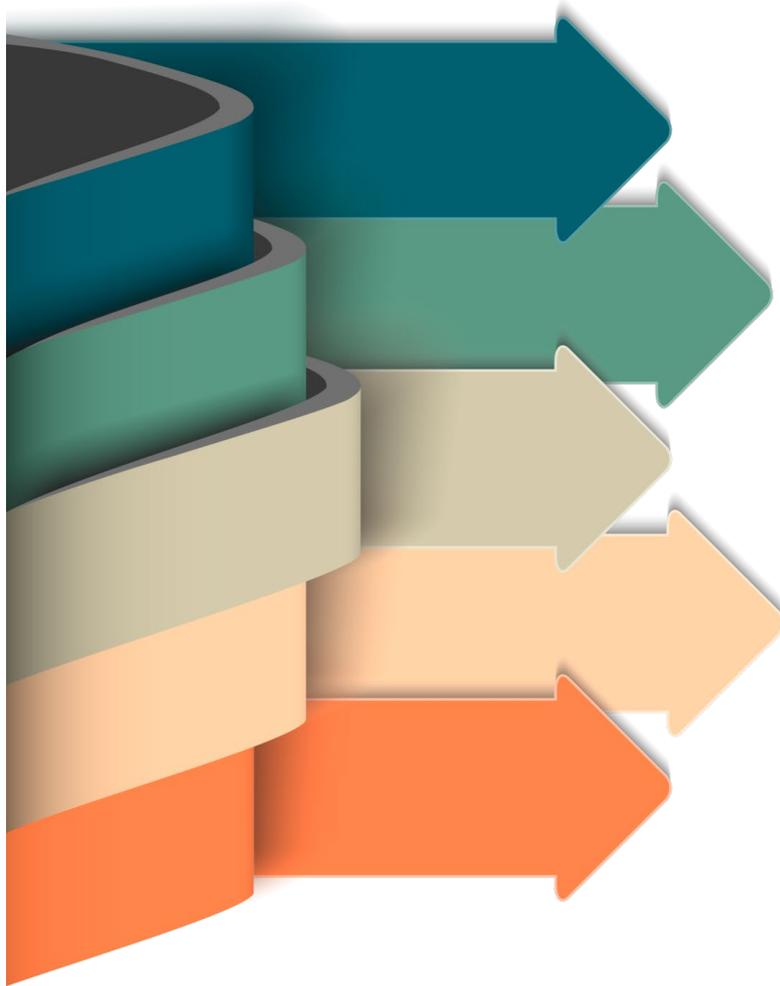




## **Физиологические основы рационального питания с.-х. животных**

**Ксенофонтов Дмитрий Анатольевич,  
доцент кафедры физиологии, этологии  
и биохимии животных РГАУ-МСХА  
им. К. А. Тимирязева, д. б. н.**





Морфо-функциональная характеристика  
пищеварительной системы жвачных

Процессы переваривания питательных  
веществ в преджелудках жвачных

Развитие преджелудков у молодняка КРС

Основы рационального питания животных

Нарушения процессов пищеварения в рубце  
у жвачных животных

# Физиологические основы рационального питания жвачных животных

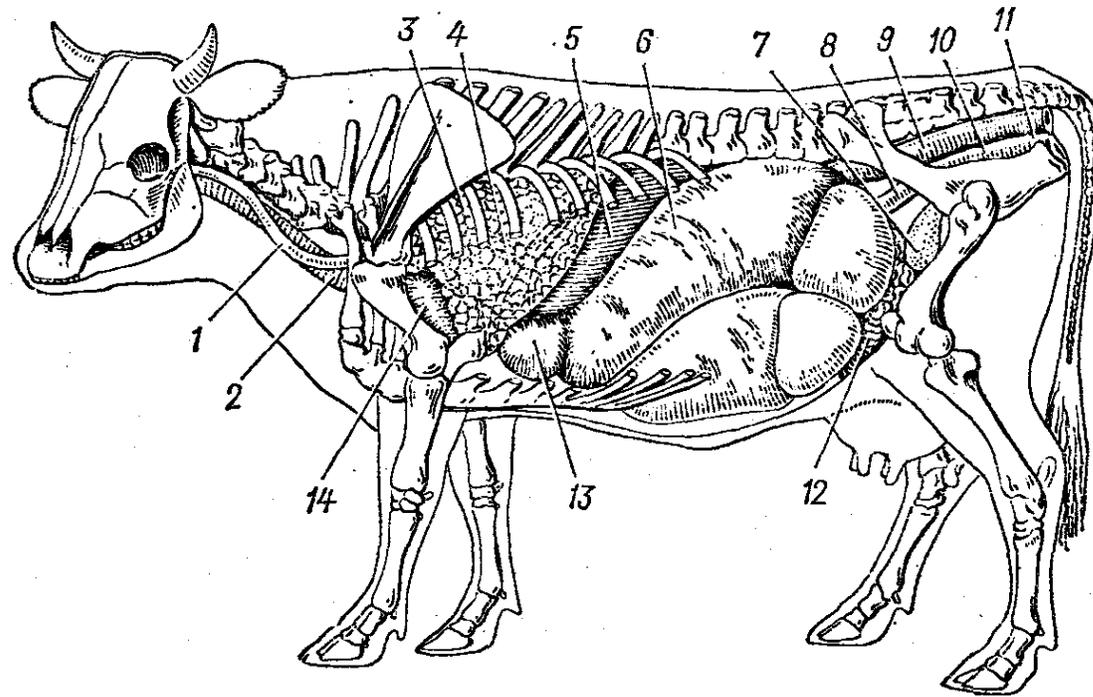
---



- Морфо-функциональные особенности пищеварительного тракта
- Физиологические особенности ротового пищеварения
- Физиологические особенности желудочного пищеварения
- Особенности пищеварения у телят
- Физиологическое обоснование в потребностях организма в питательных веществах
- Нарушения пищеварения у жвачных животных



## Положение внутренних органов коровы (вид слева)



1 – пищевод; 2 – трахея; 3 – легкие; 4 – передний контур купола диафрагмы; 5 – селезенка (ее передний контур очерчен штриховой линией); 6 – рубец; 7 – мочевой пузырь; 8 – левый рог матки; 9 – прямая кишка; 10 – влагалище; 11 – преддверие влагалища; 12 – петли тощей кишки; 13 – сетка; 14 – сердце.

