

Управление по принципу обратной связи в гомеостазе

2026

Куба Ирина Анатольевна,
учитель биологии
МОБУ Лицей № 95 г. Сочи имени
К.Э. Циолковского



**«Постоянство внутренней
среды — залог свободной и
независимой жизни»**

Клод Бернар

Организм – целостная биологическая система, состоящая из структурно и функционально взаимосвязанных частей, совершающих непрерывную работу по поддержанию относительного постоянства его организации и свойств (гомеостаза), что служит необходимым условием его существования.

Общий принцип гомеостатической реакции (по П.К. Анохину: «Теория функциональных систем»):

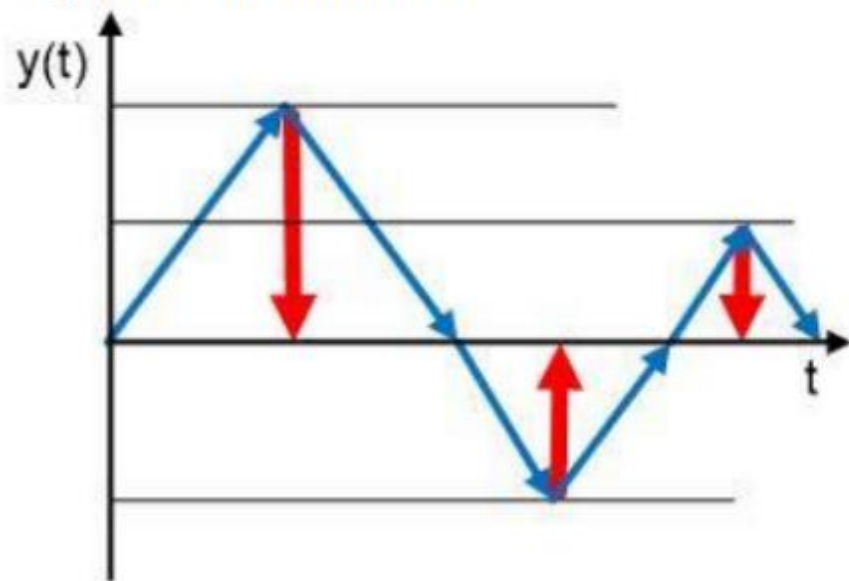
отклонение от исходного уровня → сигнал → включение регуляторных механизмов по принципу обратной связи → коррекция изменения (нормализация).



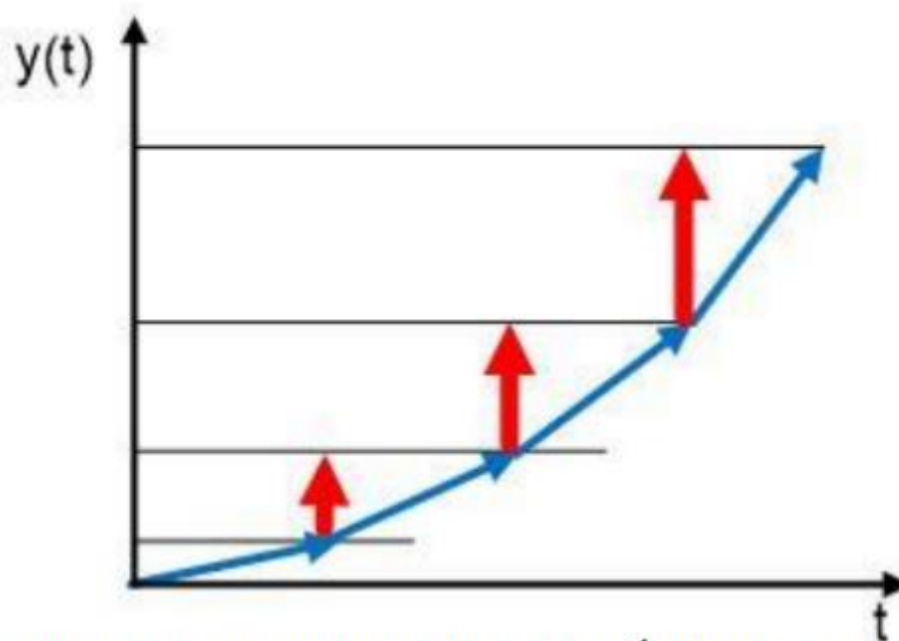
В биологии обратная связь — это способ, с помощью которого организм регулирует свои процессы, отслеживая результат и корректируя дальнейшие действия.

