

# ЗМІСТ

<b>Передмова</b> .....	5
<b>Розділ 1. Біохімічна характеристика живих організмів</b> .....	8
1.1. Хімічний склад організму людини .....	8
1.2. Структура клітини .....	10
1.3. Роль обміну речовин у життєдіяльності організму .....	13
1.4. Значення харчових факторів у забезпеченні процесів життєдіяльності .....	15
<b>Розділ 2. Хімія білків</b> .....	23
2.1. Біологічна роль білків .....	23
2.2. Амінокислоти .....	25
2.3. Біологічна роль окремих амінокислот .....	31
2.4. Будова і структурна організація білкової молекули .....	34
2.5. Фізико-хімічні властивості білків .....	40
2.6. Класифікація й характеристика білків .....	45
2.7. Біологічна цінність білків .....	48
2.8. Білки харчової сировини .....	50
<b>Розділ 3. Хімія нуклеїнових кислот</b> .....	67
<b>Розділ 4. Ферменти</b> .....	77
4.1. Загальне поняття про ферменти .....	77
4.2. Будова ферментів .....	79
4.3. Властивості ферментів .....	82
4.4. Загальні уявлення про механізм дії ферментів .....	86
4.5. Регуляція ферментативних реакцій .....	89
4.6. Номенклатура і класифікація ферментів .....	92
4.7. Використання ферментів у харчовій промисловості .....	93
<b>Розділ 5. Хімія ліпідів</b> .....	111
5.1. Біологічна роль, будова і властивості ліпідів та їх похідних .....	111
5.2. Прості ліпіди .....	113
5.3. Складні ліпіди .....	116
<b>Розділ 6. Хімія вуглеводів</b> .....	126
6.1. Біологічна роль, будова, властивості вуглеводів і їх похідних .....	126
6.2. Утворення вуглеводів в процесі фотосинтезу .....	142
6.3. Використання вуглеводів у харчовій промисловості .....	143
<b>Розділ 7. Енергетичні процеси в організмі</b> .....	156
7.1. Біологічне окиснювання .....	156
7.2. Роль окисно-відновних ферментів у біологічному окиснюванні .....	160

7.3. Транспорт електронів і протонів у процесі біологічного окиснювання .....	163
7.4. Окисне фосфорилування .....	164
<b>Розділ 8. Вітаміни .....</b>	<b>173</b>
8.1. Загальне поняття про вітаміни і їх класифікація .....	173
8.2. Водорозчинні вітаміни .....	176
8.3. Жиророзчинні вітаміни .....	192
8.4. Вітаміноподібні сполуки .....	199
<b>Розділ 9. Регуляція обміну речовин в організмі .....</b>	<b>208</b>
9.1. Загальні уявлення про регуляцію обміну речовин .....	208
9.2. Роль нервової системи в регуляції обміну речовин .....	210
9.3. Роль гормонів у регуляції обміну речовин .....	213
9.4. Класифікація гормонів .....	214
<b>Розділ 10. Обмін білків .....</b>	<b>228</b>
10.1. Біологічне значення білкового обміну .....	228
10.2. Перетравлення білків у травному тракті .....	229
10.3. Утворення в кишечнику отруйних продуктів розпаду білків і їх знешкодження .....	232
10.4. Катаболізм білків і амінокислот у тканинах .....	234
10.5. Процеси знешкодження аміаку .....	241
10.6. Обмін хромопротеїнів .....	245
10.7. Обмін нуклеїнових кислот в організмі .....	247
10.8. Біосинтез білка .....	248
10.9. Регуляція біосинтезу білка .....	253
<b>Розділ 11. Обмін вуглеводів .....</b>	<b>261</b>
11.1. Розщеплення вуглеводів у травному тракті людини .....	261
11.2. Регуляція обміну вуглеводів і його порушення .....	263
11.3. Проміжний обмін вуглеводів .....	266
<b>Розділ 12. Обмін ліпідів .....</b>	<b>290</b>
12.1. Розщеплення ліпідів у травному тракті людини .....	290
12.2. Обмін ліпідів у тканинах .....	295
12.3. Біосинтез ліпідів .....	299
12.4. Регуляція обміну ліпідів і його порушення .....	302
12.5. Псування ліпідів .....	306
<b>Розділ 13. Біохімічні та інші зміни основних речовин у процесі зберігання і технологічної обробки харчової продукції .....</b>	<b>313</b>
13.1. Стан і вміст води .....	313
13.2. Зміни вмісту мінеральних речовин .....	322
13.3. Зміни стану та вмісту білків .....	325
13.4. Зміни ліпідів .....	334
13.5. Зміни вуглеводів .....	341
13.6. Зміни вмісту вітамінів .....	352
<b>Список рекомендованої літератури .....</b>	<b>367</b>
<b>Глосарій .....</b>	<b>369</b>

