

РОССИЙСКО – АРМЯНСКИЙ (СЛАВЯНСКИЙ) УНИВЕРСИТЕТ

Кандидатский минимум по «Биохимии»

Кафедра – Медицинской биохимии и биотехнологии

Утверждено

**Кафедрой медицинской биохимии и
биотехнологии:**

Протокол № 7 от 06.03.2017г.

Заведующий кафедрой
док.биол.наук, проф.

Г.Р. Вардапетян

Ереван - 2017

Программа для кандидатского экзамена по биологической химии составлена на основании государственной программы по биологической химии. Курс биохимии традиционно составляется из нескольких разделов:

- а) статической биохимии, изучающей химический состав организма и строение основных классов органических соединений, входящих в состав живых объектов;
- б) динамической биохимии, изучающий превращения основных химических структурных компонентов тканей, раздел регуляции процессов жизнедеятельности;
- в) функциональной биохимии, изучающий особенности метаболизма в отдельных органах и тканях и его взаимосвязь с их функциональной активностью.

Цель и задачи биологической химии:

Основной целью курса является изучение:

- основ молекулярной организации клетки, принципов метаболизма основных классов органических соединений и их связь с функциональной активностью организма с учетом онтогенеза;
- молекулярных механизмов развития патологических процессов, в том числе и вызываемых влиянием факторов внешней среды;
- биохимических методов исследования состояния здоровья человека.

Задачами изучения курса биохимии являются:

- 1) формирование знаний об основных принципах молекулярной организации клетки, ткани, организма;
- 2) усвоение основных закономерностей метаболических процессов, регуляции метаболизма и его взаимосвязи с функциональной активностью живой системы;
- 3) формирование знаний о методах биохимических исследований;
- 4) понимание патогенетических механизмов развития патологических процессов.

Специалист должен знать:

- а) Молекулярные основы процессов жизнедеятельности: метаболизм белков, липидов, углеводов, минеральных веществ, влияние незаменимых факторов питания на состояние здоровья человека;
- б) Основы регуляции процессов жизнедеятельности: молекулярные механизмы действия гормонов, медиаторов и других молекул - регуляторов на уровне химических реакций, катализируемых ферментами, на уровне субклеточных частиц, клеток, органов и целого организма;
- в) Молекулярные механизмы обезвреживания ксенобиотиков, действия физических факторов и защиты организма от их действия.

Специалист должен уметь:

- квалифицированно назначать биохимические экспертные санитарно-гигиенические исследования и интерпретировать их результаты
- пользоваться биохимическими экспресс - методами диагностики заболеваний.

Специалист должен иметь навыки:

- биохимического исследования биологического материала (моча, слюна, кровь, желчь, панкреатический сок), пищевых продуктов
- применения лабораторных технологий

ВВЕДЕНИЕ

Клетка как самовоспроизводящийся химический реактор. Потoki вещества, энергии и информации в клетке. Единство химического состава и типов превращений веществ в живых системах. Химический состав клеток. Способы существования организмов: аутотрофия, гетеротрофия. Определение понятий об обмене веществ, энергии и информации: метаболизм, катаболизм, анаболизм, рецепторные системы, хранение и передача

генетической информации. Координация метаболизма в клетках, колониях микроорганизмов, тканях и органах. Специализация метаболизма. Биохимическая эволюция.

ХИМИЧЕСКАЯ ПРИРОДА И СВОЙСТВА КОМПОНЕНТОВ КЛЕТОК (СТАТИЧЕСКАЯ БИОХИМИЯ)

1. Вода - универсальная среда для химических превращений в живых системах

Свойства воды как растворителя. Динамическая структура воды. Влияние растворенных веществ на свойства воды. Электрохимия водных растворов. pH и буферные растворы. Специфика молекулярных взаимодействий в водных растворах.

2. Структуры и физико-химические свойства мономерных соединений, входящих в состав биологических объектов

Природные аминокислоты. Способы классификации аминокислот. Общие и специфические реакции функциональных групп аминокислот. Ионизация аминокислот. Методы разделения и идентификации аминокислот и пептидов. Необычные аминокислоты, их производные, пептиды. Природные углеводы и их производные. Моносахариды и их химические свойства. Стереохимия и изомерия углеводов. Гликозиды, amino-, фосфо-, сульфосахариды. Олигосахариды. Альдо- и кетосахара и их дезоксипроизводные. Реакционная способность углеводов. Липофильные соединения и их классификация. Насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты. Изомерия и структура ненасыщенных жирных кислот. Нейтральные жиры. Фосфолипиды, сфинголипиды, гликолипиды. Полиморфизм фосфолипидов в водных растворах. Мицеллы и липосомы. Стерины, желчные кислоты. Методы очистки и разделения липофильных соединений.