Механизмы поддержания гомеостаза: обратная связь

Отрицательная обратная связь, выражающаяся в реакции, при которой система отвечает так, чтобы изменить направление изменения на противоположное.

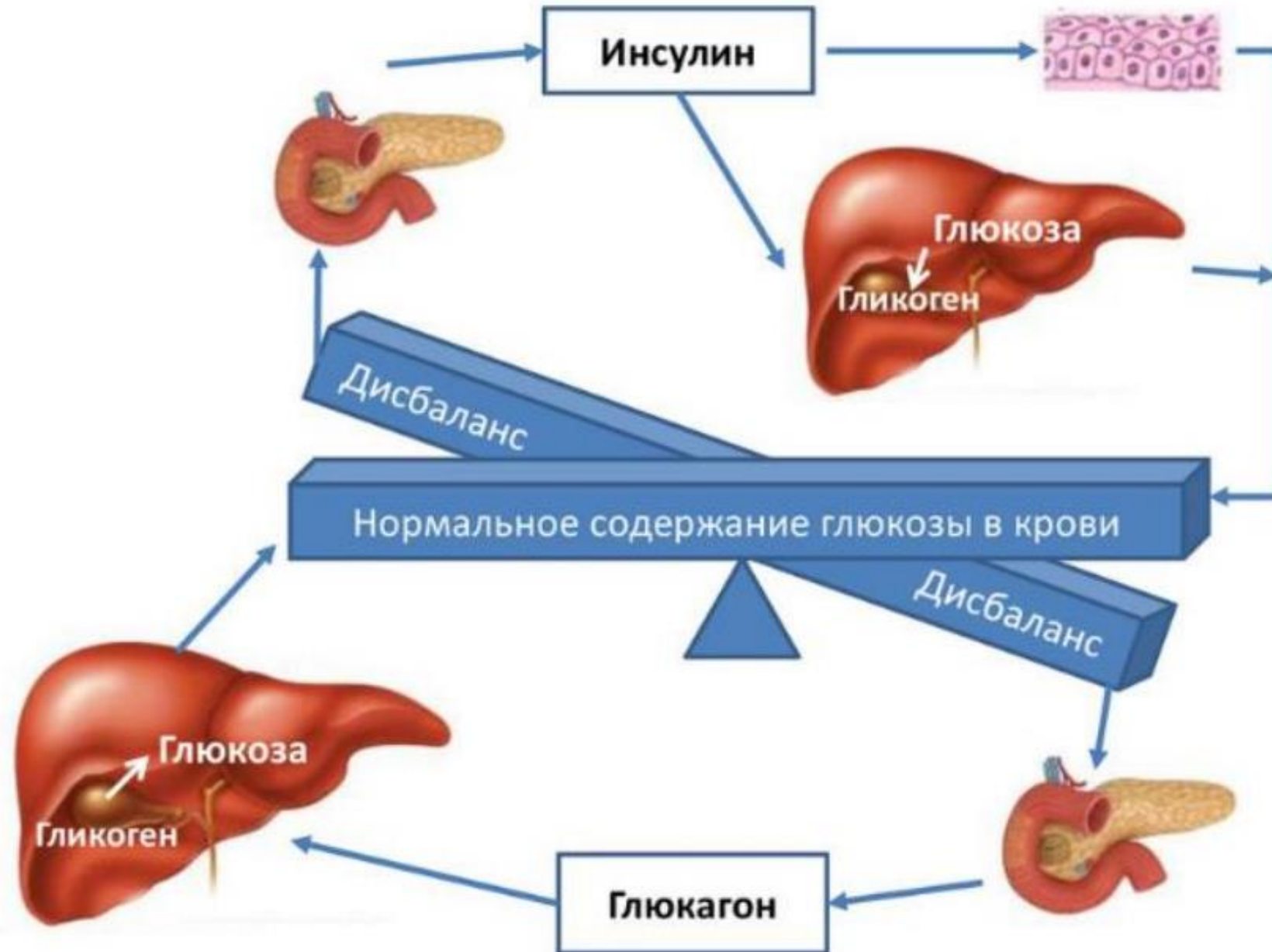


Положительная обратная связь, которая выражается в усилении изменения переменной. Положительная обратная связь реже встречается в естественных системах.