## П Е Р Е Д М О В А

**Біохімія** – це наука про хімічний склад живих організмів і перетворення в процесі життєдіяльності вхідних у них речовин. Як фундаментальна наука біохімія пов'язана з математикою, фізикою, неорганічною, органічною і фізколоїдною хімією, біологією і медициною. Вона є основою наукових уявлень про природу живої матерії, складні закони і механізми, що керують процесами життєдіяльності.

Роль біохімії є особливо важливою при вивченні причин захворювань людини, тварин, рослин, під час пошуків ефективних засобів їх лікування та профілактики, виробництва лік.

Біохімічні процеси і методи використовуються в різних галузях сільськогосподарського виробництва, харчової промисловості: у переробці рослинної і тваринної сировини, забезпеченні її збереження, захисті від псування готової продукції, у боротьбі з наслідками несприятливого впливу людини на навколишнє середовище.

Успіхи в різних галузях і науках обумовили розвиток біохімії як самостійної науки. У першій половині ХХ століття сформувалися деякі сучасні напрямки біохімії, відбулася її диференціація за окремими галузями: вітамінологія, ензимологія, біохімія гормонів тощо. Період становлення біохімії характеризується активним використанням фізико-хімічних і математичних методів, вивченням основних життєвих процесів – молекулярних основ збереження і передачі генетичної інформації, розшифруванням структури окремих білків з використанням методів генної інженерії, дослідженням структури й функцій біомембран.

Умовно біохімію поділяють на три частини: статична, динамічна та функціональна. *Статична біохімія* вивчає хімічний склад живих організмів, тобто хімічну природу і кількісний вміст різних речовин та їх комплексів в організмі. Вона тісно пов'язана з біоорганічною хімією, що виявляє залежність між особливостями структури органічних речовин і їх біологічними властивостями.

Важливим напрямком біохімії є *динамічна біохімія*, що досліджує всі процеси обміну речовин у здоровому організмі. Вона розкриває механізми перетворення речовин від моменту надходження їх в організм до утворення кінцевих продуктів, вивчає

закономірності обміну, що лежать в основі життя, усі зміни, які відбуваються в здоровому та хворому організмі, можливості впливу на них лікарських препаратів і харчових речовин.

*Функціональна біохімія* досліджує хімічні процеси, що складають основу формування і функціональної діяльності окремих органів та систем, а також біохімічні основи зміни цих функцій відповідно до умов середовища.

Проте поділ біохімії на статичну, динамічну і функціональну є відносним. Відповідно до особливостей об'єктів вивчення із загального курсу виокремилися біохімія тварин (зоохімія), біохімія рослин (фітохімія), біохімія мікроорганізмів і вірусів. Важливе практичне значення має медична біохімія. Значну роль у виробництві відіграє технічна біохімія, що розробляє технологічні методи для харчової, фармацевтичної і деяких інших галузей промисловості (текстильної, шкіряної й ін.). Особлива увага приділяється дослідженням в галузі біохімії сільськогосподарських тварин, біохімії зерна і борошна, вітамінів, гормонів, м'язів, біонеорганічної хімії, біохімічної генетики, ензимології, радіаційної і космічної біохімії і т.д. Однією з провідних галузей біохімії є молекулярна біохімія, що вивчає на молекулярному рівні механізми основних проявів життя (спадковість, мінливість). Квантова біохімія встановлює зв'язок між квантово-механічними параметрами й особливостями біоорганічних сполук, що беруть участь у передачі спадкоємних властивостей та інших проявах норми й патології.

