

Биохимия зубного налета и зубного камня.

Автор – доцент Е.А. Рыскина

Тест:

1. Ионы, которыми перенасыщена слюна:

1. катион натрия
2. анионы фтора
3. катионы кальция
4. анионы фосфатов
5. анионы хлора

2. При понижении pH слюны в полости рта накапливаются:

1. лактат
2. ацетат
3. ионы аммония
4. мочевины
5. мочевой кислоты

3. Повышение pH в зубном налете вызвано действием:

1. оксидаз аминокислот
2. уреазы бактерий
3. нитратредуктазы бактерий
4. щелочной фосфатазы

4. Леван:

1. полисахарид зубного налета
2. содержит остатки глюкозы
3. содержит остатки галактозы
4. содержит остатки фруктозы

5. Аспартам:

1. белок
2. дипептид
3. включает фенилаланин
4. не влияет на pH зубного налета
5. шестиатомный спирт

Надзубные образования



На протяжении всей жизни человека на поверхности эмали могут формироваться **пелликула зуба и зубной налет**.

Минерализация зубного налета приводит к образованию **зубного камня**.

Приобретенная пелликула зуба (ППЗ)

- **Пелликула зуба** – приобретенная безмикробная тонкая органическая пленка на поверхности зуба, образование которой начинается через 20-30 минут после приема пищи.
- Образование пелликулы существенно ускоряется при снижении pH полости рта.
- Пелликула зуба регулируются процессы минерализации и деминерализации эмали, а также осуществляет контроль за составом микробной флоры, участвующей в образовании зубного налета.



В образовании пелликулы зуба участвуют:

- **Кислые белки, богатые пролином;**
- **Гликозилированные белки, богатые пролином;**
- **Муцины;**
- **Лактофферин;**
- **Гистатины;**
- **Низко- и высокомолекулярные углеводы.**
- **Между поверхностью эмали и осаждающимися белками возникают ионные связи и гидрофобные взаимодействия. Пелликула - в основном белое образование, с небольшим количеством связанных с белками углеводных компонентов (гексоза, фукоза и др.). Состоит из двух белковых фракций. Имеются данные, что она образуется из белков слюны под влиянием микрофлоры.**

Зубной налет

- **Зубной налет** – структура, образованная при прилипанию к пелликуле зуба микроорганизмов - стрептококков, стафилококков, лактобактерий и продуктов их жизнедеятельности, а также компонентов слюны и неорганических веществ.
- Во рту у человека проживает порядка 25000 видов микроорганизмов. Эти бактерии все время прилипают к поверхности зуба и образуют колонии. По некоторым данным в состав зубного налета входят от 400 до 1000 видов микроорганизмов.
- Зубной налет легко удаляется при чистке зубов и употреблении твердой пищи.
- Следует отметить, что по современным взглядам зубной налет является прямой причиной образования кариеса, может вызывать воспалительные заболевания полости рта, такие как гингивит и пародонтит.



Биологическая пленка – зубной налет под увеличением

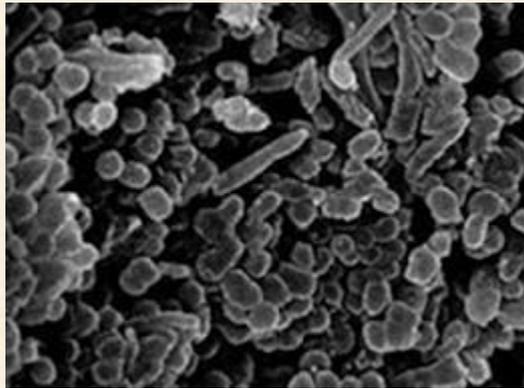


Зубной налет состоит на:

- **70-80% из воды;**
- **8-20% из белков;**
- **7-14% из углеводов,**
- **небольшого количества липидов**
- **ионов кальция и фосфата и др.**
- **Ионы кальция и фосфата в основном поступают из слюны. Содержатся и такие микроэлементы, как калий, натрий, фтор и др. Содержание фосфора, натрия и калия у лиц молодого возраста в 2—3-дневном зубном налете выше, чем в слюне. В целом концентрация неорганических солей в зубном налете со временем возрастает.**

В состав зубного налета входят:

- **Белки, углеводы, липиды, протеолитические ферменты.**
- **Белки** - белки слюны, а также белки бактериальных и слущенных клеток эпителия;
- **Ферменты** - протеазы, гликозидазы, липазы и другие, в основном бактериального происхождения.
- **Углеводы** – глюкоза, гексозамины, сиаловая кислота, глюкозамингликаны, полисахариды – декстран и леван;
- **Липиды** – липиды мембран клеток эпителия и бактериальной стенки – холестерин, триацилглицеролы и др. Могут образовывать комплексы с углеводами.
- **Химический и бактериальный состав зубного налета характеризуется широким диапазоном индивидуальных колебаний, зависит от возраста.**

