

БИБЛИОТЕКА ВУНДЕРКИНДА ➤ НАУЧНЫЕ СКАЗКИ

Андрей Шляхов

БИОЛОГИЯ на пальцах

для детей и для родителей, которые хотят объяснить детям



АНДРЕЙ ШЛЯХОВ

УДК 087.5:57

ББК 28я2

Ш68

Шляхов Андрей Леонович

Ш68 Биология на пальцах / А. Шляхов — Москва: Издательство АСТ, 2018. — 352 с. — (Библиотека Вундеркинда. Научные сказки)

ISBN 978-5-17-104504-3

Все тайны нашей жизни на нашей планете откроет новая книга серии «Библиотека вундеркинда». Биология – наука о жизни. Ее по праву можно считать самой важной из наук, поскольку главной особенностью нашей планеты является наличие жизни. Как зарождалась эта жизнь, как устроены все живые существа? Что общего у амебы и слона? Для чего нашей Земле нужны пустыни, леса и океаны? Как разные организмы приспосабливаются к самым невероятным условиям? Увлекательный рассказ о тайнах планеты Земля ответит на эти и многие другие вопросы и позволит без нудной зубрежки стать настоящим знатоком всех секретов науки о жизни.

УДК 087.5:57

ББК 28я2

АНДРЕЙ ШЛЯХОВ

**БИОЛОГИЯ
НА ПАЛЬЦАХ**

**Для детей и родителей,
которые хотят
объяснять детям**

Издательство АСТ
Москва

Оглавление

Глава 1. ЗНАКОМСТВО С БИОЛОГИЕЙ.	
ЧТО ТАКОЕ ЖИЗНЬ?	11
Теории происхождения жизни на Земле	26
Биосферный уровень организации жизни	26
Учение В.И. Вернадского о биосфере	35
Человек как обитатель биосферы	44
Экологические факторы	51
Среды жизни организмов на земле	56
Общие свойства биосистем.	57
Теории происхождения жизни на земле	59
 Глава 2. БИОГЕОЦЕНОЗ.....	65
Биогеоценоз	65
Типы связей и зависимостей	
в биогеоценозе	73
Устойчивость и динамика экосистем	81
Многообразие биоценозов	88
Агроэкосистема	101
Экологические законы	
природопользования	103

Глава 3. ПОПУЛЯЦИИ И ВИДЫ	106
Вид, его критерии и структура.	
Популяция как форма	
существования вида.....	106
История эволюционных идей.	
Дарвиновское учение об эволюции.	
Движущие силы,	
факторы и результаты эволюции.	112
Эволюция. Движущие силы.	
Факторы. Результаты	120
Популяция как элементарная	
единица эволюции.....	134
Видообразование	136
Современное учение об эволюции —	
синтетическая теория эволюции	138
Человек как уникальный	
вид живой природы.....	144
Человеческие расы.....	158
Теории происхождения человека.....	160
Основные закономерности эволюции	
или подведение итогов сказанного	163
Основные направления эволюции	165
Биологическое разнообразие.....	170
Особенности популяционно-видового	
уровня жизни	180
 Глава 4. ОРГАНИЗМЕННЫЙ УРОВЕНЬ	
ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ	181
Организменный уровень организации жизни.	
Организм как биосистема	181
Особенности нервной	
и гуморальной регуляции.....	185

Обмен веществ и энергии.

Процессы жизнедеятельности
организмов. 195

Анаболизм и катаболизм —

единство противоположностей 204

Размножение организмов 213

Оплодотворение и его значение 222

Искусственное оплодотворение 227

Онтогенез — индивидуальное

развитие организма 229

Генетика — наука о закономерностях

наследственности и изменчивости. 235

Что такое кроссинговер? 245

Изменчивость наследственная

и ненаследственная.

Модификации и мутации 246

Генетика пола и сцепленное с полом

наследование 255

Селекция. 259

Вирусы и вирусные заболевания 266

Глава 5. КЛЕТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ

ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ 272

Основные положения клеточной теории 274

Строение клетки 277

Клеточная мембрана. 280

Ядро 285

Цитоплазма 290

Органоиды клетки. 291

Клеточный цикл жизни клетки.