Пуриновые и пиримидиновые основания. Нуклеозиды и нуклеотиды. Циклические нуклеотиды. Витамины, коферменты и другие биологически активные вещества. Амид никотиновой кислоты. Липоевая кислота. Рибофлавин. Динуклеотиды (NAD, FAD). Биотин. Тиамин. Пантотеновая кислота, кофермент А (CoA). Пиридоксин- и пиридоксаль фосфаты. Аскорбиновая кислота. Ретиноиды. Токоферол. Нафто- и убихиноны. Биогенные амины. Ацетилхолин. Железо-порфирины и хлорофилл. Железо-серные кластеры. Минеральный состав клеток и микроэлементы.

3. Структура и свойства биополимеров.

Белки. Методы разделения и очистки белков. Первичная структура белка и методы ее установления. Природа пептидной связи. Упорядоченные (α -спираль, β -слои) и неупорядоченные структуры полипептидных цепей. Уровни структурной организации белков (первичная, вторичная, третичная, четвертичная и надмолекулярные структуры). Природа межмолекулярных взаимодействий, обеспечивающих структуру белков (ионные взаимодействия, водородные связи, гидрофобные взаимодействия, дисульфидные связи).

Особенности строения мембрано-связанных белков. Структурные белки (коллаген, кератины). Посттрансляционная модификация белков. Конформационная стабильность и подвижность белка. Денатурация белка и проблема ее обратимости. Связь между первичной и высшими степенями структурной организации белков. "Консервированные" и гомологичные последовательности аминокислот в белках. Взаимодействие белков и низкомолекулярных лигандов (миоглобин, гемоглобин). Сравнительная биохимия и эволюция белков. Полисахариды. Химическое строение крахмала, гликогена, целлюлозы, хитина. Гомо- и гетерополисахариды. Протеогликаны. Гликолипиды. Первичная, вторичная и более высокие уровни организации полисахаридов, гликопротеинов, сульфополисахаридов.

Нуклеиновые кислоты. Азотистые основания и пентозы, входящие в состав ДНК и РНК. Комплементарные пары нуклеотидов. Правило Чаргаффа. В-структура ДНК (двойная спираль Уотсона-Крика). Другие упорядоченные структуры нуклеиновых кислот. Денатурация и ренатурация ДНК. Суперспирализация ДНК. Различные типы РНК. Гистоны и строение хроматина. Методы установления первичных последовательностей нуклеотидов в нуклеиновых кислотах (секвенирование).

Биологические мембраны. Липосомы как модель биологических мембран. Физико-химические свойства двойной фосфолипидной мембраны (проницаемость, подвижность молекул фосфолипидов). Химическая гетерогенность фосфолипидов мембраны. Холестерин. Специфичность фосфолипидного состава биологических мембран. Динамическая модель биологических мембран Сингера-Никольсона. Периферические и интегральные белки мембран. Двумерная диффузия белков в мембранах. Ассиметрия биологических мембран. Топография белков и липидных компонентов мембран. Каналы, поры, переносчики, рецепторы и избирательная проницаемость биологических мембран.

ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ КАТАЛИЗ

Общие представления о катализе. Физический смысл константы скорости химической реакции (энергетическая диаграмма реакции, переходное состояние, энергия активации). Классификация каталитических механизмов (общий и специфический кислотно-основной катализ, ковалентный катализ, промежуточные соединения). Белки - биологические катализаторы. Стационарное приближение при рассмотрении ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Бриггса-Холдейна. Графические методы анализа ферментативных реакций. Физический смысл константы Михаэлиса. Максимальные скорости ферментативных реакций. Активность и числа оборотов ферментов. Специфичность ферментативного катализа. Ингибиторы и активаторы ферментов. Обратимость ферментативного катализа. Кофакторы. Регулируемость ферментативного катализа. Изо- и аллостерическое связывание лигандов-регуляторов с белком-ферментом. Кооперативные эффекты в ферментативном катализе. Изоферменты. Международная классификация ферментов. Катализ и проницаемость мембран. Химические механизмы ферментативного катализа (сериновые протеазы, пиридоксальный катализ, карбоангидраза и др.). Специфическая локализация ферментов в клетке.