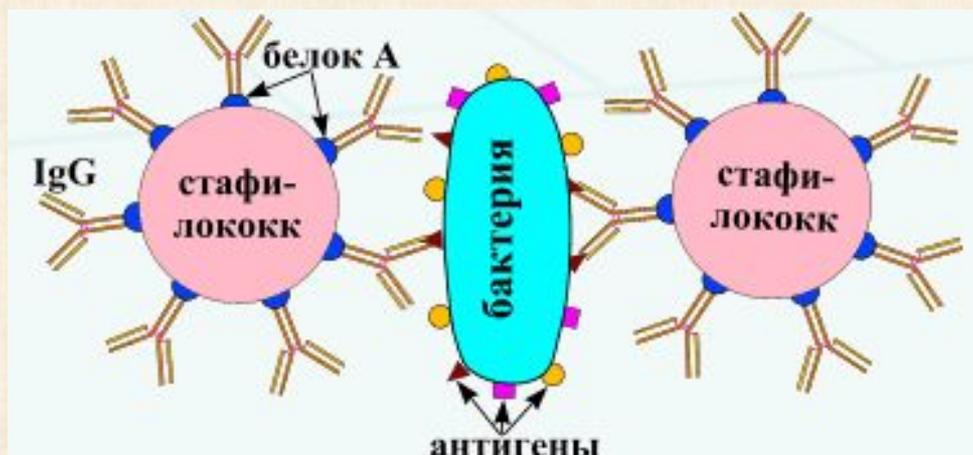


Формирование зубного налета

- Образование зубного налета начинается спустя один час после приема пищи: на приобретенную пелликулу зуба налипают бактерии.
- Примерно через 24 часа образуется незрелый (ранний) зубной налет, а через 72 часа формируется зрелый зубной налет.
- Полностью созревание зубного налета завершается на 3 - 7 сутки.

Белки приобретенной пелликулы зуба (ППЗ) наделены защитными свойствами

- Используя различные механизмы белки ППЗ губят микроорганизмы или препятствуют их прилипанию.
- Например: секреторный (из слюны) иммуноглобулин А (IgAs) предотвращает прилипание бактерий к поверхности эмали зубов.



Процессу созревания зубного налета, сопутствует, как смена микрофлоры, так и ряд биохимических процессов:

1. Аэробные микроорганизмы в процессе уплотнения зубного налета гибнут и на смену им приходят анаэробные микроорганизмы.

В течение первых двух дней на поверхности зуба преобладают грамположительные кокки. В последующий семидневный период в зубном налете выявляются: грам-отрицательные анаэробные кокки, грам-положительные палочки, грамотрицательные палочки, спирохеты.



Рисунок 6. Стрептококки полости рта.



2. Результатом анаэробных процессов является **закисление pH**, в основном, за счет образования лактата и ацетата, а также **накопление продуктов гниения аминокислот**: сероводорода, аммиака, альдегидов, кетонов, фенола, крезола, скатола и других, которые обладают неприятным запахом.

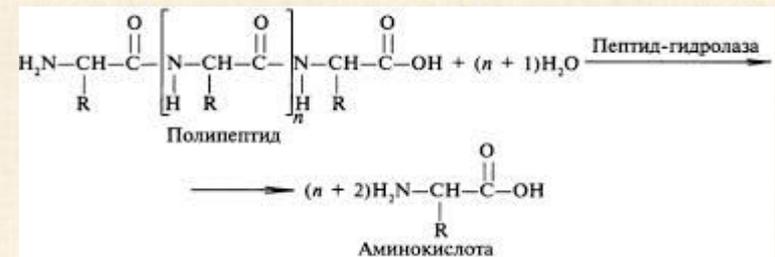
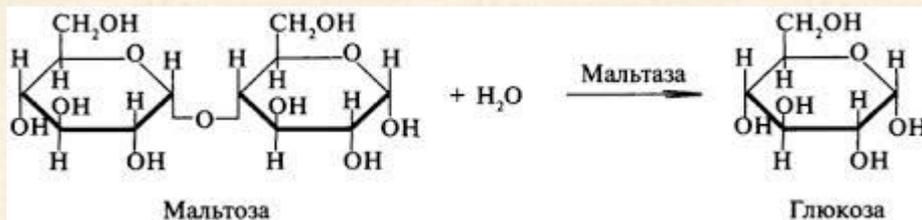
- В процессе распада серосодержащих аминокислот (цистин, цистеин, метионин) в кишечнике образуются сероводород H_2S .



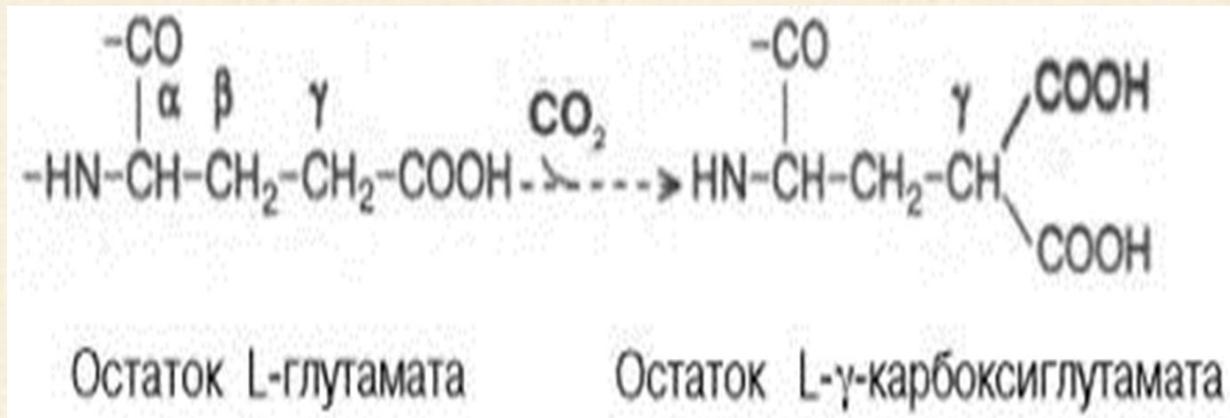
3. Растет активность гидролитических ферментов:

- **гликозидаз**, которые расщепляют углеводы и
- **протеиназ**, гидролизующих пептидные связи в белках.

