



А. Ленинджер · БИОХИМИЯ

А. Ленинджер

БИОХИМИЯ

**МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ СТРУКТУРЫ
И ФУНКЦИЙ КЛЕТКИ**

Перевод с английского

Под редакцией и с предисловием
акад. А. А. БАЕВА
и д-ра хим. наук Я. М. ВАРШАВСКОГО



Издательство «Мир»
Москва 1974

Современный учебник, написанный одним из крупнейших американских биохимиков, широко известным своими блестящими исследованиями в области биоэнергетики. Отличительная особенность книги состоит в том, что биохимия излагается не как простое собрание сведений о ферментативных реакциях, протекающих с участием различных классов биохимических соединений, а совершенно по-новому. В центре внимания находится клетка, которая рассматривается как система взаимосвязанных структур и протекающих в них химических процессов. Книга построена очень логично, написана простым и ясным языком, очень хорошо иллюстрирована.

Предназначена для студентов и аспирантов биологических и химических факультетов университетов, для преподавателей и научных работников разных специальностей (химиков, биохимиков, физиологов, микробиологов, цитологов, генетиков и др.).

Редакция биологической литературы

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к русскому изданию	5
Предисловие автора	7
Введение. Молекулярная логика живого	
Свойства, характеризующие живую материю	9
Биохимия и живое состояние	9
Биомолекулы	10
Превращение энергии в живых клетках	12
Химические реакции в живых клетках	13
Саморегуляция клеточных реакций	15
Самовоспроизведение живых организмов	16
ЧАСТЬ ПЕРВАЯ. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ КОМПОНЕНТЫ КЛЕТКИ	19
Глава I. Биомолекулы и клетки	19
Пригодность органических соединений для выполнения биологических функций	19
Иерархия молекулярной организации клеток	21
Первичные биомолекулы	25
Специализация и дифференциация биомолекул	27
Происхождение биомолекул	28
Особая пригодность биомолекул для выполнения биологических функций	31
Размеры и форма биомолекул	31
Биомолекулы и структура клетки	34
Краткое содержание главы	41
Задачи	42
Список литературы	43
Глава II. Вода	44
Физические свойства и структура воды	44
Водородная связь	45
Кинетика образования и разрыва водородных связей	47
Свойства воды как растворителя	48
Гидрофобные взаимодействия	49
Влияние растворенных веществ на структуру воды	50
Ионизация воды	51
Ионное произведение воды; шкала pH	52
Измерение pH	53
Кислоты и основания	53
Кислотно-основные индикаторы	57
Буферы	57
Пригодность водной среды для живых организмов	59
Краткое содержание главы	59
Задачи	60
Список литературы	61
Глава III. Белки и их биологические функции. Обзор	62
Состав белков	62
Размеры белковых молекул	63
Конформация белков	65
Функциональное разнообразие белков	69
Антитела и иммунная реакция; видовая специфичность белков	71
Изомерия полипептидных цепей по аминокислотной последовательности	73