# Соотношение объемов отделов ЖКТ у жвачных животных



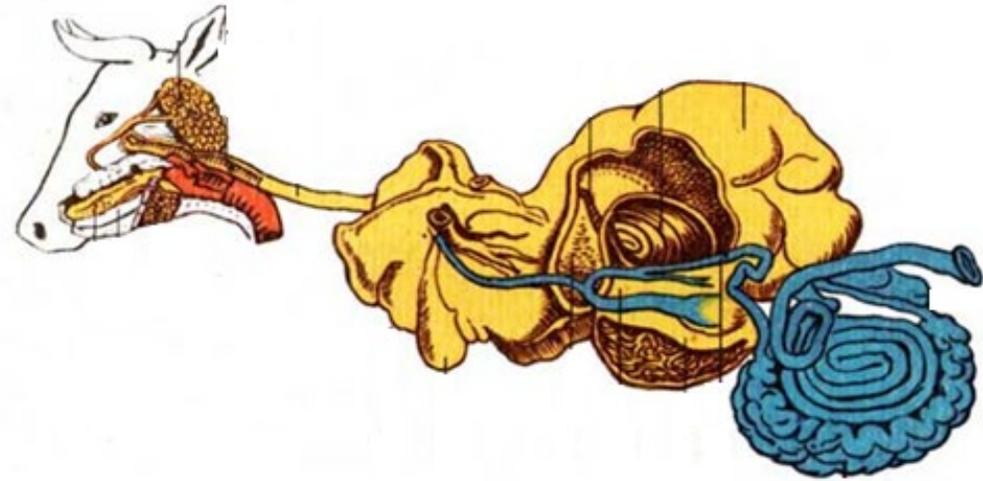
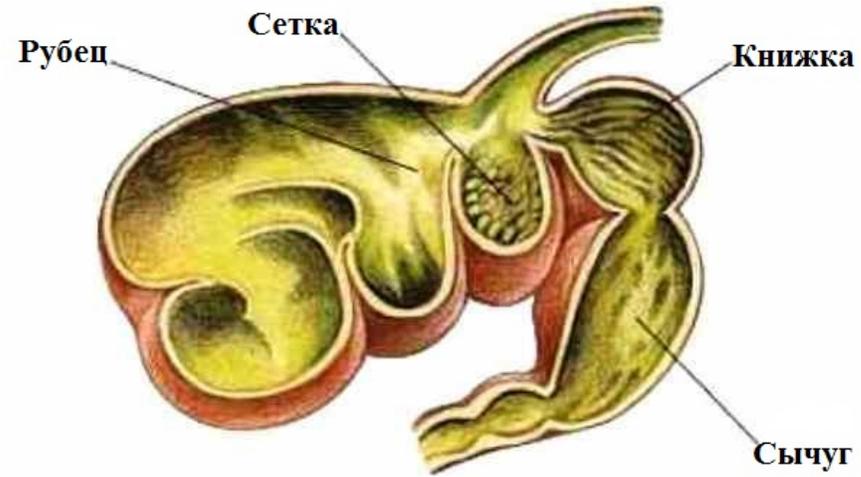
Вид животного	Участник пищеварительного тракта	Емкость, л	Процент от емкости желудка	Процент от общего объема пищеварительного тракта
Крупный рогатый скот	Рубец и сетка	178	87	58
	Книжка	14	7	5
	Сычуг	13	6	4
	Желудок (всего)	205	100	67
	Тонкий кишечник	66	-	21
	Слепая кишка	10	-	3
	Толстая и прямая кишка	28	-	9
Овцы и козы	Рубец и сетка	25,0	84	57
	Книжка	0,9	3	2
	Сычуг	3,6	13	8
	Желудок (всего)	29,2	100	67
	Тонкий кишечник	9,0	-	20
	Слепая кишка	1,0	-	2
	Толстая и прямая кишка	4,6	-	11



# Четырехкамерный желудок жвачных



Желудок коровы в разрезе



# Морфофункциональная характеристика многокамерного желудка



Четырехкамерный желудок жвачных животных представлен:

- преджелудками – рубцом, сеткой и книжкой
- собственно желудком – сычугом

## Рубец – самая вместительная камера

- Ёмкость у крупного рогатого скота 80-200 л, у овец и коз – 12-20 л. Мощными мышечными тяжами он делится на: преддверие рубца, дорсальный и вентральный мешки, дорсальный и вентральный слепые выступы
- Слизистая оболочка рубца представлена плоским многослойным эпителием, не имеет пищеварительных желез, обладает двусторонней избирательной проницаемостью, образует множество сосочков, достигающих 10-12 мм высоты, значительно увеличивающих всасывающую поверхность слизистой
- В функциональном отношении рубец – мощная ферментативная камера, где переваривается более 50% питательных веществ корма



## Сетка

---

- Сетка-вторая камера преджелудков сообщается с рубцом широким отверстием, ограниченным мускулистой складкой
- Слизистая оболочка представлена плоским многослойным эпителием, образует ячеистые складки, напоминающие пчелиные соты, с высотой стенки до 10 мм
- Сетка выполняет функцию сортировочного органа, – отделяя от поступающего из рубца химуса грубую (крупные частицы корма) фазу, которую возвращает в рубец, а мелкую и жидкую фазы направляет в книжку





**Книжка** выполняет функцию гомогенизатора.

Ее слизистая образует продольные складки разной величины, заполняющие почти всю полость.

Слизистая образует ороговевшие сосочки, которые при сокращении книжки способствуют измельчению частиц корма и гомогенизации содержимого.





- **Сычуг** – собственно желудок жвачных животных, подобен простому однокамерному желудку моногастричных.
- **Объем** у крупного рогатого скота составляет 10-15 л, у овец и коз – 2-3 л.
- **Слизистая** кардиальной, фундальной и пилорической зон имеет пищеварительные железы, непрерывно секретирующие сычужный сок, что связано с постоянным (в течение суток) поступлением химуса из преджелудков.
- Спустя 30-40 мин после приема корма отделение сычужного сока усиливается, достигая максимума через 3 часа, а затем постепенно снижается, как и активность метаболических процессов в рубце.
- **Количество сычужного сока**, выделяемого в сутки: у коров – 50-60 л, у молодняка – 10-14 л, овец и коз – 4-5 л.
- **В состав сычужного сока входят:** ферменты (пепсин, химозин, липаза), карбонаты, фосфаты, хлориды, свободные минеральные элементы, соляная кислота – 0,12-0,35%, муцин.



## Жвачный процесс

---

- **Жвачка** – это периодическое отрыгивание, тщательное пережевывание и затем проглатывания пищевого кома
- На пережевывание каждого пищевого кома (90-120г) корова делает 40-50 жевательных движений в течение 30-60 сек.
- Жвачный процесс обычно начинается через 30-50 мин после приема корма и продолжается (серией жвачных циклов) 20-40 мин, что составляет жвачный период
- Жвачные периоды в течение суток повторяются 8-16 раз, общей продолжительностью 7-8 час. За сутки корова повторно пережевывает до 70 кг грубой части содержимого рубца

# Жвачка является одним из механизмов саморегуляции кислотности рубца

---



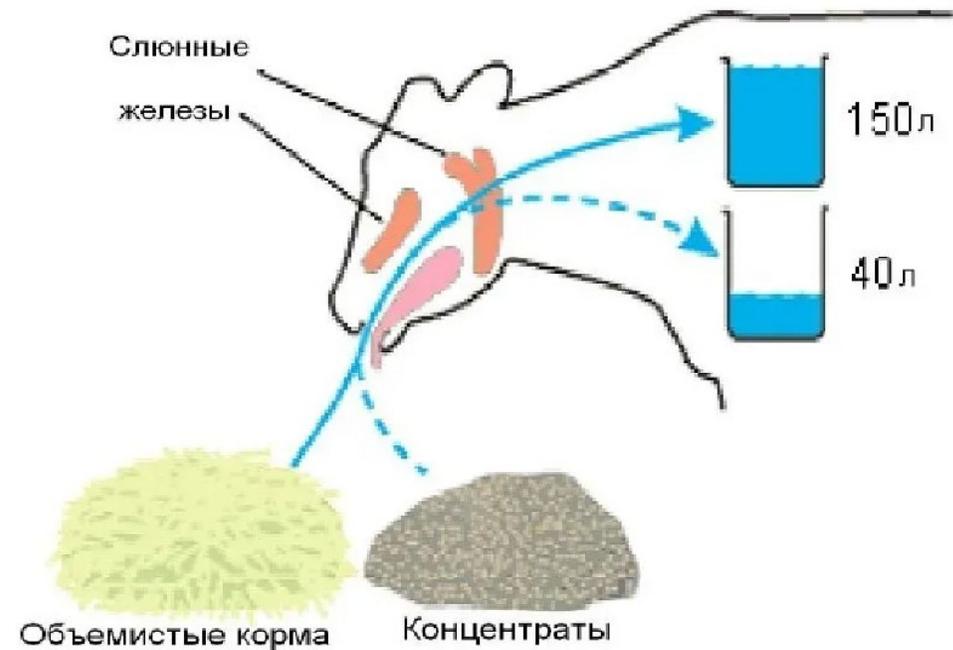
- В сутки корова выделяет до 200 литров слюны
- рН слюны-щелочная (около 8,4)
- Отдых – 0,10..0,15 л/мин
- Поедание корма-0,18...0,22 л/мин
- Жвачка – 0,18...0,27 л/мин