- Гликозидазы отщепляют углеводные части от гликопротеинов, что приводит к резкому снижению растворимости белков и их выпадению в осадок. Полный гидролиз белков приводит к высвобождению свободных аминокислот.



4. Образованные **аминокислоты** за счет своих отрицательных зарядов активно связывают ионы кальция и другие ионы, что способствует деминерализации зубов.



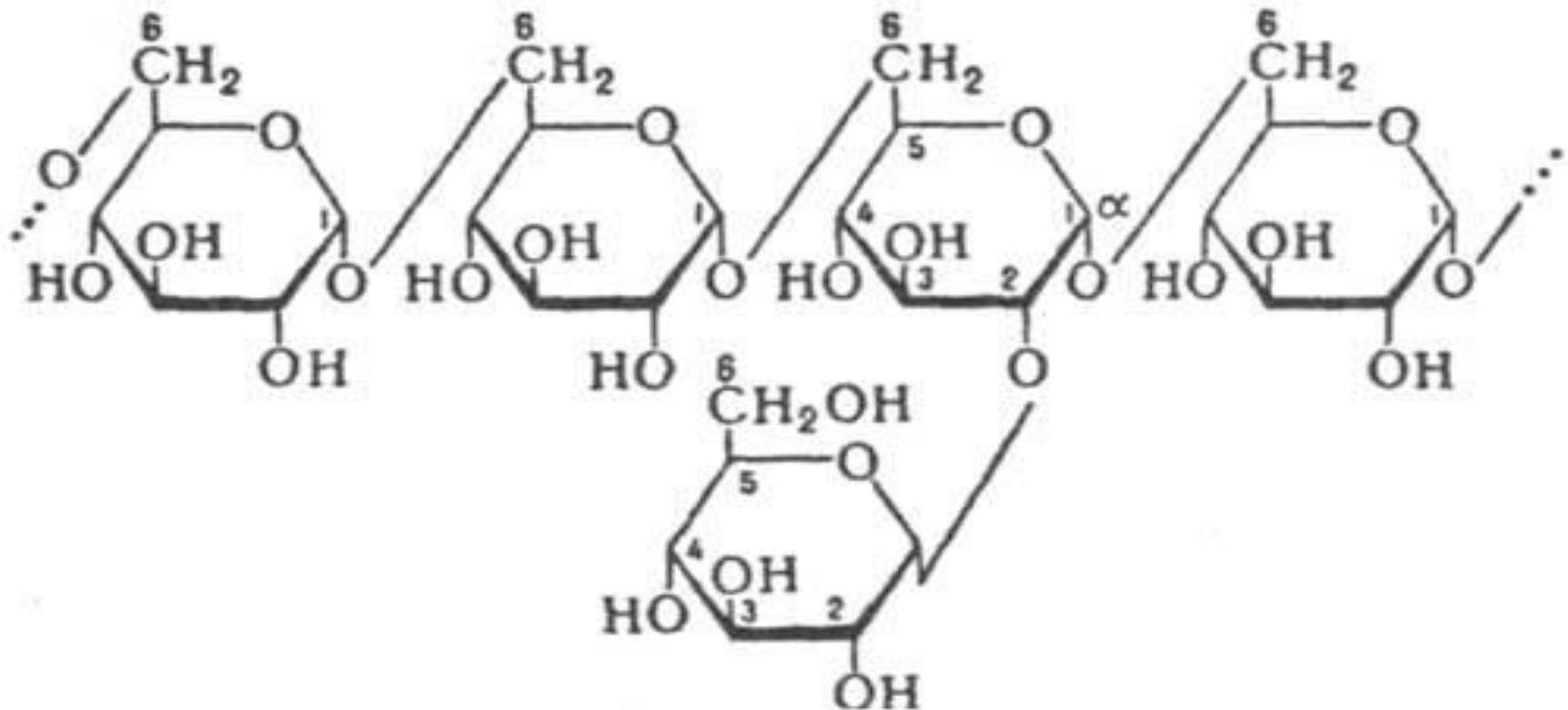
- Кроме того, аминокислоты являются дополнительным субстратом для обеспечения жизнедеятельности микроорганизмов и синтеза ими внеклеточных полисахаридов.

5. Углеводы, полученные под действием ферментов гликозидаз, а также остатки углеводов пищи используются микроорганизмами для синтеза липких полисахаридов - гликанов: декстрана (из глюкозы) и левана (из фруктозы).

