



Н. А. Курчанов

АНТРОПОЛОГИЯ И КОНЦЕПЦИИ БИОЛОГИИ

Санкт-Петербург
СпецЛит

Николай Курчанов

**Антропология и
концепции биологии**

«СпецЛит»

2006

Курчанов Н. А.

Антропология и концепции биологии / Н. А. Курчанов —
«СпецЛит», 2006

В настоящем пособии освещены фундаментальные вопросы современной биологии (сущность жизни, ее молекулярные основы, генетическая информация, онтогенез, эволюция) и антропологии (место человека в живой природе, антропогенез, филогенетическое наследие в поведении человека, эволюция мозга и психики). Показано место антропологии в системе человекознания, рассмотрены пути синтеза естественно-научных и гуманитарных подходов к изучению человека. В качестве примера такого синтеза представлен материал по экологии и системному анализу. Предельная концентрация информации и широта охвата материала делают книгу хорошим помощником для студентов, преподавателей и научных сотрудников самых разных специальностей, в первую очередь антропологов, психологов, медицинских работников. Она может быть использована также в качестве справочника при изучении антропологии, концепций естествознания, экологии, общей биологии на спецкурсах, посвященных природе человека.

УДК 57.61

Содержание

Условные сокращения	6
Предисловие	7
Глава 1. Феномен жизни и феномен человека	8
1.1. Современные представления о сущности жизни	9
Сложность определения жизни	9
Структурно-функциональные уровни организации жизни	9
Концепции происхождения жизни	10
1.2. Система биологических наук	11
1.3. Система человекознания	12
Уникальность положения человека в природе	12
Человекознание и проблема редукционизма	12
Антропология в системе человекознания	13
Глава 2. Молекулярные основы жизни	14
2.1. Органические соединения в составе живых организмов	15
Разнообразие органических соединений	15
Углеводы	15
Липиды	16
Белки	17
2.2. Нуклеиновые кислоты	19
Дезоксирибонуклеиновая кислота	19
Рибонуклеиновая кислота	20
Свободные нуклеотиды	20
2.3. Обмен веществ и энергии	22
2.4. Фотосинтез и хемосинтез	24
Понятие фотосинтеза	24
Стадии фотосинтеза	24
Бактериальный фотосинтез и хемосинтез	26
2.5. Биологическое окисление	27
Анаэробный распад	27
Конец ознакомительного фрагмента.	28

Николай Анатольевич Курчанов
Антропология и концепции
биологии. Учебное пособие

© ООО «Издательство „СпецЛит”», 2006

Условные сокращения

aa-т-РНК – аминоксил (комплекс) с транспортной РНК
АТФ – аденозинтрифосфорная кислота
ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота
м-РНК (и-РНК) – матричная (информационная) РНК
НАД – никотинамидадениндинуклеотид
НАДФ – никотинамидадениндинуклеотидфосфат
НАДФ-Н₂ – никотинамидадениндинуклеотидфосфат восстановленный
ПВК – пировиноградная кислота
ППК – первичные половые клетки
РБФ – рибулозобифосфат
РНК – рибонуклеиновая кислота
р-РНК – рибосомальная РНК
СТЭ – синтетическая теория эволюции
т-РНК – транспортная РНК
ФАД – флавинадениндинуклеотид
цАМФ – циклический аденозинмонофосфат
ЩУК – щавелево-уксусная кислота
ЭПС – эндоплазматическая сеть
СоА – кофермент А
mi-ДНК – митохондриальная ДНК

Предисловие

На протяжении XX века роль биологии в жизни общества постоянно возрастала. Выдающиеся открытия выдвинули ее на передний край естествознания, внесли существенный вклад в построение научной картины мира.

XXI век выдвигает биологию на ключевые позиции в решении глобальной проблемы сохранения природы и человечества. Основной причиной этого является углубляющийся экологический кризис на Земле. Необычайно велико значение биологии для познания природы человека, который до сих пор остается одной из крупнейших загадок мироздания. В последнее время биология активно осваивает гуманитарную сферу, что вылилось в появление целых направлений. Стали весьма популярны исследования биологических истоков таких явлений, как искусство, власть, агрессивность, альтруизм, любовь, ксенофобия и многих других.

Базовой наукой человекознания является *антропология* – это название и переводится как «наука о человеке». В связи со спецификой изучаемого объекта она находится на стыке биологических и гуманитарных дисциплин. Однако плодотворного синтеза этих составляющих в рамках единой науки до сих пор не произошло. Антропология сама оказалась чрезвычайно раздробленной дисциплиной по причине традиционной отчужденности гуманитарных направлений от естествознания. Следствием этого является недостаточность естественно-научной подготовки антропологов «гуманитарного» профиля.

Крайне необходимо расширить биологическую составляющую при подготовке психологов. Эта точка зрения в последнее время находит международную поддержку. В результате опроса, проведенного накануне XXI века, 30 крупнейших психологов Европы единодушно высказали мнение о том, что развитие психологии будет определяться ее интеграцией с биологией, особенно с генетикой. Такие идеи уже реализуются в эволюционной психологии – новом перспективном направлении.

Здесь можно вспомнить деятельность известного американского биохимика А. Ленинджера по внедрению курса биохимии как обязательного в программы *всех* специальностей университетов. Курс биохимии, знакомящий с «кирпичиками» жизни, А. Ленинджер рассматривал как основополагающий для формирования мировоззрения любого специалиста.

Все эти факты заставляют пересмотреть место и значение биологических дисциплин в образовании. В учебные планы наших гуманитарных факультетов и даже некоторых технических вузов постепенно вводятся биологические дисциплины: *концепции современного естествознания, биология с основами экологии, биокибернетика, биологические основы культуры, биотехнология, биологические основы поведения* и др. На психологических факультетах отдельным курсом читается антропология. Следует особо подчеркнуть, что студентам необходимо получить всестороннюю общебиологическую подготовку, а не отрывочную информацию «практического значения».

Именно эти соображения и послужили причиной написания пособия, в котором биологический материал дается на научном, а не популярном уровне, но вместе с тем достаточно доступно.