Деление клетки 296

Глава 6. МОЛЕКУЛЯРНЫЙ УРОВЕНЬ	
ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ	307
Химический состав клетки	308
Энергетический обмен	347
Несколько слов	
в заключение	351

*«Природа весьма проста;
что этому противоречит, должно
быть отвергнуто»*

Михаил Ломоносов

ЗНАКОМСТВО С БИОЛОГИЕЙ. ЧТО ТАКОЕ ЖИЗНЬ?

ГЛАВА 1

БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИВОЙ МАТЕРИИ

«Биос» в переводе с греческого означает «жизнь», а «логос» — «наука». Биология — наука о жизни. Ее по праву можно считать самой важной из наук, поскольку главной особенностью нашей планеты является наличие жизни. Точнее, даже, не наукой, а совокупностью естественных наук, изучающих жизнь — ботаники, зоологии, анатомии, физиологии, собственно биологии... Все науки мы перечислять не станем, потому что перечень получится очень длинным, ведь «основные» науки делятся на более узкие. Так, например, наука о животном мире зоология включает в себя около пятидесяти узких дисциплин — ихтиологию (науку о рыбах), энтомологию (науку о насекомых), герпетологию (науку о

земноводных и пресмыкающихся), арахнологию (науку о пауках) и т. д. У всех биологических наук есть одно общее свойство — они изучают жизнь. Есть среди биологов и свои историки, которые называются «палеонтологами». Наука палеонтология изучает организмы, существовавшие в прошлом. По одной найденной кости палеонтологи могут восстановить облик вымершего животного и рассказать о нем!



Биология — система наук

Биология изучает жизнь. А что такое жизнь? В чем отличие живого от неживого? Эти вопросы интересовали людей с древнейших времен. Первым попытался ответить на них великий греческий ученый Аристотель, живший в IV веке до нашей эры. Он считал, живое отличается от неживого наличием особой силы, которая заставляет живые организмы размножаться. Много веков спустя, в начале XIX века, немецкий ученый Готфрид-Рейнгольд Тревиранус ввел понятие «жизненной силы» — «vis vitalis» на латыни. Широко известно определение жизни, данное Фридрихом Энгельсом: «Жизнь есть способ существования белковых тел, существенным моментом которого является постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой». Советский биохимик Владимир Энгельгардт считал, что наиболее глубоко-

кое, коренное отличие живого от неживого состоит в способности живого создавать порядок из теплового движения молекул.

А вот русский физиолог Александр Самойлов определял жизнь как замкнутый круг рефлекторной деятельности. Каждый, кто давал определение жизни, смотрел на нее со своей точки зрения — философской, биохимической, физиологической...

Если обобщить все наиболее точные определения жизни, то у нас получится следующее: «жизнь представляет собой самоподдерживающуюся и самовоспроизводящуюся химическую систему, обязательными компонентами которой являются белки и нуклеиновые кислоты». Белки и нуклеиновые кислоты характерны для жизни на Земле, в окружающей среде нашей планеты. Жизнь на других планетах, с другой атмосферой, с реками и океанами, заполненными не водой, а чем-то другим, может быть и небелковой. Современная наука теоретически допускает существование небелковых форм жизни.

Давайте рассмотрим основные свойства живых организмов.

Единство химического (биохимического) состава. В состав живых организмов входят те же самые элементы, что и в состав неживой природы, но в других количественных соотношениях. Среди элементов преобладают углерод, кислород, водород и азот, на долю которых приходится примерно 98% от общего состава. В состав всех живых организмов обязательно входят белки и нуклеиновые кислоты (а также жиры и углеводы).

Единство структурной организации. Единицей строения живого организма является клетка. Можно сказать, что без клетки нет жизни. «А как же вирусы?», спросите вы. С виру-

сами пока еще до конца не определились. Одни ученые считают их особой, неклеточной формой жизни, а другие — комплексами органических молекул, способными взаимодействовать с живыми организмами. Более подробно о вирусах мы поговорим позже. Пока только скажем, что вирусы могут реализовывать свою наследственную информацию, т.е. воспроизводиться, только после внедрения в клетки.