обычно используется не для поддержания баланса, а для очень быстрых, "взрывных" процессов, для быстрого завершения какого-либо процесса или для резкого перехода системы в новое состояние

Отрицательная обратная связь



Поджелудочная железа

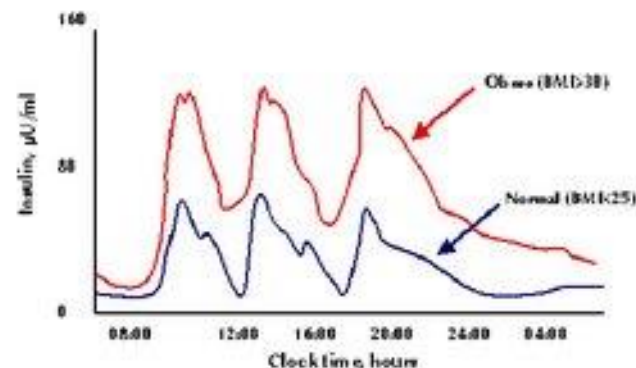
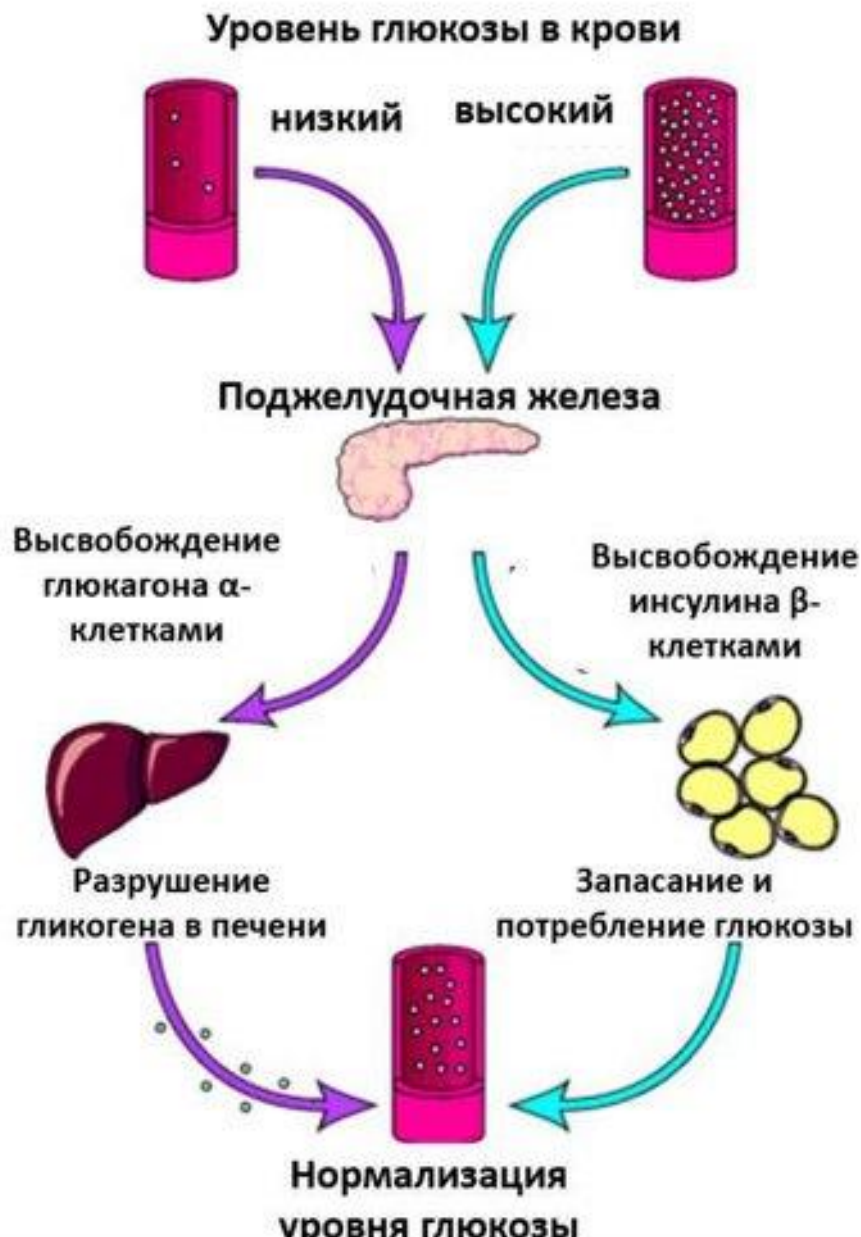
Регуляция уровня глюкозы в крови