Глава 1. Феномен жизни и феномен человека

Явление *Жизни* представляет собой самую сложную и самую интригующую загадку мироздания. С древних времен человек пытается познать эту тайну, однако природа не спешит раскрывать свои секреты.

1.1. Современные представления о сущности жизни

Жизнь во всех ее формах и проявлениях изучает биология. Предметом биологии является многообразие вымерших и ныне существующих организмов, их строение и функции, происхождение и эволюция, размножение и развитие, взаимоотношения друг с другом и с окружающей средой.

Сложность определения жизни

Определяя биологию как науку о жизни, мы сразу же сталкиваемся с самым сложным ее вопросом: а что же такое «жизнь»? Несмотря на обилие рассуждений по этому поводу, дать однозначное определение и сегодня не представляется возможным. При любом подходе мы постоянно будем испытывать затруднения в проведении границы «живое – неживое». Вся история биологии представляет собой арену борьбы вокруг главного вопроса двух концепций – материализма и витализма.

Материализм исходит из первичности материи и материальности всего окружающего мира. Концепция витализма декларирует, что живая система, помимо материальных частиц, обладает еще каким-либо фактором нематериальной природы. В истории биологии этот фактор имел самые разные названия: «витальный дух», «энтелехия», «биополе» и т. п.

Многokrратно похороненный за последние столетия витализм оказался исключительно живучим. «Ренессанс» парапсихологии в конце XX века лишним раз подтвердил, что витализм не собирается уходить со сцены. Хотя официальная наука давно поставила перед витализмом высокий шлагбаум, его сторонники настойчиво будоражат общественное мнение, часто спекулируя на сложности самого понятия «жизнь» и обилии нерешенных биологических проблем.

Кроме того, в истории биологии неоднократно предпринимались попытки сформировать концепцию «третьего пути», однако их пока нельзя признать удачными.

В рамках научной методологии практически во всех определениях жизни, предложенных разными авторами, подчеркивается необходимость применения *совокупности* критериев, поскольку отдельные критерии могут быть свойственны и неживой материи. К ряду фундаментальных критериев жизни обычно относят *обмен веществ и энергии, самовоспроизведение, развитие, гомеостаз*. В последнее время в биологию активно внедряются принципы системного подхода, что также находит свое отражение в новых определениях жизни, еще больше увеличивая их количество.

К числу неотъемлемых атрибутов жизни относится ее структурная иерархия.

Структурно-функциональные уровни организации жизни

В биологии различают несколько структурно-функциональных уровней организации живой материи.

Молекулярный уровень. Характеризуется биохимическими веществами, составляющими живой организм.

Клеточный уровень. Представляет клетку как структурную единицу жизни.

Тканевый уровень. Совокупность сходных по строению и происхождению клеток формирует ткани многоклеточного организма.

Органный уровень. Органом называется структура многоклеточного организма, состоящая из определенных тканей и выполняющая определенную функцию.

Организменный уровень. Особь или организм как целое – элементарная единица жизни. Вне особи жизнь не существует. Этот уровень характеризуется огромным разнообразием форм, которые классифицируются систематикой.

Популяционно-видовой уровень. Совокупность особей одного вида, населяющих определенную территорию, формирует популяцию – элементарную единицу эволюции.

Экосистемный уровень. Устойчивые сложившиеся сообщества популяций разных видов, связанные между собой и с окружающей средой, формируют экосистему.

Биосферный уровень. Все явления жизни на Земле формируют целостную динамичную систему – биосферу.

Концепции происхождения жизни

С вопросом о сущности жизни неразрывно связан вопрос о ее происхождении. Существует несколько концепций происхождения жизни на Земле.

Креационизм. Преподносит возникновение жизни как результат творческого акта Высшего существа в какое-то определенное время. Единичный акт сотворения мира нельзя ни доказать, ни опровергнуть, поэтому он не может рассматриваться в рамках научного мировоззрения.

Гипотеза панспермии. Была окончательно сформулирована шведским ученым С. Аррениусом в 1895 г. Согласно ей, жизнь была занесена на Землю из космоса. Нет никаких достоверных фактов, подтверждающих гипотезу панспермии, равно как и опровергающих ее. Но если даже будет доказано внеземное происхождение жизни на Земле, это не снимет вопрос об изначальном возникновении жизни как феномена.

Гипотеза биохимической эволюции. Предполагает последовательную смену этапов химической эволюции, которая приводит к образованию первичных простейших клеток, способных к самовоспроизведению. К настоящему времени, несмотря на ряд нерешенных вопросов, эта гипотеза является единственной приемлемой в рамках научной методологии. Современные подходы к интерпретации биохимической эволюции мы рассмотрим в последней главе.

1.2. Система биологических наук

Биология представляет собой сложную систему специальных дисциплин. Их обилие порождает различные системы классификации биологических наук: по изучению жизни на определенном уровне организации (биохимия, цитология, анатомия и т. д.), по объекту исследования (ботаника, зоология, микробиология и т. д.), по характеру процессов и явлений (генетика, физиология, экология и т. д.). «Классические» биологические дисциплины имеют свои разделы. Например, зоология включает в себя энтомологию, орнитологию, герпетологию и др.; генетика – цитогенетику, молекулярную генетику, генетику популяций и др.; физиология – нейрофизиологию, физиологию сенсорных систем, психофизиологию и др. Эти разделы, в свою очередь, подвергаются дальнейшему прогрессирующему дроблению.

Из-за обилия специальных дисциплин в биологии, как нигде, остро стоит проблема узкой специализации, которая является злободневной проблемой всей современной науки. Вследствие центробежной дифференциации наука XX века уже перешагнула тот рубеж, за которым нарушается гармония системы «анализ – синтез». Наука начинает терять свою целостность. Поэтому в наши дни, как никогда, актуальна подготовка специалистов с широким кругозором, способных синтезировать накопленные знания.

Уже давно на базе биологии сформирован ряд междисциплинарных наук: биофизика, биохимия, бионика и др. Внутри биологии образуются свои новые «синтетические» области исследований: нейробиохимия, психогенетика, биология развития, эволюционная экология и др.