Об'єктом дослідження сучасної біохімії стали фундаментальні проблеми: будова макромолекул і їх біосинтез, молекулярна організація клітин, механізми ферментативної активності, молекулярні основи різних фізіологічних процесів.

У свою чергу, розвиток таких дисциплін, як загальна фізіологія, фізіологія харчування, гігієна харчування, товаровознавство харчових продуктів, технологія продуктів харчування в промисловості і підприємствах харчування, неможливий без знань біохімії. Вона тісно пов'язана з проблемою обсягу продовольчих ресурсів, оскільки об'єктами рослинництва, тваринництва є живі організми. Збільшення їх виробництва можливе лише на основі сучасних наукових досягнень біохімії в галузі генної інженерії, що розробляє шляхи підвищення врожайності сільськогосподарських культур, продуктивності тварин, боротьби з втратами силовини, з нераціональним харчуванням та ін.

Студентам технологічних факультетів вишів необхідне вивчення курсу біохімії як основи раціонального вибору асортименту харчових продуктів, що має забезпечувати потреби різних груп

населення в пластичних та енергетичних речовинах, оптимальних способів технологічної обробки харчової сировини й умов її збереження.

Підручник складений відповідно до програми курсу «Біологічна хімія» і покликаний допомогти студентам вищих закладів освіти в ґрунтовному вивченні теоретичного матеріалу, оволодінні навичками самостійного мислення, аналізу отриманих результатів досліджень, та зацікавити до поглибленого вивчення навчального матеріалу.

Підручник розрахований на студентів технологічних факультетів вищих навчальних закладів харчової промисловості, споживчої кооперації та економічних факультетів, які готують спеціалістів для галузі харчування, виробництва продуктів харчування, їх зберігання, переробки та контролю якості.

# Біохімічна характеристика живих організмів

## 1.1. Хімічний склад організму людини

В організмі людини міститься більше ніж 40 елементів періодичної системи Менделєєва. Найбільше в тканинах міститься вуглецю, водню, кисню, азоту, фосфору й сірки. Ці речовини називаються *органогенами*, оскільки вони входять до складу органічних компонентів клітин. Менше в клітинах натрію, калію, кальцію, магнію, марганцю, кобальту, заліза, міді, селену. Усі зазначені елементи надходять в організм із зовнішнього середовища. Органогени взаємодіють між собою та з іншими елементами, утворюють білки, нуклеїнові кислоти, ліпіди, вуглеводи й інші складні речовини.

*Карбоген* є центром органічних сполук. Він утворює стабільні молекули різноманітної конфігурації з численними функціональними групами.

*Нітроген* часто помилково називають безжиттєвим, тому що він не підтримує горіння, однак без цього елемента життя неможливе, оскільки він входить до складу білків, нуклеїнових кислот і багатьох інших сполук, що становлять основу життєдіяльності організму. Нітроген легко змінює валентність; в організмі він перебуває в три- або п'ятивалентному стані. У разі зміни валентності він приєднує або втрачає електрон, що обумовлює його роль в обміні речовин.

*Оксиген* бере участь в утворенні кислотних, спиртових та інших груп в органічних сполуках. Без нього неможливі біохімічні процеси. Завдяки реакції з киснем здійснюється дихання в клітинах, відбуваються енергетичні процеси, необхідні для життєдіяльності.

**Гідроген** – не тільки пластичний компонент органічних сполук, але і «пальне» для рослинного і тваринного світу: у разі його взаємодії з киснем виділяється велика кількість енергії.