# Слюна жвачных – главный буфер для поддержания pH рубцового содержимого



## Роль слюны:

- Смачивание
- Мацерация растительных волокон
- Нейтрализация ЛЖК
- Поддержание осмоляльности
- Выделение мочевины в рубец
- 2/3 выделяется во время жвачки





## Роль микрофлоры и микрофауны рубца

---

В преджелудочках жвачных развивается 3 вида микроорганизмов:

- **Бактерии** (около 150 видов; общая бактериальная масса рубца коров составляет 4-7 кг – 10% содержимого рубца)
- **Простейшие** (инфузории): встречается до 120 видов инфузорий: у коров – до 60 видов, у овец – 30 видов, у козы и северного оленя – 20 видов
- **Низшие грибы** (дрожжи, плесени): описано 23 вида грибов
- Видовой состав зависит от качества и количества корма. При смене рациона меняется популяция микроорганизмов

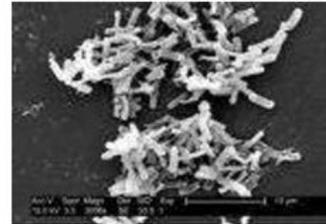


# Основные представители микрофлоры рубца

## Бактерии рубца жвачных

- **Бактерии, разлагающие целлюлозу и гемицеллюлозу**

*Ruminococcus albus*  
*Butyrivibrio fibrisolvens*  
*Fibrobacter succinogenes*  
*Clostridium locheadii*  
*Lachnospira multiparus*



*Clostridium difficile*

© <http://sci.waikato.ac.nz/farm/content/microbiology.html>

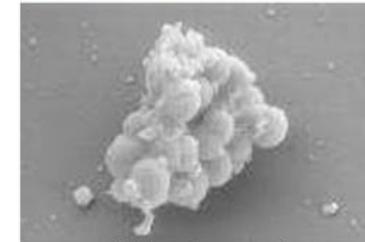


*Ruminococcus albus*

© <https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Ruminococcus>

- **Бактерии, разлагающие крахмал и сахара**

*Selenomonas ruminantium*  
*Succinimonas amylolytica*  
*Bacteroides ruminicola*  
*Streptococcus bovis*



*Veillonella parvula*

© <http://www.standardsingenomics.org/index.php/sigen/article/view/sigs.521107/156>

- **Бактерии, разлагающие лактат**

*Selenomonas lactilytica*  
*Megasphaera elsdenii*  
*Veillonella* spp

- **Бактерии, декарбоксилирующие сукцинат**

*Selenomonas ruminantium*  
*Veillonella parvula*

- **Метаногенные археи**

*Methanobrevibacter ruminantium*  
*Methanomicrobium mobile*

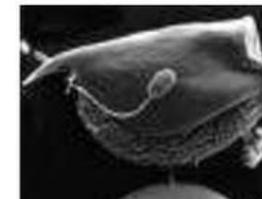
- **Простейшие**

*Diplodinium*  
*Entodinium*



*Diplodinium anisacanthum*

© [http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0010\\_1A\\_Book\\_angol/05\\_termeleselektan/ch04s02.html](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_angol/05_termeleselektan/ch04s02.html)

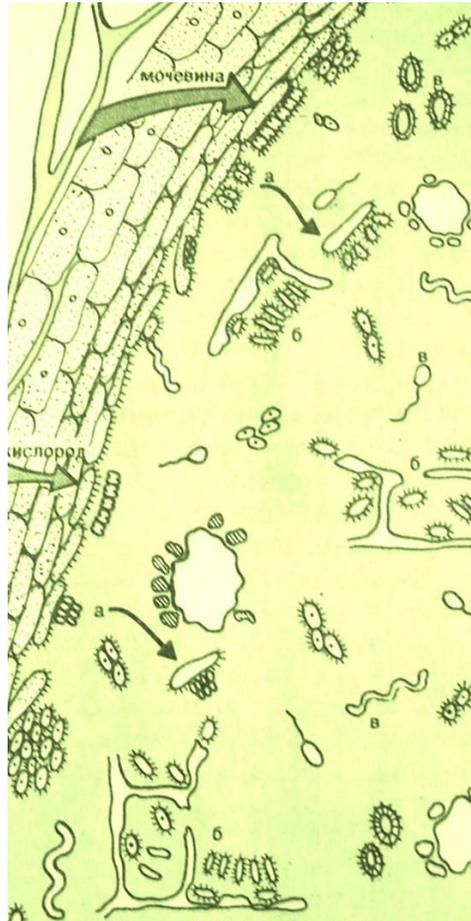


*Entodinium caudatum*

© [https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Bovine\\_Rumen](https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Bovine_Rumen)



## Местоположения рубцовых микроорганизмов

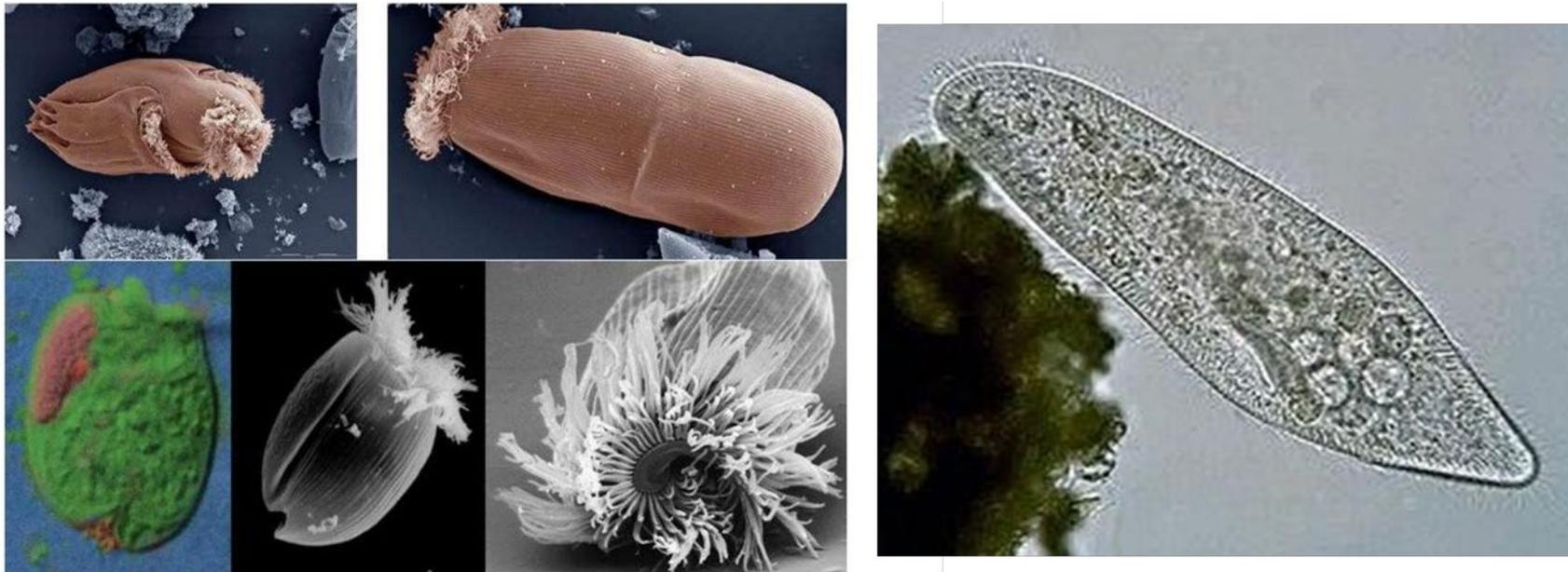


- а – факультативные штаммы, продуцирующие уреазу
- б – штаммы, адсорбирующиеся на частицах корма и образующие колонии
- в – штаммы свободно обитающие в рубцовой жидкости



## Микрофауна (простейшие) рубца

Entodiniomorpha из рубца жвачных. Имеют панцирь сложной формы. Способствуют перевариванию растительной пищи хозяина. В желудке коровы примерно 1 кг инфузорий. Корова переваривает их, получая белок.