Новые направления призваны решать самые острые проблемы переднего края науки. В общетеоретическом плане основные биологические вопросы отличаются удивительной «стабильностью». В конце 1960-х годов один из основателей молекулярной генетики Г. Стент отметил, что у биологии осталось три ключевых вопроса (Stent G., 1969).

1. *Как возникла жизнь?*
2. *Как оплодотворенная клетка развивается в многоклеточный организм?*
3. *Как мозг обрабатывает информацию?*

Эти вопросы являются актуальными и сейчас, спустя много лет, хотя некоторые биологи, возможно, добавили бы в список фундаментальных проблем и другие пункты.

В последние годы биология активно осваивает новые сферы, вторгаясь в традиционные области исследований гуманитарных дисциплин: психологии, социологии, культурологии. На новой nive она не всегда находит понимание, а иногда встречает и явно враждебный прием. Отсутствие взаимопонимания «естественников» и «гуманитариев» можно было наблюдать при рождении этологии человека, при появлении социобиологии и в настоящее время – эволюционной психологии. Причины такой конфронтации будут проанализированы в главе, посвященной поведению человека.

1.3. Система человекознания

Ни один объект живой природы не интересует человека в такой степени, как он сам. Вот почему многие науки занимаются этим «объектом». Оразовалась определенная совокупность знаний о человеке, которую можно назвать «человекознанием». Однако из-за глубоких различий методологических подходов эта совокупность знаний не приобрела вид логически стройной системы. Построение такой системы – дело науки будущего.

Уникальность положения человека в природе

Человек является носителем сознания – второй величайшей загадки природы. Даже оставляя в стороне вопрос, только ли человек владеет сознанием, мы с полным правом можем сказать, что он представляет собой особое явление мироздания – феномен человека. Недаром в некоторых философских учениях Древнего мира, Возрождения и Нового времени человек рассматривался как «микрокосмос», т. е. зеркало и символ Вселенной.

В результате развития сознания человек создал свою «среду обитания» – цивилизацию. Но создав ее, человек во многих аспектах оказался в антагонистических отношениях с поразившей его природой. Этот антагонизм проявляется не только во внешних отношениях, примером чего может служить усугубляющийся экологический кризис, но и во внутреннем мире человека. Оставаясь природным существом, человек оказался одновременно и в другой среде – цивилизации. Закономерности функционирования двух «стихий» отнюдь не согласованы, и в этом заключается главная сложность существования человека.

Попутно заметим, что ни одно из направлений психологии и биологии не смогло дать удовлетворительное объяснение феномену сознания. Происхождение сознания остается второй крупнейшей загадкой Природы, наряду с проблемой происхождения жизни.

Человекознание и проблема редукционизма

Анализируя сложность взаимоотношений разных аспектов природы человека, нельзя обойти вниманием диспуты вокруг проблемы редукционизма. **Редукционизм** – это методологический принцип, согласно которому сложные явления могут быть объяснены на основе законов простых.

В психологии примером редукционизма может служить объяснение проявлений психики и поведения человека исключительно биологическими закономерностями. Попутно заметим, что базовой наукой в изучении биологических основ поведения человека является генетика. Часто понятия «генетический» и «биологический» в популярной литературе употребляют как синонимы.

История самой биологии – это долгие споры вокруг проблемы физического редукционизма, т. е. проблемы сводимости законов биологии к законам физики и химии (является ли биология разделом физики?). Не вдаваясь в детали сложной проблемы редукционизма, отметим, что оснований для сведения законов биологии к фундаментальным физическим законам нет, что подтверждают принципы системного подхода, рассмотренные выше.

Ярлык биологического редукционизма в психологии обычно придается явно негативная окраска. Однако часто он является следствием непонимания психологами закономерностей биологической детерминации, утрирования дилеммы «наследственность – среда». Наоборот, правильное понимание законов биологии (в частности, такого фактора, как норма реакции генотипа) позволило бы прекратить многие необоснованные споры о «биологическом редукционизме». Но чтобы понимать, надо знать!

В общетеоретическом синтезе биологических знаний, о котором говорилось выше, нуждается не только сама биология. Естественная научная база – необходимая предпосылка развития и многих других наук, особенно наук о человеке (Курчанов Н. А., 2000; 2003).

Антропология в системе человекознания

Особое место в системе биологических наук занимает антропология – «наука о человеке». Судя по названию, именно антропология должна быть той синтетической наукой о человеке, которая служит базой для всего человекознания. Однако в настоящее время мы не можем этого констатировать. Человека изучает такое множество разных наук, использующих столь огромное число разных методологических подходов, что сформировать «синтетическую» науку, действительно, сложно.

Сегодня термин «антропология» употребляется в двух основных значениях: как раздел биологии (так называемая физическая антропология), посвященный проблемам антропогенеза и морфологическим особенностям человека, и как раздел культурологии (так называемая культурная антропология), изучающий динамику развития культуры в человеческом обществе. Причем и биологи, и культурологи часто употребляют термин «антропология», подразумевая именно свою науку, что лишним раз показывает отчужденность данных направлений.

Кроме того, в середине XX века в Германии возникло новое философское направление – *философская антропология*, – базирующееся на методологических установках М. Шелера (1874–1928), Г. Плеснера (1892–1985), А. Гелена (1902–1976) и претендующее на синтез различных наук для постижения природы человека. В дальнейшем философской антропologией стали называть всю проблематику философии человека.

Во второй половине XX века термин «антропология» стал широко применяться для обозначения самых различных направлений, без четких границ области исследований (историческая антропология, политическая антропология, экономическая антропология и т. д.). Часто такие направления исчезали, не успев родиться. Однако столь вольное обращение с терминами не безболезненно для научной дисциплины, поэтому стандартизация терминологии является насущной необходимостью.

Антропология как естественно-научная дисциплина должна стать фундаментом «человекознания». Необходимо разработать методологические подходы для плодотворной интеграции достижений всех наук о человеке: генетики, психологии, культурологии, нейрофизиологии, этологии человека, социобиологии, биологии развития и многих других. Только тогда мы сможем надеяться на постижение феномена человека!