ОСНОВЫ БИОЭНЕРГЕТИКИ

Изменение свободной энергии и равновесие обратимых реакций. Сопряженные реакции. Ферменты-лигазы в качестве устройств, обеспечивающих сопряжение. Соединения с высоким потенциалом переноса групп. Концепция фосфорильного потенциала. АТФ - универсальный источник энергии в биологических системах. Другие "богатые энергией" соединения (пирофосфат, креатинфосфат, фосфоенолпируват, ацилтиоэфир, ацилфосфаты). Регулирование фосфорильного потенциала. Креатинкиназная и аденилаткиназная реакции. Нуклеозид моно-, ди- и трифосфаткиназные реакции. Энергетическая эффективность сопряженных реакций. Тепловые эффекты биохимических превращений и терморегуляция. Активный транспорт веществ через биологические мембраны. Транспортные АТРазы.

МЕТАБОЛИЗМ (ДИНАМИЧЕСКАЯ БИОХИМИЯ)

Автотрофия, гетеротрофия. Фотосинтез. Полисахариды и нейтральные жиры как запасные вещества клетки. Аэробный и анаэробный обмен веществ. Конечные продукты метаболизма. Биохимия пищеварения. Специфичность пищеварительных протеаз, липаз и гликогидролаз. Энергетическая и пластическая функции обмена веществ.

1. Обмен углеводов Фосфорилиз гликогена. Гидролиз крахмала. Гексокиназная и глюкокиназная реакции. Гликолиз и гликогенолиз. Прямое окисление глюкозы. Включение гексоз и пентоз в гликолитический распад. Молочнокислородное и спиртовое брожение. Стехиометрические уравнения гликолиза и гликогенолиза. Образование АТФ, сопряженное с распадом глюкозо-6-фосфата до молочной кислоты. Гликолитическая оксидоредукция. Характеристика отдельных ферментов гликолиза. Регулирование гликолиза. Регуляторные механизмы фосфорилиза гликогена и фосфофруктокиназной реакции. Обратимость гликолиза и глюконеогенез. Цикл Кори. Синтез гликогена. Стехиометрические уравнения синтеза глюкозы и гликогена из молочной кислоты. Содержание глюкозы, лактата и пирувата в крови как физиологический показатель.

2. Обмен липидов Транспорт липофильных веществ: желудочно-кишечный тракт — кровь — клетки. Липазы и фосфолипазы. Включение глицерина в гликолитические

реакции. Активация жирных кислот. Роль карнитина в транспорте жирных кислот в митохондриях. Окислительный распад жирных кислот (β -окисление). Конечные продукты распада "четных" и "нечетных" жирных кислот. Образование ацетоацетата. Содержание "кетонных" тел (ацетоацетат, ацетон, β -оксибутират) как физиологический показатель. Источники ацетил-СoА для синтеза жирных кислот. Система синтеза жирных кислот. СoА и ацилпереносящие белки. Синтез фосфолипидов. Синтез нейтрального жира. Стехиометрические уравнения распада жирных кислот до ацетил-СoА. Стехиометрические уравнения синтеза жирных кислот из ацетил-СoА.

3. Обмен аминокислот и других азотистых соединений Внеклеточный (пищеварительный) протеолиз. Заменяемые и незаменимые аминокислоты. Переаминирование. Декарбоксилирование аминокислот. Окислительное дезаминирование аминокислот. α -Кетокислоты - продукты распада аминокислот. Детоксикация аммиака. Аммонийотелия, уреотелия и урикоотелия. Синтез мочевины в качестве конечного продукта обмена азотистых соединений. Стехиометрические уравнения образования мочевины. Конечные продукты и схемы распада пуриновых и пиримидиновых оснований. Глутамин как транспортная форма аммиака. Креатин и креатинин. Внутриклеточный протеолиз. Общие представления о синтезе заменимых аминокислот. Активация аминокислот и синтез аминоксил-т-РНК. Общие представления о синтезе белка рибосомами.

