

# Промышленное получение аминокислот и их применение в медицине и диетологии

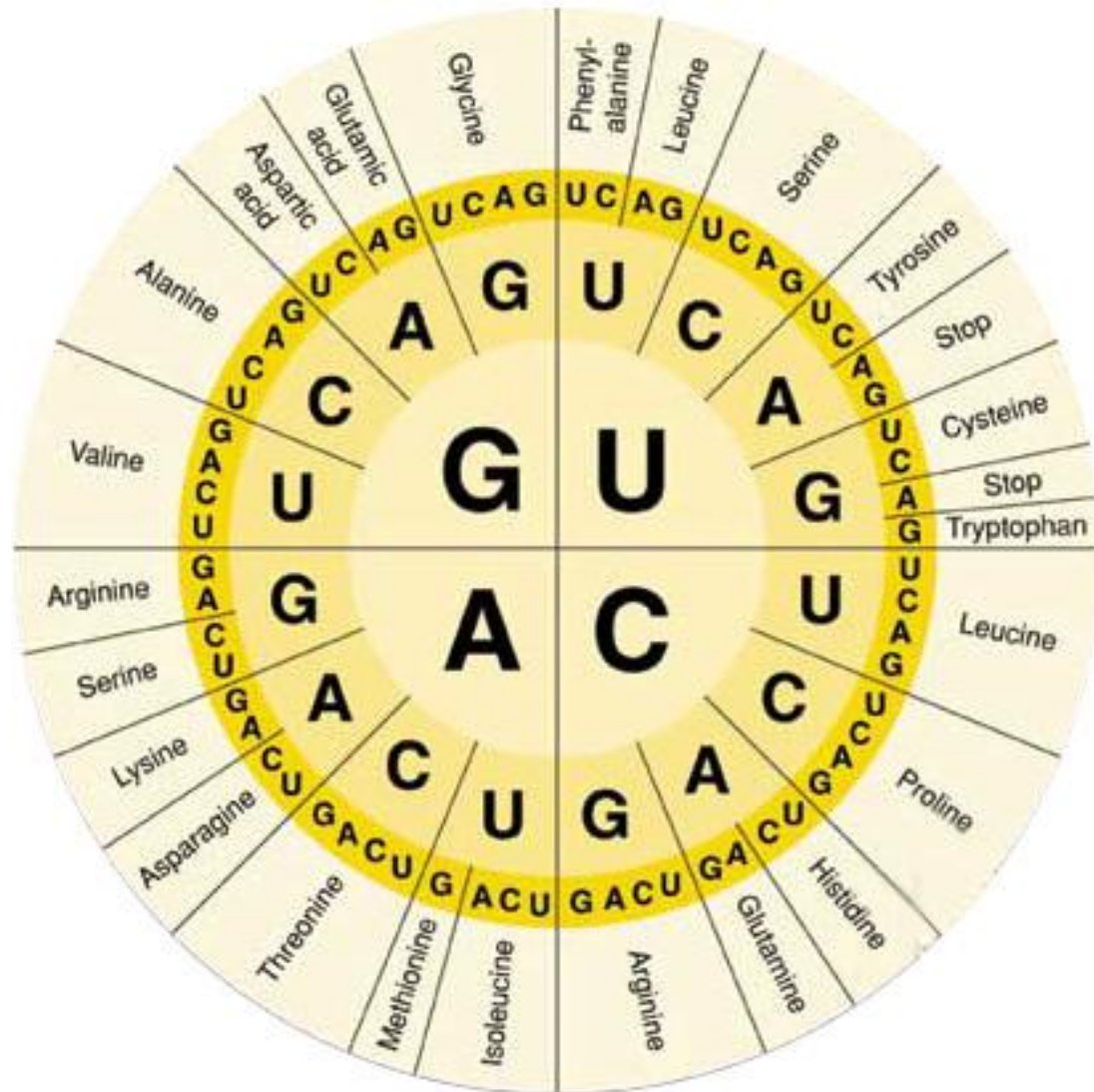
Профессор , доктор биологических наук Лившиц В.А.  
Российский университет дружбы народов  
2011



# 20 аминокислот, входящих в состав белков, и их обозначение

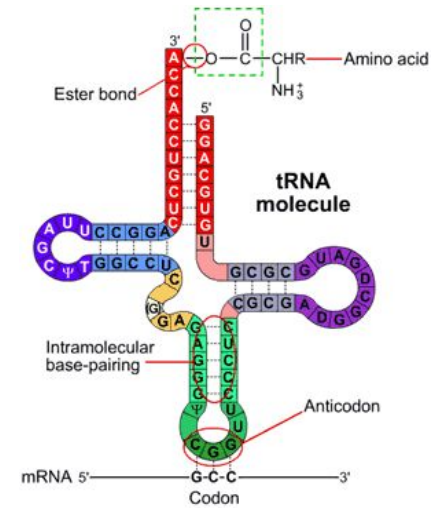
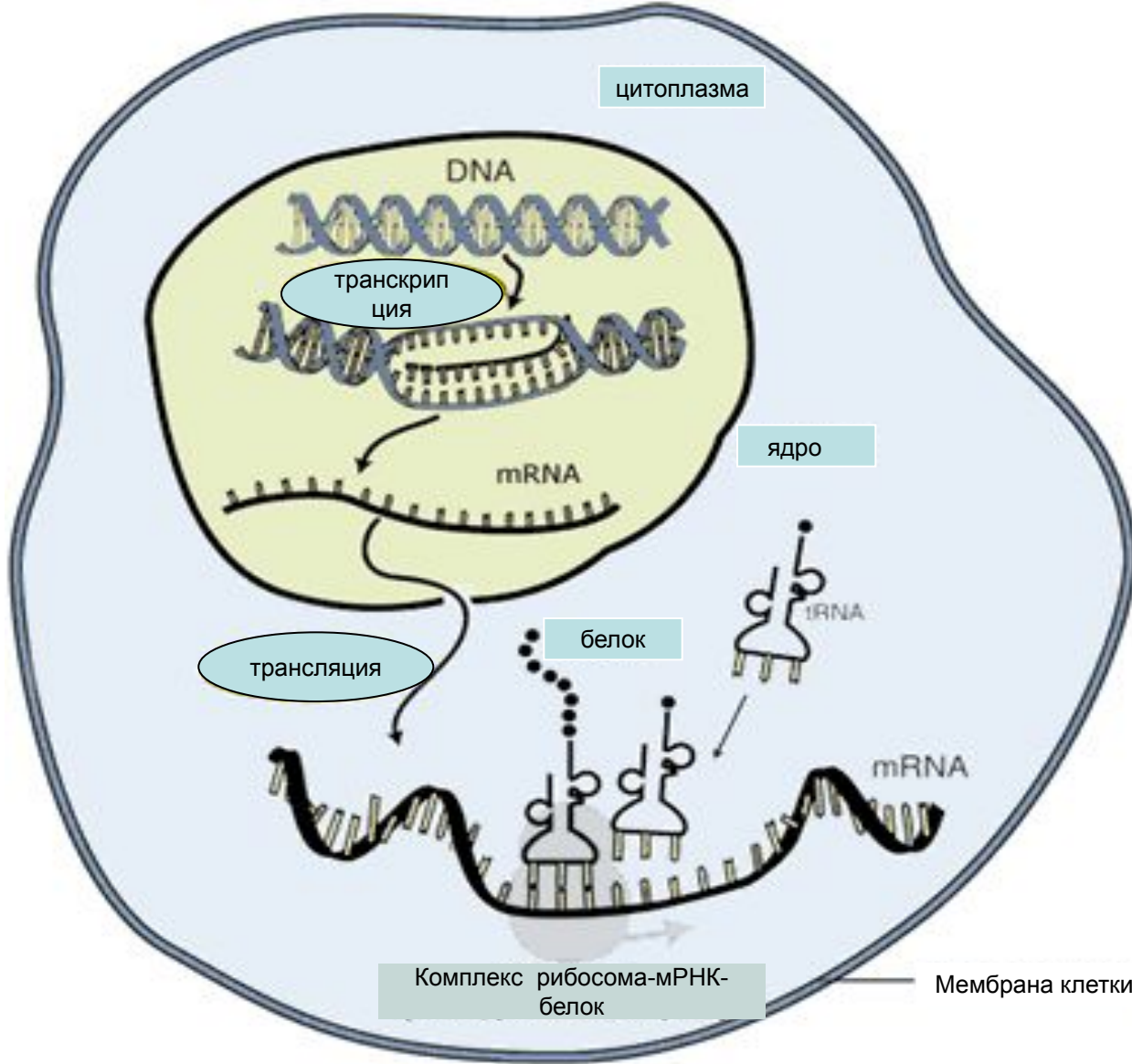
Amino acid	Three-letter abbreviation	One-letter abbreviation	Amino acid	Three-letter abbreviation	One-letter abbreviation
Alanine	Ala	A	Methionine	Met	M
Arginine	Arg	R	Phenylalanine	Phe	F
Asparagine	Asn	N	Proline	Pro	P
Aspartic Acid	Asp	D	Serine	Ser	S
Cysteine	Cys	C	Threonine	Thr	T
Glutamine	Gln	Q	Tryptophan	Trp	W
Glutamic Acid	Glu	E	Tyrosine	Tyr	Y
Glycine	Gly	G	Valine	Val	V
Histidine	His	H	Asparagine or aspartic acid	Asx	B
Isoleucine	Ile	I	Glutamine or glutamic acid	Glx	Z
Leucine	Leu	L			
Lysine	Lys	K			