После приема пищи

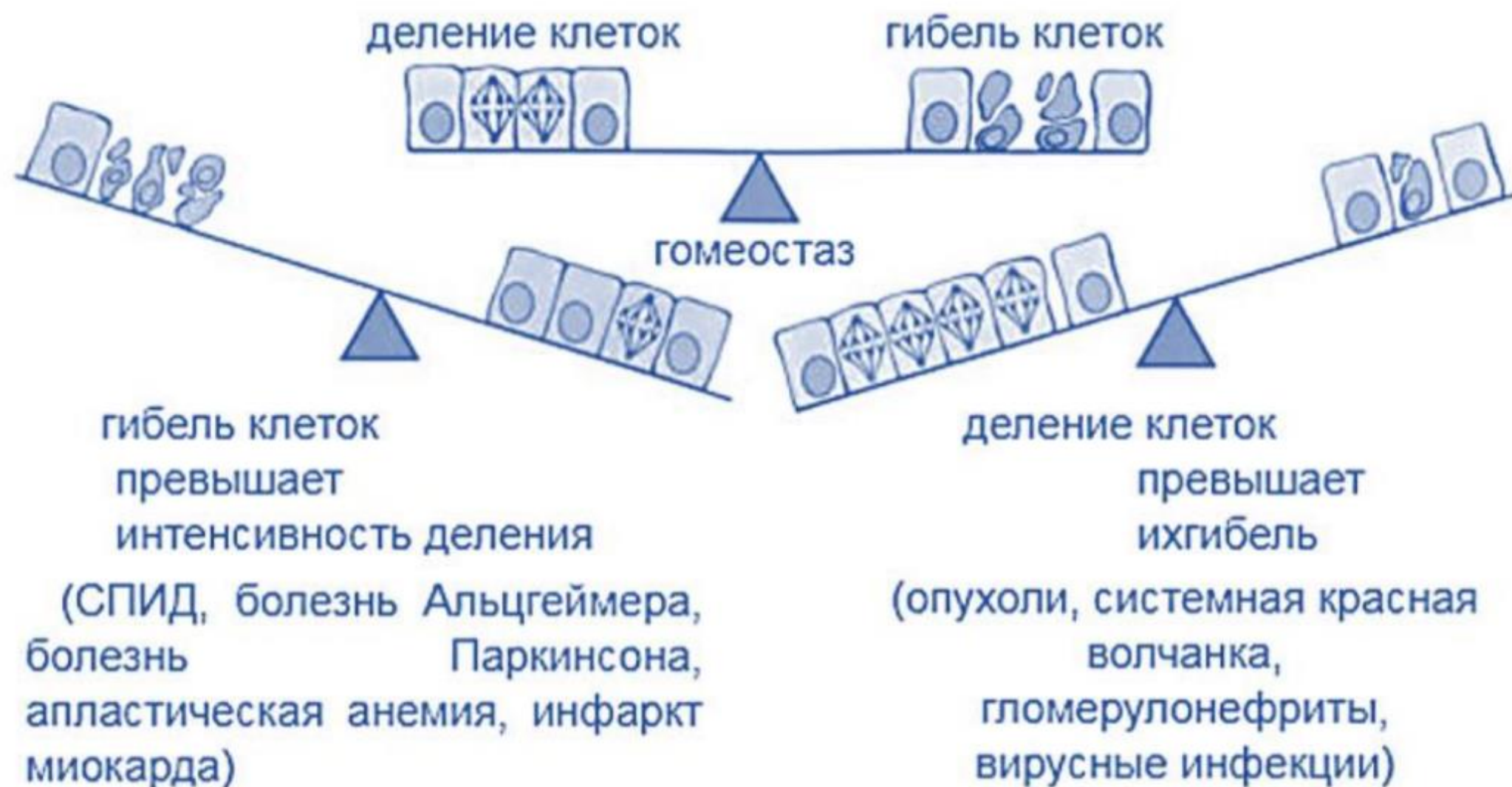
1. Повышение уровня глюкозы в крови
2. Активация β -клеток островков Лангерганса
3. Выброс инсулина
4. Потребление глюкозы инсулинзависимыми тканями
5. Нормализация уровня глюкозы в крови