4. Распад ди-, трикарбоновых кислот Окислительное декарбоксилирование пирувата. Ацетил-СoА универсальный интермедиат распада жиров, углеводов и белков. Пути образования щавелево-уксусной кислоты. Цикл ди-, трикарбоновых кислот (цикл Кребса). Стехиометрическое уравнение распада пирувата до CO_2 . Энергетическая и пластическая функции цикла Кребса.

5. Терминальное окисление Коферменты - продукты окислительных реакций ($\text{NAD}^+/\text{NAD H}$; $\text{NADP}^+/\text{NADP H}$; убихинон/убихинол). Оксидазы и механизмы активации кислорода. Электрон-трансферные реакции и понятие о дыхательных цепях. Структура митохондрий и локализация компонентов дыхательной цепи млекопитающих. Перенос восстановительных эквивалентов через мембрану митохондрий. Трансгидрогеназная реакция. Компоненты дыхательной цепи. Дыхательная цепь - преобразователь энергии (теория электрохимического сопряжения П. Митчела). Обратимая H^+ -АТФазы - главное Устройство для синтеза АТФ в аэробных клетках. Стехиометрические уравнения окисления NAD H и убихинола кислородом. Эффективность сопряжения окислительного фосфорилирования. Механизмы термогенеза. Дыхательные цепи микросом. Цитохром P-450 и окислительная деструкция ксенобиотиков.

РЕГУЛИРОВАНИЕ И ИНТЕГРАЦИЯ МЕТАБОЛИЗМА

Ключевые пары метаболитов ($\text{NAD(P)}^+/\text{NAD(P) H}$; ATP/AOP ; Ацил-СoА/СoА; лактат/пируват; β -оксибутират/ацетоацетат) и факторы, влияющие на их концентрации. Дивергенция катаболических и анаболических цепей метаболизма. Типы регулирования активности ферментов и переносчиков. Стехиометрическое регулирование (алло- и истерические ингибиторы и активаторы ферментов). Регулирование активности ферментов их ковалентной модификацией: фосфорилирование, ацилирование, ADP-рибозилирование. Протеинкиназы и протеинфосфатазы. Каскадный принцип регулирования ферментов. Гормоны в качестве первичных управляющих сигналов метаболизма. Рецепторы гормонов и G-белки. Механизмы и результаты действия инсулина, адреналина, глюкагона. Вторичные посредники передачи сигналов: циклические нуклеотиды, ионы Ca^{+2} , фосфатидилинозитол. Внутриклеточный протеолиз. Тканевая специфичность метаболизма.

ВОПРОСЫ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО БИОХИМИИ

1. Аминокислоты, их классификация. Строение и биологическая роль аминокислот. Хроматография аминокислот.
2. Строение белков. Уровни структурной организации белка. Характеристика связей, стабилизирующих их.
3. Внутриклеточная регуляция формирования пространственной структуры белка.
4. Уровни организации белковой молекулы (надвторичные структуры)
5. Силы, стабилизирующие третичную структуру белка
6. Стадии сворачивания полипептидной цепи в нативную конформацию
7. Загадочность самоорганизации белков, "парадоксом Левинталя". Ферменты, ускоряющие процесс сворачивания.
8. Цис-транс-изомеризация пептидной связи действие фермента *пептидил-пролил-цис/транс-изомеразы*.
9. «Молекулярные шапероны», их функции.
10. Хромопротеины. Строение гема. Состав и функции гемоглобина и миоглобина. Производные гемоглобина, типы гемоглобинов человека.
11. Липид-белковые комплексы. Строение компонентов. Особенности состава и функций липопротеинов крови. Структурные протеолипиды.
12. Углевод-белковые комплексы. Строение компонентов. Биологическая роль гликопротеинов и протеогликанов.
13. Нуклеопротеины. Современные представления о структуре и функциях нуклеиновых кислот. Строение продуктов их гидролиза.
14. Ферменты. Их химическая природа. Строение ферментов. Активный и аллостерический центры.
15. Конформационные изменения фермента и субстрата, . Теории Холдейна и Кошланда.
16. Коферменты. Роль витаминов в их образовании. Структура ТДФ, пиридоксальфосфата.
17. Свойства ферментов. Механизм влияния рН среды и температуры на активность ферментов. Специфичность действия ферментов, виды специфичности, примеры.
18. Основные принципы классификации ферментов. Их номенклатура. Примеры реакций.
19. Современные представления о механизме действия ферментов. Молекулярные эффекты ферментативного действия.
20. Ингибиторы ферментов. Виды ингибирования. Применение в медицинской практике.
21. Способы активации ферментов. Понятие об аллостерических ферментах, особенности их строения и функционирования.
22. Клиническое значение определения активности ферментов. Единицы активности ферментов.
23. Понятие об изоферментах. Клиническое значение определения активности ферментов и их изоформ (изоферменты ЛДГ, креатинфосфокиназы). Покажите их действие.
24. Ферментативный катализ, порядки реакций. Энергия активации.
25. Уравнение Михаелис-Ментен. Лимитирующий фактор скорости ферментативной реакции. Константа Михаелис.
26. Преобразовании уравнения Михаелис-Ментен – уравнении, графики Лайнуивера-Берка и Эди-Хофсти и значение.
27. Ингибирование ферментов. Конкурентное (изостерические) и неконкурентное ингибирование
28. Необратимое ингибирование, Модификация ферментов
29. Пуриновые нуклеотиды. Их строение и распад. Образование мочевой кислоты.
30. Особенности обмена нуклеотидов. Нарушения их обмена. Подагра.