# Универсальный генетический код



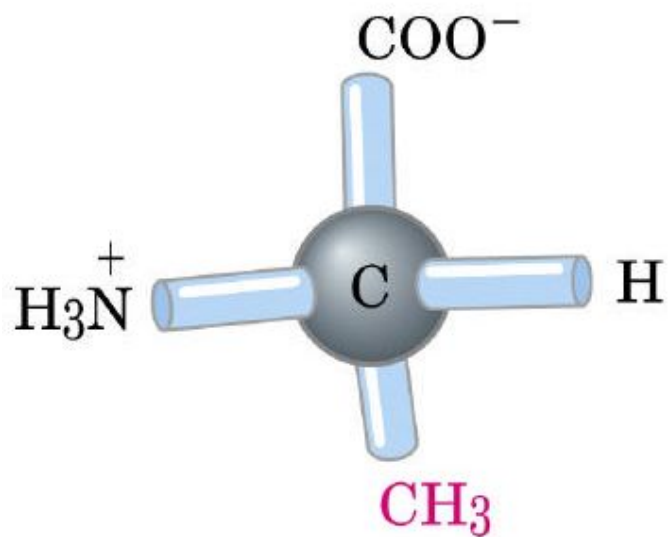


# Синтез белка в клетке

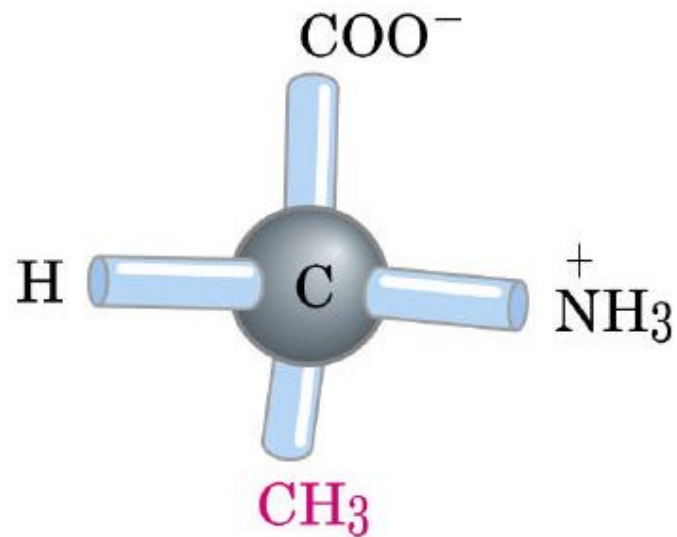


«Заряженная» аминокислотой тРНК

# В состав белков входят L-стереоизомеры аминокислот



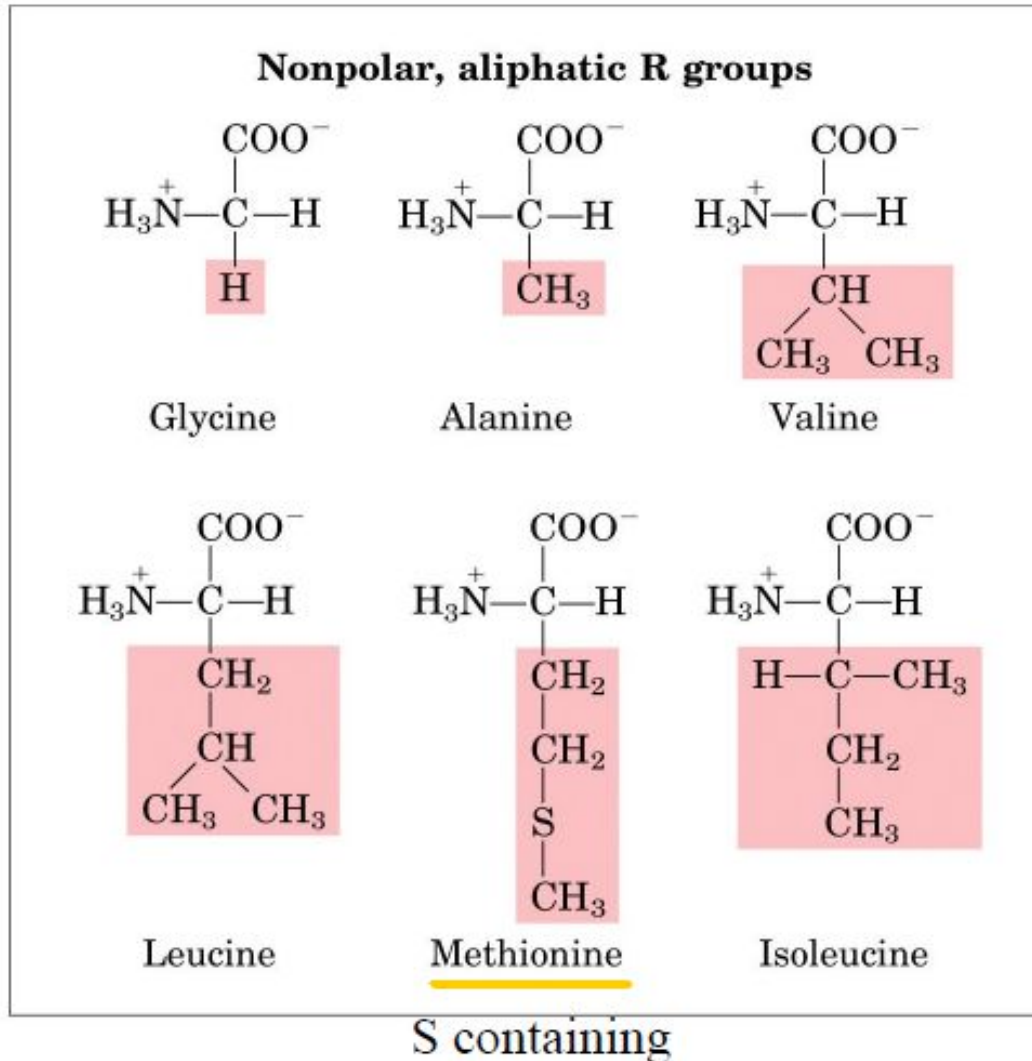
L-Alanine



D-Alanine

# Неполярные алифатические аминокислоты

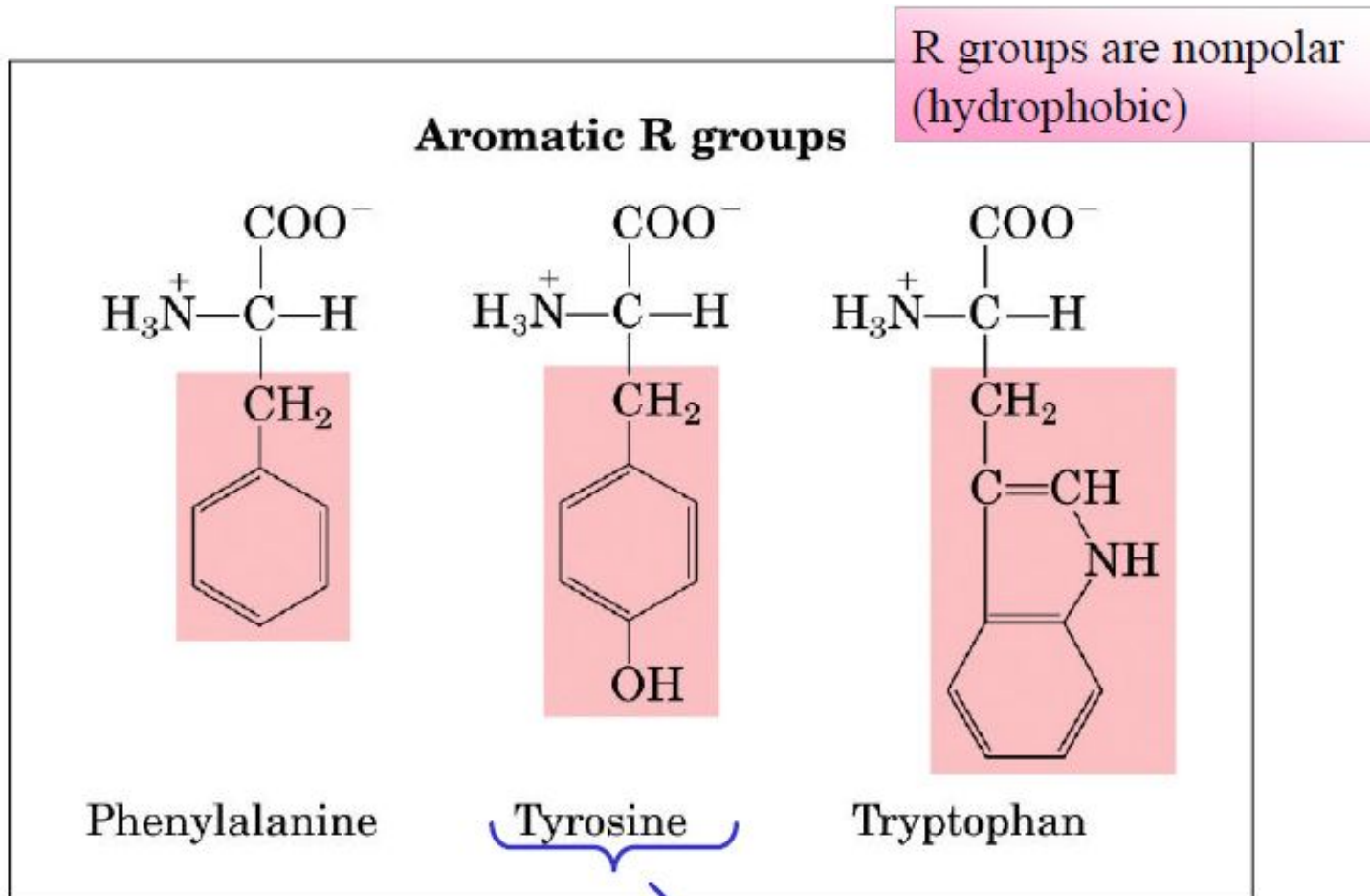
Глицин, аланин, валин, лейцин, изолейцин, метионин