Генетическое кодирование аминокислотных последовательностей в белках	74
Краткое содержание главы	75
Список литературы	76
Глава IV. Аминокислоты — структурные элементы белков	77
Обычные аминокислоты, входящие в состав белков	77
Редкие аминокислоты, входящие в состав белков	82
Аминокислоты, не встречающиеся в белках	82
Кислотно-основные свойства аминокислот	84
Сtereoхимия аминокислот	87
Спектры поглощения	90
Химические реакции аминокислот	91
Анализ смесей аминокислот	94
Краткое содержание главы	99
Задачи	100
Список литературы	100
Глава V. Ковалентно связанный остов и последовательность аминокислотных остатков в белках	102
Структура пептидов	102
Кислотно-основные свойства пептидов	104
Оптические свойства пептидов	104
Химические реакции пептидов	105
Разделение и анализ пептидов	105
Расщепление поперечных связей и разделение цепей	106
Количественное определение аминокислотного состава белков	106
Идентификация NH_2 -концевых остатков в пептидах	110
Идентификация COOH -концевых остатков в пептидах	112
Фрагментация пептидных цепей при помощи частичного гидролиза	112
Этапы определения аминокислотной последовательности в пептидах	113
Аминокислотная последовательность некоторых пептидов и белков	114
Видовая и мутационная вариабельность в аминокислотной последовательности белков	117
Мутационные изменения в аминокислотной последовательности белков в пределах одного вида	119
Химический синтез полипептидных цепей в лаборатории	121
Краткое содержание главы	125
Задачи	126
Список литературы	127
Глава VI. Конформация белков	128
Нативная конформация белковых молекул	128
Вторичная структура фибриллярных белков	129
α -Спираль	130
Оптические свойства спиральных структур	134
Структура типа складчатого слоя, характерная для β -кератинов	134
Спираль коллагена	136
Третичная структура глобулярных белков	137
Силы, стабилизирующие третичную структуру	141
Возможность предсказания конформации белков	142
Четвертичная структура олигомерных белков	142
Четвертичная структура гемоглобина	144
Биологическое значение субъединиц	146
Краткое содержание главы	147
Задачи	148
Список литературы	149
Глава VII. Поведение белков в растворах	150
Кислотно-основные свойства белков	150
Методы разделения белков, основанные на различиях в их кислотно-основных свойствах	152
Осаждение белков в виде солей	155

Методы разделения белков, основанные на различиях в их растворимости	155
Осмоз и мембранное равновесие белков	157
Диффузия и коэффициент диффузии	158
Определение молекулярного веса на основании химического состава	160
Определение молекулярного веса физико-химическими методами	161
Определение молекулярного веса на основании данных по осмотическому давлению	161
Определение молекулярного веса методом седиментационного анализа	161
Центрифугирование в градиенте плотности	164
Определение молекулярного веса методом светорассеяния	166
Хроматография, основанная на принципе молекулярных сит (гель-филтрация)	166
Определение формы белковых молекул	169
Тесты на гомогенность, применяемые при очистке белков	170
Краткое содержание главы	171
Задачи	172
Список литературы	173
Глава VIII. Ферменты. Кинетика и ингибирование	174
Классификация ферментов	175
Кофакторы ферментов	176
Химическая кинетика	178
Кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса — Ментен	180
Преобразование уравнения Михаэлиса — Ментен	184
Зависимость скорости ферментативной реакции от присутствия кофакторов	186
Влияние pH на ферментативную активность	186
Определение количества фермента по его активности	188
Ингибирование ферментов	189
Фермент-субстратные комплексы	193
Краткое содержание главы	195
Задачи	196
Список литературы	197
Глава IX. Ферменты. Механизм действия, структура и регуляция	198
Субстратная специфичность	198
Каталитические эффекты, связанные со сближением и ориентацией реагирующих групп	200
Кислотно-основной катализ органических реакций	201
Связь между конформацией ферментов и их каталитической активностью	204
Мультиферментные системы	209
Саморегуляция ферментных систем	210
Свойства регуляторных ферментов	212
Кинетика регуляторных ферментов	218
Краткое содержание главы	213
Список литературы	219
Глава X. Липиды, липопротеиды и мембраны	221
Жирные кислоты	221
Свойства жирных кислот	223
Газо-жидкостная хроматография жирных кислот	225
Нейтральные жиры (ацилглицерины)	226
Свойства ацилглицеринов	228
Метод тонкослойной хроматографии	228
Фосфоглицериды	229
Свойства фосфоглицеридов	234
Сфинголипиды и гликолипиды	235
Воска	237
Стероиды	238
Терпены	239

Жирорастворимые витамины	241
Простагландины	245
Липидные мицеллы и липидные мономолекулярные и бимолекулярные слои	246
Липопротеиды	247
Молекулярные компоненты мембран	248
Гипотеза элементарной мембраны	249
Другие модели структуры мембран	250
Краткое содержание главы	252
Задачи	253
Список литературы	254