**Сірка** бере участь в утворенні тіолових груп, що легко окислюються, дисульфідних містків, які стабілізують структуру визначених ділянок молекул білків. Вона – один з компонентів процесів знешкодження токсичних речовин.

**Фосфор** широко представлений в організмі як у вільному вигляді, так і у сполуках з різними речовинами (білками, жирами, вуглеводами). Він входить до складу фосфоліпідів, фосфопротейнів, мононуклеотидів, АТФ, ГТФ, є частиною буферної системи крові. Фосфор, що знаходиться в організмі, бере участь в активації різних сполук, у формуванні кісткової системи і зубів.

Жива матерія складається з речовин, що мають молекули величезних розмірів (макромолекули), завдяки чому вони набувають одночасно і стабільність, і високу реакційну здатність. Такими сполуками є білки, нуклеїнові кислоти, ліпіди, вуглеводи. З ними пов'язані всі життєво важливі процеси.

Не менш відповідальну роль у живій матерії відіграють вода і мінеральні речовини. Солі і вода становлять близько 2/3 людського тіла. Значна кількість мінеральних речовин припадає на кістки, до складу яких входить нерозчинна у воді сіль – фосфорнокислий кальцій. Рідини в тілі людини і тварин є розчинами електrolітів. Вони забезпечують сталість осмотичного тиску в рідких фазах організму, кислотно-лужну рівновагу в тканинах. У цих процесах переважають катіони натрію і калію, аніони хлору, карбонати, фосфати.

Мінеральні речовини, що входять до складу живих організмів, умовно поділяють на три групи: макро-, мікро- і ультрамікроелементи. До **макроелементів** належать ті хімічні елементи, вміст яких перевищує 0,001% (О, С, Н, Са, К, N, Р, S, Mg, Na, Cl, Fe та ін.). Якщо вміст хімічного елемента в організмі становить від 0,001 до 0,000001%, то його відносять до **мікроелементів** (Cu, Mn, Co і т.п.). Речовини, що знаходяться в ще менших кількостях, називають **ультрамікроелементами** (Pb, V, Au, Hg й ін.).

**Вода.** За невеликим винятком (кістки, емаль зубів) вона є переважним компонентом у структурі клітин. Вода – це природний розчинник багатьох речовин, а також дисперсійне середовище, що відіграє важливу роль у колоїдній системі цитоплазми. Усі хімічні процеси в організмі відбуваються у водному середовищі, вода бере безпосередню участь і в багатьох реакціях. Крім того, вона виводить з організму різні речовини.

## 1.2. Структура клітини

**Клітина** – одна з форм організації живої матерії, що лежить в основі будови й розвитку рослин і тварин.

Розміри, форма і будова клітин, що входять до складу органів і тканин, різні. Вони залежать від стадії розвитку і функції клітин, їхньої видової належності тощо. Діаметр клітин становить переважно від 1 мікрона до кількох сантиметрів. Однак деякі з них мають великі розміри, наприклад, нервові клітини з довгими відростками, що досягають 1 м. Найбільш типовими для клітин є куляста, овальна, циліндрична та кубічна форми. Кількість клітин в організмі і навіть в окремих його органах може бути досить значною, наприклад, у корі великих півкуль головного мозку людини міститься 14–15 мільярдів нервових клітин, а в крові – близько 25 більйонів червоних кров'яних тілець.

За своєю будовою клітини рослин, тварин і людини подібні. Кожна з них містить усередині щільне утворення – ядро, що плаває у «напіврідкій» цитоплазмі.

Клітина оточена клітинною мембраною. Клітина складається з багатьох елементів, сукупність яких є вагомою не тільки для неї самої, але й для всього організму в цілому. Якщо якимось чином порушиться структура клітини, то змінюються її функції, вона втрачає свої властивості як організована одиниця і гине.