 **R-группа**

# Ароматические аминокислоты

## Фенилаланин, тирозин, триптофан

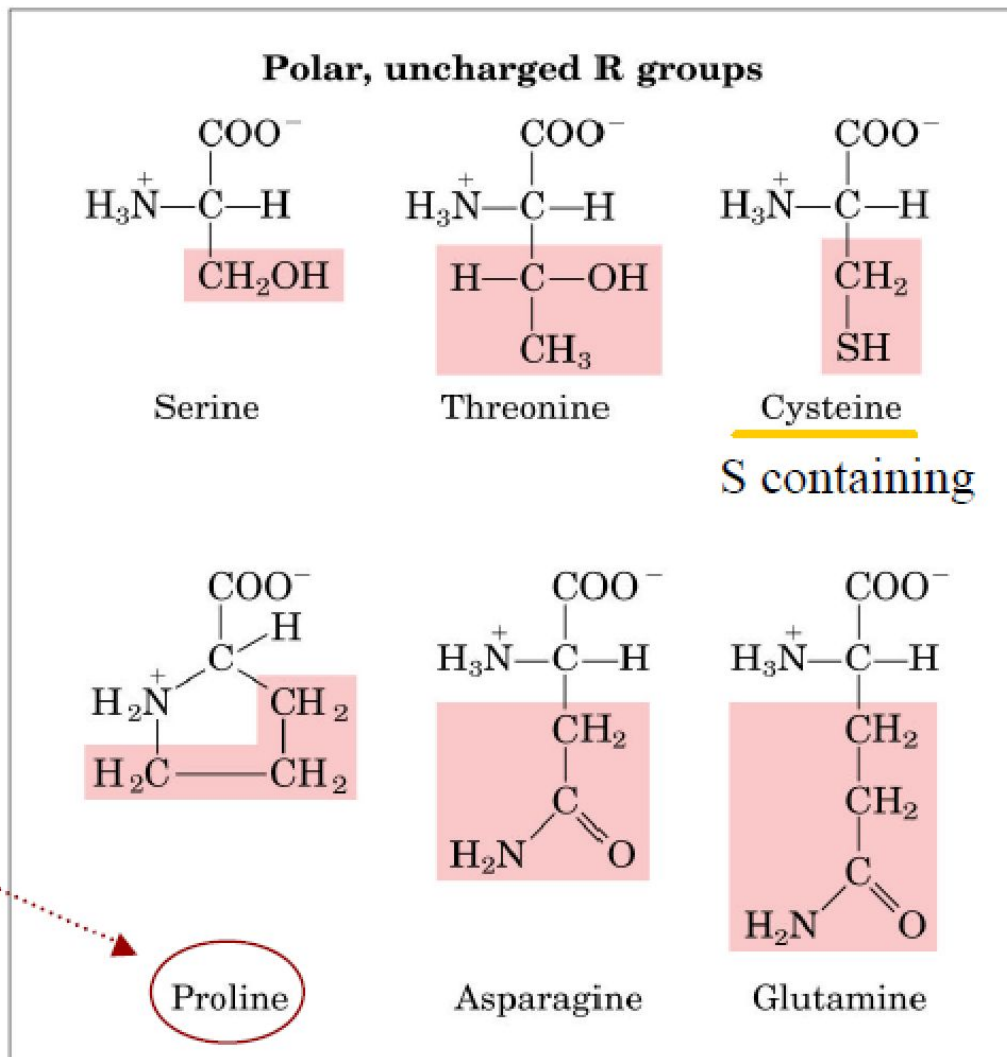


Can form H bonds



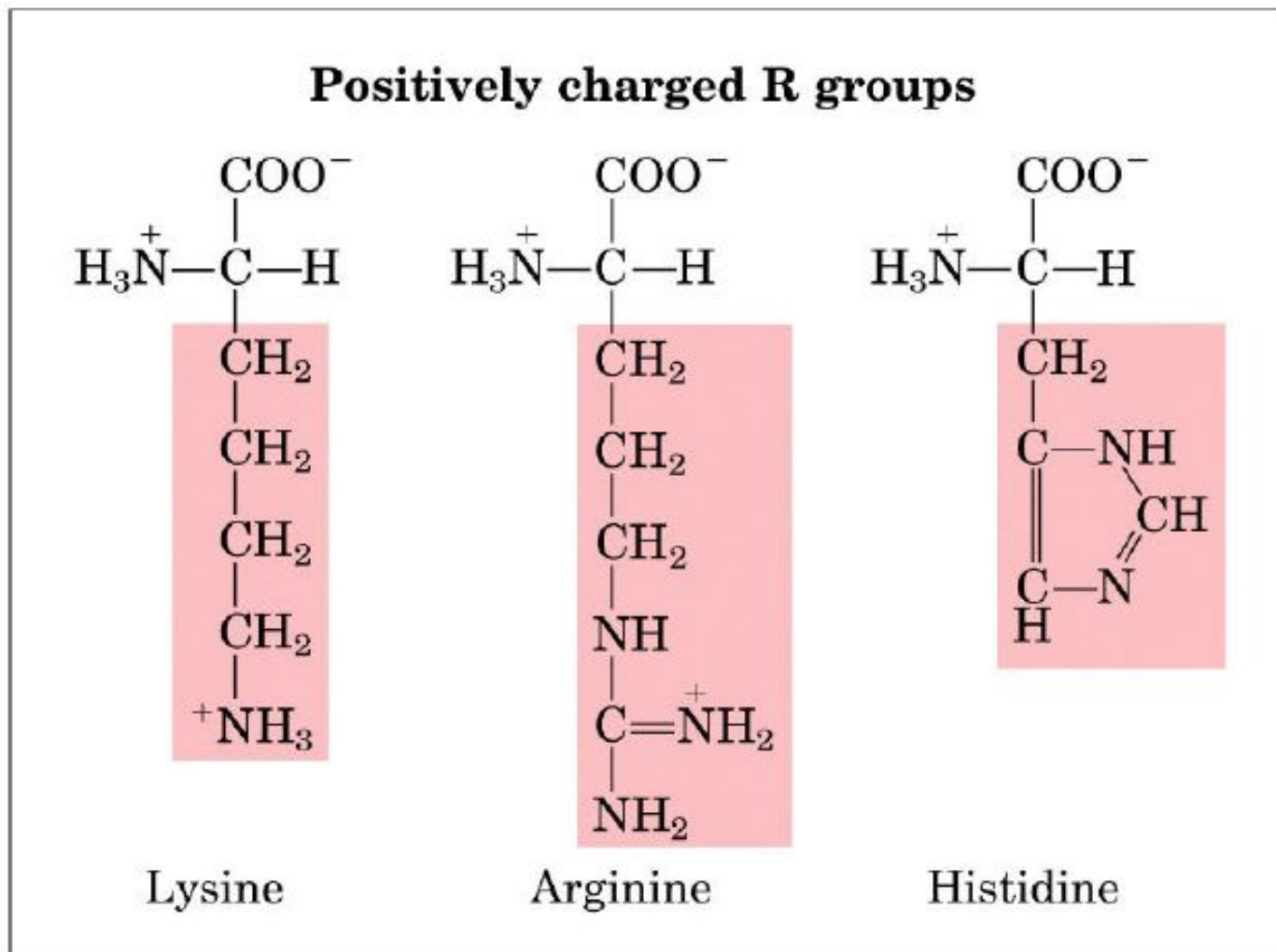
# Полярные, незаряженные аминокислоты

Серин, треонин, цистеин, пролин, аспарагин, глутамин



# Положительно заряженные аминокислоты

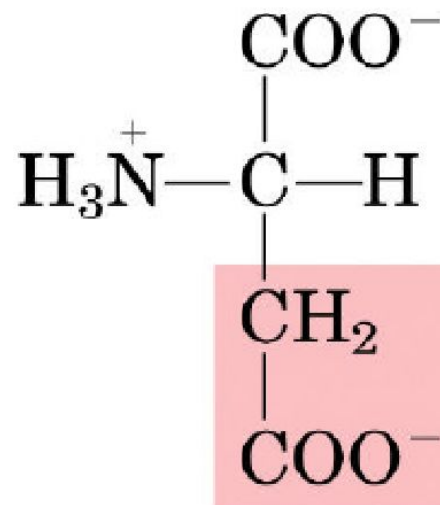
Лизин, аргинин, гистидин



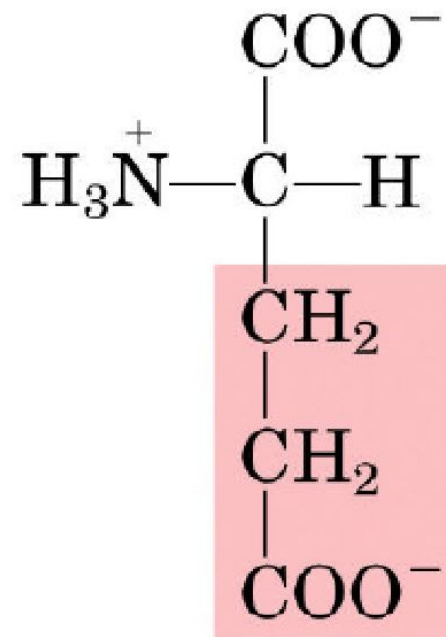
# Отрицательно заряженные аминокислоты

Аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота

## Negatively charged R groups



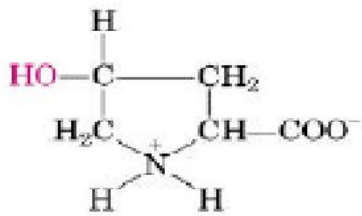
Aspartate



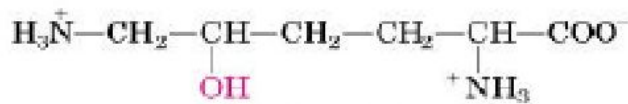
Glutamate

# Нестандартные аминокислоты

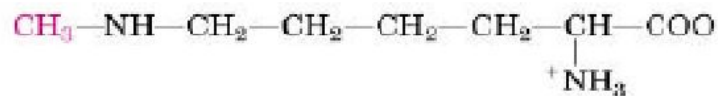
4-гидроксипролин, 5-гидроксилизин, 6-N-метиллизин,  $\gamma$ -карбоксиглутамат и десмозин



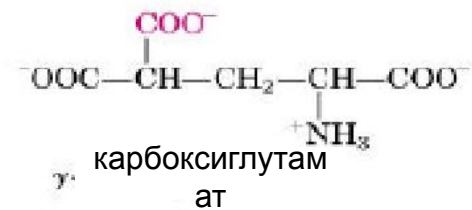
4-гидроксипролин



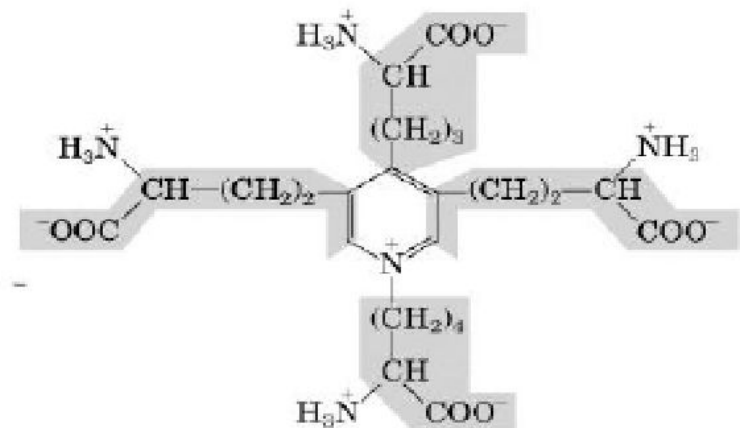
5-гидроксилизин



6-N-метиллизин



$\gamma$ -карбоксиглутамат

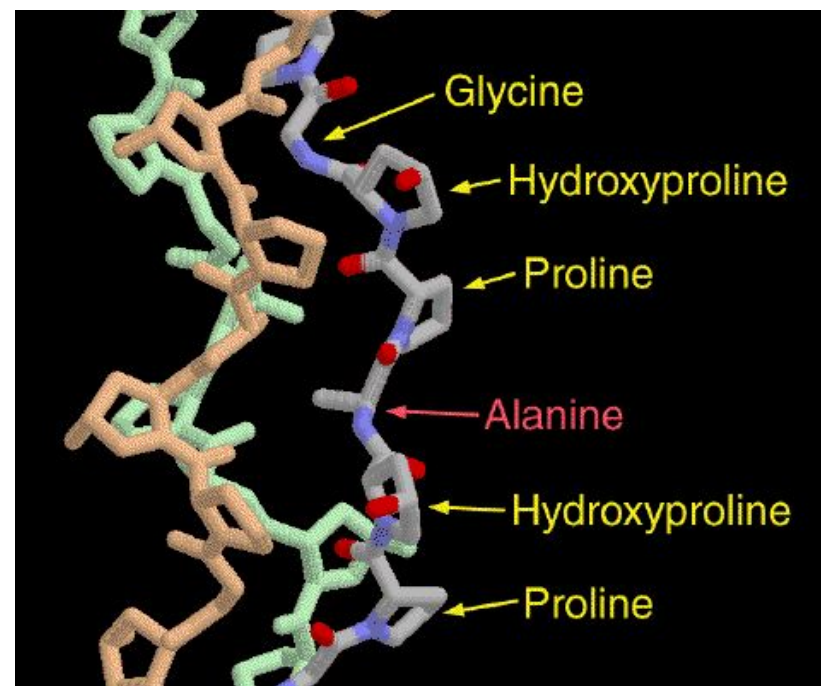
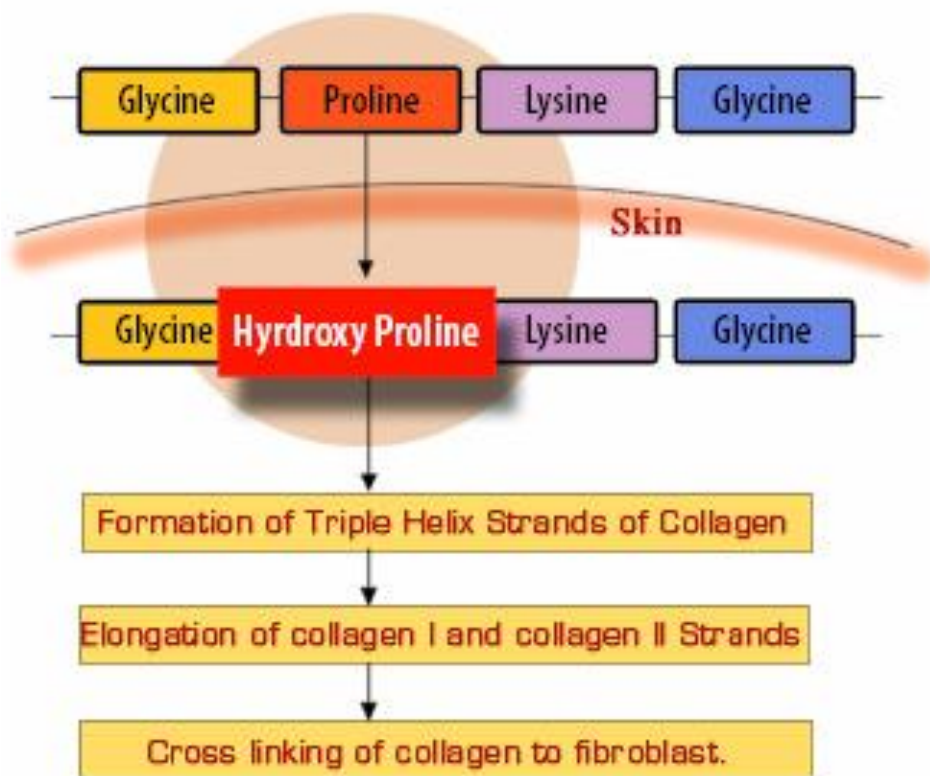


Десмозин

# Нестандартные аминокислоты

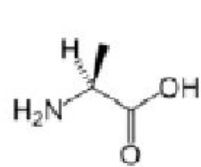
Нестандартные аминокислоты появляются в белках в результате посттрансляционной модификации

HYDROXYLASE + Ascorbic Acid

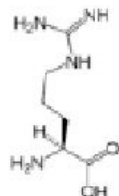


Специфическая последовательность аминокислот, включающая гидроксипролин, обеспечивает образование прочной спирали коллагена.