Глава XI. Сахара, резервные полисахариды и клеточные стенки	255
Семейства моносахаридов	255
Стереоизомерия моносахаридов	257
Мутаротация. Аномерные формы	259
Действие кислот и оснований на моносахариды	261
Важные производные моносахаридов и гликозидов	262
Дисахариды	268
Трисахариды	270
Идентификация и анализ моносахаридов и олигосахаридов	270
Полисахариды (гликаны)	270
Резервные полисахариды	271
Структурные полисахариды	273
Клеточные стенки бактерий	275
Клеточные оболочки и основное вещество животных тканей	279
Краткое содержание главы	281
Задачи	282
Список литературы	283

Глава XII. Нуклеотиды и полинуклеотиды	284
Компоненты мононуклеотидов	284
Пиримидиновые и пуриновые основания	284
Нуклеозиды	288
Нуклеотиды	288
Нуклеозид-5'-дифосфаты и нуклеозид-5'-трифосфаты (НДФ и НТФ)	290
Прочие мононуклеотиды	292
Динуклеотиды	293
Полинуклеотиды	295
ДНК	295
РНК	297
Ковалентный каркас нуклеиновых кислот	299
Ферментативный гидролиз межнуклеотидных связей	300
Гидролиз нуклеиновых кислот под действием кислот и щелочей	302
Определение нуклеотидной последовательности в нуклеиновых кислотах	302
Комплексы нуклеиновых кислот с белком	304
Краткое содержание главы	308
Задачи	309
Список литературы	310

ЧАСТЬ ВТОРАЯ. КАТАБОЛИЗМ И ГЕНЕРИРОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ФОСФАТНОЙ СВЯЗИ 311

Глава XIII. Метаболические пути и обмен энергии. Обзор	311
Источники углерода и энергия для жизнедеятельности клетки	311
Круговорот углерода и энергетический цикл. Синтрофия	313
Круговорот азота	314
Потребности в определенных соединениях азота. Витамины	315
Гибкость и экономичность метаболизма	31
Катаболизм и анаболизм	31
Катаболические, анаболические и амфиболические пути	31

Энергетический цикл в клетках	321
Экспериментальные подходы к изучению промежуточного метаболизма	322
Изучение метаболизма на целых организмах	322
Переживающие срезы и манометрические методы	323
Генетические нарушения метаболизма. Ауксотрофные мутанты	325
Метод меченых атомов	326
Бесклеточные системы	328
Локализация ферментов и ферментных систем в клетке	330
Внутриклеточная регуляция метаболических процессов	331
Краткое содержание главы	333
Список литературы	334
Глава XIV. Законы биоэнергетики и АТФ-цикл	335
Локализация и свойства АТФ и АДФ	335
Законы химической термодинамики	337
Изменение стандартной свободной энергии химических реакций	340
Стандартная свободная энергия гидролиза АТФ	345
Структурные аспекты изменения свободной энергии при гидролизе АТФ	347
Факторы, влияющие на стандартную свободную энергию гидролиза АТФ	348
Высокоэнергетические и низкоэнергетические фосфаты	348
Пути ферментативного переноса фосфатных групп	353
Принцип общего промежуточного продукта	354
Передача фосфатных групп через другие нуклеозид-5'-трифосфаты	355
Роль АМФ и пиррофосфата	356
Оборачиваемость концевой фосфатной группы АТФ	357
Энергетика открытых систем	357
Краткое содержание главы	358
Задачи	359
Список литературы	360
Глава XV. Гликолиз	362
Брожение и дыхание	362
Две стадии гликолиза	365
История изучения превращений углеводов	366
Ферментативные реакции первой стадии гликолиза	367
Вторая стадия гликолиза	373
Полный баланс гликолиза	379
Энергетика гликолиза в интактной клетке	379
Включение других углеводов в процесс гликолиза	381
Спиртовое брожение	384
Другие типы брожения	387
Краткое содержание главы	387
Задачи	388
Список литературы	388
Глава XVI. Цикл трикарбоновых кислот и фосфоглюконатный путь	390
Энергетика брожения и дыхания	390
Общая схема процесса дыхания	390
История открытия цикла трикарбоновых кислот	393
Внутриклеточная локализация ферментов цикла трикарбоновых кислот	396
Окисление пирувата до ацетил-КоА	397
Отдельные реакции цикла трикарбоновых кислот	401
Применение изотопных методов в изучении цикла трикарбоновых кислот	412
Амфиболическая природа цикла трикарбоновых кислот. Анаэробические реакции	414
Глиоксилатный цикл и глиоксисомы	416
Фосфоглюконатный путь	417
Краткое содержание главы	422
Задачи	423
Список литературы	424