## Роль простейших

---

- **Микрофауна** (простейшие) – представлены гл. образом ресничными (инфузориями), подклассы равно- и малоресничных
- **Обнаружено** около 50 видов, в том числе у домашних – 20, у отдельных животных – 14-16 видов общей численностью  $10^5$  в 1 мл
- Потребляют и переваривают зерна крахмала и другие легкопереваримые углеводы
- Переваривают белки
- **Синтезируют белки и фосфолипиды.** Некоторые виды являются бактериофагами и их присутствие в рубце зависит от присутствия определенных групп бактерий
- **Количество простейших** значительно меньше, чем бактерий, но поскольку они значительно крупнее, то по общей массе в рубце они примерно равны



Грибы – присутствуют в рубце в меньших количествах, чем первые две группы.

Синтезе витаминов: группы В, в том числе:

- витамина В1
- витамина В2
- витамина В12 (кобаламина)
- витамина РР (антипеллагрического)
- витамина К (антигеморрагического)

Вторая функция грибов – гидролиз клетчатки до глюкозы.

Синтез антибиотиков.

# Химический состав микробов и простейших рубца, г/кг сухого вещества



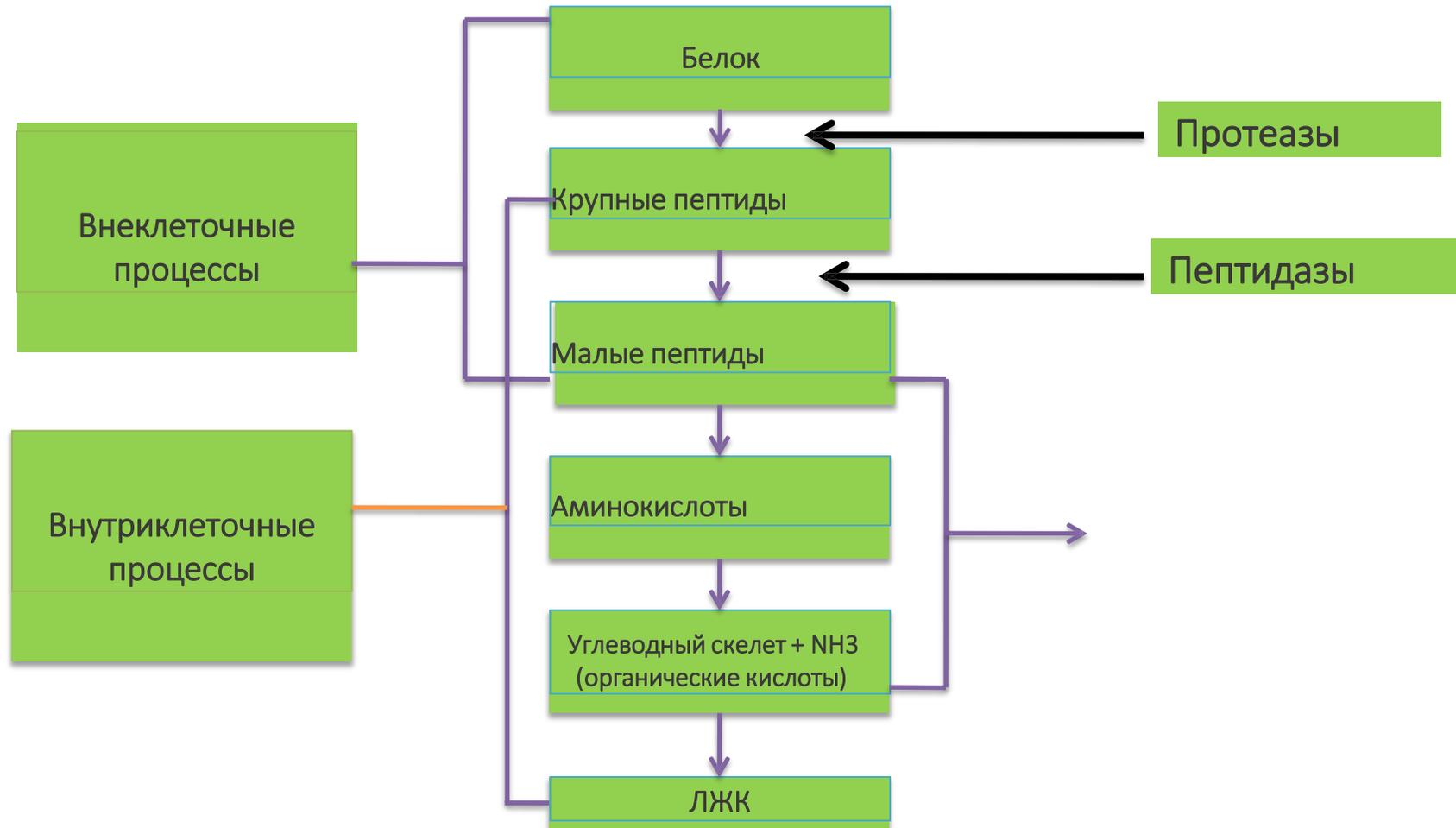
Вещества	Бактерии	Простейшие
Азот	78	64
Углеводы	155	380
Липиды	100	90*
Зола	170	65
Лизин**	8,5	10,2

\*Более половины – фосфолипиды

\*\* г/100 г азота аминокислот



# Обмен азотистых соединений в рубце

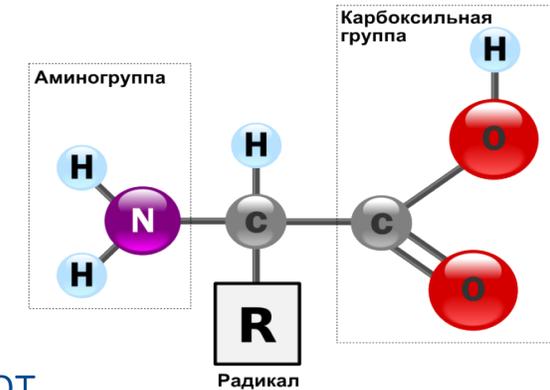




# Оптимизация аминокислотного состава

## Катаболизм аминокислот:

- **Декарбоксилирование** аминокислот: осуществляется в клетках микроорганизмов специфичной для каждой аминокислоты декарбоксилазой. В результате образуются амины и CO<sub>2</sub>.
- **Дезаминирование** аминокислот: отщепление аминогруппы (NH<sub>2</sub>) от аминокислоты с образованием в качестве конечных продуктов в виде аммиака (NH<sub>3</sub>) и кетокислоты.



## Аминокислоты в разной степени подвергаются дезаминированию:

- наиболее быстро и полно серин, цистеин, аргинин, треонин, аспарагиновая кислота;
- умеренно: лизин, фенилаланин, цистин, глутаминовая кислота;
- медленно: аланин, метионин, валин, изолейцин, глицин, гистидин, орнитин, пролин, гидроксипролин, аминовалериановая кислота.



**Анаболизм аминокислот** – процессы аминирования:

аминокислот, в том числе незаменимых (!), недостающих образование для синтеза микробиологического белка, осуществляется путем присоединения аминогруппы к какой-либо из кетокислот.

**Различают легко – и трудносинтезируемые аминокислоты**

**Легкосинтезируемые:** аланин, глицин, цистин, серин, треонин, фенилаланин, лейцин, изолейцин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты;

**Трудносинтезируемые:** гистидин, валин, треонин, метионин.

# Переваривание протеина жвачными животными





## Синтез микробиального белка

---

Трансформация в рубце сырого протеина корма в микробиальный белок имеет для жвачных ряд преимуществ, в отличие от моногастричных животных.

