

Химический состав живого

- Клетки большинства живых организмов имеют сходный химический состав, но он существенно отличается от химического состава окружающей неживой среды.
 - В первую очередь эти различия касаются структуры химических соединений, входящих в состав клеток.
- Кроме того, хотя в клетках можно обнаружить многие из 92 природных химических элементов, они представлены там в других пропорциях, чем в неживой природе.
- Среди неорганического материала поверхностного слоя нашей планеты 98 % массы составляют кислород (O), кремний (Si), алюминий (Al), железо (Fe).
 - В живой материи те же 98 % массы всех элементов составляют кислород (O), углерод (C), водород (H), азот (N).
- Сравнение состава земной коры и живых организмов приведено на рисунке.

Сравнение состава земной коры и живых организмов



земная кора



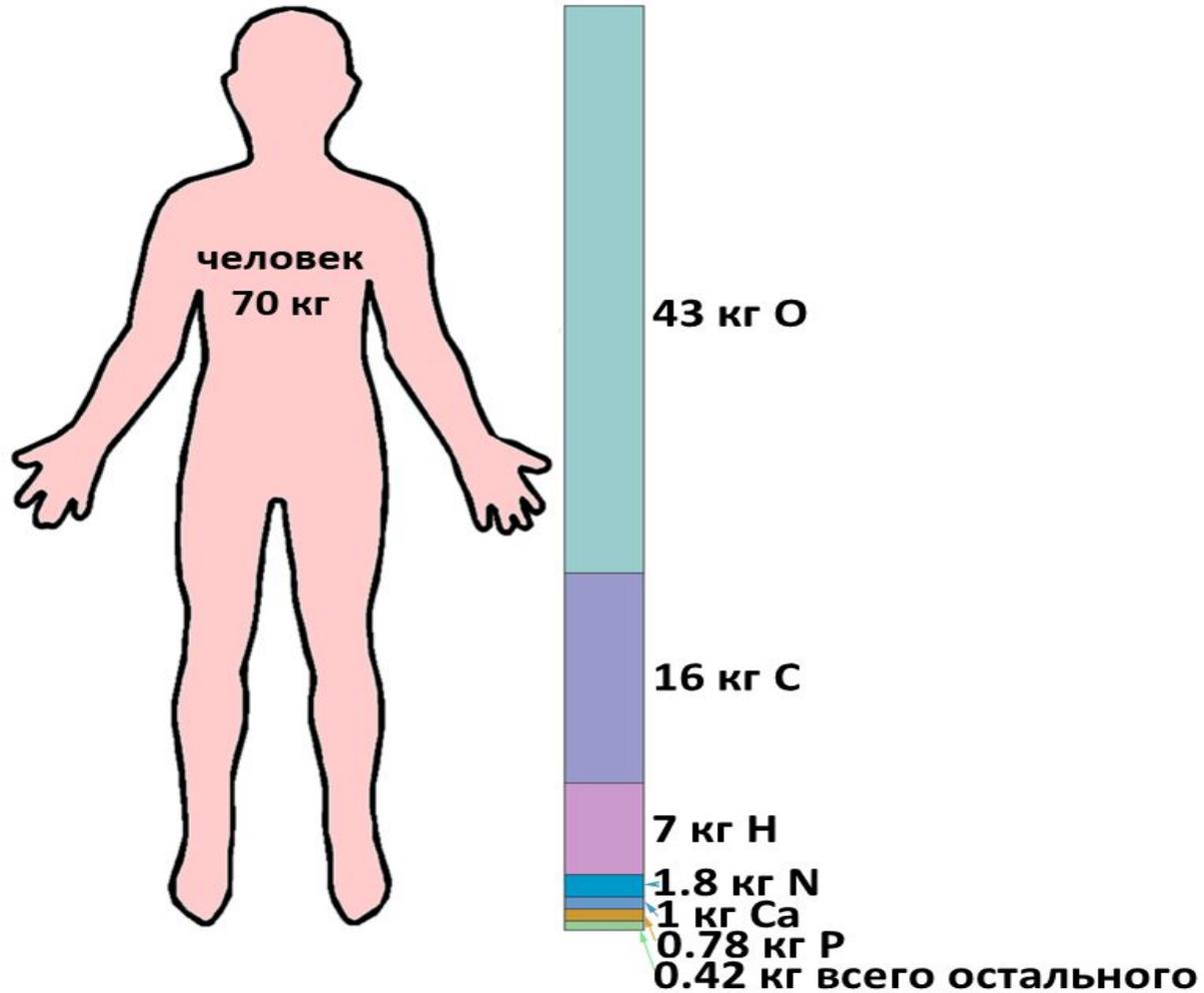
тело человека

- Еще около **1,8 %** составляют в сумме такие элементы. как фосфор (**P**), сера (**S**), натрий (**Na**), калий (**K**), кальций (**Ca**), магний (**Mg**) и хлор (**Cl**).
 - **Все эти одиннадцать элементов относят к макроэлементам:**
 - O, C, H, N, P, S – органогенные элементы
 - Na, K, Ca, Mg, Cl - макроэлементы.
 - Первые шесть элементов (водород, кислород, углерод, азот, фосфор и сера) входят в состав органических веществ и называются органогенными элементами.
 - Они составляют основную массу органических веществ клетки – белков, углеводов, липидов и нуклеиновых кислот.

На долю всех макроэлементов приходится примерно **99,9**
% массы тела человека

- Кроме того, два из них, водород и кислород, входят в состав воды – соединения, которое содержится в клетках в наибольшем количестве из всех (70–90 %) и без которого жизнь невозможна.
- Остальные макроэлементы (натрий, калий, кальций, магний, хлор) в основной своей массе находятся не в составе органических соединений, а присутствуют в организме в виде солей как в растворенном, так и в твердом состоянии.

Примерный элементный состав тела человека



Микроэлементы

- Эти элементы составляют менее 0,01 % от сухой массы организмов.
- К этой группе элементов относят железо (Fe), цинк (Zn), медь (Cu), кобальт (Co), марганец (Mn), молибден (Mo), хром (Cr), йод (I) (йод), фтор (F).