Глава 2. Молекулярные основы жизни

Фундаментальную роль в структуре живой материи играет первый уровень ее организации – молекулярный. На этом уровне анализируются химические вещества, составляющие живой организм, взаимосвязь их структуры и функции.

Все имеющиеся в клетке биохимические соединения можно разделить на неорганические (*вода и минеральные соли*) и органические (*соединения углерода*).

2.1. Органические соединения в составе живых организмов

Органические соединения характерны только для живых организмов. Можно сказать, что жизнь на Земле построена на основе углерода, который обладает рядом уникальных свойств. Основное значение для выполнения роли «кирпичиков» жизни имеет способность атомов углерода соединяться друг с другом, образуя цепи и кольца. Именно этой способностью и объясняется чрезвычайное разнообразие органических соединений.

Разнообразие органических соединений

Хотя органические молекулы составляют менее 1 % всех молекул клетки (99 % молекул приходится на долю воды), они определяют протекание основных биохимических процессов. В клетке встречаются как малые органические соединения (содержащие до 20 или чуть более атомов углерода), так и большие, сложные молекулы – **биополимеры**, состоящие из многих единиц – мономеров.

Биополимеры образуют 4 класса биомолекул: белки, нуклеиновые кислоты, углеводы и липиды. Ключевую роль в жизнедеятельности организмов играют белки и нуклеиновые кислоты. Углеводы и липиды представляют собой очень разнородные группы, объединяющие соединения с различной структурой и биологическими функциями. Деление на эти группы – скорее дань исторической традиции, чем результат биохимического анализа. С них мы начнем рассмотрение молекулярного уровня организации жизни.

Углеводы

Углеводы – это наиболее распространенная в природе группа органических веществ. Основная их функция – энергетическая. Все углеводы содержат гидроксильные группы (—ОН) вместе с альдегидной или кетогруппой. Выделяют три группы углеводов (табл. 2.1).

Наибольшее значение в природе среди моносахаридов имеют пентозы (*рибоза, дезоксирибоза, рибулоза*) и гексозы (*глюкоза, фруктоза, галактоза*). Производными моносахаридов являются «сахарные» кислоты (к ним относятся, например, *аскорбиновая кислота – витамин С*), многоатомные спирты, гликозиды (к ним относятся некоторые антибиотики – *эритромицин, стрептомицин, пурамицин* и др.), аминсахара. Все их можно рассматривать как моносахара с дополнительной функциональной группой (—СООН, —NH₂ и др.).

Среди олигосахаридов наиболее значимы *мальтоза (глюкоза + глюкоза), сахароза (глюкоза + фруктоза), лактоза (глюкоза + галактоза), рафиноза (глюкоза + фруктоза + галактоза)*. Чрезвычайно важна роль **гликопротеидов**, определяющих сигналы узнавания на клеточном уровне. Нарушения «сигнализации» приводят к многочисленным патологиям, в том числе и к злокачественным новообразованиям.

Таблица 2.1. Классификация углеводов

Моносахариды	Олигосахариды	Полисахариды
<p>Моносахариды обычно имеют общую формулу $(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O})_n$, где n равен от 3 до 9.</p> <p>Их название происходит в зависимости от числа атомов углерода:</p> <ul style="list-style-type: none"> триозы (3C) тетрозы (4C) пентозы (5C) гексозы (6C) гептозы (7C) и т. д. <p>Кроме того, моносахариды в зависимости от наличия в их составе альдегидной или кетогруппы делят на альдозы и кетозы.</p> <p>Начиная с 5C-моносахаридов, встречаются линейные и циклические формы соединений</p>	<p>Олигосахариды образуются в результате соединения нескольких моносахаридов (в основном пентоз и гексоз).</p> <p>Наиболее распространены в природе дисахариды.</p> <p>Более крупные олигосахариды чаще являются компонентами гликопротеинов — белков, содержащих углеводные группы.</p> <p>С увеличением количества мономеров растворимость в воде углеводов снижается и исчезает сладкий вкус</p>	<p>Полисахариды — это биополимеры, мономерами которых являются моносахариды. Они включают от 100 до нескольких тысяч мономеров.</p> <p>Все полисахариды делятся на гомополисахариды, состоящие из идентичных мономеров, и гетерополисахариды, состоящие из разных мономеров</p>

К важнейшим *гомополисахаридам* относятся *целлюлоза, гликоген, крахмал*. Мономерами их является глюкоза, а различия определяются особенностями структуры (линейной или разветвленной).

Гетерополисахариды обычно состоят из повторяющихся дисахаридов. Примерами их могут служить *хитин* и *мурейн*, выполняющие структурную функцию в клетках грибов, бактерий, членистоногих, а также *мукополисахариды* — важнейший элемент соединительной ткани животных с разнообразными функциями.

Использование конкретных полисахаридов как структурных и энергетических компонентов клетки является одной из фундаментальных характеристик при делении представителей живой природы на отдельные царства.

Липиды

Липиды — это обширная группа неполярных, нерастворимых в воде органических соединений. Они отличаются большим разнообразием, но в общем виде представляют собой сложные эфиры какого-либо спирта и жирной кислоты.

Жирные кислоты — это карбоновые кислоты с длинной (12–20 атомов углерода) цепью. Они могут быть насыщенными (содержат только *C–C-связи*) или ненасыщенными (содержат одну или несколько *C=C-связей*).

Липиды делятся на простые и сложные (табл. 2.2).

Наиболее распространены в природе *жиры* (как универсальный источник энергии) и *фосфолипиды* (как неотъемлемый компонент клеточной мембраны). Важную защитную функцию выполняют воски. *Гликолипиды* являются компонентами миелиновой оболочки нервных волокон.

Особую группу веществ составляют производные липидов. Наибольшее значение среди них имеют полициклические соединения — **стероиды** (к ним относятся *холестерин, стероидные гормоны, желчные кислоты*) и пигменты *каротиноиды*. Производными липидов являются все жирорастворимые *витамины* (A, D, E, K).

