видів живих організмів, тоді як оточуюча нас нежива природа (глина, пісок, вода, каміння) складається з неупорядкованих сумішей порівняно простих хімічних сполук.

Інша особливість живого організму полягає в тому, що будь-яка його складова частина має спеціальне призначення і виконує конкретну функцію. Це стосується не тільки органів, таких, як серце, легені, мозок, але й внутрішньоклітинних структур, таких, як ядро, мітохондрії, лізосоми й ін. Спеціальними функціями наділені окремі хімічні сполуки, що містяться в клітині. Наприклад, білки, нуклеїнові кислоти, ліпіди.

Наступною особливістю живого є те, що організми здатні добувати, перетворювати і використовувати енергію навколишнього середовища у формі органічних харчових речовин або у вигляді енергії сонячного випромінювання. Завдяки цьому організми мають можливість створювати власні багаті на енергію складні речовини. За рахунок них організми виконують механічну роботу під час рухів і здійснюють транспорт різноманітних речовин через мембрани. Нежива природа не має таких властивостей.

Найбільша унікальна особливість живих організмів – це їх здатність до точного самовідтворення, що забезпечує зберігання з покоління в покоління однакової форми, маси і внутрішньої структури. У неживій природі ці властивості відсутні.

Навчальне видання

Явоненко Олександр Федотович
Яковенко Борис Володимирович

Біохімія

Підручник

Редактор видавництва В.І. Кочубей
Художнє оформлення Кайдак С.А, В.Б. Гайдабрус
Комп'ютерна верстка В.Б. Гайдабрус, О.В. Клімова
Технічний редактор Н.Ю. Курносова

Підписано до друку 10.06.2002.
Формат 60х90/16. Папір офсетний.
Гарнітура Скулбук. Друк офсетний.
Ум. друк. ар. 23,47. Обл.-вид. ар. 29,06.
Додрук. Замовлення № Д12-05/7

ТОВ «ВТД «Університетська книга»
40009, Україна, м. Суми, вул. Комсомольська, 27
Тел./факс: (0542) 65-75-85; 78-83-57
E-mail: publish@book.sumy.ua
www.book.sumy.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 489 від 18.06.2001.

Віддруковано на обладнанні ВТД «Університетська книга»
вул. Комсомольська, 27, м. Суми, 40009, Україна