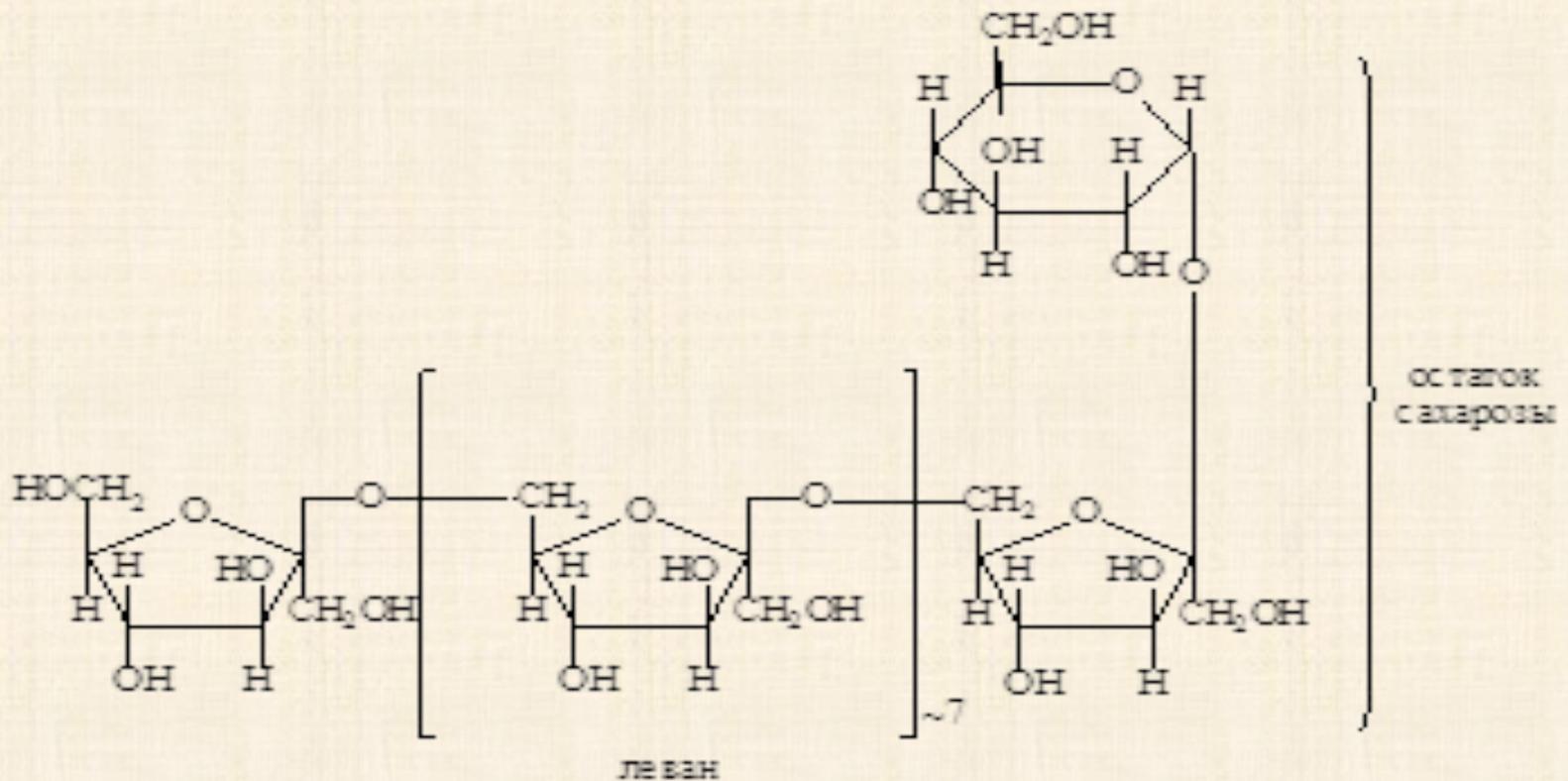


- Эти полисахариды обеспечивают склеивание или объединение микроорганизмов зубного налета и служат внеклеточным депо углеводов для микроорганизмов. Связь поверхности апатитов эмали с полисахаридами бактерий обеспечивают водородные связи, ионов Ca²⁺ и белки адгезины, выделяемые стрептококками.

Структурная формула декстрана, разветвленного полисахарида, образованного из остатков глюкозы