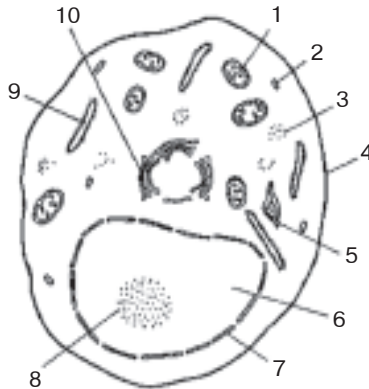


Рис. 1.1. Схема будови клітини:

1 – мітохондрія; 2 – лізома; 3 – вільні рибосоми; 4 – цитоплазматична мембрана; 5 – хлоропласт; 6 – ядро; 7 – ядерна мембрана; 8 – ядерце; 9 – ендоплазматичний ретикулум; 10 – апарат Гольджі



Вміст клітини становить досить складну систему різноманітних компонентів. Схема будови клітини, отримана за допомогою електронного мікроскопа, наведена на рис. 1.1.

**Цитоплазматична мембрана.** Внутрішнє середовище клітини відрізняється від зовнішнього. Природним бар'єром між ними є клітинна мембрана, основна функція якої полягає в регуляції обміну речовин між клітиною і навколишнім середовищем.

Цитоплазматична мембрана забезпечує сталість складу внутрішньоклітинного вмісту. За структурою мембрана являє собою грузлу ліпідну фазу (ліпідний шар) із зануреними в неї білками. Ліпідний шар складається в основному з фосфоліпідів, холестерину, гліколіпідів і є подвійним шаром молекул. При цьому довгі залишки жирних кислот одного й другого шару ліпідних молекул повернені одна до одної й утворюють рідку *гідрофобну фазу*, а *гідрофільні групи* цих ліпідів (холін, фосфорна кислота, етаноламін і ін.) розташовані зовні. Будова мембрани обумовлює її основну властивість – *вибірну проникність*, тобто регулювання надходження в клітину необхідних поживних речовин і виведення з неї продуктів обміну. Така вибірковість забезпечує сталість внутрішнього середовища клітини, підтримує потрібний осмотичний тиск, значення рН і т.ін.

Білки, що входять до складу мембрани, розташовуються на периферії (*периферичні*) або пронизують усю її товщу (*інтегральні*).

Функції мембранних білків різноманітні. Одні з них є ферментами – каталізаторами багатьох важливих реакцій, інші транспортують різні речовини (жирні кислоти, холестерин) через мембрану. Особливі групи білків утворюють у мембрані “пори” для перенесення іонів (гідрогену, натрію, калію та ін). Поверхнево розташовані білки і гідрофільні групи ліпідів, взаємодіють з вуглеводами й утворюють ділянки, здатні “впізнавати” інші клітини або речовини. Такі ділянки називаються *рецепторами*. Сполучаючись зі специфічними рецепторами, речовини (наприклад, гормони) передають свої сигнали всередину клітини. Мембрани еластичні й здатні в разі ушкодження мимовільно відновлювати свою цілісність.

**Цитоплазма.** Внутрішній простір клітини заповнений цитоплазмою, у якій розташовані органоїди. Цитоплазма пронизана численними каналами, що називають *ендоплазматичною сіткою (ретікулумом)*. Ендоплазматичний ретикулум є продовженням ядерної мембрани. Він становить собою мережу мембран, що утворюють трубочки і пухирці; через ендоплазматичну мережу здійснюється транспортування різних речовин із клітини в

зовнішнє середовище і назад у клітину, у ньому відбуваються процеси синтезу та розпаду хімічних речовин.

Розрізняють два типи ретикулума – *гладкий* і *шорсткуватий*. “Шорсткість” останнього обумовлена розташованими на його поверхні численними дрібними частками сферичної форми – рибосомами.

**Рибосоми** – дрібні щільні гранули невеликих розмірів. Вони складаються з двох частин (субодиниць) округлої форми, сполучення яких можна представити у вигляді гриба або вісімки. Вони розсіяні по всій клітині. Частина їх зв’язана з ендоплазматичною мережею, інші перебувають у вільному стані в цитоплазматичному матриксі. Рибосоми виконують найважливішу функцію – беруть участь у процесі синтезу білка.