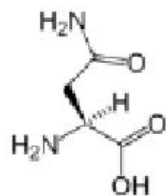
**В настоящее время установлено, что генетически кодируются 22 аминокислоты  
21-я и 22-я аминокислоты - это селеноцистеин и пирролизин**



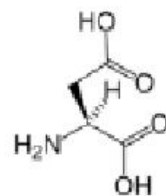
L-Alanine



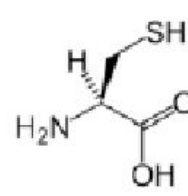
L-Arginine



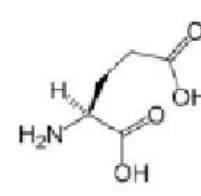
L-Asparagine



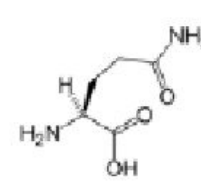
L-Aspartic Acid



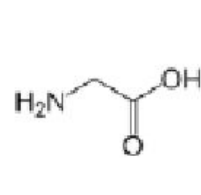
L-Cysteine



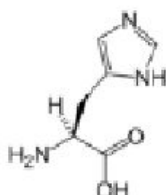
L-Glutamic acid



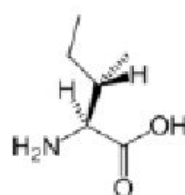
L-Glutamine



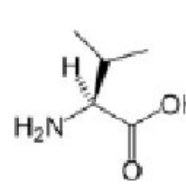
Glycine



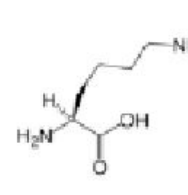
L-Histidine



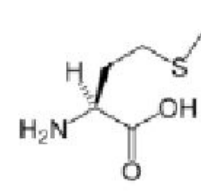
L-Isoleucine



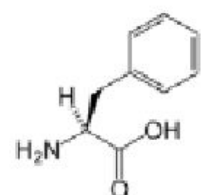
L-Leucine



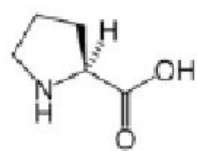
L-Lysine



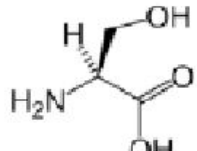
L-Methionine



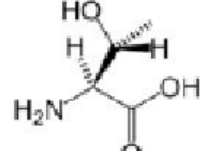
L-Phenylalanine



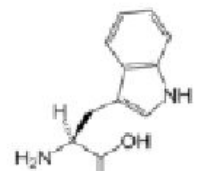
L-Proline



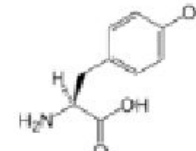
L-Serine



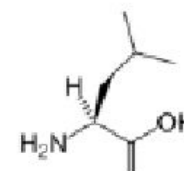
L-Threonine



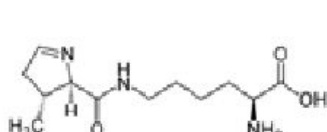
L-Tryptophan



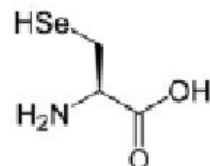
L-Tyrosine



L-Valine



L-Pyrrolysine



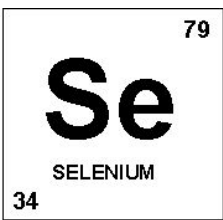
L-Selenocysteine

The 22 Amino Acids of  
Life on Earth



# Селеноцистеин и селен

Селеноцистеин синтезируется непосредственно на специальной тРНК и кодируется стоп-кодоном UGA. Он входит в состав ферментов оксидоредуктаз, которые играют важную роль в нейтрализации активных форм кислорода, которые способны повреждать многие клеточные структуры. Поэтому селен необходим для здоровья человека. Синтез селеноцистеина зависит от присутствия селена.

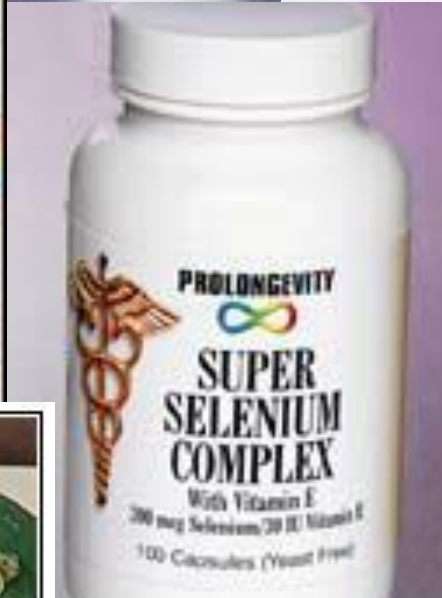
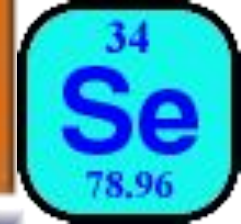


## *Недостаток селена может*

- Увеличить риск возникновения рака простаты, лёгких и толстого кишечника
- Вызвать нарушение репродуктивной функции
- Увеличить риск вирусных инфекций
- Способствовать развитию заболеваний сердца.

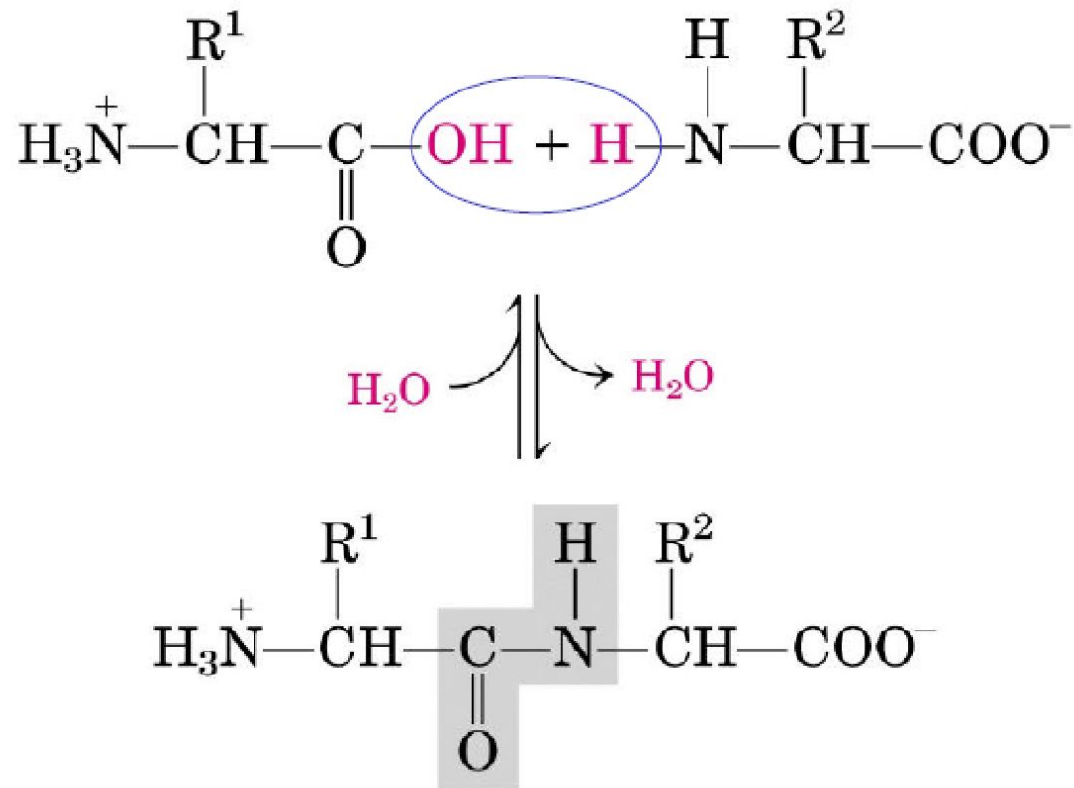


# SELENIUM



Продукты и препараты, содержащие селен

# Образование пептидной связи



# Незаменимые аминокислоты

Обязательно должны поступать в организм человека с пищей

- Лизин (LYS)
- Метионин (MET)
- Треонин (THR)
- Изолейцин (ILE)
- Лейцин (LEU)
- Валин (VAL)
- Триптофан (TRY)
- Фенилаланин (PHE)
- Аргинин (ARG)
- Гистидин (HIS)

Аргинин и гистидин могут синтезируются в организме человека и являются незаменимыми для детей.

# Заменяемые аминокислоты

- Глицин (GLY)
- Аланин (ALA)
- Серин (SER)
- Пролин (PRO)
- Цистеин (CYS)
- Тирозин (TYR)
- Глутаминовая кислота (GLU)
- Глутамин (GLN)
- Аспарагиновая кислота (ASP)
- Аспарагин (ASN)

# Образование заменимых аминокислот в клетках млекопитающих

Аминокислота	Как образуется
Аланин	Трансаминирование пирувата
Аспарагиновая кислота	Трансаминирование оксалоацетата
Аспарагин	Амидирование аспарагиновой кислоты
Цистеин	Транссульфурация метионина
Глутаминовая кислота	Аминирование $\alpha$ -кетоглутарата
Глутамин	Амидирование глутаминовой кислоты
Серин	Из гидроксипирувата
Глицин	Трансметиличрование серина
Пролин	Из глутамата или орнитина
Тирозин	Гидроксилирование фенилаланина



# **Аминокислотный состав суммарного белка различен у разных организмов и зависит от возраста.**

**Наиболее существенное различие в аминокислотном составе суммарного белка наблюдается у растений и животных. В растительных белках, как правило, существенно меньше незаменимых аминокислот, чем в белках человека и животных.**

**В связи с этим растительные корма животных для придания им большей питательной ценности балансируют, добавляя незаменимые аминокислоты, в первую очередь, лизин, метионин, треонин и триптофан.**

# Способы получения аминокислот

1. Гидролиз белоксодержащих субстратов
2. Химический синтез
3. Химико-энзиматический синтез
4. Микробиологический синтез

# 1. Гидролиз белоксодержащих субстратов

Аминокислоты получают в результате гидролиза белоксодержащих субстратов (ферментативный или кислотный гидролиз)

Белоксодержащие субстраты:

- Мясо
- Молоко (казеин)
- Семена бобовых культур (соя)

Кислотный гидролиз белка обычно приводит к образованию смеси из 18 L-аминокислот.

Недостатки метода:

- Дорогое сырьё
- Трудность выделения отдельных аминокислот из полученной смеси.

Метод используется в том случае, когда сырьё бросовое – (отходы производства).

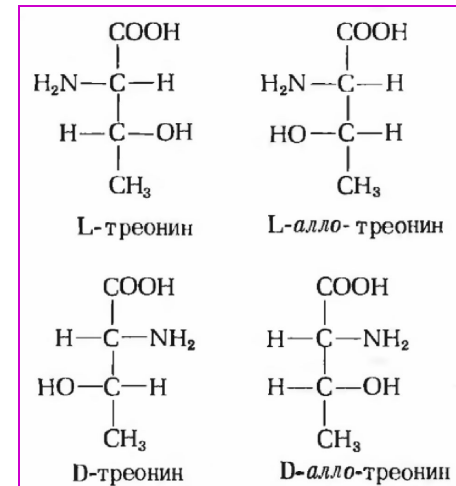
В Китае налажено производство **L-цистеина** (3000 т) из человеческого волоса.

## 2. Химический синтез

Аминокислоты синтезируются химически на основе определённых (не биогенных) соединений, обычно в несколько этапов.

Недостатки метода:

- Химический синтез требует дорогостоящего оборудования, осуществляется при высоких температурах и давлении.
- Исходные соединения могут быть токсичными или агрессивными, опасными для работающего персонала.
- В процессе производства образуются вредные отходы, загрязняющие окружающую среду.
- При химическом синтезе получают рацемическую смесь D,L-аминокислот. В случае некоторых аминокислот (например, треонина) синтезируется 4 изомера, из которых только один биологически активен.



Метод используется для синтеза не имеющих стереоизомеров **глицина** (аминоуксусной кислоты), а также метионина, поскольку в организме человека и животных D-метионин превращается с помощью фермента рацемазы в **L-метионин**.

### 3. Химико-энзиматический синтез

Синтез осуществляется в два этапа. На первом этапе получают предшественник аминокислоты, например карбоновую кислоту. На втором этапе это предшественник превращают с помощью ферментов микроорганизмов в соответствующую L-аминокислоту.

Недостатки метода:

- Первый этап – это химический синтез предшественника, со всеми особенностями этого метода.
- В ряде случаев синтез предшественника и его последующее превращение в аминокислоту являются трудоёмкими и дорогостоящими.

Метод используется для получения **L-аспарагиновой кислоты** из фумаровой кислоты и аммиака в присутствии фермента аспартазы. Источник фермента – иммобилизованные клетки бактерий, например, *Escherichia coli* или *Serratia marcescens*. Аналогичным образом из коричной кислоты в присутствии клеток дрожжей получают **L-фенилаланин**.

## 4. Микробиологический синтез

При прямом микробиологическом синтезе специально полученные бактерии-продуценты при росте на жидких средах простого состава потребляют источники углерода и азота, а взамен выделяют в среду целевую аминокислоту.