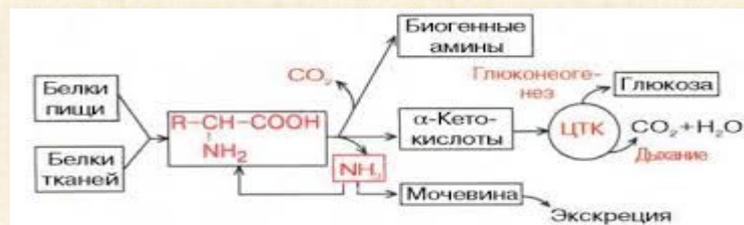
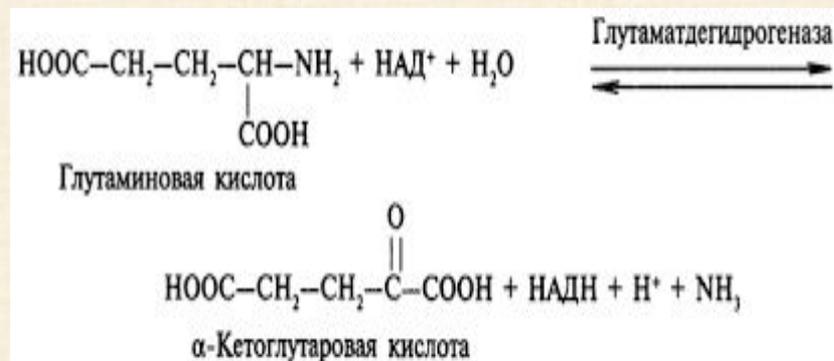
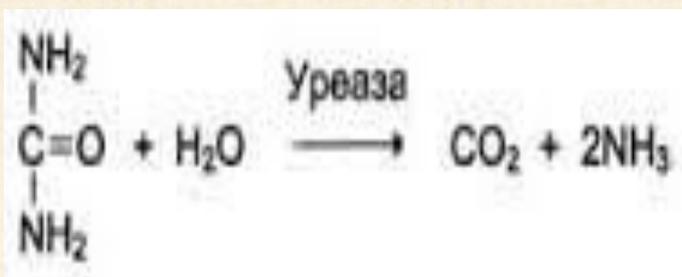


Полисахарид леван состоит из остатков фруктозы и остатка сахарозы, быстро гидролизуются леваназой

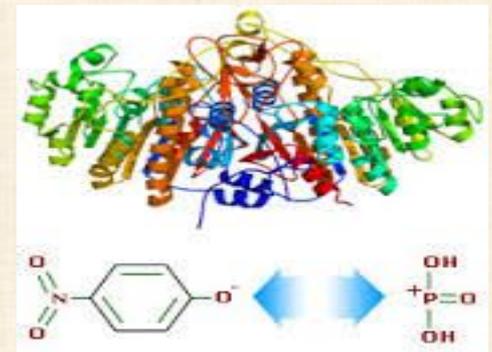
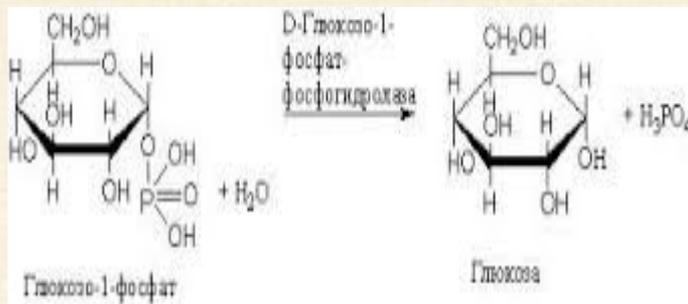


6. Катаболизм аминокислот приводит к подщелачиванию зубного налета за счет процессов, сопровождающихся образованием аммиака, таких как:

- дезаминирование аминокислот,
- гидролиз уреазой мочевины,
- восстановление нитрат- и нитрит-ионов до аммиака под действием редуктаз бактерий.



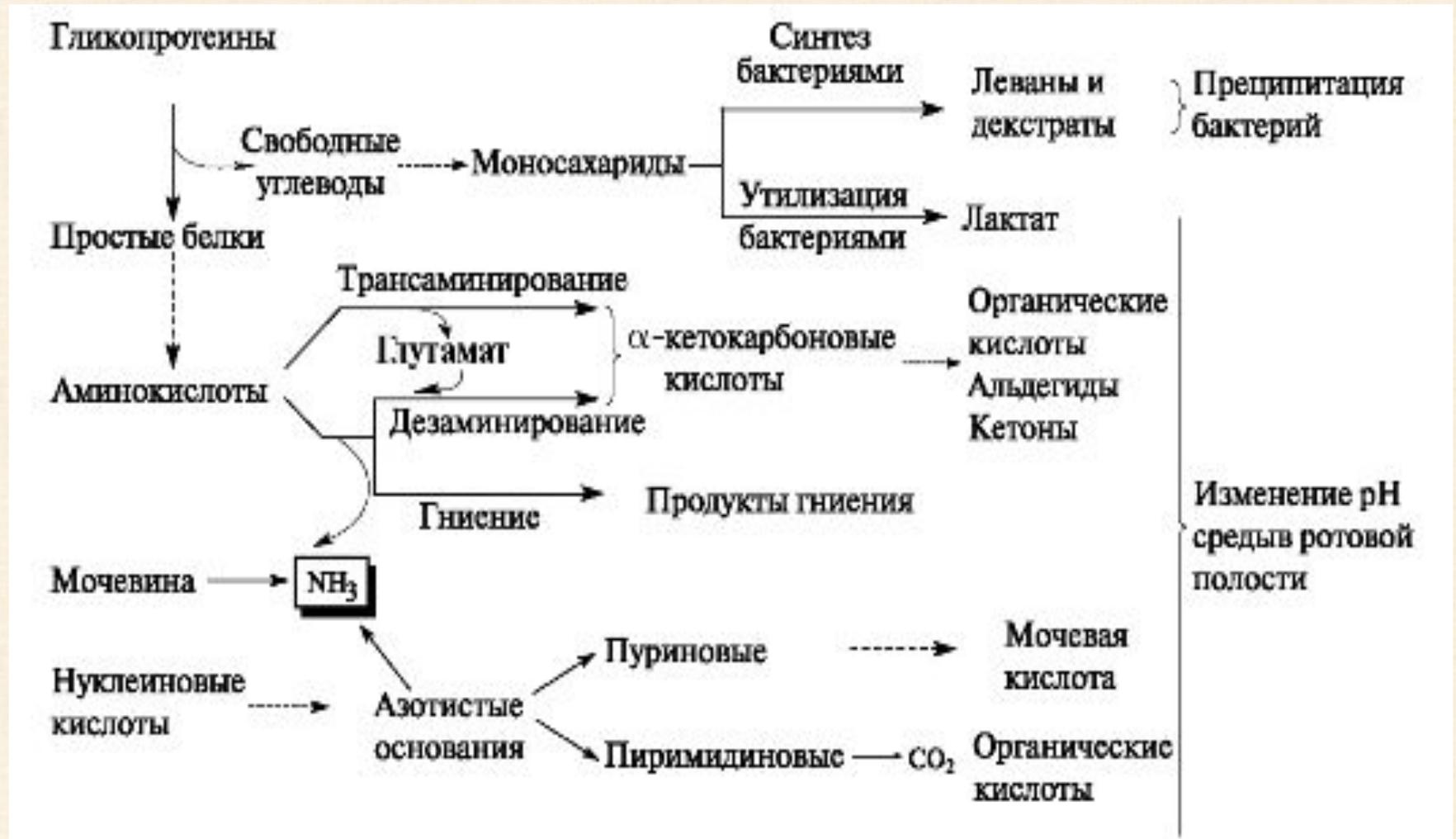
7. В результате подщелачивания создаются оптимальные условия для функционирования щелочной фосфатазы, которая высвобождает фосфат из органических соединений, что приводит к повышению его концентрации.