31. Развитие учения о биологическом окислении. Современные представления о биологическом окислении. НАД-зависимые дегидрогеназы.
32. Компоненты дыхательной цепи и их характеристика. ФМН и ФАД-зависимые дегидрогеназы. Строение окисленной и восстановленной форм ФМН.
33. Пути синтеза АТФ. Молекулярные механизмы окислительного фосфорилирования (теория Митчелла). Субстратное фосфорилирование (примеры).
34. Свободно-радикальное окисление. Токсичность кислорода. Первичные, вторичные и третичные радикалы. Роль ПОЛ в патологии.
35. Химические компоненты биологических мембран. Строение и функции биологических мембран. Транспорт веществ через мембраны.
36. Первичная и вторичная структуры ДНК. Генетический код и его свойства.
37. Первичная и вторичная структуры РНК. Типы РНК.
38. Механизмы репликации и репарации ДНК.
39. Биосинтез РНК (транскрипция). Обратная транскрипция. Онкогены.
40. Биосинтез белка. Этапы трансляции и их характеристика. Белковые факторы биосинтеза белка. Энергетическое обеспечение биосинтеза белка.
41. Строение оперона. Регуляция биосинтеза белка. Функционирование лактозного оперона.
42. Особенности регуляции биосинтеза белка у эукариот.
43. Блокаторы белковых синтезов, виды антибиотиков, Роль теломер и теломераз, апоптоз.
44. Генная инженерия. Этапы получения рекомбинантной ДНК.
45. Виды молекулярных мутаций и их метаболические последствия.
46. Нарушения обмена белков на различных этапах метаболизма.
47. Гексозомонофосфатный путь превращения глюкозы в тканях и его биологическая роль. Реакции окислительной стадии образования пентоз.
48. Биосинтез и распад гликогена в тканях. Биологическая роль этих процессов. Гликогеновые болезни.
49. Глюконеогенез. Возможные предшественники, последовательность реакций, биологическая роль.
50. Пути образования глюкозы в организме. Гликемия как показатель состояния углеводного обмена. Количественная оценка гликемии в норме и при патологии.
51. Характеристика основных липидов. Их строение, классификация, суточная потребность и биологическая роль.
52. Фосфолипиды, их химическое строение и биологическая роль.
53. Желчные кислоты. Их строение и роль в липидном обмене. Желчнокаменная болезнь.
54. Окисление высших жирных кислот в тканях. Окисление жирных кислот с нечетным числом углеродных атомов.
55. Биосинтез высших жирных кислот и жиров в печени и жировой ткани.
56. Холестерин. Его химическое строение, биосинтез и биологическая роль. Причины гиперхолестеринемии.
57. Биохимические основы развития атеросклероза. Коэффициент атерогенности крови и его клинико-диагностическое значение.
58. Витамины, их характеристика. Обеспеченность населения витаминами в современных условиях. Коферментная функция витаминов (примеры).
59. Понятие о гипо-, гипер- и авитаминозах. Причины гиповитаминозов. Примеры метаболических нарушений. Причины недостаточной обеспеченности витаминами.
60. Вторые посредники в действии гормонов. Аденилатциклаза, протеинкиназа.
61. Механизм действия гормонов через внутриклеточные рецепторы.
62. Инсулин, схема строения, участие в регуляции метаболических процессов. Специфика в действии на рецепторы органов мишеней, инсулиноподобные факторы роста (ИФР).
63. Тиреоидные гормоны, место их образования, строение, транспорт и механизм действия на метаболические процессы.