Глава XVII. Перенос электронов и окислительное фосфорилирование	425
Окислительно-восстановительные реакции	425
Классы окислительно-восстановительных ферментов	428
Пиридинзависимые дегидрогеназы	429
Флавинзависимые дегидрогеназы	434
Белки, содержащие негемное железо	436
Цитохромы	437
Путь переноса электронов: дыхательная цепь	441
Энергетика переноса электронов	445
Окислительное фосфорилирование	446
Сопряжение окислительного фосфорилирования с процессом переноса электронов	448
Баланс энергии	449
Отдельные стадии процесса окислительного фосфорилирования	450
Окислительное фосфорилирование в субмитохондриальных системах.	
Факторы сопряжения	451
Гипотеза химического сопряжения	452
Оксигеназы, гидроксилазы и перенос электронов в микросомах	453
Высвечивание энергии окислительно-восстановительных реакций в виде биолюминесцентного излучения	455
Краткое содержание главы	456
Задачи	457
Список литературы	458
Глава XVIII. Митохондрии и реакции, обеспечивающие снабжение клеток энергией	459
Распределение и локализация митохондрий в клетке	459
Размеры, форма и ультраструктура митохондрий	459
Разъединение наружной и внутренней мембран	463
Молекулярная организация ферментных систем митохондриальных мембран	464
Проницаемость митохондриальных мембран. Системы переносчиков	465
Зависящий от дыхания перенос ионов	467
Химический осмотический потенциал	469
Зависящие от энергии изменения конформации митохондриальных мембран	472
Роль митохондрий в регуляции метаболизма. Акценторный контроль дыхания	474
Введение электронов, отнимаемых из цитоплазматического НАД·Н, во внутримитохондриальную цепь переноса электронов.	
Глицерофосфатный челночный механизм	475
Эффект Пастера. Объединение процессов гликолиза и дыхания	477
Роль фосфофруктокиназы в регуляции гликолиза	478
Энергетический заряд системы АТФ — АДФ — АМФ и регуляция процессов аккумуляции и утилизации энергии	480
Регулирование гликолиза изоферментами лактатдегидрогеназы	481
Перемещение восстановительных эквивалентов из митохондрий в цитоплазму	481
Регуляция окислительного метаболизма гормонами щитовидной железы	482
Краткое содержание главы	483
Задачи	484
Список литературы	485
Глава XIX. Окисление жирных кислот	486
Внутриклеточный гидролиз липидов	486
Цикл окисления жирных кислот	487
Активация жирных кислот и механизм, с помощью которого они проникают в митохондрии	489
Первая стадия дегидрирования при окислении жирных кислот	492
Стадия гидратации	493
Вторая стадия дегидрирования	494
Стадия тиолитического расщепления	494
Баланс	495

Окисление ненасыщенных жирных кислот	495
Кетонные тела и их окисление	498
Окисление жирных кислот с нечетным числом атомов углерода	499
Второстепенные пути окисления жирных кислот	503
Краткое содержание главы	503
Задачи	504
Список литературы	505