Дискретность (прерывность) и целостность. Любой живой организм состоит из отдельных частей, взаимодействующих друг с другом. В этом выражается его дискретность. Отдельные части организма объединяются в единую систему, свойства которой не являются простой совокупностью свойств составляющих ее частей. В этом проявляется целостность.

Способность к саморегуляции, позволяющая сохранять постоянство (относительное) химического состава и поддерживать на нужном уровне интенсивность течения физиологических процессов в постоянно изменяющихся условиях окружающей среды.

Метаболизм — обмен веществ и энергии, который состоит из двух взаимосвязанных процессов: пластического обмена (ассимиляции), суть которого заключается в синтезе органических веществ в организме с использованием внешних источников энергии (солнечного света у растений или пищи у животных) и энергетического обмена (диссимиляции) — процесса распада органических веществ с выделением нужной организму энергии.

Открытость. Живые организмы представляют собой открытые системы, постоянно обменивающиеся веществами и энергией с окружающей средой.

Раздражимость — способность организма избирательно воспринимать раздражения (реагировать на внешние и внутренние воздействия) и отвечать на них определенным образом.

Движение. Этой способностью в различной степени обладают все живые организмы. Даже растения, которые считаются неподвижными, способны поворачивать листья к свету.

Ритмичность — деятельность всех живых организмов определяется суточными и сезонными ритмами. Самый распространенный пример — чередование периодов сна и бодрствования.

Размножение — способность организмов воспроизводить себе подобных на основе информации, заложенной в определенных структурах. Размножение обеспечивает непрерывность жизни на нашей планете и преемственность поколений.

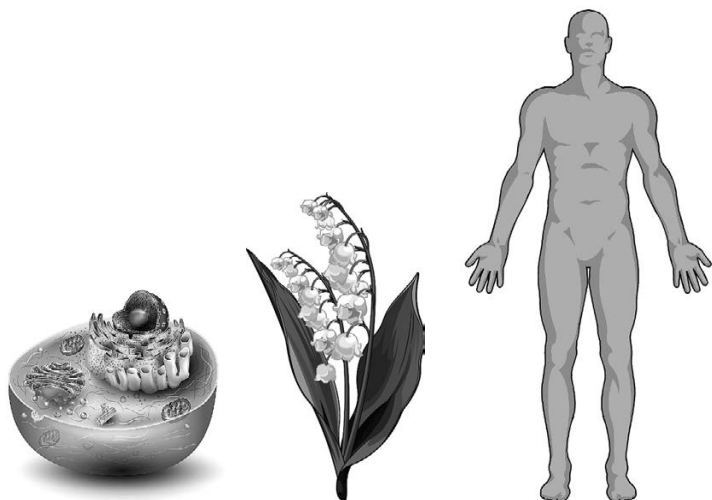
Наследственность и изменчивость тесно связаны с размножением. Наследственностью называют способность организмов передавать свои признаки из поколения в поколение. Наследственность обеспечивается молекулами дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Вы познакомились с ней, когда изучали анатомию. Изменчивость — это способность живых организмов приобретать новые признаки, свойство, противоположное наследственности. Изменчивость создает почву (дает материал) для естественного отбора — отбора особей, наиболее приспособленных к конкретным условиям существования. Благодаря изменчивости появляются новые виды организмов. Если бы не было изменчивости, то на Земле бы жили только одноклеточные организмы.

Рост и развитие. В развитии живых организмов различают индивидуальное развитие (онтогенез), длящееся от момента зарождения до конца жизни, и историческое развитие (филогенез) — развитие всей живой природы на нашей планете.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ!

Отдельные свойства из перечисленных, могут встречаться и в неживой природе. Так, например, минеральные образования сталактиты и сталагмиты могут расти, вода в природе движется, совершая круговорот, в морях и океанах ритмично чередуются приливы и отливы... Но объекты неживой природы могут обладать лишь отдельными из перечисленных свойств! Совокупность этих свойств характерна только для живых организмов.