Преимущества метода:

- Микроорганизмы синтезируют биологически активные L-аминокислоты.
- Используется сравнительно простое оборудование.
- Используются возобновляемые сырьё и простые минеральные соли
- Отходы производства небольшие. Возможно организация безотходного экологически чистого процесса.
- Процесс биосинтеза осуществляется при невысоких температурах и производство не сопряжено с серьёзной опасностью для работающего персонала.

С помощью микробиологического синтеза сегодня получают многие заменимые и незаменимые аминокислоты: **глутаминовую кислоту, лизин, треонин, триптофан, аргинин, лейцин, изолейцин, валин, фенилаланин, пролин, серин.** В процессе разработки и продуценты других аминокислот.





# Микробиологический синтез

Бактерии способны синтезировать все 20 аминокислот. Но синтез каждой аминокислоты и её концентрация в клетках строго регулируется.

Регуляция осуществляется по механизму обратной связи с помощью:

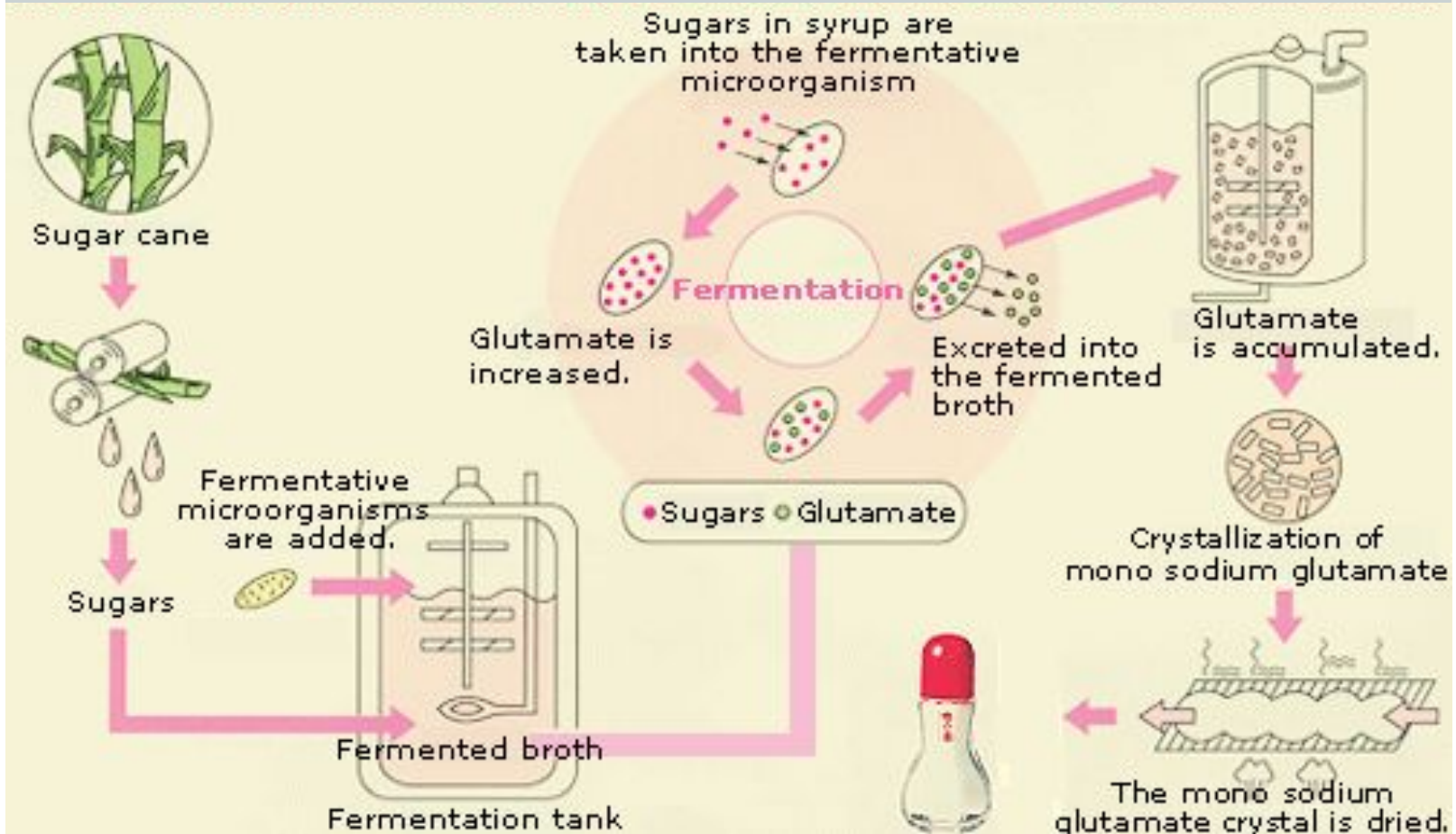
- ретроингибирования – подавления активности ключевого фермента одним конечным продуктом;
- совместного ретроингибирования – подавления активности ключевого фермента двумя или несколькими конечными продуктами;
- репрессии или аттенуации – подавления экспрессии генов (т.е. , в конечном итоге - синтеза ферментов), контролирующих данный биосинтетический путь;
- совместной репрессии или аттенуации;
- активацией или подавлением транспорта аминокислоты в клетку и из клетки.

Селекция регуляторных мутантов, у которых нарушен механизм ретроингибирования и репрессии является важным приёмом получения штаммов-продуцентов аминокислот. В некоторых случаях очень важно с самого начала активировать транспорт аминокислоты из клеток (экспорт аминокислоты).

# Микробиологический синтез

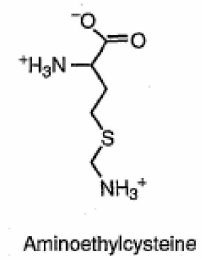
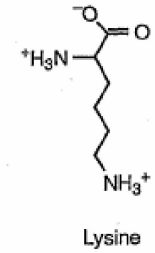
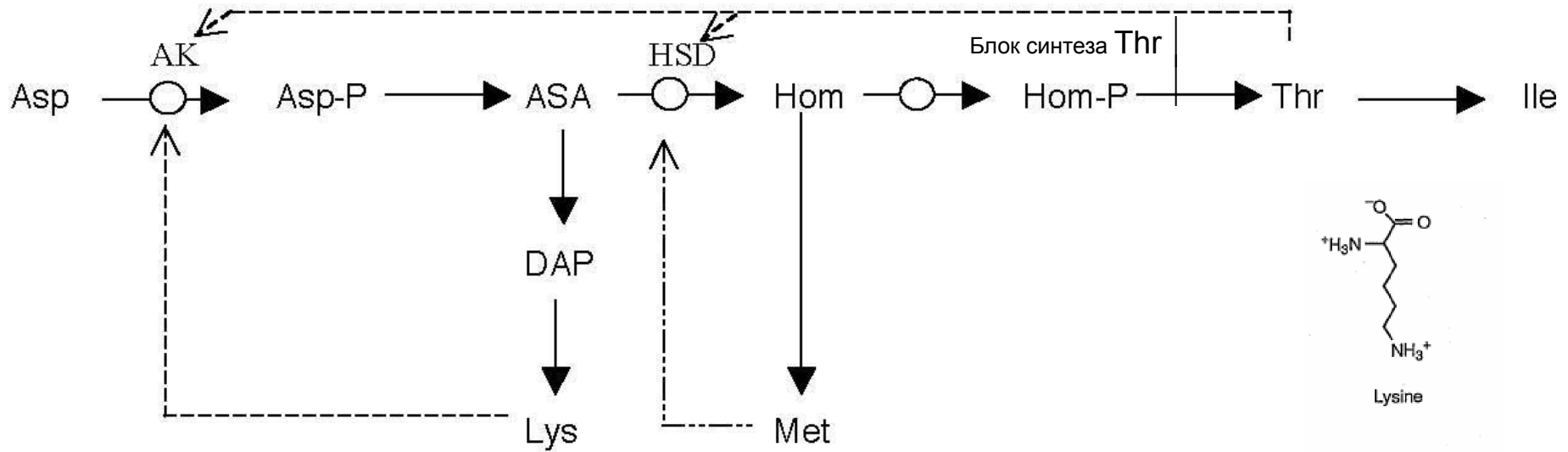
Первая аминокислота, которую стали получать на основе микроорганизмов – **глутаминовая кислота** (штамм-производитель - *Corynebacterium glutamicum*). Эта бактерия - природный ауксотроф по биотину. При культивировании в условиях дефицита биотина индуцируется активный выброс глутамата из клетки.

Схема получения глутамата натрия с помощью ферментации



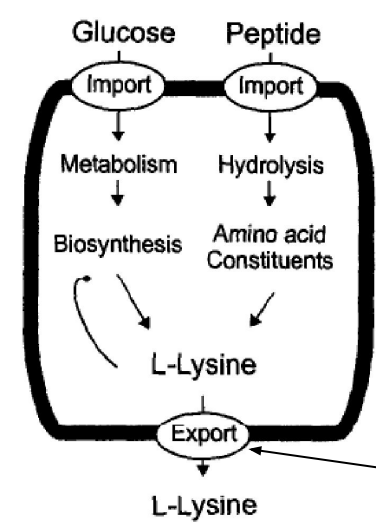
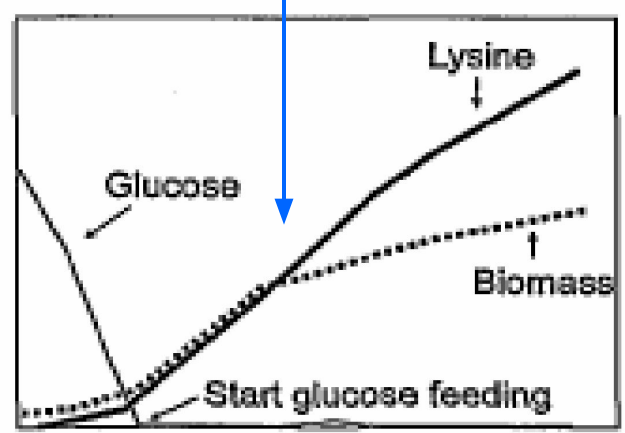
# Микробиологический синтез

Биосинтез **лизина** у *Cor. glutamicum* регулируется с помощью механизма совместного ингибирования Lys + Thr аспартаткиназы и Thr - гомосериндегидрогеназы. Для создания продуцента лизина вводят мутацию, блокирующую синтез Thr, или получают мутацию, нарушающую ретроингибирование. Такая мутация придаёт устойчивость к аналогу Lys.