Таблица 2.2. Классификация липидов

Простые липиды	Сложные липиды
Представлены только сложным эфиром. Выделяют 2 группы простых липидов: <i>Жиры</i> – эфиры 3-атомного спирта глицерина. <i>Воски</i> – эфиры 1-атомных спиртов	Представляют собой соединение сложного эфира с каким-либо веществом. Отдельными группами сложных липидов являются <i>фосфолипиды</i> и <i>гликолипиды</i> . Они присутствуют в мембранах клеток

Белки

Белки имеют первостепенное значение в жизни организмов. Огромное разнообразие живых существ в значительной степени определяется различиями в составе имеющих в их организме белков. Например, в организме человека их известно более 5 млн.

Белки – это полимеры, мономерами которых являются **аминокислоты** (рис. 2.1).

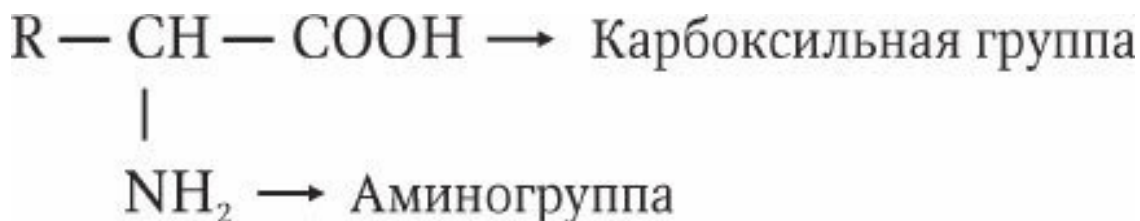


Рис. 2.1. Структура аминокислоты

В природных белках встречается 20 различных аминокислот, которые отличаются друг от друга только радикалами (R). Все они являются *α-аминокислотами*, так как карбоксильная группа и аминогруппа у них присоединена к одному атому *α-углерода*.

Кроме этих двадцати, в природных организмах известно около 300 других аминокислот (примерно 150 аминокислот имеется у человека), находящихся в разных клетках в свободном состоянии или в составе низкомолекулярных соединений. Некоторые из них играют исключительно важную роль.

Аминокислоты способны вступать в реакцию поликонденсации и формировать полипептидную цепочку. Образующаяся при этом **—CO – NH—**связь называется **пептидной связью**.

Условно к белкам относят полипептиды, состоящие из 50 или более аминокислотных остатков. При меньшем числе аминокислот вещества называются **пептидами**. Многие гормоны и антибиотики являются пептидами, состоящими из 2–20 аминокислотных остатков.

В молекуле белка может содержаться до нескольких тысяч аминокислот. Специфичность белков определяется набором используемых аминокислот, последовательностью их расположения в полипептидной цепочке и специфичностью укладки этой цепочки. Некоторые белки состоят из нескольких полипептидных цепей, соединенных вместе. Часто такие полипептидные цепи удерживаются небелковым компонентом. Наличие небелкового компонента характерно для группы **сложных белков** (*гликопротеины, нуклеопротеины, липопротеины, гемоглобины* и др.). **Простые белки** состоят только из полипептидов.

Белки в организме выполняют чрезвычайно многообразные функции. Большинство важнейших биохимических процессов осуществляется белками. Они играют ключевую роль в реализации процессов дыхания, движения, иммунитета, входят в состав большинства клеточных и тканевых структур.

Особо следует отметить каталитическую роль белков, поскольку почти все **ферменты** (биологические катализаторы) являются белками. Каждый фермент катализирует только одну реакцию или действует только на один тип связи. Обычно ферменты представляют собой сложные белки с небелковой частью – **коферментом**. Многие витамины являются предшественниками коферментов, в чем и заключается их биологическое значение.

2.2. Нуклеиновые кислоты

Нуклеиновые кислоты обеспечивают хранение и воспроизведение наследственной информации. Этим определяется их фундаментальное значение для жизни на Земле.

Нуклеиновые кислоты – это полимеры, мономерами которых являются **нуклеотиды**. Нуклеотид включает в себя азотистое основание, углевод и остаток фосфорной кислоты (рис. 2.2).

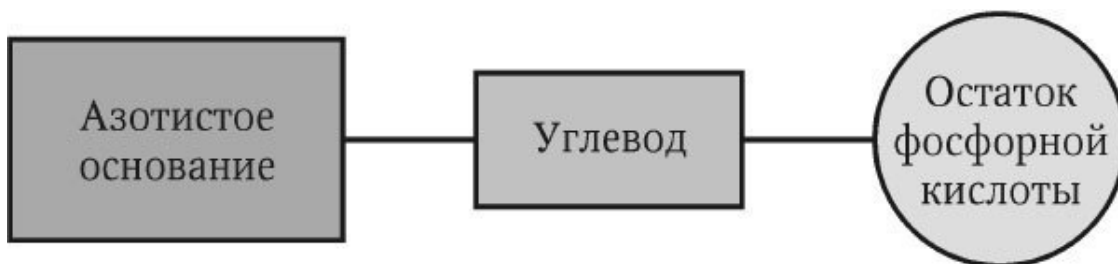


Рис. 2.2. Структура нуклеотида

В природе встречаются два вида нуклеиновых кислот: ДНК и РНК.

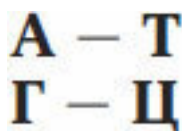
Дезоксирибонуклеиновая кислота

Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) является местом хранения генетической информации организмов, поэтому можно сказать, что это «самая главная молекула». Молекула ДНК состоит из двух полинуклеотидных цепей, спирально закрученных одна относительно другой.

В составе нуклеотидов ДНК встречаются 4 типа азотистых оснований: **А** – аденин; **Т** – тимин; **Г** – гуанин; **Ц** – цитозин.

Углевод – дезоксирибоза.