Глава XX. Окислительное расщепление аминокислот 506

Протеолиз	506
Общая схема окисления аминокислот	508
Трансаминирование и роль пиридоксальфосфата	509
Окислительное дезаминирование	513
Пути, приводящие к ацетил-КоА	514
Путь, приводящий к α -кетоглутаровой кислоте	520
Путь, приводящий к янтарной кислоте	523
Путь, приводящий к фумаровой кислоте	524
Путь, приводящий к щавелевоуксусной кислоте	524
Выведение из организма продуктов азотистого обмена	526
Цикл мочевины	526
Выделение аммиака	529
Образование мочевой кислоты	529
Краткое содержание главы	530
Задачи	531
Список литературы	532

Глава XXI. Перенос электронов и фосфорилирование при фотосинтезе 533

Распространение фотосинтеза	533
Уравнение фотосинтеза	534
Световые и темновые реакции	535
Внутриклеточная организация фотосинтетических систем	537
Возбуждение молекул под действием света	540
Пигменты фотосинтеза	541
Каротиноиды и фикобилины	543
Фотовосстановление и индуцируемый светом перенос электронов	544
Циклический и нециклический поток электронов	546
Две световые реакции фотосинтеза у растений	547
Взаимосвязь фотосистемы I с фотосистемой II	548
Перенос электронов от фотосистемы I к НАДФ ⁺	548
Перенос электронов от фотосистемы II к фотосистеме I	551
Другие процессы переноса электронов	553
Стехиометрия фотофосфорилирования и энергетика фотосинтеза	553
Механизм фотофосфорилирования	555
Движение ионов в ходе индуцированного светом переноса электронов	556
Конформационные изменения в мембранах хлоропластов	557
Фотодыхание	558
Краткое содержание главы	559
Задачи	560
Список литературы	561

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ. БИОСИНТЕЗ И УТИЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГИИ ФОСФАТНОЙ СВЯЗИ 562

Глава XXII. Биосинтез углеводов 565

Основные пути биосинтеза углеводов	565
Образование фосфоенолпирувата из пирувата	566
Превращение фосфоенолпирувата в глюкозу	568
Регуляция синтеза глюкозы из пирувата	570
Глюконеогенез из промежуточных продуктов цикла трикарбоновых кислот	570
Глюконеогенез из ацетил-КоА	571

Глюконеогенез из аминокислот	572
Фотосинтетическое образование гексоз при восстановлении дву- окси углерода	573
Другие возможные пути образования гексоз	576
Синтез гликогена и крахмала и роль нуклеозиддифосфатсахаров	577
Регуляция синтеза гликогена у млекопитающих	579
Регуляция обмена глюкозы инсулином	583
Превращение глюкозы в другие моносахариды	584
Синтез дисахаридов и других гликозидов	586
Структурные полисахариды клеточной стенки и клеточной оболочки	587
Краткое содержание главы	592
Задачи	594
Список литературы	594
Глава XXIII. Биосинтез липидов	595
Биосинтез насыщенных жирных кислот	595
Синтез de novo пальмитиновой кислоты	596
Образование малонил-КоА	597
Ацилпереносящий белок (АПБ) и трансацилазы	598
Стадии синтеза жирных кислот	599
Удлинение молекул насыщенных жирных кислот в митохондриях и микросомах	602
Образование моноеновых кислот	602
Образование полиеновых кислот	603
Биосинтез триацилглицерinov	604
Биосинтез фосфоглицеридов	605
Другие пути образования фосфатидилэтаноламина и фосфатидил- холина	608
Плазмалогены	608
Биосинтез сфингомиелина и других сфинголипидов	609
Путь биосинтеза холестерина	611
Ферментативные стадии биосинтеза холестерина	613
Регуляция биосинтеза холестерина	616
Синтез эфиров холестерина	617
Образование других стероидов	617
Важная роль уксусной кислоты в качестве предшественника раз- личных продуктов биосинтеза	619
Интеграция липидного и углеводного обмена у млекопитающих	620
Краткое содержание главы	620
Задачи	621
Список литературы	622
Глава XXIV. Биосинтез, аминокислот. Фиксация азота	623
Биосинтез заменимых аминокислот	624
Биосинтез незаменимых аминокислот	631
Аминокислоты как предшественники. Биосинтез порфиринов	645
Азотфиксирующие организмы	646
Ферментативный механизм фиксации азота	648
Краткое содержание главы	651
Задачи	652
Список литературы	654
Глава XXV. Биосинтез мононуклеотидов	655
Биосинтез пуриновых нуклеотидов	655
Образование адениловой и гуаниловой кислот из инозиновой кислоты	659
Регуляция биосинтеза пуриновых нуклеотидов	660
Биосинтез пиримидиновых нуклеотидов	661
Регуляция биосинтеза пиримидиновых нуклеотидов	663
Биосинтез дезоксирибонуклеотидов	665
Регуляция биосинтеза дезоксирибонуклеотидов	666
Распад мононуклеотидов и «утилизация» оснований	667
Биосинтез нуклеотидных коферментов	669
Краткое содержание главы	670
Задачи	671
Список литературы	671