Структура лизина и его аналога АЭЦ

Момент истощения треонина из среды

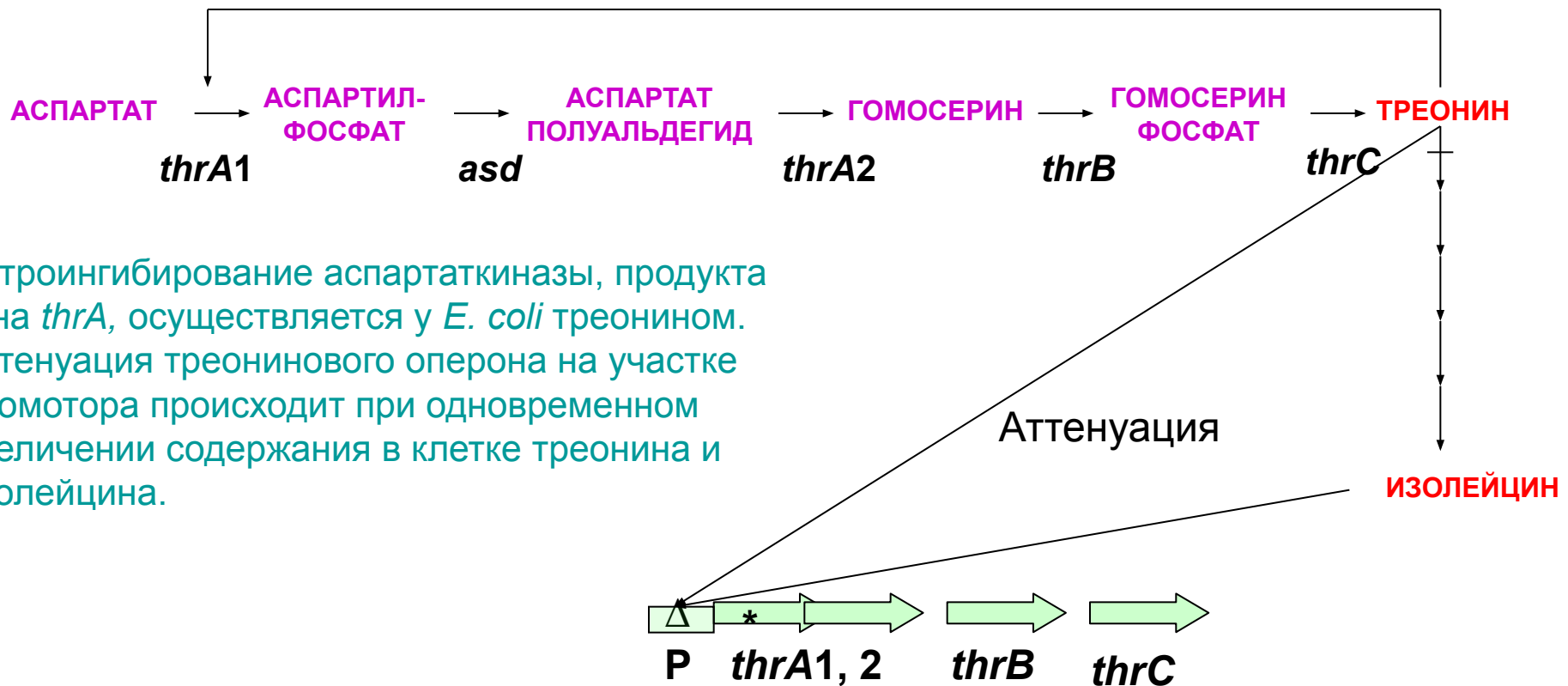


Экспортёр лизина

# Микробиологический синтез

## Регуляция биосинтеза треонина у *Escherichia coli*

Ретроингибирование



Ретроингибирование аспараткиназы, продукта гена *thrA*, осуществляется у *E. coli* треонином. Аттенуация треонинового оперона на участке промотора происходит при одновременном увеличении содержания в клетке треонина и изолейцина.

# Микробиологический синтез

## Получение продуцента треонина традиционными методами

Предварительные этапы получения продуцента треонина:	Продукция треонина
• исходный штамм <i>E. coli</i>	0,0
• селекция мутации устойчивости к аналогу (нарушающей ретроингибирование ключевого фермента)	0,5 г/л
• нарушение репрессии (аттенуации) <i>thr</i> -оперона (введением мутации, блокирующей синтез изолейцина)	5 г/л

В дальнейшем на основе полученного штамма впервые в мире с помощью метода рекомбинантных ДНК (генетической инженерии) был получен эффективный штамм-продуцент аминокислоты (треонина). С этой целью треониновый оперон (гены *thrA*, *thrB*, *thrC*) из этого штамма клонировали в мультিকопийный вектор и получили плазмидный продуцент. Это произошло во ВНИИ генетики и селекции промышленных микроорганизмов (СССР) в 1978 г .

# Микробиологический синтез

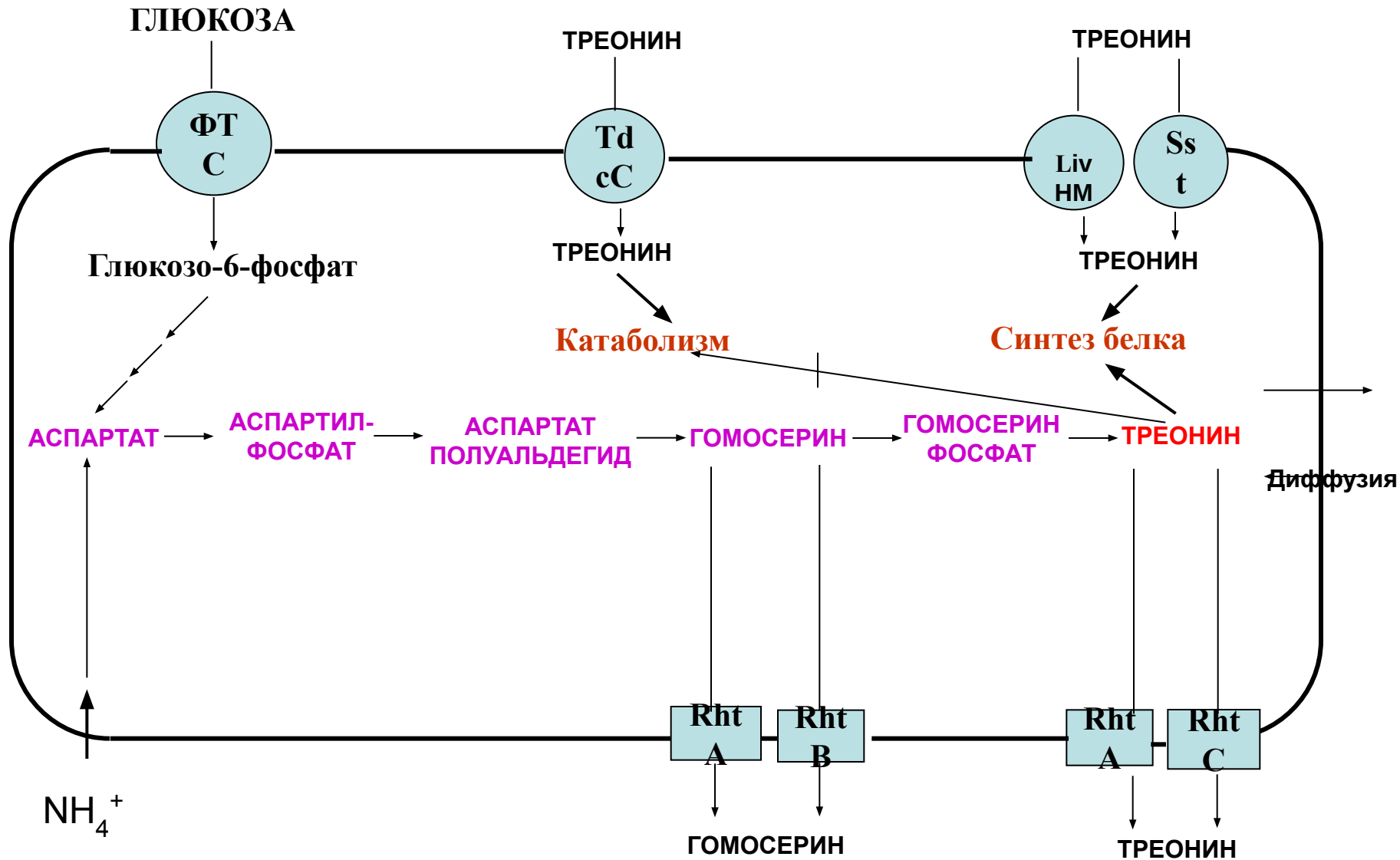
## Плазмидный штамм-продуцент треонина

- Треониновый оперон *E. coli*, несущий гены *thrA*, *thrB* и *thrC* с мутацией в гене *thrA*, был встроен в плазмиду pBR322.
- Полученную рекомбинантную плазмиду pYN7, которую ввели в клетки бесплазмидного продуцента, полученного ранее. В результате был создан первый рекомбинантный штамм-продуцент треонина.
- Хотя активность ферментов аспартаткиназы и гомосериндегидрогеназы в клетках этого штамма возросла в 20 раз, продукция треонина увеличилась всего в 6 раз – штамм накапливал более 30 г/л треонина. Тем не менее, это был рекордный для того времени результат.
- Важнейшую роль в дальнейшем улучшении штамма сыграло обнаружение гена (*rhtA*), кодирующего синтез белка-экспортёра треонина и гомосерина. Мутация *rhtA23*, повышающая уровень экспрессии этого гена, увеличила продукцию треонина в 2,5 раза.
- Кроме того, метаболизм штамма был изменён таким образом, что он перестал расщеплять треонин, в нём стало синтезироваться больше предшественника треонина – аспартата.

В настоящее время продуценты треонина, полученные на основе этого штамма, накапливают в среде более 100 г/л треонина, причём треонин составляет 96-98% от всех продуцируемых метаболитов



# Метаболизм и транспорт треонина у *Escherichia coli*



Усиление активного транспорта аминокислоты из клетки за счёт активации экспрессии соответствующих генов играет важную роль при создании промышленных штаммов-продуцентов аминокислот. Гены, контролирующие экспорт треонина, впервые описаны российскими учёными.

# Технология получения аминокислот микробиологическим методом

Для получения аминокислоты штамм-продуцент культивируют, т.е. выращивают в ферментёре. Процесс включает следующие этапы:

1. Приготовление питательных сред и добавок.
2. Подготовка ферментёров к работе.
3. Засев «посевного» ферментера и выращивание в нём посевного материала.
4. Засев ферментационной среды в рабочем ферментёре посевным материалом.
5. Процесс «ферментации» аминокислоты в ферментёре в условиях интенсивной аэрации и рН-статирования при дробной подаче источника углерода и азота.
5. По завершению «ферментации» отделяют биомассу (фильтрацией, сепарированием или центрифугированием на проточной центрифуге).
7. Выделение аминокислоты из культуральной жидкости обычно проводят методом ионного обмена на колоннах с ионообменной смолой.
8. Раствор, полученный после элюции водой с колонны, упаривают и отделяют выпавшие кристаллы.
9. После повторных прцедур перекристаллизаций и дополнительной очистки получают апирогенные препараты медицинского назначения.

# Лабораторные и промышленные ферментёры

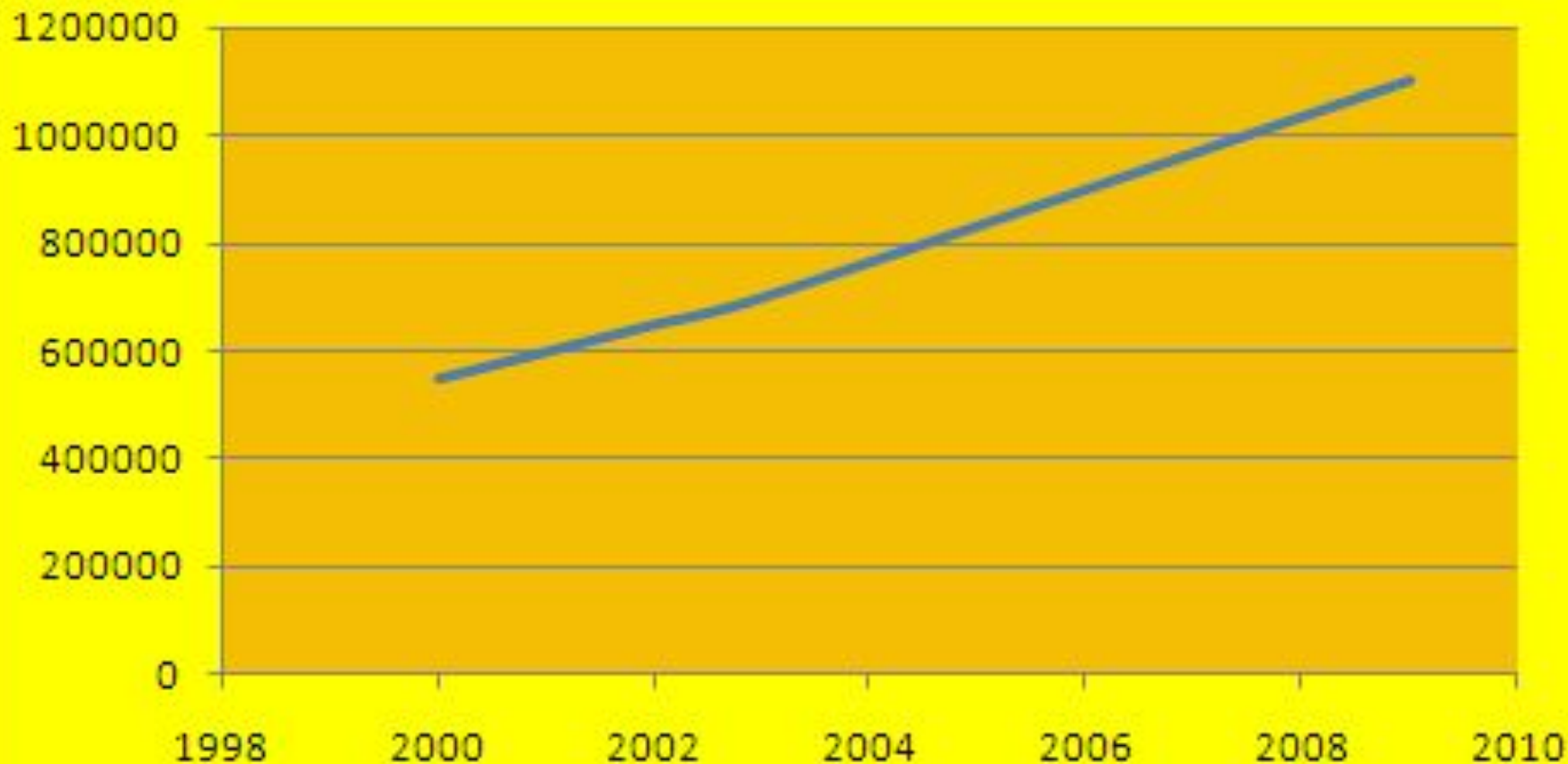


## Производство аминокислот в мире микробиологическим синтезом

Аминокислота	Произведено в 2002 году (т)	Произведено в 2006 году (т)	Основное применение
Глутаминовая кислота	~1 200 000	~ 1 5000 000	Усилитель вкуса (пищевая промышленность)
Лизин	~ 600 000	~ 850 000	Кормовая добавка (животноводство и птицеводство)
Треонин	~ 30 000	~ 70 000	Кормовая добавка(животноводство и птицеводство)
Фенилаланин	~ 10 000	~ 22 000 (без Китая)	Получение подсластителя аспартама (метилловый эфир L-аспартил-L-фенилаланина)
Триптофан	~ 500	~ 3 000	Кормовая добавка Фармацевтическое производство
Аргинин	~ 2000	~ 3000	Фармацевтическое производство
Лейцин Изолейцин Валин	~ 1000	~ 2000	Фармацевтическое производство