- Каждый из них составляет менее сотой доли процента, а в сумме они представляют около 0,2 % массы живых клеток.
- Хотя содержание микроэлементов в клетке чрезвычайно мало, они необходимы для жизнедеятельности живых организмов.

- При недостаточном содержании или отсутствии этих элементов могут возникнуть тяжелые нарушения обмена веществ.
 - Это связано с тем, что большая часть микроэлементов, в частности железо, цинк, медь, кобальт, марганец, являются кофакторами ферментов или входят в состав таких кофакторов, вследствие чего они необходимы для осуществления каталитической функции ферментов.

Например:

- Железо является составной частью гема — органической молекулы небелковой природы, которая входит в состав цитохромов — компонентов цепи переноса электронов, и гемоглобина — белка, который обеспечивает транспорт кислорода от легких к тканям.
- Медь также обнаруживается в составе многих белков, среди которых важный компонент дыхательной цепи цитохромоксидаза, гемоцианин — белок, содержащийся в гемолимфе и переносящий кислород у многих моллюсков и членистоногих.
- Молибден вместе с железом представлен в активном центре фермента нитрогеназы, обеспечивающего фиксацию атмосферного азота у азотфиксирующих бактерий.
- Кобальт входит в состав витамина (цианокобаламин), который является коферментом белков, участвующих в синтезе гема.
- Цинк обнаруживается в составе более **300** различных ферментов.
- Йод входит в состав гормонов щитовидной железы тироксина и трийодтиронина, поэтому нехватка йода приводит к возникновению заболеваний, связанных с недостаточностью этого гормона, таких как эндемичный зоб у взрослых и кретинизм у детей.

Ультрамикроэлементы

- В состав этой группы входят элементы, содержание которых в организме крайне мало — менее 10^{-6} % от сухой массы (иногда менее 10^{-12} %), но которые существенны для жизни.
- К этим элементам относятся селен (**Se**), бор (**B**), ванадий (**V**) и некоторые другие.
- Некоторые элементы этой группы, как и микроэлементы, входят в состав ферментов и существенны для проявления их активности.
- В частности, селен обнаружен в составе глутатионредуктазы — фермента, от которого зависит окислительно-восстановительные процессы в клетке.