64. Участие адреналина в регуляции обмена веществ. Место выработки. Структура адреналина, механизм его гормонального действия, метаболические эффекты.
65. Кортикостероидные гормоны. Структура, механизм действия, их роль в поддержании гомеостаза. Участие глюкокортикоидов и минералокортикоидов в обмене веществ.
66. Простаноиды и цитокины - регуляторы обмена веществ. Биологические эффекты простаноидов и химическая природа.
67. Важнейшие функции печени. Роль печени в обмене веществ.
68. Биосинтез и распад гемоглобина в тканях. Механизм образования основных гематогенных пигментов.
69. Основные пути окисления этанола в организме. Нарушение обмена веществ при алкогольной интоксикации.
70. Белки крови, их биологическая роль. Диагностическое значение определения белка и белковых фракций в сыворотке крови .
71. Химический состав нервной ткани.
72. Особенности обмена веществ в нервной ткани. Роль глутамата. Написать реакции.
73. Биохимия передачи нервного импульса. Образование нейромедиаторов.
74. Химический состав мышечной ткани. Креатин, креатинфосфат и продукт распада. Биохимические изменения при мышечных дистрофиях и денервации мышц. Креатинурия.
75. Современные представления о механизме сокращения мышечной ткани. Последовательность биохимических процессов при сокращении и расслаблении.
76. Роль АТФ в мышечном сокращении. Пути ресинтеза АТФ в мышечной ткани.
77. Особенности строения и метаболизма фибриллярных белков основного вещества соединительной ткани (коллаген, эластин).

ЛИТЕРАТУРА

основная:

- А. Ленинджер.* Основы биохимии. В 3-х томах. "Мир", М., 1985.
- Л. Страйер.* Биохимия. В 3-х томах. "Мир", М., 1984.
- Р. Марри, Д. Греннер, П. Мейес, В. Родуэлл.* Биохимия человека. В 2-х томах. "Мир", М., 1993
- Г. Малер, Ю. Кордес.* Основы биологической химии. "Мир", М., 1970.
- Биохимия: Учебник / Под ред. Е. С. Северина. М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004.-784 с.
- Лим В. И., Аглямова Г. В.* Принципы формирования пространственной структуры белков и нуклеиновых кислот. Стереохимическое моделирование// Молекулярная биология. 1999. т. 33, N 6, с. 1027-1034.
- Наградова Н. К.* Внутриклеточная регуляция формирования нативной пространственной структуры белков // Соросовский образовательный журнал. Биология. 1996. N 7.
- Стирин А. С.* Молекулярная биология: Структура рибосомы и биосинтез белка. М.: Высш.шк., 1986.-303 с.
- Степанов В. М.* Молекулярная биология. Структура и функции белков. М.:Высш.шк,1996.-335 с
- Финкельштейн А. В., Птицын О. Б.* Физика белка: Курс лекций с цветными и стереоскопическими иллюстрациями. - М.: Книжный дом 'Университет', 2002.-376

дополнительная:

- А. Уайт, Ф. Хендлер, Э. Смит, Р. Хилл, И. Леман.* Основы биохимии. В 3-х томах. "Мир", М., 1981.
- М. Диксон, Э. Уэбб.* Ферменты. В 3-х томах. "Мир", М., 1982.
- Э. Корниш-Боуден.* Основы ферментативной кинетики. "Мир", М., 1979.
- Ч. Кантор, П. Шиммель.* Биофизическая химия. В 3-х томах. "Мир", М., 1985.
- В. Дженкс.* Катализ в химии и энзимологии. "Мир", М., 1972.
- В. П. Скулачев.* Биоэнергетика. Мембранные преобразователи энергии. "Высш. шк.", М., 1989.

П. Хочачка, Дж. Сомеро. Биохимическая адаптация. "Мир", М., 1988.