## Рост мирового производства лизина микробиологическим синтезом

### World L-Lysine Production. t/Year



# Применение аминокислот

Аминокислоты и аминокислот комплексы как самостоятельные лекарственные препараты и БАДы

Глицин

Глутаминовая кислота

Метионин

Цистеин

Гистидин

Триптофан

Аргинин

Орнитин

Лизин

Лейцин

Изолейцин

Валин

Глутамин

Фенилаланин

Серин



# Глицин

По современным данным глицин (Г), является центральным нейромедиатором тормозного типа действия. Обладает глицин- и ГАМК-ергическим, альфа1-адреноблокирующим, антиоксидантным, антитоксическим действием; регулирует деятельность глутаматных (NMDA) рецепторов. За счет этого Г способен: уменьшать психоэмоциональное напряжение, агрессивность, конфликтность, повышать социальную адаптацию; улучшать настроение; облегчать засыпание и нормализовать сон; повышать умственную работоспособность; уменьшать вегето-сосудистые расстройства (в т.ч. и в климактерическом периоде); уменьшать выраженность общемозговых расстройств при ишемическом инсульте и черепно-мозговой травме; уменьшать токсическое действие алкоголя и других лекарственных средств, угнетающих функцию ЦНС.

**Показания к применению:** сниженная умственная работоспособность. стрессовые ситуации – психоэмоциональное напряжение (в период экзаменов, конфликтных и т.п. ситуациях); девиантные формы поведения детей, подростков; различные функциональные и органические заболевания нервной системы сопровождающиеся повышенной возбудимостью, эмоциональной нестабильностью, снижением умственной работоспособности и нарушением сна (неврозы, неврозоподобные состояния и вегето-сосудистая дистония, последствия нейроинфекций и черепно-мозговой травмы, перинатальные и другие формы энцефалопатий, в т.ч. алкогольного генеза; ишемический инсульт.



# Метионин

Особая роль метионина (**М**) в обмене веществ связана с тем, что он содержит подвижную метильную группу (-CH<sub>3</sub>), которая может передаваться на другие соединения (реакции переметилирования). С способностью **М** отдавать метильную группу обусловлен его липотропный эффект (удаление из печени избытка жира). **М** способствует синтезу холина с недостаточным образованием которого связаны нарушение синтеза фосфолипидов из жиров и отложение в печени нейтрального жира. Липотропным свойством обладает также богатый **М** белок казеин (и содержащий его творог. **М** участвует в синтезе адреналина, креатина и других биологически важных соединений; активирует действие гормонов, витаминов (В<sub>12</sub>, аскорбиновой и фолиевой кислот), ферментов. Путем метилирования и транссульфирования, метионин обезвреживает токсичные продукты.

**Применяют М** для лечения и предупреждения заболеваний и токсических поражений печени (цирроз, поражения мышьяковистыми препаратами, хлороформом, бензолом и другими веществами), а также при хроническом алкоголизме, сахарном диабете и др. Эффект более выражен при жировой инфильтрации клеток печени. При вирусном гепатите применять **М** не рекомендуется. **М** назначают для лечения дистрофии, возникающей в результате белковой недостаточности у детей и взрослых после дизентерии и других хронических инфекциях. Введение метионина при атеросклерозе вызывает снижение содержания в крови холестерина и повышение уровня фосфолипидов. Коэффициент фосфолипиды/холестерин повышается.

# Глутаминовая кислота (глутамат)

**Глутамат (Г)** является нейромедиатором, стимулирует передачу возбуждения в синапсах ЦНС. Участвует в синтезе других аминокислот, ацетилхолина, АТФ, способствует переносу ионов калия, улучшает деятельность скелетной мускулатуры (является одним из компонентов миофибрилл). Оказывает дезинтоксикационное действие, способствует обезвреживанию и выведению из организма аммиака. Нормализует процессы гликолиза в тканях, оказывает гепатопротекторное действие, угнетает секреторную функцию желудка.

**Показания к применению:** Эпилепсия (преимущественно малые припадки с эквивалентами), шизофрения, психозы (соматогенные, интоксикационные, инволюционные), реактивные состояния, протекающие с явлениями истощения, депрессия, последствия менингита и энцефалита, токсическая нейропатия на фоне применения гидразидов изоникотиновой кислоты (в сочетании с тиамином и пиридоксином), печеночная кома. В педиатрии — задержка психического развития, церебральный паралич, последствия внутричерепной родовой травмы, болезнь Дауна, полиомиелит (острый и восстановительный периоды).

Входит в состав препаратов для профилактики стрессов (**Глутамевит** - содержит глутамат, витамин А, тиамин хлорид или тиамин бромид, рибофлавин, пиридоксин гидрохлорид, аскорбиновую кислоту, альфа-токоферол ацетат, никотинамид, фолиевую кислоту, рутин, кальция пантотенат, железа сульфат закисный, меди сульфат, калия сульфат, кальция фосфат)

# Препараты на основе цистеина

**Цистеин (Ц)** является заменимой аминокислотой; может синтезироваться в организме с использованием метионина. При отсутствии метионина или при нарушении превращения метионина в **Ц** недостаток этой кислоты может привести к нарушению обменных процессов в организме, в частности обмена веществ в хрусталике глаза, а изменения, происходящие при катаракте, связаны с нарушением концентрации этой аминокислоты в хрусталике. **Показания к применению:** Катаракта (в т.ч. возрастная, миопическая, лучевая, контузионная). В виде 2% раствора на дистиллированной воде для глазных ванночек. Электрофорез 5% водного раствора (с отрицательного полюса). Раствор готовят непосредственно перед применением на дистиллированной воде.

**Таурин (Т)**, образуется в в организме в процессе превращения цистеина.

**Т** стимулирует процессы репарации и регенерации при заболеваниях дистрофического характера и заболеваниях, сопровождающихся резким нарушением метаболизма глазных тканей. **Показания к применению :** Дистрофия роговицы; старческие, диабетические, травматические и лучевые катаракты; травмы роговицы; дистрофические поражения сетчатой оболочки глаза.

**Ацетилцистеин (АЦ)** обладает муколитическим, отхаркивающим, детоксицирующим действием. **Показания к применению :** Затрудненное отделение мокроты (бронхит, пневмония, бронхоэктатическая болезнь), бронхиальная астма, муковисцидоз легких, отиты, риниты, синуситы, осложнения при операциях на органах дыхания (профилактика), отравление парацетамолом (в качестве антидота).

# Применение аминокислот

## Смеси аминокислот для парэнтерального питания

- Аминокислоты являются основным источником азота для организма человека. Препараты для парэнтерального питания содержат различные смеси очищенных аминокислот.
- Адекватность аминокислотных смесей (биологическая ценность) оценивают по наличию и соотношению в их составе заменимых и незаменимых аминокислот. При этом оптимальными считают те синтетические аминокислотные смеси, которые содержат незаменимые и заменимые L-аминокислоты в тех же пропорциях, в каких они находятся в яичном белке.
- Значение биологической ценности выражается в процентах относительно состава цельного яичного белка (100%), что позволяет точно дифференцировать биологическую ценность аминокислотных смесей.
- Включение всех 20 аминокислот (8 незаменимых и 12 заменимых) обеспечивает поддержание аминокислотного гомеостаза в крови уже во время введения препарата, снимает дополнительную нагрузку на организм, связанную с необходимостью синтезировать заменимые аминокислоты в условиях стресса, исключает снижение скорости синтеза белка из-за недостатка той или иной аминокислоты.

## Характеристики некоторых препаратов для парэнтерального питания, наиболее часто используемых в России

<b>Наименование препарата</b>	<b>Количество аминокислот</b>	<b>Аминокислоты, г/л</b>	<b>Углеводы, г/л</b>	<b>Биологическая ценность, %</b>
<b>Полиамин</b>	<b>13</b>	<b>80</b>	<b>50 сорбит</b>	<b>56</b>
<b>Вамин</b>	<b>18</b>	<b>60</b>	<b>100 глюкоза</b>	<b>78</b>
<b>Аминосол КЕ</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>61</b>
<b>Аминосол 600</b>	<b>14</b>	<b>50</b>	<b>100 сорбит</b>	<b>52</b>
<b>Инфезол 40</b>	<b>14</b>	<b>40</b>	<b>50 ксилит</b>	<b>61</b>
<b>Аминоплазмаль СЕ 10</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>100 сорбит</b>	<b>87</b>

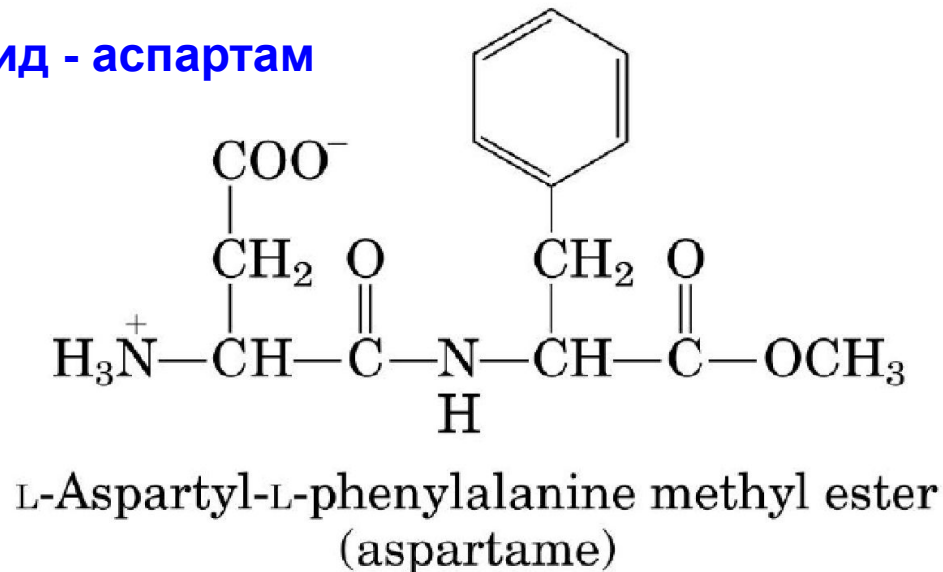
# Применение аминокислот

## СИНТЕЗ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ПЕПТИДОВ

Чистые аминокислоты – исходные субстраты для синтеза биологически активных пептидов, которые играют важную роль в регуляции функций различных органов и систем организма человека.