Современная классификация МЭ

I. По жизненной необходимости:

- 1) Необходимые (эссенциальные): **Fe, I, Cu, Zn, Co, Cr, Mo, Se, Mn;**
- 2) Условно-эссенциальные: **As, B, Br, F, Li, Ni, V, Si;**
- 3) Токсичные: **Al, Cd, Pb, Hg, Be, Ba, Vi, Tl;**
- 4) Потенциально токсичные: **Ge, Au, In, Rb, Ag, Ti, Te, U, W, Sn, Zr** и др.

II. По иммуномодулирующему эффекту

- 1) Эссенциальные для иммунной системы: **Zn, I, Li, Cu, Co, Cr, Mo, Se, Mn, Fe;**
- 2) Иммунотоксичные: **Al, As, B, Ni, Cd, Pb, Hg, Be, Vi, Tl, Ge, Au, Sn** и др.

P.I. Agget (1985 год) условно разделяет МЭ на три группы:

- 1) Катионные элементы (**Zn, Fe, Mn, Cu**), которые всасываются с различной интенсивностью; гомеостатический контроль за этой группой элементов осуществляется печенью и ЖКТ;
- 2) Анионные элементы (**Cr, Se, Mo, I**), эффективно абсорбируемые желудком и выделяемые из организма в основном почками;
- 3) Элементы, существующие в виде органических комплексов, метаболизм их затруднен.

Среднее содержание минеральных элементов в организме
млекопитающих, в % к массе тела

Макроэлементы:

1 – 9% - Ca

0,01 – 0,09% - P, K, Na, S, Cl,

0,001 – 0,009% - Mg

Микроэлементы:

0,0001 – 0,0009% - Fe, Zn, F, Sr, Mo, Cu,

0,00001 – 0,00009% - Br, Si, Cs, I, Mn, Al, Pb, Cd, B, Rb,

Ультрамикроэлементы:

0,000001 – 0,000009% - Se, Co, V, Cr, As, Ni

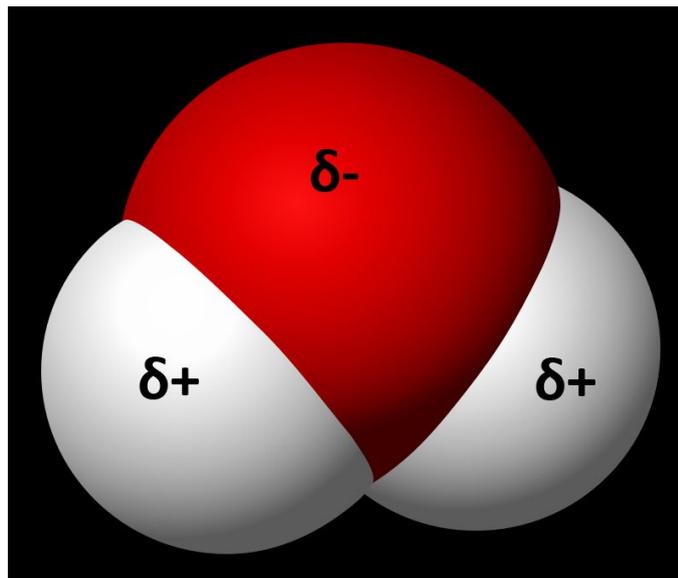
**0,0000001 – 0,0000009% - Li, Ba, Ti, Ag, Sn (олово), Be, Ga,
Ge, Hg, Sc (скандий), Zr (цирконий), Sb (сурьма) U, Th (торий),
Rh (родий).**

НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА

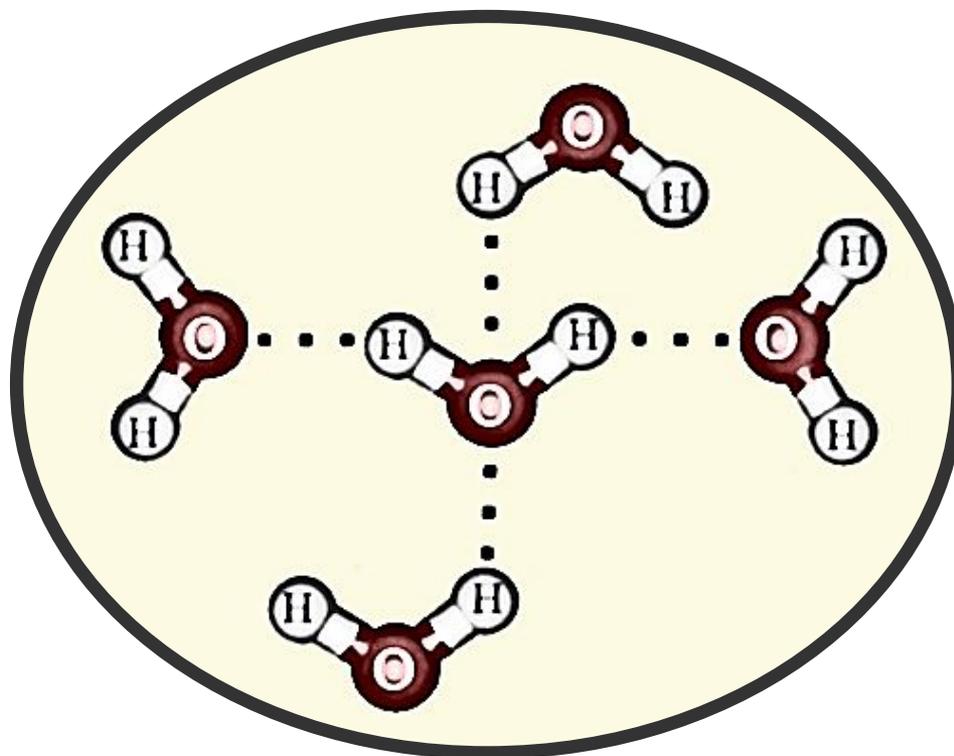
- Хотя основу живых организмов составляют органические соединения, в ней также встречаются соединения, которые присутствуют в неживой природе.
- Из всех органических и неорганических веществ живые организмы в наибольшем количестве содержат воду.
- Ее содержание колеблется от **60** до **95 %**.
- Оно зависит от вида и возраста организма, может быть различным в разных частях организма.
- Например, семена растений содержат лишь **10–15 %** воды. В сердце человека вода составляет около **80 %**, а медуза на **95 %** состоит из воды.
- Вода важна для всех живых организмов по двум причинам.
- Во-первых, составляя основную массу организма, она является той средой, в которой существуют все другие компоненты живого.
- Во-вторых, вода участвует во многих биохимических реакциях, приводящих к образованию или распаду многих органических соединений. Кроме того, для многих организмов вода является средой обитания.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ

- Вода — полярная молекула: так как кислород более электроотрицателен, чем водород, и стягивает на себя электронную плотность, на атоме О имеется частичный отрицательный (δ^-), а на атомах Н — частичный положительный (δ^+) заряд.



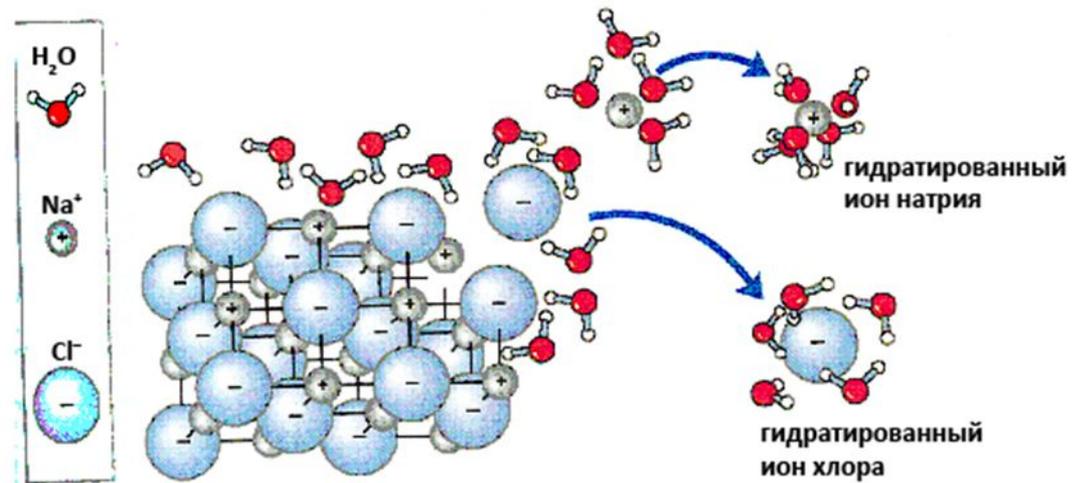
- Между **О** одной молекулы воды и **Н** другой молекулы воды возникает водородная связь.
- В жидкой воде водородные связи образуются между всеми молекулами, однако молекулы перемещаются, что может сопровождаться разрывом водородных связей и образованием новых.