Давайте подумаем о том, что свойства организма, как единой системы, не являются простой совокупностью свойств составляющих частей. Вы уже изучали анатомию и знаете, как работают органы человеческого организма. Можете привести пример, иллюстрирующий это утверждение?



Биосистемы

Любой живой организм представляет собой биологическую систему (биосистему), структурную единицу живой материи, состоящую из разных элементов. Организм человека — биосистема, дерево — биосистема, клетка — тоже биосистема.

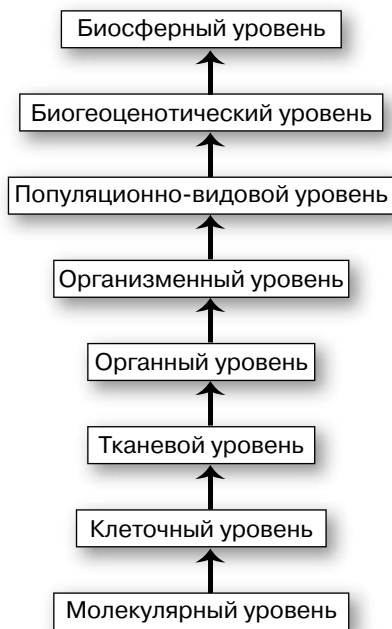
Все живое на нашей планете представляет собой совокупность биологических систем различной степени сложности, которые объединены (совокупность же!) в единую иерархическую структуру. Более простые биосистемы, объединяясь, образуют более сложные.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ!

Так же, как свойства организма не являются простой совокупностью свойств составляющих его частей, свойства сложной биосистемы не являются совокупностью свойств составляющих ее более простых биосистем! Организм — это тоже сложная биосистема, состоящая из более простых биосистем.

Клетки объединяются в ткани, из тканей создаются органы, из органов — организмы, а организмы объединяются в группы — в семьи, в стаи, в популяции. Вот вам простейший пример только что сказанного — стая волков, благодаря взаимной поддержке и пр. может выжить в неблагоприятных условиях (холода, скудное количество пищи), в которых по отдельности волки выжить бы не смогли. Люди, объединяя свои усилия, делают такое, чего они не смогут сделать поодиночке. Суть в том, что свойства любой системы находится на более высоком качественном уровне, чем свойства ее составных частей. В процессе эволюции происходит последовательное усложнение организации живой материи. При образовании нового уровня, предыдущий, более простой, уровень, входит в него в качестве составной части.

Давайте рассмотрим уровни организации жизни (живой материи) на нашей планете.



Уровни организации жизни

Начнем с самого простого.

Уровень первый — молекулярно-генетический. Любая система, вне зависимости от ее сложности, состоит из различных молекул. Слово «генетический» добавлено не случайно, ведь хранение и передача наследственной информации осуществляется молекулами ДНК.

Уровень второй — клеточный. Клетка является структурно-функциональной единицей всех живых организмов. Организмы могут быть одноклеточными, состоящими из одной-единственной клетки, и многоклеточными.

Уровень третий — тканевый уровень. Из курса ботаники и анатомии вы знаете, что «тканью» называют совокупность клеток и межклеточного вещества, объединенных общностью происхождения, строения и выполняемой функции. В растительных организмах различают образовательные, основные, покровные, механические, проводящие и выделительные или секреторные ткани. В животных организмах четыре основных вида ткани: эпителиальная, мышечная, нервная и соединительная.

Уровень четвертый — органный уровень. Ткани образуют органы, а органы и ткани образуют организмы и потому пятый уровень называется организменным.

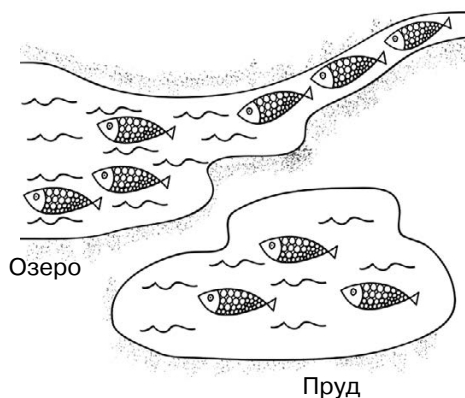
Шестой уровень — популяционно-видовой. Популяцией называется совокупность особей одного вида, длительное время обитающих на одной территории и частично или полностью изолированных от особей других популяций данного вида. Популяция обладает общим генетическим фондом (генофондом). Генофондом называют совокупность генов особей, составляющих данную популяцию. Особи, составляющие одну популяцию, могут свободно скрещиваться между собой, поскольку внутри популяции отсутствуют изоляционные барьеры.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ! Возможность свободного скрещивания является необходимым условием для объединения особей в популяцию!