Глава XXVI. Сократительные системы и системы движения	672
Ультраструктурная организация скелетных мышц	673
Изменения в саркомерах при сокращении	675
Белковые компоненты мышечных клеток	676
Ультраструктура мышечных нитей	682
Сопряжение возбуждения и сокращения	684
Специализированные мышцы. Асинхронные и запирающие мышцы	688
Реснички и жгутики клеток эукариотов	689
Бактериальные жгутики	692
Краткое содержание главы	693
Задачи	694
Список литературы	694
Глава XXVII. Активный перенос через мембраны	696
Энергетика активного переноса против градиента концентрации	697
Характеристики опосредованного переноса через мембраны	700
Характеристики активного опосредованного переноса	702
Модели опосредованного переноса	703
Генетические исследования систем переноса	704
Системы пассивного переноса. Переносчик глюкозы	704
Антибиотики — переносчики ионов	706
Системы активного переноса	707
АТФазная система, транспортирующая ионы K^+ и Na^+	708
Роль ионов Na^+ в системах переноса аминокислот	711
Роль ионов Na^+ в активном переносе сахаров	712
Активный перенос сахаров в бактериальных клетках	713
Белок — переносчик сульфата	715
Важнейшие процессы активного переноса	715
Краткое содержание главы	717
Задачи	718
Список литературы	719
ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ. РЕПЛИКАЦИЯ, ТРАНСКРИПЦИЯ И ТРАНСЛЯЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ	720
Глава XXVIII. ДНК и структура хромосом	723
Роль ДНК в трансформации бактерий	723
Биохимические доказательства генетической функции ДНК	724
Эквивалентность содержания определенных нуклеотидов в ДНК	726
Модель Уотсона — Крика	727
Размеры нативных молекул ДНК	731
Свойства молекул ДНК в растворе	735
Денатурация ДНК	737
Главные функциональные элементы хромосом	741
Метод гибридизации; степень гомологии нуклеотидных последовательностей в ДНК из различных организмов	747
Повторяющиеся последовательности в ДНК высших организмов	749
Краткое содержание главы	750
Задачи	751
Список литературы	751
Глава XXIX. Репликация и транскрипция ДНК	753
Механизм репликации ДНК; опыт Меселсона и Сталя	753
Радиоавтографическое исследование репликации ДНК; точка роста	755
ДНК-полимераза	758
Роль преобразованной ДНК в действии ДНК-полимеразы	760
Анализ частоты ближайших соседей	762
Связывание субстрата и матрицы ДНК-полимеразой	765
Антипараллельная полярность цепей ДНК	766
ДНК-лигаза	768
Ферментативный синтез ДНК фага $\phi X174$	769
Репликация двухцепочечной ДНК <i>in vivo</i>	771
Репарация ДНК	773
	955