- Когда вода кипит, все водородные связи между молекулами воды должны быть разорваны, чтобы молекулы по отдельности «улетали» в пар.
 - На разрыв водородных связей тратится энергия.
- Поэтому по сравнению с неполярными веществами примерно той же молекулярной массы, например метаном, вода имеет высокую температуру плавления и кипения, высокую теплоемкость.
- Эти свойства важны для живых систем: благодаря высокой теплоемкости воды живые организмы, а также водоемы медленно нагреваются и медленно остывают, а внутри них тепло успевает равномерно распределяться по всему объему (все части нашего тела имеют близкую температуру).
- В структуре льда молекулы воды также связаны водородными связями. Лед легче воды и плавает над ее поверхностью. Это защищает водоемы от полного промерзания зимой, так что организмы могут выживать подо льдом.

ГИДРОФИЛЬНОСТЬ И ГИДРОФОБНОСТЬ

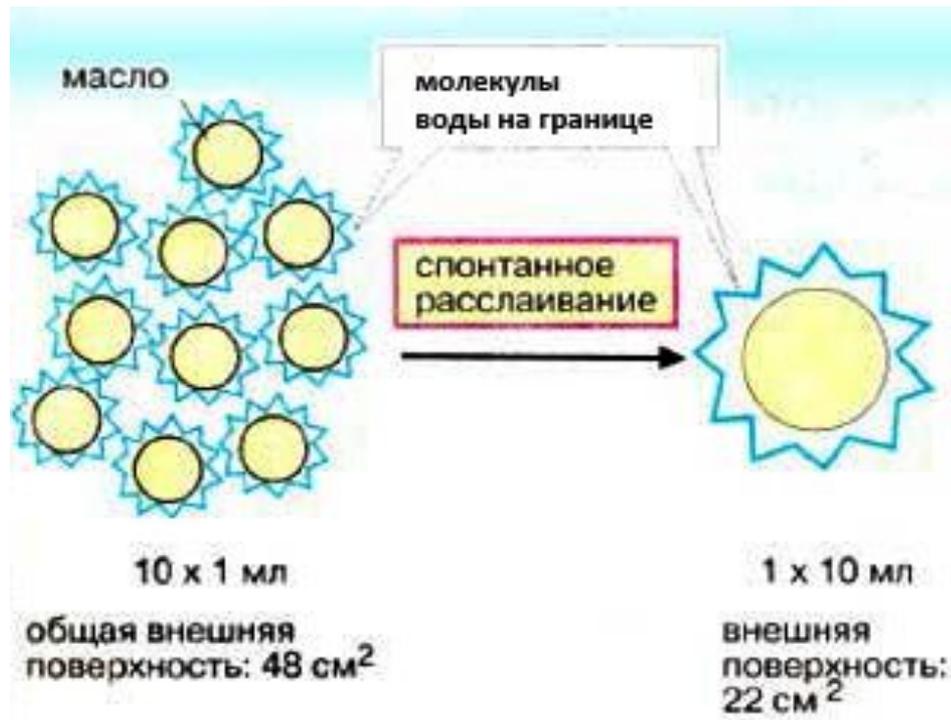
- Вода играет в живых системах роль универсального растворителя.
- По принципу «подобное растворяется в подобном» в ней растворяются вещества полярной или ионной природы, так как частицы этих веществ содержат частичные или полные заряды и могут взаимодействовать с молекулами воды.
- Например, к ионам притягиваются противоположно заряженные части молекул воды, в результате чего ион гидратируется, приобретая гидратную оболочку — оболочку из молекул воды.



- Полярные молекулы, такие как этиловый спирт, тоже образуют водородные связи и гидратируются.
- Если полярные или ионные вещества не растворяются в воде, они ею тем не менее смачиваются (идет взаимодействие воды с поверхностью).
- Растворяющиеся в воде или смачиваемые ею вещества называются гидрофильными.
 - Примеры гидрофильных веществ — соли, этанол, соляная и уксусная кислоты, сахара, растворимые белки и др.