В полинуклеотидной цепочке соседние нуклеотиды связаны между собой ковалентными связями между *дезоксирибозой* одного и *остатком фосфорной кислоты* другого нуклеотида. Две полипептидные цепочки объединяются в единую молекулу ДНК при помощи водородных связей между азотистыми основаниями нуклеотидов разных цепей. Соединены азотистые основания по принципу комплементарности: *аденин с тимином, гуанин с цитозином*.



Принцип комплементарности – это один из фундаментальных законов природы, определяющий механизм передачи наследственной информации.

Хотя в молекуле ДНК всего 4 типа разных нуклеотидов, благодаря различной их последовательности и огромному числу (до нескольких десятков тысяч) в полинуклеотидной цепочке достигается невероятное разнообразие этих молекул.

Рибонуклеиновая кислота

Молекулы рибонуклеиновой кислоты (РНК), несмотря на их разнообразие, построены по общим структурным принципам. Они состоят из одной полинуклеотидной цепочки, значительно более короткой, чем цепочка ДНК. В нуклеотидах имеются 4 типа азотистых оснований, из которых специфичным для РНК является *урацил*: **А** – аденин; **У** – урацил; **Г** – гуанин; **Ц** – цитозин.

Углевод – *рибоза*.

В клетке имеется несколько типов РНК, из которых основными являются три.

Информационная (и-РНК), или матричная (м-РНК). Переносит информацию о структуре белка с ДНК на рибосомы – место непосредственного синтеза полипептидной цепочки. Каждый белок клетки кодируется своей и-РНК.

Рибосомальная (р-РНК). Входит в состав рибосом. Помимо структурной функции, принимает непосредственное участие в синтезе полипептидной цепочки. Этот тип составляет 85 % всей РНК клетки.

Транспортная (т-РНК). Переносит аминокислоты к месту синтеза белков на рибосомы. Каждой аминокислоте соответствует своя т-РНК, которая имеет специфическую петлевую структуру (форма «клеверного листа»). Центральная петля молекулы содержит **антикодон** – триплет нуклеотидов, определяющий специфичность данной т-РНК и ее соответствие определенной аминокислоте.

Свободные нуклеотиды

Не только нуклеиновые кислоты, но и свободные нуклеотиды и их производные играют важную роль в жизни клетки. Центральную роль в энергетическом обмене клетки играет *аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)*, имеющая три остатка фосфорной кислоты (рис. 2.3). Все виды активности организмов (движение, синтез, деление и др.) происходят за счет энергии, высвобождаемой при гидролизе АТФ. Эта энергия запасается в высокоэнергетических (макроэргических) связях между остатками фосфорной кислоты.

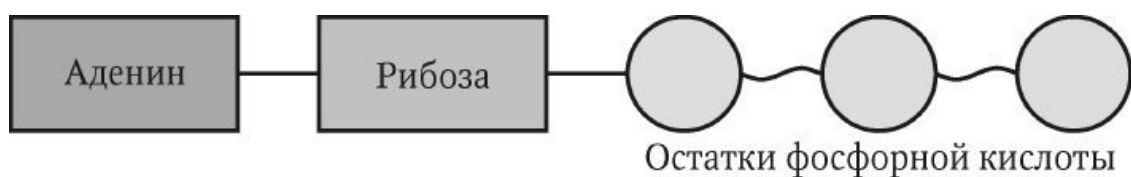


Рис. 2.3. Структура аденозинтрифосфорной кислоты

Гидролиз любой из двух макроэргических связей приводит к выделению энергии. АТФ чрезвычайно быстро обновляется. У человека каждая молекула АТФ расщепляется и вновь восстанавливается более 2400 раз в сутки.

Из нуклеотидов построены и некоторые другие важнейшие молекулы клетки: *циклический аденозинмонофосфат (цАМФ)* – одна из основных сигнальных молекул клетки, *кофермент А (СоА)*, играющий ключевую роль в обмене веществ, *никотинамидадениндинуклеотид (НАД)* и *флавинадениндинуклеотид (ФАД)* – универсальные переносчики электронов и др. Структуру НАД, ФАД и СоА можно представить в общем виде (рис. 2.4). Предшественниками радикала у этих соединений являются водорастворимые витамины (РР, В₂, В₃), что объясняет их незаменимость в организме.

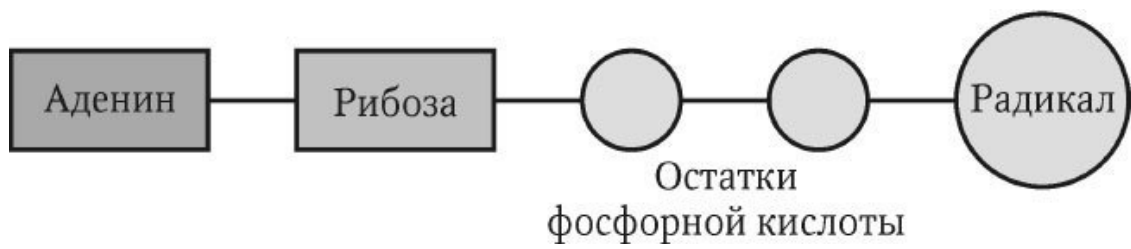


Рис. 2.4. Общая структура некоторых нуклеотидсодержащих молекул

2.3. Обмен веществ и энергии

Вся совокупность химических реакций, протекающих в живых организмах, называется обменом веществ, или **метаболизмом**. В результате этих реакций энергия, запасенная в химических связях, переходит в другие формы, т. е. обмен веществ всегда сопровождается обменом энергии. Первичным источником энергии для всего живого на Земле служит Солнце.

Многие организмы имеют уникальные метаболические пути, однако наиболее поразительно то общее, что присуще процессам метаболизма в живой природе. Несмотря на величайшее разнообразие живых организмов, отчетливо проявляется единство этих процессов. Выделяют две группы процессов метаболизма.

Анаболизм (ассимиляция) – совокупность процессов синтеза, идущих с потреблением энергии.

Катаболизм (диссимиляция) – совокупность процессов распада, сопровождающихся выделением энергии.

Анаболизм и катаболизм самым тесным образом взаимосвязаны: катаболические реакции дают «сырье» и энергию для анаболических процессов, в которых эта энергия запасается.