Рассмотрим понятие «популяция» на простейшем примере.

На рисунке изображены озеро со впадающей в него речкой и обособленный пруд. Нельзя сказать, что рыбы озера и речки составляют две разные популяции, потому что речка общается с озером и рыбы могут беспрепятственно проплы-

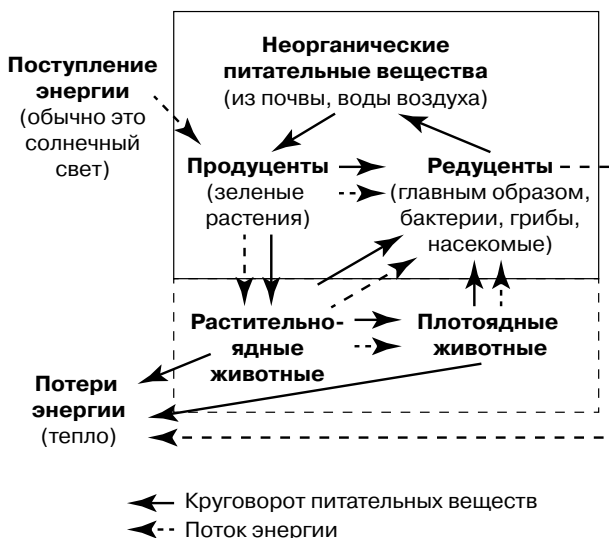
вать из реки в озеро и обратно. А вот пруд полностью изолирован как от реки, так и от озера. Итак, на рисунке мы видим две популяции рыб — озерно-речную и прудовую.



Другой пример. Если на одной территории проживают люди, исповедующие две различные религии и в подавляющем большинстве случаев браки заключаются между единоверцами, то мы будем говорить не об одной, а о двух популяциях.

Теперь давайте вспомним определение вида. Вид — это совокупность особей, сходных по строению, имеющих общее происхождение, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство. Не забывайте слово «плодовитое»! Лошади и ослы при скрещивании могут давать потомство — мулов или лошаков, но ни те ни другие, размножаться не способны, потому что лошади и ослы относятся к разным видам. Дело в том, что у межвидовых и межродовых гибридов животных и растений нарушается мейоз и не происходит гаметогенез (образование половых клеток).

В процессе эволюции, благодаря изменчивости, образуются новые виды.



Основные компоненты экосистемы и взаимодействие между ними

Седьмой уровень — биогеоценотический или экосистемный. Биогеоценозом называют совокупность организмов разных видов, проживающих на одной территории и связанных между собой и с окружающей их неживой природой обменом веществ и энергии.

Совокупность организмов, проживающих на одной территории называется биоценозом или биотическим сообществом. Участок пространства (суши или водоема), заселенный одним биоценозом, называется биотопом.

$$\text{БИОЦЕНОЗ} + \text{БИОТОП} = \text{БИОГЕОЦЕНОЗ}.$$

В любом биогеоценозе существует равновесие, обеспеченное замкнутым круговоротом веществ и энергии.

Биогеоценоз является экологической системой (экосистемой), поэтому седьмой уровень организации жизни также называют экосистемным.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ!

Экологической системой называются не только биогеоценозы, но и любой природный или искусственный комплекс, состоящий из живых организмов (биоценоза) и среды их обитания, связанных между собой потоками вещества, энергии и информации. Пруд со всеми его обитателями — это тоже экосистема, только небольшая. И аквариум тоже экосистема.