- Вещества, молекулы которых неполярны, плохо растворяются в воде и не смачиваются ею.
- Их молекулы не способны взаимодействовать с молекулами воды и образовывать водородные связи.
- Нахождение их молекул среди молекул воды энергетически невыгодно.
- Они как бы стремятся минимизировать площадь поверхности контакта с водой, то есть «избегают воды» — это гидрофобные вещества (от греч. «гидрос» — вода, «фобео» — боюсь).
- Эти вещества обычно образуют в воде отдельную фазу — взвесь капелек (эмульсию, например, молочный жир в молоке) или отдельный слой, который в зависимости от плотности тонет (например, фенол) или всплывает (например, растительное масло или бензин) в воде.
- Поскольку разность электроотрицательностей углерода и водорода низка, к гидрофобным веществам относятся углеводороды — органические молекулы, построенные только из атомов С и Н, например парафин, бензин, керосин (это смеси природных углеводородов нефти).

Схема расслаивания эмульсии масла в воде приведена на рисунке.



ИОНЫ

- Неорганические вещества в живых клетках помимо воды представлены в основном в виде растворенных солей.
- Их содержание в живых организмах составляет около **1 %**.
- В наибольших количествах присутствуют катионы **Na⁺**, **K⁺**, **Ca²⁺**, **Mg²⁺** и анионы хлорид **Cl⁻**, фосфаты **PO₄⁻**, карбонаты **CO₃⁻**.
- Важно отметить, что содержание ионов в клетке и окружающей ее среде значительно различаются.
- Так, в клетках всегда значительно выше содержание калия, магния и ниже содержание натрия и кальция.
- Это обеспечивается активным переносом этих ионов через клеточную мембрану, который осуществляется специальными белками - ионными насосами.
- Многие катионы, особенно **Mg²⁺**, находятся в клетке не в свободном состоянии, а в виде солей нуклеиновых кислот и нуклеотидов.
- Анионы фосфорной и угольной кислоты играют в живых организмах важную роль буферных систем, поддерживающих постоянное значение кислотности (концентрации ионов водорода **H⁺**) в цитоплазме и внеклеточных жидкостях организма.

КИСЛОТНОСТЬ И БУФЕРЫ

- Кислотность — это концентрация ионов водорода (H). Чем больше ионов водорода, тем больше кислотность (тем более кислой считается среда).

- Показателем кислотности является рН.
- рН чистой воды равен 7, кислых сред – меньше 7, щелочных – больше 7.
- Чем больше кислотность среды, тем больше в ней ионов и тем меньше рН.
- рН можно измерить при помощи индикаторной бумаги (на рисунке) или специального прибора – рН-метра.



рН различных жидкостей в теле человека показан на рисунке.



Значения рН в организме человека

Буфер — это раствор, способный поддерживать постоянство рН-среды. При выделении в процессах обмена веществ избытка кислоты буферные ионы связывают избыток протонов, а при расходовании кислот освобождают их:



- Поддержание постоянного рН в живых системах крайне важно для функционирования всех биомолекул.
- При резких его изменениях структура биомолекул нарушается.

- Другие неорганические вещества образуют комплексы с белками, например входят в состав ферментов, играя важную роль в процессах катализа.
- В такой форме участвуют в жизнедеятельности клеток соединения железа, серы, марганца, меди, цинка, кальция, кобальта и др.
- Некоторые неорганические компоненты входят в состав важных органических веществ, например магний – в состав хлорофилла, а йод – в состав гормонов щитовидной железы.
- Особо следует отметить остатки фосфорной кислоты, входящие в состав нуклеотидов и нуклеиновых кислот и играющие важную роль в энергетических и генетических процессах в клетке.

- Неорганические вещества содержатся в некоторых живых организмах в виде нерастворимых твердых веществ.
 - Это прежде всего скелетные образования: кости позвоночных, состоящие в основном из фосфата кальция, раковины моллюсков и фораминифер, построенные из углекислого кальция, панцири диатомовых водорослей, образованные из окиси кремния.
 - Кроме того, неорганические соли, главным образом кальциевые, входят в качестве компонентов, повышающих прочность и жесткость, в ряд структурных образований, построенных в основном из органических веществ, например в хитиновые покровы членистоногих, в межклеточное вещество растений.