Матричная РНК	775
Транскрипция ДНК при помощи ДНК-зависимой РНК-полимеразы	776
Требования РНК-полимеразы к матрице	777
Ингибирование РНК-полимеразы	779
Визуализация процесса транскрипции	779
РНК-репликазы	781
Полинуклеотидфосфорилаза	782
Лабораторный синтез полидезоксирибонуклеотидов и генов	783
Краткое содержание главы	785
Задачи	786
Список литературы	786
Глава XXX. Рибосомы и синтез белка	788
Рибосомы как место синтеза белка	789
Кофакторы, требующиеся для синтеза белка; стадии биосинтеза белка	790
Направление и скорость роста цепи в ходе синтеза полипептида	791
Реакция активации аминокислот и ее субстратная специфичность	792
Структура тРНК и специфичность активирующих ферментов	795
Адапторная роль тРНК	797
Структура рибосом	797
Иницилирующая аминокислота	798
Инициация полипептидных цепей	799
Цикл элонгации	800
Терминация полипептидной цепи	804
Другие ингибиторы синтеза белка	806
Полирибосомы	807
Потребление энергии при синтезе белка	809
Синтез белка и секреция в клетках эукариотов	810
Синтез белка в митохондриях	810
Краткое содержание главы	812
Список литературы	813
Глава XXXI. Генетический код	814
Размер кодирующих элементов	814
Зависимость изолированных рибосомных систем от матричной РНК	816
Синтетические мРНК: состав кодирующих триплетов	816
Последовательность нуклеотидов в кодонах	817
Характерные особенности генетического кода	820
Исследования генетического кода <i>in vivo</i>	821
Направление считывания матричной РНК	822
Универсальность кода	822
Эволюция генетического кода для аминокислот	823
Триплеты для инициации и терминации цепей	825
Происхождение «некодируемых» аминокислот, содержащихся в белках	826
Коллинеарность гена и полипептидной цепи	827
Краткое содержание главы	828
Задачи	829
Список литературы	830
Глава XXXII. Регуляция синтеза белка и дифференцировка клеток	831
Индукция ферментов	831
Репрессия ферментов	832
Регуляторные гены и репрессоры	833
Оперон и оператор	836
Выделение репрессоров; их химическая природа	839
Трансляция полицистронных матричных РНК	840
Гомеостатическая регуляция синтеза ферментов у высших организмов	841
Дифференцировка клеток как процесс репрессии и дерепрессии белкового синтеза	843
Экспериментальные объекты для биохимического исследования дифференцировки	844

Иммунный ответ как пример клеточной дифференцировки	845
Структура антител	845
Клеточный механизм образования антител	848
Краткое содержание главы	849
Список литературы	850
Глава XXXIII. Молекулярные основы морфогенеза	851
Перевод информации из «одномерной» формы в «трехмерную»	851
Энтропия и нативная конформация белков; кажущийся парадокс	852
Ассоциация полипептидных цепей и образование четвертичной структуры	854
Самоорганизующиеся системы более высокого порядка; мультиферментные комплексы	856
Самосборка мембранных структур	857
Сборка рибосомных структур	858
Самосборка вируса табачной мозаики	859
Морфогенез бактериофага T4	861
Морфогенез более сложных структур	865
Краткое содержание главы	866
Список литературы	867
Глава XXXIV. Происхождение жизни	869
Временная шкала химической и биологической эволюции	869
Некоторые рабочие допущения	871
Условия, ведущие к абиотическому возникновению органических соединений	872
Соединение исходных строительных блоков в результате реакции конденсации	874
Абиотическое образование полипептидов	877
Абиотическое происхождение органических катализаторов	879
Абиотическое возникновение нуклеотидов и нуклеиновых кислот	881
Абиотическое возникновение матричных систем	881
Происхождение асимметричных биомолекул	883
Происхождение «жизни» или происхождение клеток?	884
Генная гипотеза; жизнь без белков	889
Последующие стадии биохимической эволюции	892
Краткое содержание главы	894
Список литературы	895
Приложение I. Хронология биохимии	896
Приложение II. Сокращения, часто встречающиеся в биохимической литературе и используемые в этой книге	901
Приложение III. Перечень изданий, в которых публикуются работы по биохимии	904
Приложение IV. Ответы к задачам	907
Предметный указатель	915