- Синтез в рубце недостающих незаменимых аминокислот, что ставит жвачных в меньшую зависимость, в отношении белкового питания, от аминокислотного состава растительных белков.
- Способность микроорганизмов рубца использовать в процессах аминирования азот небелкового происхождения.
- Жвачные имеют азотсберегающую румено-гепатическую систему, которая обеспечивает возврат в рубец азота в составе мочевины со слюной и при экскреции стенкой рубца и повторное его использование в процессах аминирования, обеспечивающего синтез высоко биологически ценного микробиального белка.



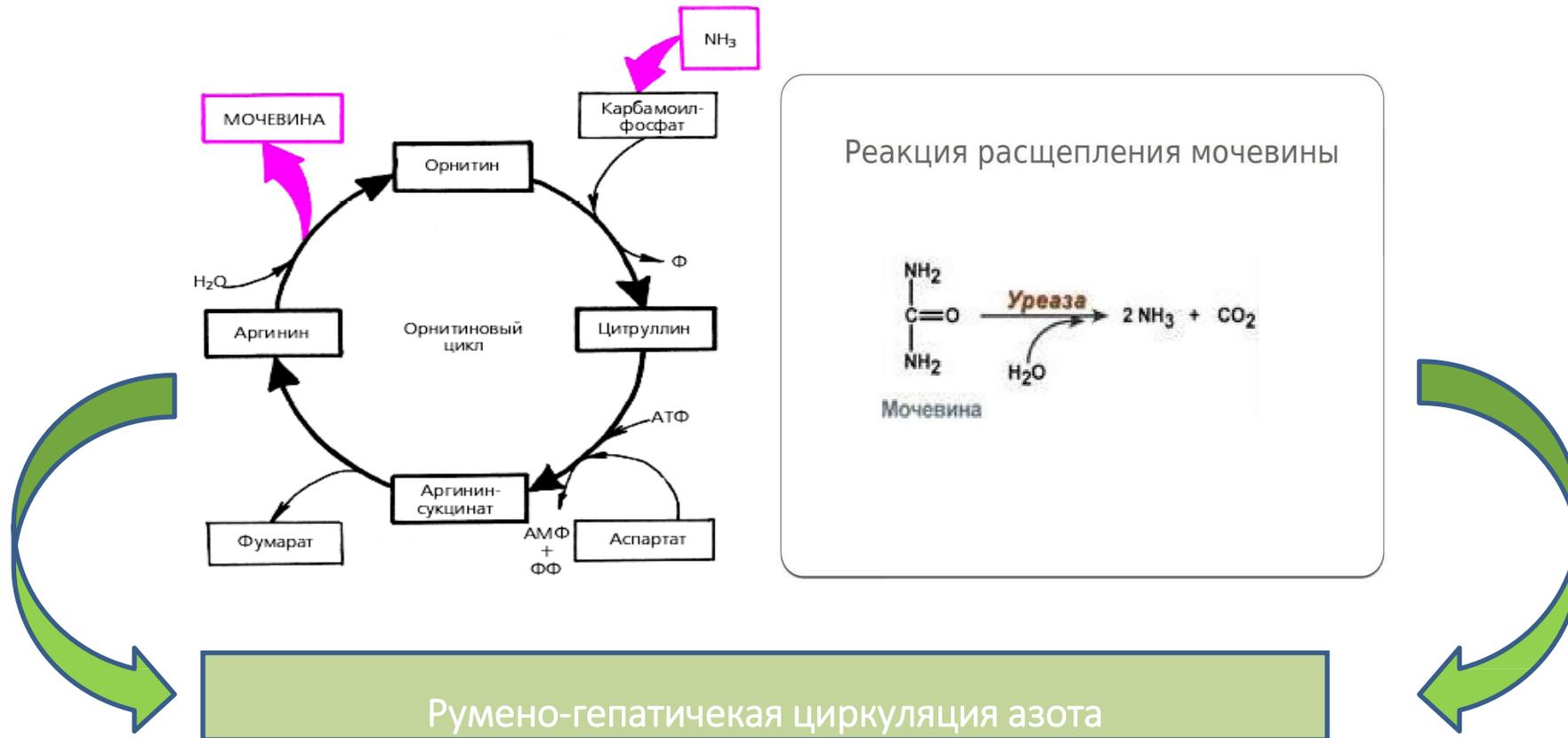
## Использование небелкового азота

---

Способность микроорганизмов использовать небелковый азот в синтеза аминокислот позволяет заменить недостающий в рационе белок, в количестве до 1/3 по азоту от общей потребности, карбамидом или соединениями аммония (уксуснокислым, пропионовокислым и др.). При этом следует строго соблюдать 2 условия:

- дозу карбамида увеличивать постепенно, в течение 7-10 суток, начиная с минимальной.
- в рационе должно быть достаточно легкодоступных сахаров, для чего поддерживать в рационе сахаро-протеиновое соотношение на уровне не менее 1,0-1,2.