Все живые организмы можно разделить на группы, в зависимости от типа ассимиляции (рис. 2.5).

Автотрофы – организмы, способные самостоятельно синтезировать органические вещества из неорганических.



Рис. 2.5. Классификация типов анаболизма

Гетеротрофы – организмы, не способные синтезировать органические вещества из неорганических и нуждающиеся в поступлении готовых органических соединений.

Среди протистов можно выделить группу **автогетеротрофных** организмов, которые в зависимости от условий осуществляют либо автотрофный, либо гетеротрофный способ питания.

Фотоавтотрофы – организмы, использующие для синтеза энергию Солнца.

Хемоавтотрофы – организмы, использующие для синтеза энергию химических реакций.

Совокупность реакций катаболизма, протекающих во всех живых клетках, представляет собой разнообразные процессы **биологического окисления**. Поскольку запасенная в процессе ассимиляции энергия недоступна для непосредственного использования клеткой, основной функцией процесса биологического окисления является обеспечение организма энергией в доступной форме (прежде всего в виде АТФ). В природе организмы используют два пути получения энергии: **аэробный распад (дыхание)**, проходящий в присутствии кислорода, и **анаэробный распад (брожение)**, проходящий без кислорода (рис. 2.6). Соответственно организмы, реализующие эти пути, называются аэробами и анаэробами.



Рис. 2.6. Классификация типов катаболизма

2.4. Фотосинтез и хемосинтез

Основной путь, по которому практически вся энергия попадает в биосферу – это процесс фотосинтеза. Каждый год на Земле в процессе фотосинтеза образуется более 150×10^9 тонн органических веществ. Вклад хемоавтотрофов (к ним относятся только некоторые представители бактерий) в синтез органических соединений на Земле ничтожен по отношению к фотоавтотрофам.

Понятие фотосинтеза

Фотосинтез – это процесс преобразования энергии света в энергию химических связей органических соединений. У растений этот процесс локализован в особых клеточных органоидах – хлоропластах, а у фотосинтезирующих бактерий происходит в самой клетке.

Ключевую роль в процессе фотосинтеза играют **фотосинтетические пигменты** – вещества, способные поглощать свет. Выделяют три группы фотосинтетических пигментов: *хлорофиллы* (зеленые пигменты), *каротиноиды* (желтые и оранжевые пигменты), *фикобилины* (голубые и красные пигменты). В каждой группе имеется несколько подгрупп пигментов, поглощающих свет в разных областях спектра. Такое многообразие пигментов (только хлорофиллов известно более 10) обусловлено эволюционным приспособлением для обеспечения наибольшей эффективности поглощения солнечного света в различных условиях.

Пигментный состав является важным диагностическим признаком для систематики, поскольку он отражает филогенетические отношения организмов.

Основным пигментом, участвующим в фотохимических реакциях, является *хлорофилл*. В хлоропластах растений пигменты (по 200–400 молекул) собраны в функциональные единицы – **фотосистемы**. В фотосистемах молекула *хлорофилла А* выполняет роль **реакционного центра**, а молекулы всех других пигментов называются **антенным комплексом**, так как, подобно антеннам, собирают свет для реакционного центра и передают ему энергию квантов. Существуют два вида фотосистем.

Фотосистема I – реакционный центр образован молекулой хлорофилла А – **P-700**.

Фотосистема II – реакционный центр образован молекулой хлорофилла А – **P-680**.

Обычно обе фотосистемы работают синхронно, но фотосистема I может работать самостоятельно.

Стадии фотосинтеза

В процессе фотосинтеза различают две стадии – световую и темновую.

Во время **световой фазы** фотосинтеза энергия Солнца используется для синтеза АТФ и высокоэнергетических переносчиков электронов. Световая энергия, поглощенная любой молекулой пигмента, переносится на другую молекулу фотосистемы, пока не достигнет своего реакционного центра, после чего по специальной системе переносчиков возникает направленный поток электронов.

Существуют два варианта работы фотосистем во время световой фазы.

Нециклическое фотофосфорилирование – это основной путь, при котором обе фотосистемы работают синхронно.

Под действием света электроны реакционного центра фотосистемы II возбуждаются, переходят на акцептор электронов и переносятся по *электронно-транспортной цепи* к фотосистеме I. Потерянные электроны хлорофилла P-680 заменяются электронами молекул воды в результате одновременного процесса **фотолиза** – ферментативного расщепления воды. В

фотосистеме I электроны под действием света возбуждаются, переносятся на свой акцептор и через белок *ферредоксин* – на *никотинамидадениндинуклеотидфосфат (НАДФ)*, который восстанавливается (*НАДФ-Н₂*). Электроны хлорофилла Р-700 заменяются электронами фотосистемы II. Таким способом осуществляется однонаправленный поток электронов от реакционного центра фотосистемы II к НАДФ (рис. 2.7).

Циклическое фотофосфорилирование – это вариант световой фазы, когда возбужденные электроны фотосистемы I с акцептора направляются не на НАДФ, а возвращаются на цепь переносчиков фотосистемы II. При таком способе происходит образование АТФ, но не происходит образования НАДФ-Н₂ (на рис. 2.7 обозначен пунктиром). Предполагается, что это более древний и примитивный вариант фотосинтеза.

В роли переносчиков электронов по электронно-транспортной цепи выступают различные сложные белки, содержащие гем, железо, медь (*цитохромы, пластохинон, пластоцианин и др.*). Процесс синтеза АТФ контролируется у растений особым ферментом *АТФ-синтетазой*.