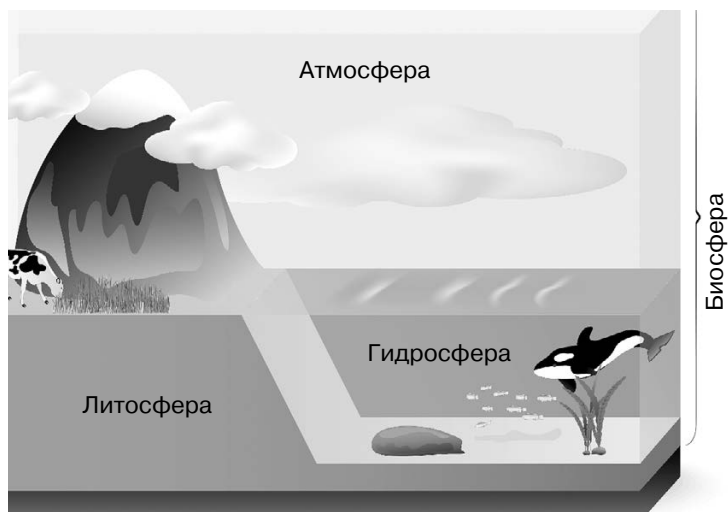
Восьмой и самый высший, глобальный уровень — *биосферный*. Биосфера представляет собой область распространения жизни на Земле. Биосфера объединяет все биогеоценозы, существующие на нашей планете. В биосферу входят:

— вся гидросфера, потому что во всех водоемах на Земле есть те или иные формы жизни;

— тропосфера или нижняя часть атмосферы (до 18 км от поверхности земли). Эта граница определяется озоновым слоем атмосферы, который задерживает самую опасную для живых организмов часть ультрафиолетового излучения Солнца (коротковолновое ультрафиолетовое излучение). Поэтому выше озонового слоя жизнь невозможна.

— педосфера или почвенная оболочка Земли, которая богата населена различными организмами;

— верхняя часть литосферы (твердой внешней оболочки Земли). Почти вся жизнь в литосфере существует на глубине нескольких метров, но отдельные бактерии могут жить и на



глубине до 4 километров. Ниже уровня 4 километров никакая жизнь в литосфере невозможна, поскольку там очень жарко. Давайте вспомним, что чем ближе к центру Земли, тем теплее. Жизнь становится невозможной при температуре в 100°C , когда вода переходит в пар и происходит денатурация белков.

Более подробное знакомство с уровнями организации живой природы мы проведем в обратном порядке, начиная с биосферы, но сначала вам следует ознакомиться с биологическими методами изучения природы.

Самыми древними методами были метод наблюдения и основанный на нем описательный метод. На раннем этапе развития любой науки происходит сбор фактического материала и его описание. Оба этих метода широко используются и в наши дни.

После того, как была накоплена определенная база знаний, ученые начали применять сравнительный метод. Сравнивая различные организмы, они выявляли сходства и различия,

систематизировали знания, выдвигали предположения и подтверждали их. Сравнительный метод в биологии начал широко применяться с XVIII века и это был настоящий революционный прорыв в науке!

Экспериментальный метод впервые применил римский врач Гален, живший во II веке, но широкое распространение этот метод получил начиная с XIX века. «О умствованиях! Держитесь опытности и пользу свою почерпайте из нее», писал философ и литератор Александр Радищев. А великий физиолог Иван Павлов высказался так: «Наблюдение собирает то, что ему предлагает природа, опыт же берет у природы то, что он хочет». Действительно, эксперимент (опыт) — двигатель любой науки.

Исторический метод дает возможность выявлять закономерности появления и развития живых существ при помощи сравнения данных разных периодов. Можно сказать, что исторический метод является разновидностью сравнительного метода.

Также в биологии используется метод моделирования, сущность которого заключается в замене исследуемого объекта его моделью и исследования свойств объекта на этой модели. К моделированию прибегают в тех случаях, когда выполнение исследования с участием объекта невозможно или нежелательно. Классическим примером моделирования служит заражение лабораторных животных болезнетворными микроорганизмами для изучения на них инфекционных болезней. В наше время широко используется информационное (компьютерное) моделирование, при помощи которого можно точно оценить последствия извержения вулкана или же воссоздать в мельчайших деталях ход эволюции того или иного вида.