**Апарат Гольджі** представлений тонкими плоскими мішечками. Він відіграє подвійну роль: бере участь у синтезі вуглеводних компонентів глікопротеїдів і здійснює видалення синтезованих молекул з клітини.

**Мітохондрії** є великими органοїдами клітини, що за формою нагадують зерно квасолі.

Мітохондрії оточені двома мембранами, які утворюються білками й ліпідами різної природи. *Внутрішня мембрана* має безліч спрямованих усередину випинань – *крист*, що тим численніше, чим вище дихальна активність клітини. Внутрішній простір мітохондрій заповнює дрібнозерниста грузла речовина. Мітохондрії – найбільш мірою спеціалізовані частини: саме в них відбуваються процеси дихання й окиснювання різних речовин. Їхня головна функція – *вилучати енергію, що міститься в органічних речовинах, і накопичувати її у фосфатних зв’язках аденозинтрифосфату (АТФ)*, який необхідний для здійснення різних процесів життєдіяльності. Мітохондрії називають “силовими підстанціями” клітин (рис. 1.2).

Слід зазначити ще одну особливість мітохондрій. У їх матриксі виявлені ДНК. Крім того, тут знаходяться рибосоми і деякі речовини, необхідні для синтезу мембранних білків.

Важливі органοїди клітини – *лізосоми*. Ці структури являють собою обмежені мембраною тільця, що містять протеолітичні ферменти. Неушкоджена лізосомна мембрана дуже міцна й стійка до дії ферментів. Призначення лізосом різноманітне: вони здатні розщеплювати вже використані білки, жири, вуглеводи та їх проміжні продукти.

У рослинних клітинах містяться *пластиди* – невеликі гранули з подвійною мембраною, у яких відбувається синтез та накопичення органічних речовин. До них належать хлоропласти, лейкопласти і хромопласти. *Хлоропласти* містять зелений пігмент

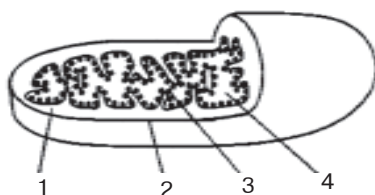


Рис. 1.2. Розріз мітохондрій:

1– внутрішня мембрана; 2 – зовнішня мембрана; 3– криста; 4 – матрикс

хлорофіл, здатний переробляти енергію сонячного світла в хімічну, яка запасється у вигляді хімічних зв'язків різних харчових речовин, що утворюються в процесі фотосинтезу. **Лейкопласти** – безбарвні пластиди, у них накопичуються крохмаль й інші речовини. **Хромопласти** містять різні пігменти, що обумовлюють фарбування плодів, овочів і квіток.

**Ядро** – головна внутрішньоклітинна органела клітки, яка має сферичну форму діаметром близько 5 мікронів. Воно містить не менш ніж 95% усієї дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК).

ДНК разом з основними і кислими білками та значною кількістю рибонуклеїнової кислоти (РНК) становить складний комплекс, що називається **хроматином**. Усередині ядра можна виокремити ще одну або кілька сферичних структур малих розмірів. Це – **ядерця**. Вони містять багато РНК. У ядрі знаходяться всі ферменти, необхідні для біосинтезу ДНК і РНК, які є носієм генетичної інформації (спадкоємних ознак) та контролюють усі види метаболічної активності клітки.

Вивчення складної структури клітини допомагає зрозуміти, як в умовах мікроскопічно малого простору створюються найбільш сприятливі умови для біохімічних реакцій, що протікають у конкретний момент у визначеній ділянці клітини. Будова клітини дозволяє розмежувати ферментативні процеси, що відбуваються в різних її частинах, і дає можливість одночасно протікати в ній величезній кількості реакцій.