В норме на поверхности зуба поддерживается постоянство рН

- **Постоянство рН обеспечивается буферными системами слюны.**
 - **Уплотнение или утолщение зубного налета лишает слюну возможности проявлять свое защитное действие.**

Метаболические процессы в зубном налёте.



В результате протекания перечисленных выше процессов, в зубном налете могут формироваться две разные среды:

1. Формируется кислая среда

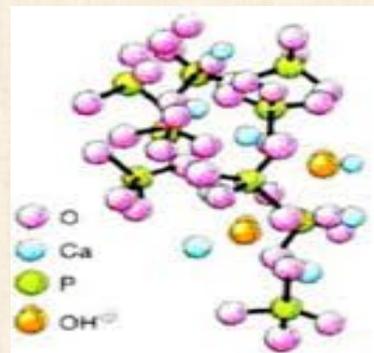
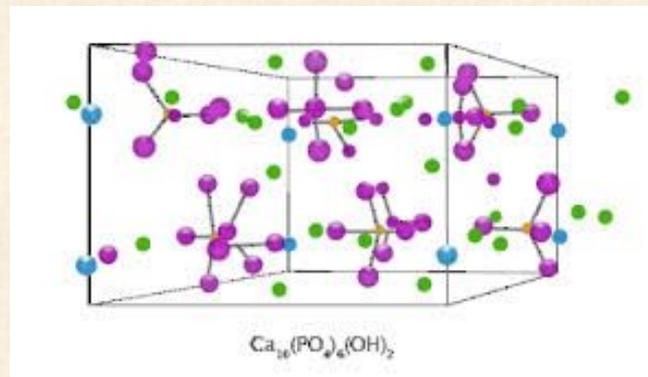
происходит деминерализация эмали и развитие кариеса.

2. Формируется щелочная среда

создаются условия для выпадения в осадок солей кальция и образования зубного камня.

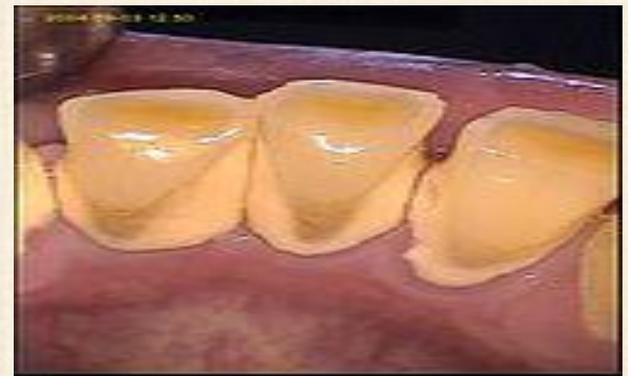


В кислой среде увеличивается возможность замещения ионов кальция в гидроксиапатитах эмали на ионы водорода, растет растворимость кристаллов гидроксиапатитов, а также повышается активность кислой фосфатазы – фермента, способствующего деминерализации.



Зубной камень – патологическое нерастворимое образование на поверхности зуба

- Отложение в зубном налете неорганических веществ, приводит к образованию зубного камня.
- В зависимости от расположения на поверхности зуба различают над- и поддесневой зубной камень, по своему составу они сходны.