# Синтез и распад мочевины





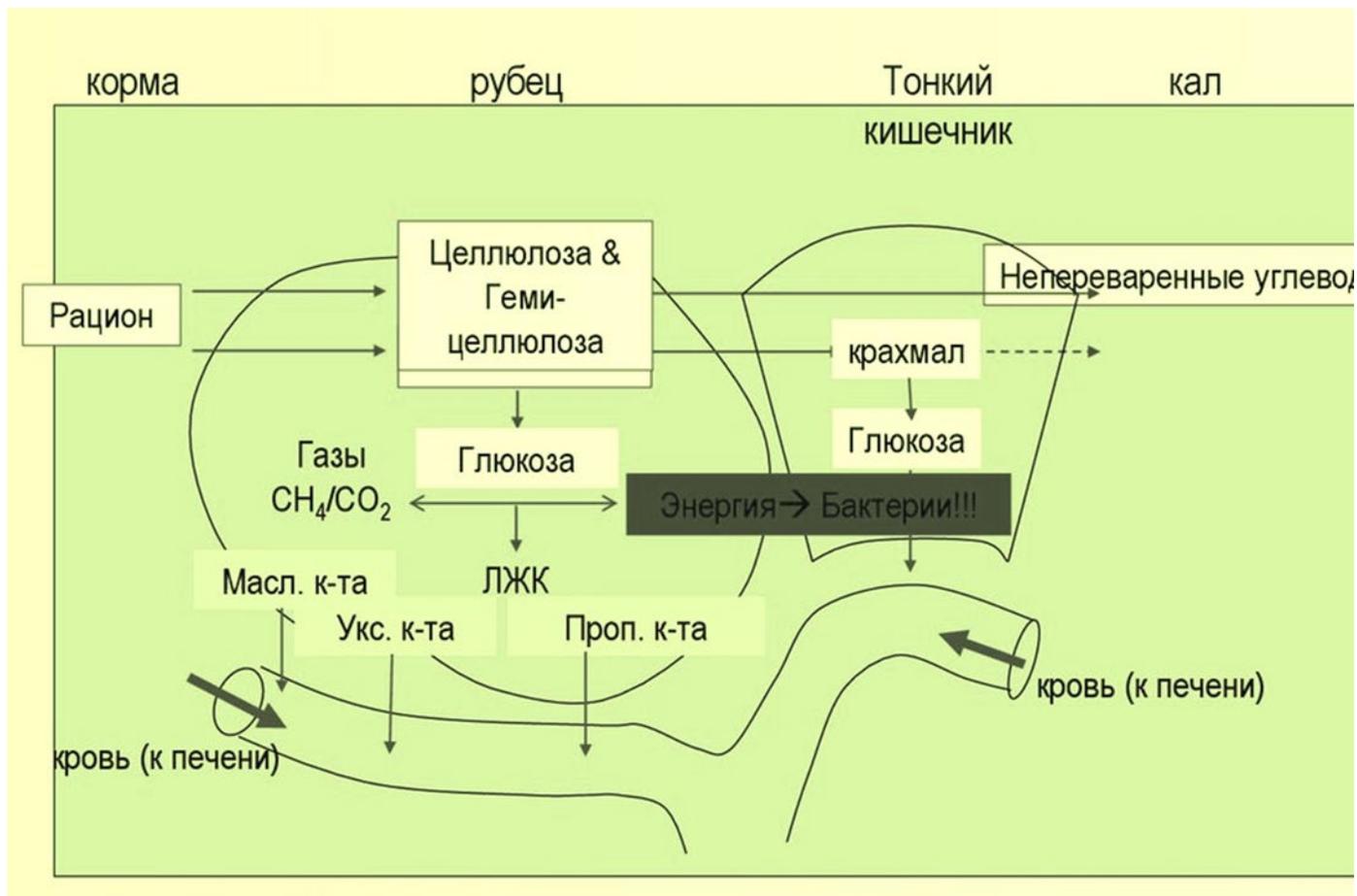
## Метаболизм углеводов и жиров в рубце

---

Доля углеводов в растительных кормах достигает 80% в сухом веществе. Они подразделяются на сложные (клетчатка, крахмал) и простые, легкодоступные сахара.

- Сложные сахара расщепляются до простых сахаров.
- Простые сахара сбраживаются до летучих жирных кислот (ЛЖК). В течение суток у коровы образуется 3-4,5л, у овцы – 0,3-0,5л. Из них доля уксусной кислоты составляет 60-65%, пропионовой – 18-22, масляной – 8-12, валерьяновой, капроновой и других – в общей сложности 1,5-3,0%. Образовавшиеся ЛЖК всасываются преимущественно в рубце. Потребности жвачных в энергии на 70% удовлетворяются за счет использования ЛЖК.
- Лишь 10-15% простых сахаров достигает кишечника и там всасывается главным образом в виде глюкозы.

# Система переваримости углеводов



# Зависимость образования отдельных ЛЖК в рубце от характера рациона



Кислоты Рацион	В среднем по группе в %		
	уксусная	пропионовая	масляная
Концентратный .....	59,60	16,60	23,80
Сочный.....	58,90	24,85	16,25
Сенной.....	66,55	28,00	5,45



## Метаболизм жиров в рубце

---

Жиры наиболее энергоемкие соединения. В 1г жиров заключено 9,3 ккал энергии, против 4,1-4,2 ккал в 1 г углеводов и/или белков.

Растительные корма содержат 2-4 % (отдельные до 8%) сырого жира, представленного липидами, восками, стеролами, фосфолипидами, свободными ВЖК и глицерином.

### Особенности обмена жира в рубце

- Липолиз кормового жира до глицерина и высокомолекулярных жирных кислот (ВЖК), преимущественно ненасыщенных (линолевая, линоленовая, арахидоновая), что менее свойственно животному жиру.
- Гидрогезация, изомеризация и синтез ВЖК, свойственных микробиальному и животному жиру.
- Синтез жира микроорганизмов, населяющих рубец.



## Образование газов в рубце

---

Количество (интенсивность) образующихся в рубце газов зависит, главным образом, от направленности бродильных процессов.

Образующиеся в рубце газы:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .

На 100г расщепленной клетчатки образуется: 10л  $\text{CO}_2$ , 4л  $\text{CH}_4$ .

Сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ) образуется при расщеплении:

а) серосодержащих аминокислот, б) при восстановлении сульфатов.

Соотношение газов в рубце молодняка крупного рогатого скота:  $\text{CO}_2$  – 60%, 26%, остальные газы – 14%.

Стабилизация образования и соотношения газов в рубце завершается у телят к 3- месячному возрасту.

$\text{CH}_4$  –



Образование газов в рубце коров начинается уже через 20 минут после приема корма и достигает максимума – через 1-2 часа.

Свободный  $O_2$  в рубце появляется только с принимаемым кормом, затем быстро исчезает.

$CO_2$  – образуется при метаболизме щавелевоуксусной и пировиноградной кислот, глюкозы, а также при нейтрализации ЛЖК бикарбонатами слюны.

$CH_4$  – образуется в основном при восстановлении  $CO_2$  водородом, со скоростью 21 мл/мин.

Образование метана в рубце нежелательно, ибо с ним теряется 8-10% валовой энергии корма.

У коровы за 12 часов при сено-концентратном рационе в рубце образуется до 300 л газа, у овцы при сено-конц.-корнеплодном – до 65л.

Из рубца газы удаляются:	
отрыгиванием, особенно при жвачке;	путем всасывания: у коров может всасываться до 1л/мин.



## Моторная функция преджелудков

---

Каждый перистальтический цикл желудочного сокращения начинается с 2-кратного сокращения сетки:

первое вполсилы, отделяя таким образом жидкую и мелкую фазы химуса от грубой (крупных частиц корма) и направляя их в книжку, где задерживаются главным образом частицы корма, жидкость в основном проходит в сычуг. Второе – в полную силу, в результате: грубая фаза выбрасывается обратно в преддверие рубца (для вторичного пережевывания).

Во время сокращения сетки книжка и сычуг расслаблены и оказывают присасывающее действие.

С сетки волна сокращения распространяется на преддверие рубца, затем на дорсальный мешок – дорсальный слепой выступ – вентральный слепой выступ и, наконец, – вентральный мешок. Тонические сокращения мускулатуры стенки рубца поддерживают его общий тонус. На этом фоне периодические сокращения мощных мышечных тяжей подтягивают вентральный мешок к дорсальному, при этом жидкая фаза пронизывает химус дорсального мешка, а при расслаблении тяжей – отступает вниз, унося из верхних слоев химуса его более мелкие и растворимые части.



# Физиологические основы кормления телят

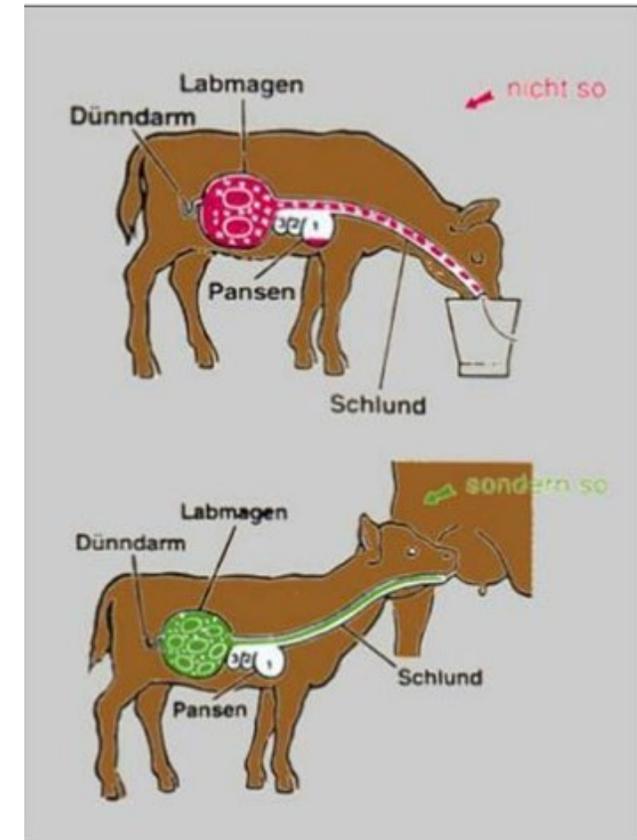
## Молочный период – требование к выпойке

Введение молока через соску:

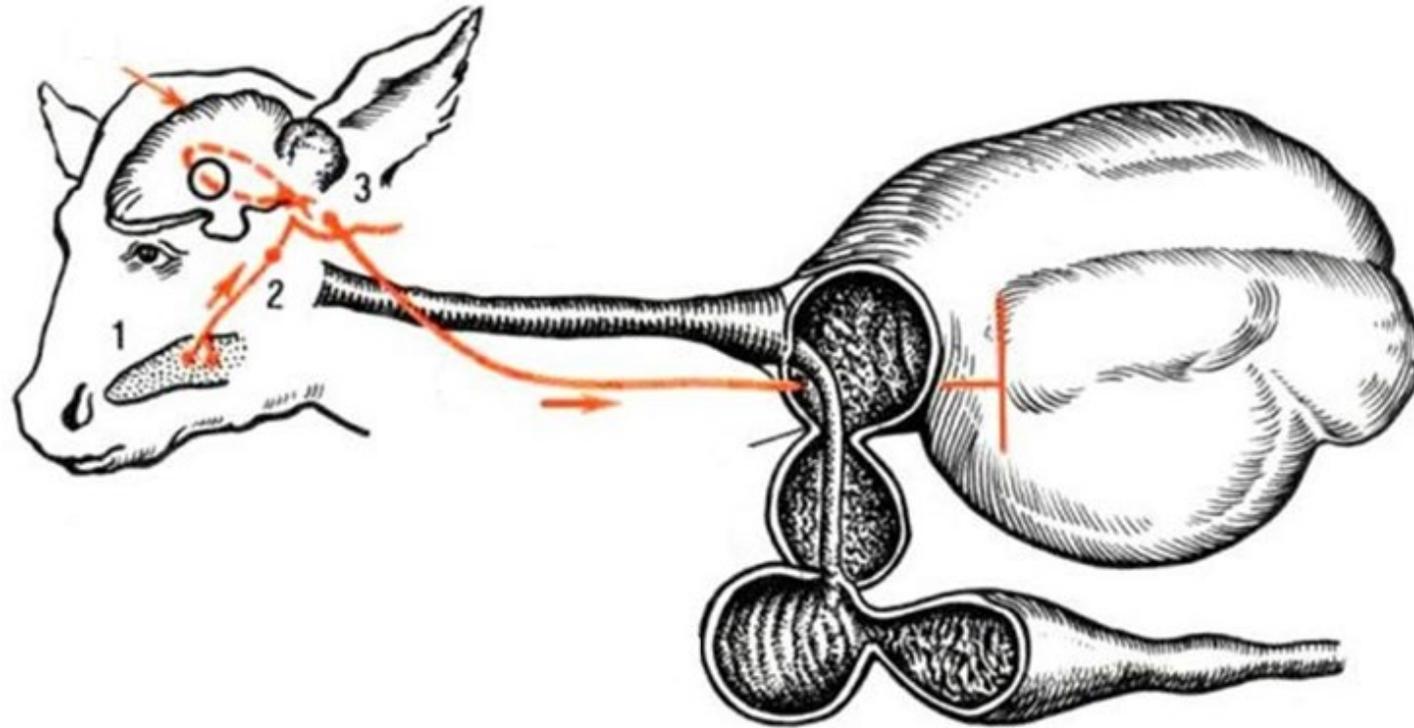
- Телята пьют медленнее
- Повышает слюнообразование
- Поддерживает рефлекс пищевого желоба

В смеси не образуются комки:

- Лучшее усвоение
- Хорошая конверсия корма



# Пищеводный желоб





## Развитие рубца теленка

---

Развитие рубца (вес, толщина стенки и количество сосочков, целостность и длина) сильно зависит от уровня сложности его микробиоты.

Зерновая подкормка повышает концентрацию масляной кислоты в рубце, что стимулирует рост сосочков.

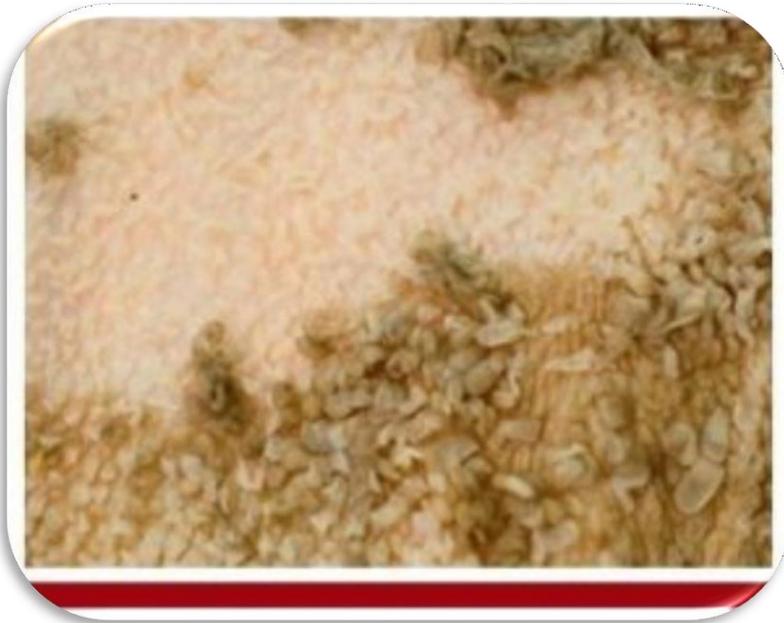
Зрелая микробная экосистема необходима для обеспечения полной способности переваривать твердый корм. Оптимальный рост и продуктивность животных зависит от:

- Быстрое создание микробных популяций,
- Развитие обильной и функциональной микробиоты,
- Стимуляция всасывания и пищеварительной деятельности,
- Максимизация поглощающей способности стенки рубца.

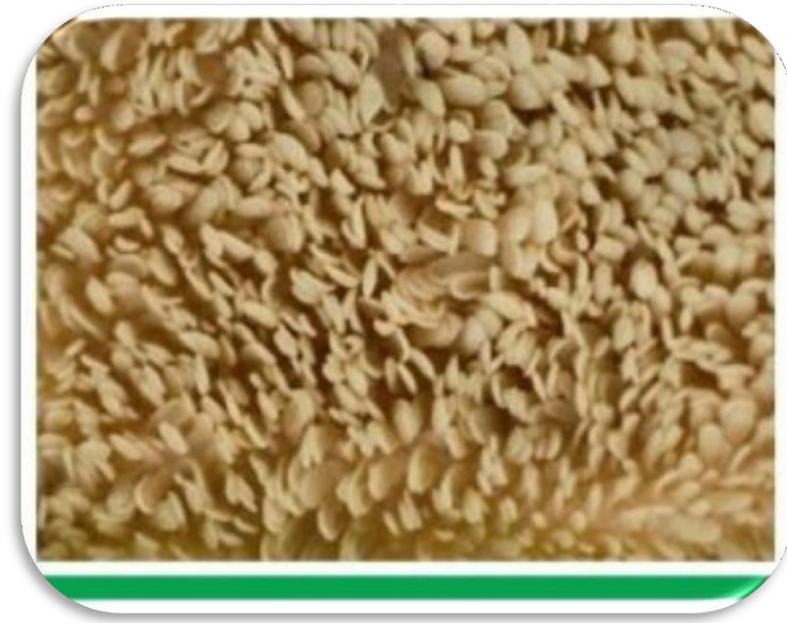


## Слизистая оболочка стенки рубца теленка

---



Незрелая стенка рубца со слабо развитыми сосочками

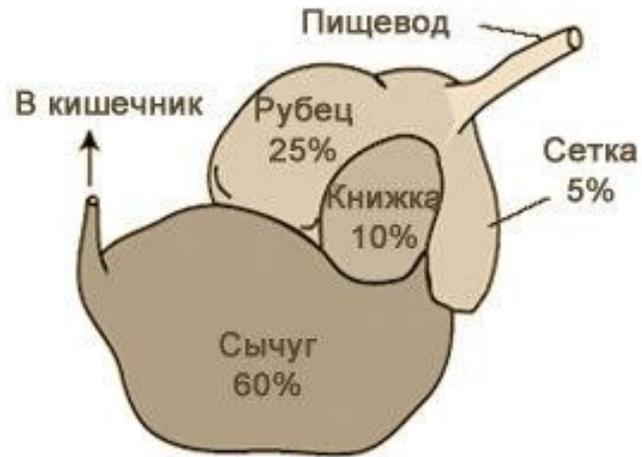


Зрелая стенка рубца с хорошо развитыми сосочками



# Пищеварение в сычуге теленка

Новорожденный теленок с неразвитым желудком



Теленок после отъема



Рубец не развит и не функционирует; молоко не попадает в рубец, а усваивается в сычуге и кишечнике