Кроме того, некоторые пептиды нашли применение в пищевой промышленности. Например, сладкий дипептид аспартам (метилловый эфир аспартил-фенилаланина)

### Сладкий дипептид - аспартам



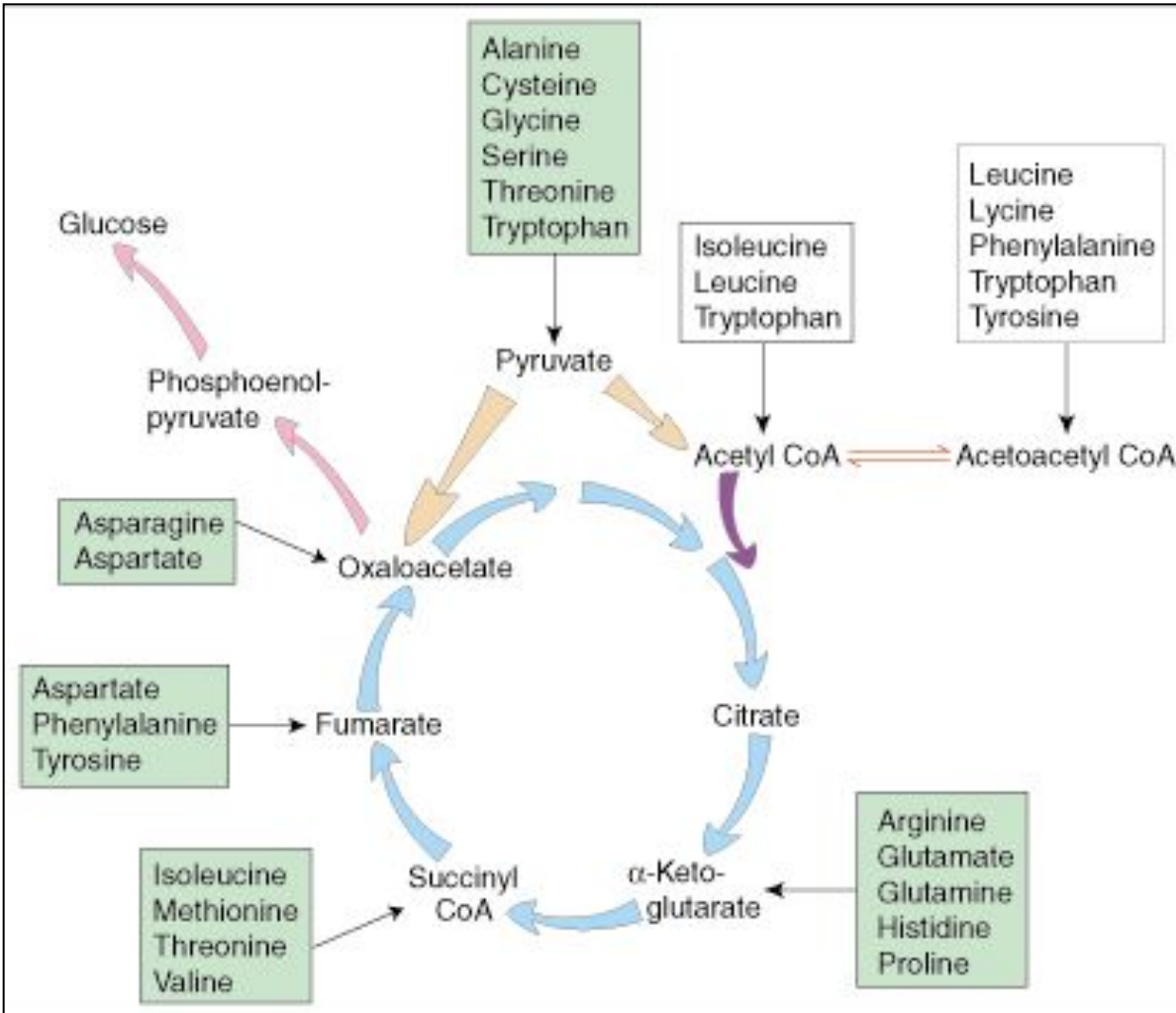
# Применение аминокислот

**Важная область применения аминокислот - диетология.**

- **Аминокислоты используют для придания большей питательной ценности пище на основе растительных продуктов**
- **Аминокислоты используют в качестве БАДов и в специальных диетах для спортсменов и лиц, которые испытывают большие физические нагрузки.**
- **Аминокислоты используют в приготовлении так наз. «синтетической пищи» для больных с наследственными дефектами метаболизма аминокислот.**



# Деградация аминокислот до интеримедиатов ЦТК и глюконеогенез



Поступающие с пищей, но не используемые для синтеза белка аминокислоты разрушаются и усваиваются как интермедиаты цикла трикарбоновых кислот, участвуют в глюконеогенезе (образовании глюкозы).

# Некоторые генетические нарушения обмена аминокислот у человека

Заболевание	Частота (на 100000 новорожденных)	Нарушенный процесс	Симптомы и последствия
Альбинизм	<3	Синтез меланина из тирозина	Отсутствие пигментации, светлые волосы, розовый цвет кожи
Алькаптонурия	<0,4	Деградация тирозина	Темный пигмент в моче, поздно развивающийся артрит
Аргининемия	<0,5	Синтез мочевины	Задержка умственного развития
Гомоцистеинемия	<0,5	Деградация метионина	Неправильное развитие костей, задержка умственного развития
Болезнь кленового сиропа (лейциноз)	<0,4	Деградация лейцина, изолейцина и валина	Рвота, судороги, задержка умств. развития, ранняя смерть
Фенилкетонурия	<8	Превращение фенилаланина в тирозин	Рвота новорожденных, задержка умственного развития

**Больные с наследственными дефектами метаболизма аминокислот нуждаются в специальной диете с ограниченным содержанием аминокислоты, обмен которой нарушен.**

# Применение аминокислот

## БАДы на основе аминокислот



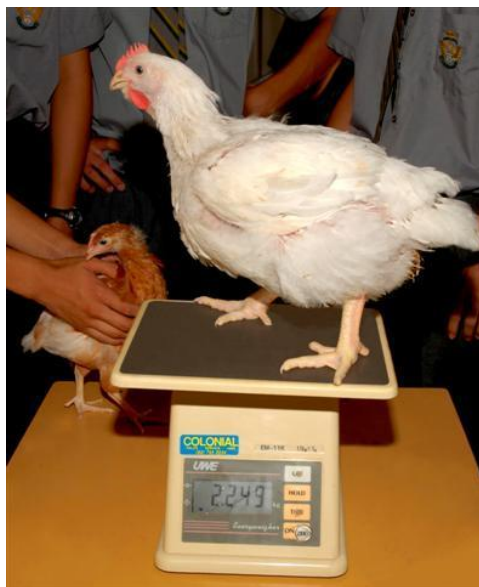
# Применение аминокислот

## БАДы на основе аминокислот





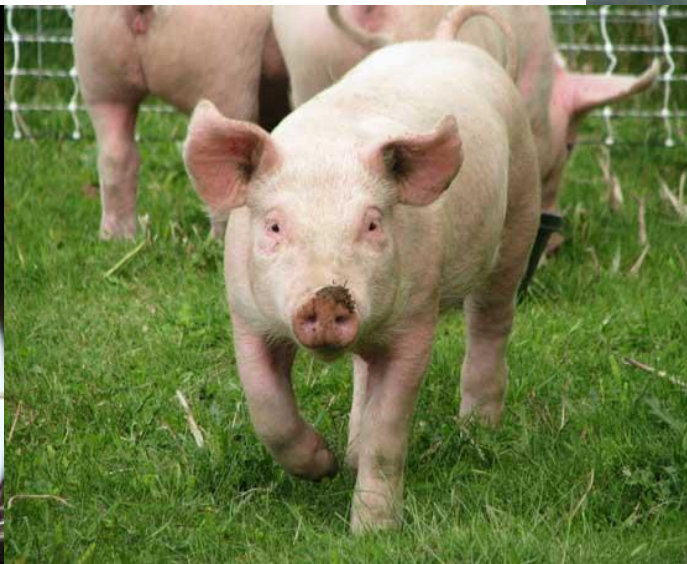
# В животноводстве и птицеводстве незаменимые аминокислоты используют для балансировки кормов при получении «скороспелого мяса».



Возраст: 38 дней.  
Вес: 2,25 кг.

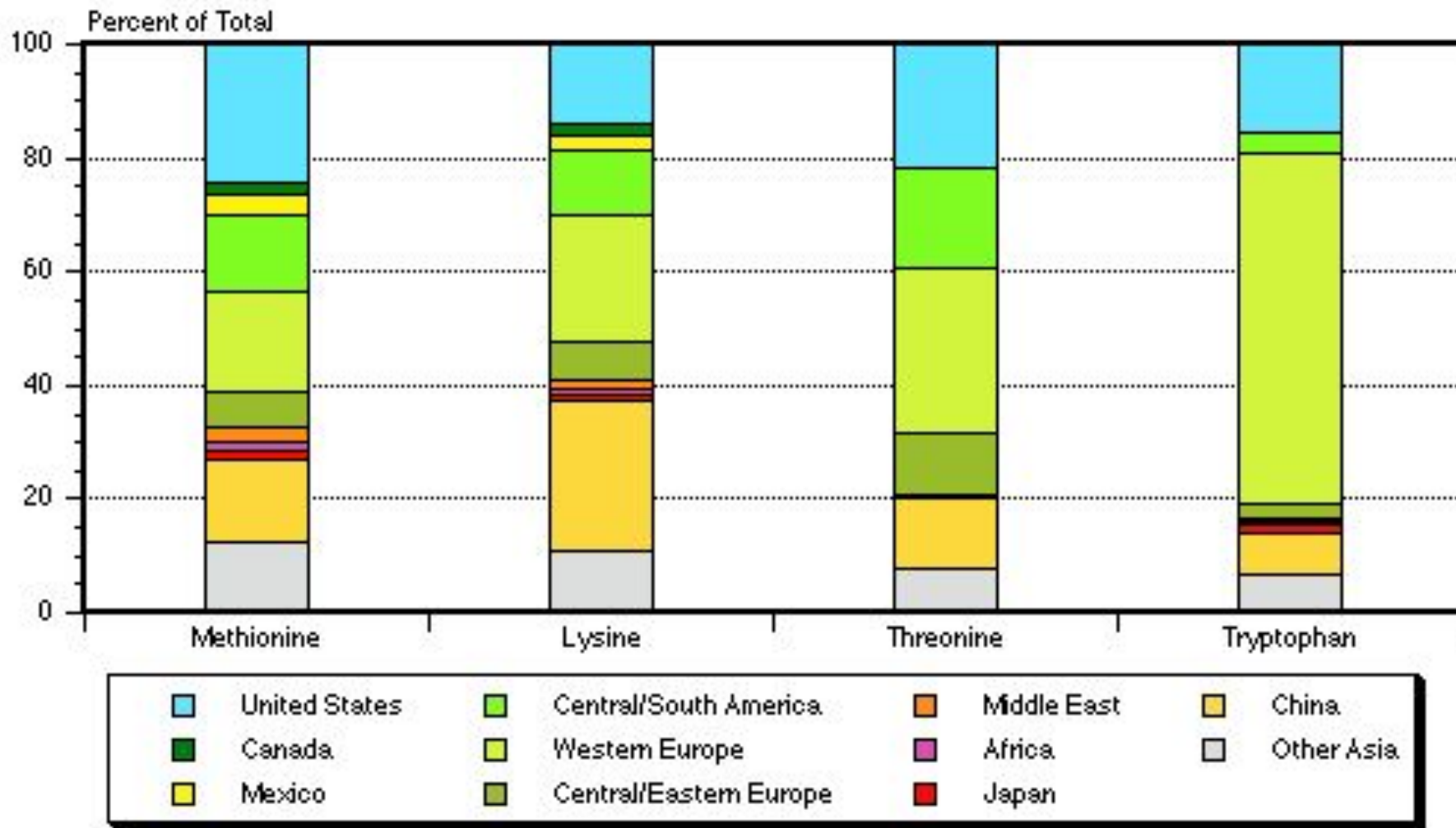


**В животноводстве и птицеводстве незаменимые аминокислоты используют для балансировки кормов при получении «скороспелого мяса».**



# Применение аминокислот в разных странах

World Consumption of Major Amino Acids—2008



Собственное биотехнологическое производство аминокислот в России отсутствует .  
В 2010 г. в страну было импортировано около 50000 т лизина и 5000 т треонина.