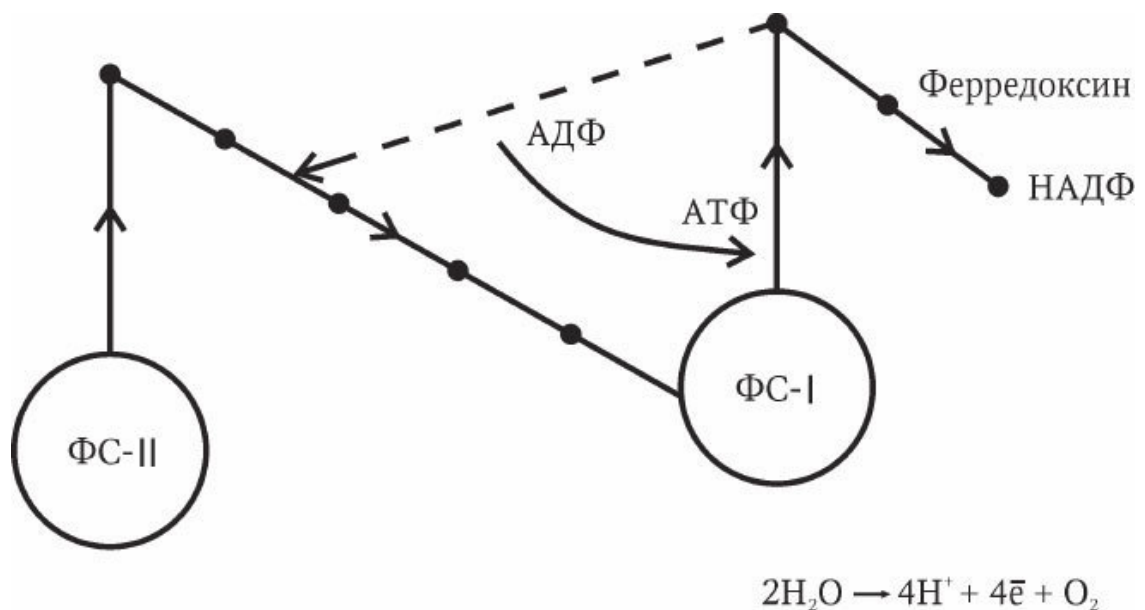
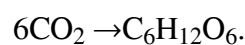


Рис. 2.7. Общая схема световой фазы фотосинтеза

В **темновой фазе** происходит превращение CO_2 в углеводы, благодаря синтезированным в первой стадии АТФ и НАДФ. Существует несколько вариантов фиксации углекислоты.

Основной вариант – это **цикл Кальвина**, или **С-3-путь**, названный так потому, что непосредственный продукт фиксации CO_2 представляет собой трехуглеродное соединение (*глицерол-3-фосфат*). Углекислота первоначально соединяется с 5-углеродным *рибулозобифосфатом (РБФ)*, давая промежуточное 6-углеродное соединение. Цикл Кальвина включает в себя 13 последовательных реакций. На заключительном этапе вновь образуется РБФ, и цикл замыкается.

Шесть оборотов цикла дают одну молекулу *глюкозы*, для чего требуется 18 молекул АТФ и 12 молекул НАДФ, что можно выразить суммарным уравнением:



Существует другой вариант синтеза углеводов при темновой фазе.

Это **цикл Хэтча – Слэка**, или **С-4-путь**, обнаруженный более чем у 100 растений жарких и засушливых районов. Этот путь требует больших энергозатрат, но имеет свои экологические преимущества.

Бактериальный фотосинтез и хемосинтез

Различные группы фотосинтезирующих бактерий осуществляют особую разновидность фотосинтеза – **бактериальный фотосинтез**. Бактерии имеют свои специфические фотосинтетические пигменты (в частности, различные *бактериохлорофиллы*), отличные от пигментов эукариот. Донорами H^+ у них служит не вода, а различные органические соединения (сероводород, спирты, жирные кислоты и др.), потому при бактериальном фотосинтезе не выделяется *кислород*. Рассмотрев все виды фотосинтеза, можно вывести общее уравнение этого процесса:

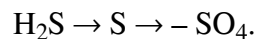


где H_2A – обобщенный донор H^+ .

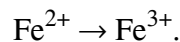
Хемосинтез – это синтез органических веществ за счет энергии химических реакций. Он представляет собой другую форму автотрофной ассимиляции, свойственной некоторым бактериям. При хемосинтезе источником энергии служит не солнечный свет, а окисление неорганических соединений.

Нитрифицирующие бактерии окисляют образующийся при гниении органических остатков аммиак до нитрита, а затем до нитрата: $NH_3 \rightarrow HNO_2 \rightarrow HNO_3$.

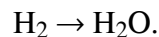
Бесцветные серобактерии окисляют сероводород:



Железобактерии переводят железо закисное в железо окисное:



Водородные бактерии окисляют молекулярный водород:



Все эти процессы являются экзотермическими реакциями. Выделяемая энергия используется бактериями-хемосинтетиками для восстановления CO_2 и синтеза органических соединений.

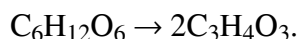
Хотя вклад хемосинтетиков в аккумуляцию энергии и синтез органических веществ на Земле невелик по сравнению с фотосинтезом, они имеют огромное экологическое значение, участвуя в круговороте веществ в биосфере.

2.5. Биологическое окисление

Анализируя отдельные этапы клеточного метаболизма, всегда необходимо помнить, что он представляет собой единый, интегральный, взаимосвязанный механизм (Бохински Р., 1987). Процессы анаболизма и катаболизма происходят в клетке одновременно и неразрывны друг с другом.

Анаэробный распад

Основным веществом, используемым клеткой для получения энергии, служит глюкоза. Анаэробный распад глюкозы – **гликолиз**, происходящий в цитоплазме клетки, является подготовительным этапом дыхания и основным этапом брожения. Поэтому мы можем сказать, что гликолиз – это один из важнейших процессов природы, свойственный всем организмам. Биохимия гликолиза хорошо изучена. Он включает 9 последовательных ферментативных реакций, конечным продуктом которых является *пировиноградная кислота (ПВК)*:



Энергетическая эффективность гликолиза невысока и составляет 2 молекулы АТФ на одну молекулу глюкозы. Однако образованная ПВК – ключевое соединение в метаболизме клетки. Ее дальнейшее использование зависит от особенностей организма. У аэробных организмов ПВК включается в многоступенчатый процесс аэробного распада. В анаэробных условиях ПВК подвергается превращениям в различных видах **брожения**.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.