Различные виды камней из кальция фосфата формируются в зависимости от уровня pH слюны: струвитные (щелочная) и брушитные (кислая)



Минерал брушит ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) составляет 50% всех видов апатитов зубного камня

Помимо брушита образуются и другие виды кристаллов – витлоктит, монетит, **октакальций фосфат $\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$** , при щелочных pH кристаллы превращаются в гидроксиапатит.

В зубном камне присутствуют также карбонатапатит, фторапатит, соли магния (струвит,) и другие апатиты.

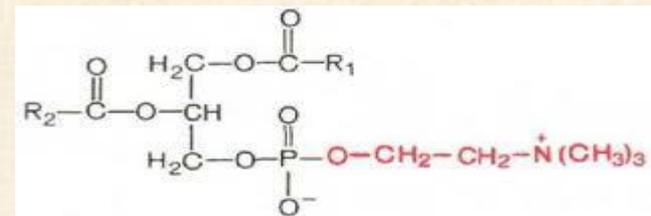
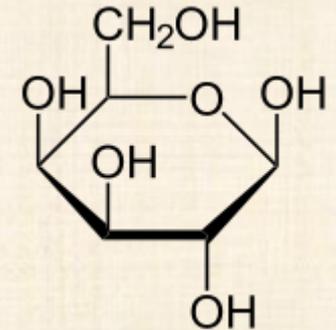
Химический состав зубного камня



- Большая часть зубного камня представлена – кальцием (29-57%), неорганическим фосфатом (16-29%), и магнием (0,5%). Источником кальция, фосфатов и других ионов является слюна.
- Кальций и фосфор осаждаются на органической матрице в виде солей и образуется брушит, который составляет до 50% от всех видов кристаллов. Кристаллы брушита имеют клиновидную форму.
- Накопление брушита приводит к формированию слабоминерализованного, легко удаляемого зубного камня.

В состав зубного камня также ВХОДЯТ:

- белки и аминокислоты (глутамат, аспартат и др.);
- углеводы (фруктоза, галактоза, гликозамингликаны);
- липиды (в основном глицерофосфолипиды, образуются при распаде клеточных мембран микроорганизмов).



Фосфатидилхолин (лецитин)

Формирование зубного камня

- **Активная жизнедеятельность** бактерий зубного налета приводит к образованию **органических кислот** (лактата, ацетата, бутирата и др.), диссоциация которых ведет к повышению концентрации **протонов**.
- **Протоны** нарушают строение мицелл фосфатов кальция (протонируют фосфатные группы), **ионы кальция** вымываются из мицеллы и включаются в процессы минерализации зубного налета.



Анаэробные бактерии зубного налета также секретируют конечные продукты обмена белков – азот, аммиак и мочевины.

Выделившийся аммиак и дикарбоновые кислоты активно соединяются с ионами PO_4^{3-} , Mg^{2+} , Ca^{2+} и формируются центры кристаллизации.

Отложению фосфата способствует и изменение мицеллярной структуры слюны, когда фосфат кальция выпадает в осадок. Стазерины и пирофосфат являются ингибиторами образования зубного камня.

В результате этого взаимодействия получается слабо растворимая соль – **брушит**, дающая начало формированию зубного камня.

Схема образования зубного камня

Пелликула,
↓
мягкий зубной налет,
↓
зубная бляшка,
↓
наддесневой, поддесневой
камень.

Ферменты, вырабатываемые микроорганизмами зубного налета, оказывают воспалительное и токсическое действие на клетки эпителия периодонта

- **Гиалуронидаза** (гидролизует гликозамингликаны межклеточного матрикса);
- **Коллагеназа** (гидролизует коллаген десны);
- **Эластаза** (гидролизует эластин сосудистой стенки);
- **Бактериальная нейраминидаза**, изменяет строение олигосахаридов мембран клеток периодонта.

Итак, условиями минерализации зубного налета и образования зубного камня являются:

- **Участие кислотообразующих микроорганизмов;**
- **Повышение в слюне ионов кальция и фосфатов, вызванное снижением устойчивости мицеллы слюны;**
- **Размножение микроорганизмов, продуцирующих аммиак и мочевину;**
- **Повышение содержания в зубном налете метаболитов, погибших бактерий, способных удерживать кальций и фосфаты;**
- **Участие щелочной фосфатазы, которая повышает содержание гидрофосфат – ионов в налете.**

Зубной налет и зубной камень могут стимулировать развитие зубной патологии

- **Зубной налет** вырабатывает токсины (аммиак, лактат, индол и др.), которые могут вызывать воспаление десны – **ГИНГИВИТ**.
- Зубной камень, разрушая зубодесневое соединение, способствует распространению инфекции в глубь тканей пародонта, а именно возникновению такой патологии как:
 - **Пародонтит** – воспаление тканей пародонта, сопровождающиеся деструкцией десны, периодонта и зуба.
 - **Пародонтоз** – дистрофическое поражение всех элементов пародонта.