Какие бы методы не были использованы в ходе научного исследования, начинается оно всегда с наблюдения, в результате которого ученые собирают определенные факты. Проанализировав факты, ученые выдвигают предположение и начинают проводить эксперименты, чтобы подтвердить или опровергнуть его. Подтвердившиеся предположения становятся основой для новых законов и теорий.

Биологические науки служат основой для медицины, фармацевтики, животноводства, агрономии, пищевой и косметической промышленности. также всех тех отраслей производства, которые связаны с живыми организмами. Первые знания, полученные древними людьми, относились к практической биологии — нужно было знать, что из растений или животных съедобно, а что нет. Затем люди начали оценивать животных и приручать тех, кто мог быть им полезным... Таким образом, можно сказать, что биология сопровождает человечество с первых шагов.

Знакомство с биологией состоялось.

Приступим к изучению разделов.

ТЕОРИИ ПРОИСХОЖДЕ- НИЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

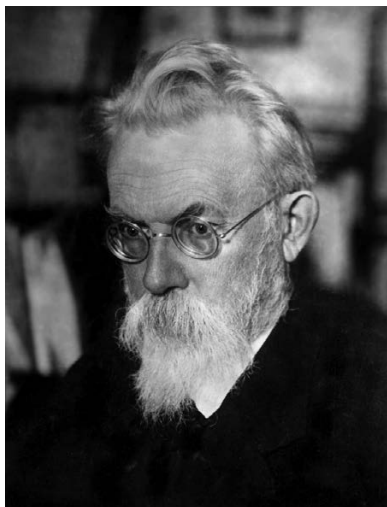
БИОСФЕРНЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ!

Биосферой называют не только совокупность всех живых организмов нашей планеты, но и те области геологических оболочек Земли, которые ими заселены!

Термин «биосфера» предложил австрийский ученый Эдуард Зюсс в 1875 году. Зюсс рассматривал биосферу только как **совокупность живых организмов**. Но в первой трети XX века русский ученый академик Владимир Вернадский создал учение о биосфере, как о системе, включающей и живые ор-

ганизмы, и среду их обитания. Неверно рассматривать живые организмы в отрыве от среды их обитания.

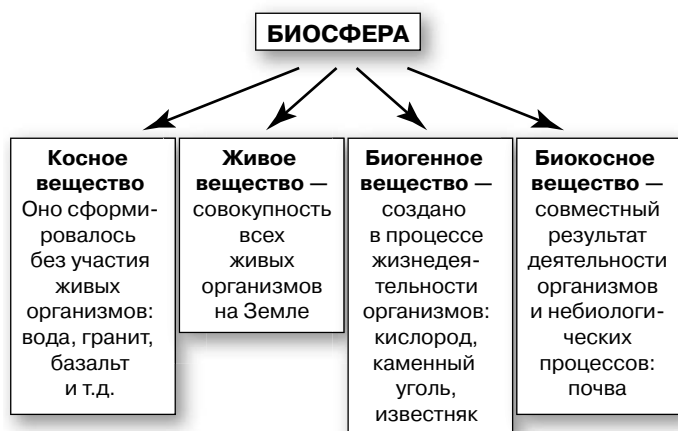


**Владимир Иванович Вернадский
(1864-1945)**

Компоненты биосферы Земли:

- живое вещество (совокупность всех живых организмов);
- биогенное вещество (минеральные продукты органического происхождения, созданные в результате жизнедеятельности организмов нефть, каменный уголь, газ, торф и др.);
- косное вещество (все, что образовано без участия живых организмов);
- биокосное вещество, созданное совместно живыми организмами и процессами неживой природы (например — почва или ил).