### 1.3. Роль обміну речовин у життєдіяльності організму

**Обмін речовин** становить собою сукупність усіх хімічних змін і всіх видів перетворень речовин та енергії, що забезпечують ріст, розвиток, життєдіяльність організму в цілому. Він відбувається безперервно в усіх клітинах, тканинах і системах організму.

Завдяки обмінним процесам відбувається прийняття речовин, що надходять із зовнішнього середовища, і перетворення їх у речовини самого організму, а також забезпечення останнього енергією. Унаслідок обміну речовин відновлюється втрата води в організмі (водний обмін), задовольняється потреба в мінеральних речовинах (мінеральний обмін), відшкодовується розпад органічних речовин, необхідних для синтетичних процесів, тобто формуються нові клітини, синтезуються гормони, ферменти, травні соки і т. ін. (пластичний обмін).

Обмін речовин складається з двох протилежних процесів, що відбуваються паралельно: катаболізму й анаболізму. **Катаболізм**, або **дисиміляція**, являє собою реакції, пов'язані з розпадом, окисненням речовин і виведенням з організму продуктів розпаду. **Анаболізм**, або **асиміляція**, становить собою реакції, пов'язані із синтезом необхідних речовин, їх засвоєнням і використанням для росту, розвитку та життєдіяльності організму.

Усі процеси асиміляції і росту можливі тільки за умов, якщо в організм регулярно надходять поживні речовини, що є пластичним матеріалом, з якого синтезується жива тканина. Значення поживних речовин не вичерпується їхнім використанням як будівельного матеріалу, вони відіграють важливу роль і як джерело енергії. Людина рухається, займається фізичною і розумовою працею, відпочиває – уся її життєдіяльність супроводжується енергетичними витратами. Навіть якщо людина знаходиться в повному спокої, її постійно працюючі органи – серце, легені, кровоносна система – витрачають значну кількість енергії. Отже, для підтримання життя необхідне безперервне надходження поживних речовин. Під час їх розщеплення утворюється енергія, яка використовується організмом.

За допомогою обміну речовин, що здійснюється в результаті нерозривно пов'язаних процесів асиміляції і дисиміляції, відбувається взаємодія організму із зовнішнім середовищем, що є обов'язковою умовою для життя. Процеси асиміляції і дисиміляції узгоджені між собою, організовані в часі й утворюють цілісну систему, що забезпечує збереження живого організму, його нормальну функціональну здатність.

Складна система регуляторних механізмів підтримує необхідний рівень інтенсивності процесів асиміляції і дисиміляції відповідно до стану організму. Обмін речовин у тканинах на клітинному і молекулярному рівнях відбувається на основі саморегуляції. У цілому в організмі регуляція обміну речовин здійснюється нервовим і гуморальним (нейрогуморальним) шляхами, безпосередньо або через біологічно активні речовини – гормони.

Швидкість хімічних реакцій обміну речовин, їх узгодженість і послідовність регулюються також ферментними системами.

Навчальне видання

**Павлоцька Лариса Федорівна  
Дуденко Ніна Василівна  
Левітін Євген Якович та ін.**

**Біологічна хімія**

**Підручник**

Головний редактор В.І. Кочубей  
Технічний редактор А.О. Литвиненко  
Дизайн обкладинки і макет В.Б. Гайдабрус  
Комп'ютерна верстка О.І. Молодецька, А.О. Литвиненко

Підписано до друку 18.10.2010.  
Формат 60x90 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Папір офсетний. Гарнітура Скулбук.  
Друк офсетний. Ум. друк. арк. 31.9. Обл.-вид. арк. 28.2.  
Тираж 500 прим. Замовлення №

Відділ реалізації  
E-mail: info@book.sumy.ua

ТОВ «ВТД «Університетська книга»  
40030, м. Суми, вул. Комсомольська, 27.  
Тел.: (0542) 67-96-92  
E-mail: publish@book.sumy.ua  
www.book.sumy.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 489 від 18.06.2001

Надруковано відповідно до якості наданих діапозитивів  
у ПП «Принт-Лідер»  
Україна, 61070, м. Харків, вул. Рудика, 8