Влияние углеводов пищи на развитие кариеса

- Под действием ферментов микроорганизмов продукты распада углеводов и глюкоза могут подвергаться брожению, в результате чего образуются органические кислоты, которые снижают рН слюны.
- При диссоциации органических кислот образуются протоны, которые могут замещать ионы кальция в гидроксиапатитах эмали зубов, тем самым **инициируют развитие кариеса.**

Сахарозаменители

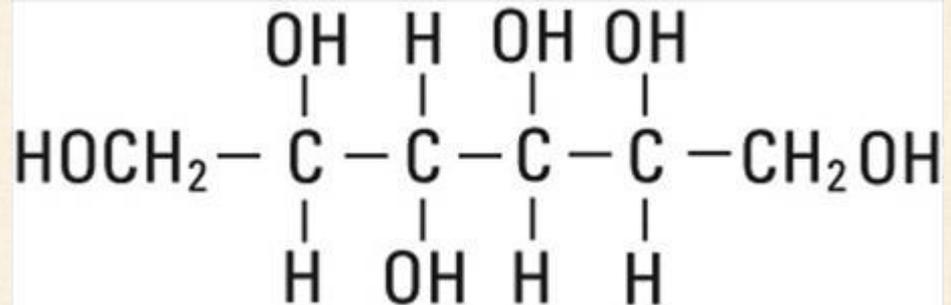
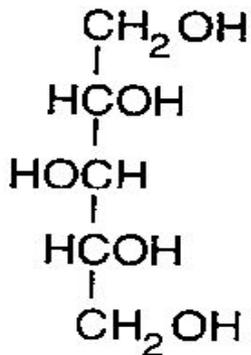
Чтобы исключить из продуктов питания глюкозу выпускают большое количество **сахарозаменителей – веществ со сладким вкусом.**

Сахарозаменители бывают двух видов:

- естественные**
- искусственные**

Естественные сахарозаменители

- Содержатся в природных источниках: растениях, фруктах, ягодах, овощах.
- К ним относятся, прежде всего:
ксилитол (пятиатомный циклический спирт)
и **сорбитол** (шестиатомный циклический спирт).

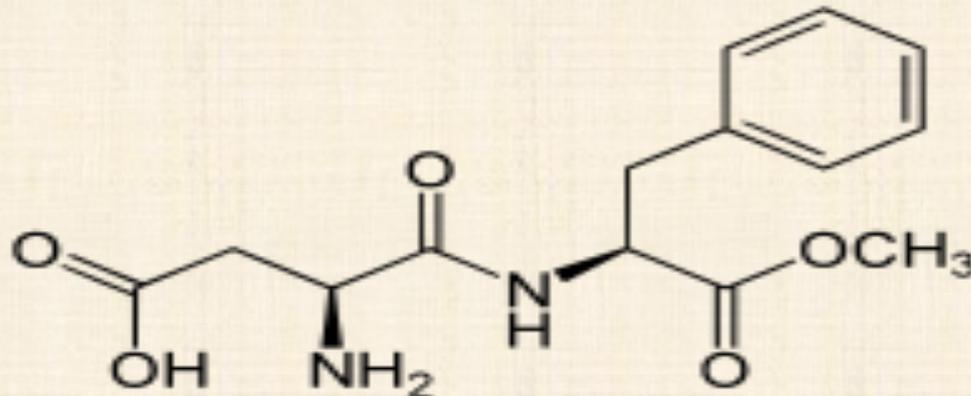


Естественные сахарозаменители незначительно влияют на pH СЛЮНЫ

- **Сорбитол содержится в малых количествах во фруктах и синтезируется в печени. Поскольку в слюне отсутствует сорбитолдегидрогеназа, сорбитол не включается в метаболические процессы в полости рта и, следовательно, не снижает pH слюны.**
- **Входит в состав овощей и фруктов, а также его получают из коры деревьев. Катаболизм ксилитола в полости рта незначителен и также не вызывает значительного снижения pH.**

Искусственные сахарозаменители

- Искусственных сахарозаменителей намного больше - аспартам, циклаMAT, сахарин и другие.
- Например: **аспартам** по своей химической природе является дипептидом, имеющим в своем составе аспарат и фенилаланин.



Преимущество искусственных сахарозаменителей

- Заключается в том, что они намного слаще сахара (от 30 до 2000 раз, в зависимости от вида сахарозаменителя).
- В отличие от естественных сахарозаменителей, искусственные сахарозаменители не влияют на уровень сахара в крови.
- В последнее время из плодов дикорастущих африканских растений выделены чрезвычайно сладкие на вкус белки – *миракулин, монелин, тауматин*. Они используются жевательных резинках и зубных пастах.



Распределение соединений по степени сладости (за 1 принята сладость сахарозы)

Название сахарозаменителя	Степень сладости
Лактоза	0,16
Сорбитол	0,54
Глюкоза	0,74
Ксилитол	1,0
Сахароза	1,0
Фруктоза	1,7
Цикламат	55
Аспартам	150
Сахарин	450
Монелин	2000

- **Умеренное использование сахарозаменителей приводит к повышению нейтрализующих свойств и минерализующего потенциала слюны, что способствует быстрому восстановлению нормальных значений рН слюны и концентрации ионизированного кальция, нарушенных под влиянием углеводсодержащих продуктов.**

Искусственные сахарозаменители почти не содержат калорий, поэтому их можно употреблять людям с избыточным весом или контролирующим свой вес.

Но они не столь безопасны - в заменителях сахара содержатся сахарин, цикламат и аспартам. Эти вещества повышают риск раковых заболеваний, они противопоказаны при беременности и кормлении грудью.

**Спасибо за
внимание**