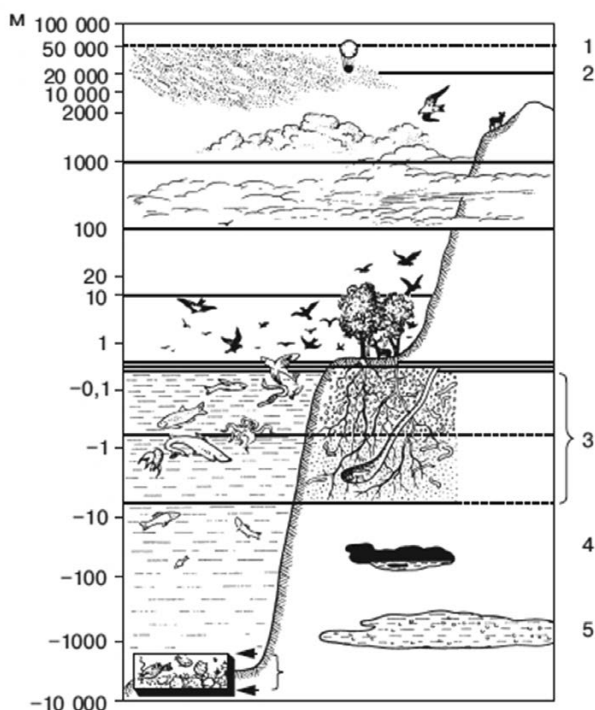
Давайте детально разберемся со средой обитания. Итак, мы знаем, что жизнь на нашей планете распространена в гидросфере, тропосфере и верхнем слое литосферы.



Структура биосферы

Гидросфера это водная оболочка Земли, совокупность всех водоемов на планете — океанов, морей, озер и рек. В отличие от литосферы и атмосферы, гидросфера полностью заселена живыми организмами. Как в пресной, так и в соленой воде, на любом уровне, на любой глубине в водоемах есть жизнь. В том числе и на глубинах 10 -12 км на дне Мирового океана. Но основная масса живых организмов заселяет верхний слой гидросферы в пределах до 200 метров от поверхности воды. Именно до такой глубины проникает сквозь воду солнечный свет, служащий источником энергии для растений. Нет света — нет большинства видов растений, которые служат источником питания для животных.

А теперь давайте подумаем, кто же в таком случае может жить на больших глубинах? Вниз, на глубину, оседают останки мертвых организмов и экскременты живых. Они-то и слу-



Область распространения организмов в биосфере:

1 — верхняя граница тропосферы; 2 — граница снегов;
3 — педосфера (почва); 4 — обитатели пещер; 5 — бактерии, обитающие в подземных водах и в биогенных породах (нефть, газ, каменный уголь и др.)

жат пищей для не хищных жителей глубин, которыми, в свою очередь, питаются хищники.

Обитатели гидросферы называются гидробионтами и по месту своего обитания делятся на 3 группы:

— планктон — организмы, живущие на поверхности водоемов, неспособные к самостоятельному передвижению. Планктон передвигается пассивно, за счет движения воды.

— нектон — организмы, передвигающиеся в воде самостоятельно;

— бентос — организмы, обитающие на грунте и в грунте дна водоемов.

Согласно современным представлениям, жизнь на Земле зародилась именно в гидросфере.

В гидросфере животный мир преобладает над растительным. 94 % биомассы (общей массы живых особей) гидросферы составляют животные и только 6% — растения. На суше же все наоборот — 99,2 % биомассы составляют растения, а на долю всех остальных (животных, грибов, микроорганизмов) остается всего 0,8 %. Правда, постоянная вырубка лесов постепенно изменяет это соотношение в пользу животных.

Тропосфера — это нижний слой атмосферы, газовой оболочки нашей планеты. Высота тропосферы разная. В полярных областях она составляет 8 -10 км, в умеренных широтах достигает до 12 км, а на экваторе до 18 км.

Говоря о обитателях тропосферы, надо помнить, что не существует живых организмов постоянно живущих в воздухе. Непосредственно в атмосфере организмы могут находиться лишь временно.

Чем выше — тем меньше жизни. Большинство летающих животных способны подниматься на высоту до 300 метров. Отдельные виды хищных птиц способны подниматься на высоту до 5 км. Не столько удивляет высота их подъема, сколько то, что с такой высоты они способны увидеть добычу на поверхности Земли! Известны случаи столкновения птиц с самолетами на высотах до 10 км. Бактерии и споры растений