Потребление твердых кормов, особенно зернового стартера или концентратов стимулирует развитие стенок рубца

Теленок жует жвачку и большинство энергии получает из желудочной ферментации



## Результаты селекции и полноценного кормления

---

За 50 лет удои выросли в 4 раза:

- 3.000 кг молока за лактацию 50 лет тому назад
- Сегодня генетический потенциал коров обеспечивает 12.000 кг.

За 50 лет живая масса коров выросла только на 50 %

- живая масса 50 лет тому назад-450кг
- в настоящее время 700 кг

**Результаты такой эволюции:**

- Объем ЖКТ не соответствует увеличению генетического потенциала продуктивности;
- Скармливаемые рационы должны быть энергонасыщенными, хорошо перевариваться и поедаться;
- Рационы кормления должны быть тщательно сбалансированы (энергия, протеины, минералы и витамины).



## Молочная продуктивность стад в мире

	Количество голов	Удой за 305 дней лактации, кг
Израиль	120 000	11945
США	3 938 546	10403
Канада	657 470	9836
Швеция	140 173	9736
Германия	1 639 531	8923
Нидерланды	574 740	8832
Российская Федерация	938 400	5067
Племзаводы Ленинградской обл.	7 123	9172



## Переваримость кормов в рубце

Корма	Переваримость, %	V переваривания
Солома	40	40-55 часов
Сенаж	55	30-40 - « -
Хороший сенаж	65-70	25-35 - « -
Хороший силос	70	18-24 - « -
Клевер	70	12-18 - « -
Зеленая трава	70	18-24 - « -
Плохое сено	50-55	30-40 - « -
Зерно злаковых	80	12-14 - « -
Свекла, турнепс	85	2-6 - « -
Патока	95	0,5 - « -



# Последствия нерационального питания КРС

Недостаток	Избыток
<b>Клетчатка</b>	
Нарушение деятельности микрофлоры рубца Ацидозы Дистрофия мышц и костной ткани <b>Снижение содержания жира в молоке</b>	Увеличение кислотности молока Снижение поедаемости кормов Снижение переваримости рациона <b>Снижение молочной продуктивности</b>
<b>Сахар, крахмал</b>	
Нарушение деятельности микрофлоры рубца Ацидоз Накопление кетоновых тел <b>Снижение продуктивности</b> <b>Снижение белка и жира в молоке</b> <b>Снижение воспроизводства</b>	Угнетение микрофлоры Ожирение коров <b>Снижение жирности молока</b>



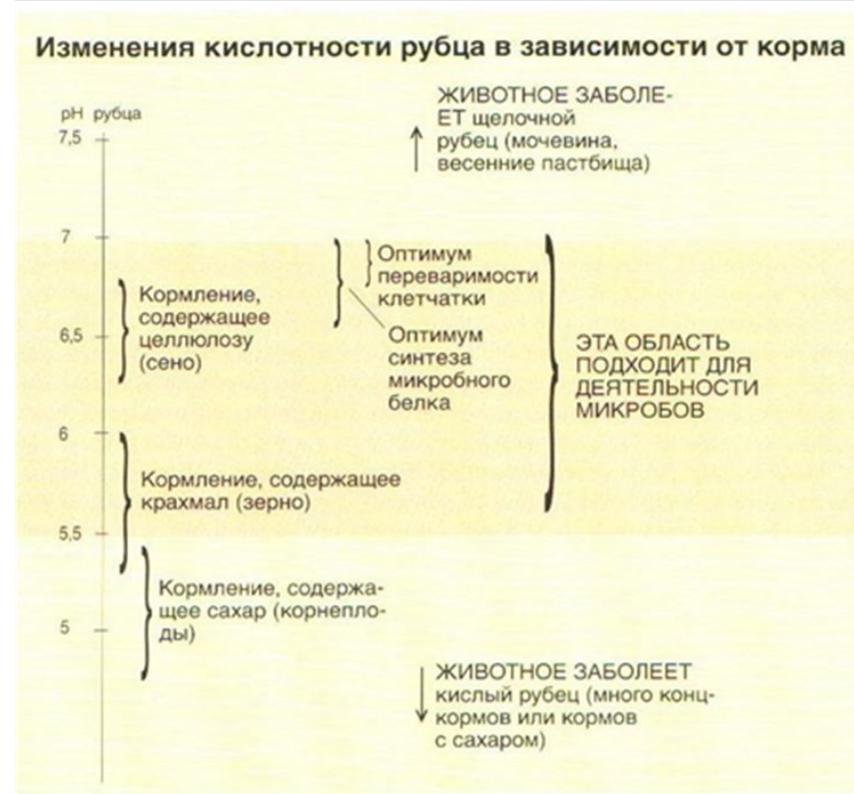
## Здоровый рубец-здоровая корова

---

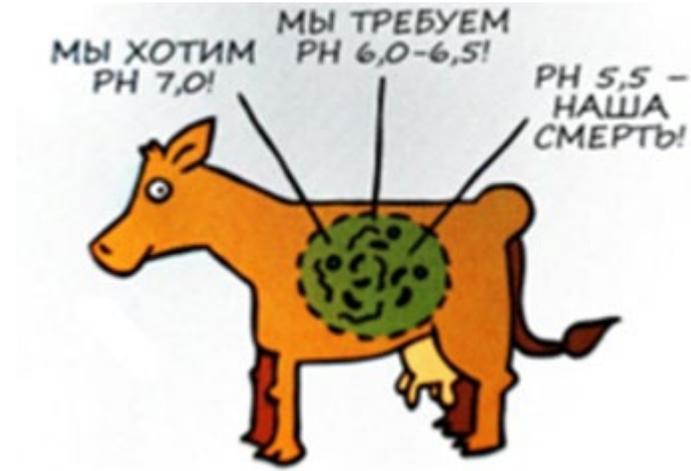
Если рубец не работает должным образом :

- Снижается потребление корма;
- Снижается переваримость клетчатки;
- Возникает ацидоз, кетоз;
- Снижается молочная продуктивность.

# Оптимальный уровень pH в рубце



рН рубца зависит от состава съеденного коровой корма. При рН, близкой к нейтральной (рН 7), деятельность микробов эффективнее.



Постоянство «микроклимата» – залог здоровья рубца и благополучия всего организма. Рубцовая микрофлора, ферментирующая целлюлозу, лучше работает при высоком рН. Ферментирующие сахара и крахмал бактерии предпочитают более низкий рН. Часть микрофлоры отмирает при рН ниже 5.5. Дрожжи к кормам перерабатывают молочную кислоту. Что не позволяет рН опуститься слишком низко.



# Патология пищеварения в преджелудках жвачных

- Кетоз (ацетонемия)
- Паракератоз рубца
- Острая тимпания рубца
- Парез мышц рубца
- Острая гипотония и атония преджелудков



Ваша задача – обеспечить высокое потребление энергии, что бы корова давала много молока. Но вместе с этим возрастает риск ацидоза рубца. Который негативно скажется на потреблении корма, его переваривании и здоровье коровы.



---

**Спасибо за внимание!**