При голодании

1. Снижение уровня глюкозы в крови
2. Активация α -клеток островков Лангерганса
3. Выброс глюкагона
4. Разрушение гликогена в печени
5. Нормализация уровня глюкозы в крови



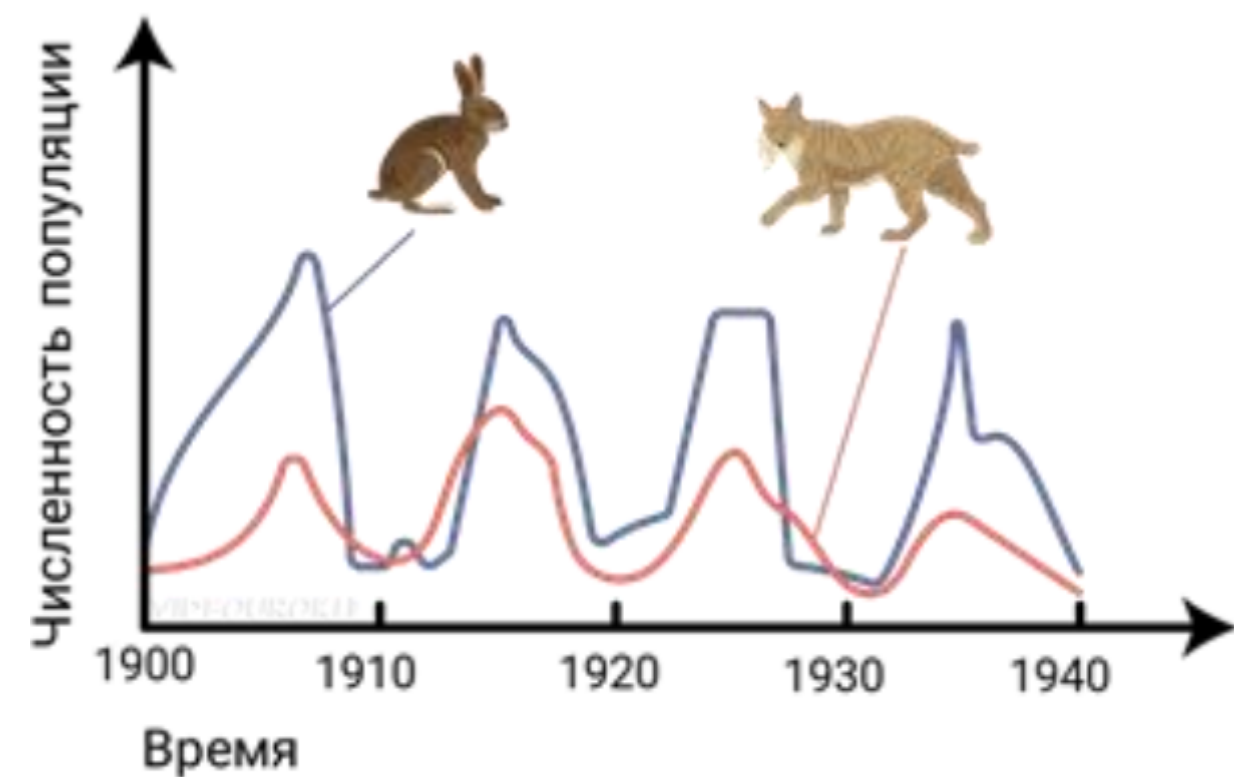
Отрицательная обратная связь



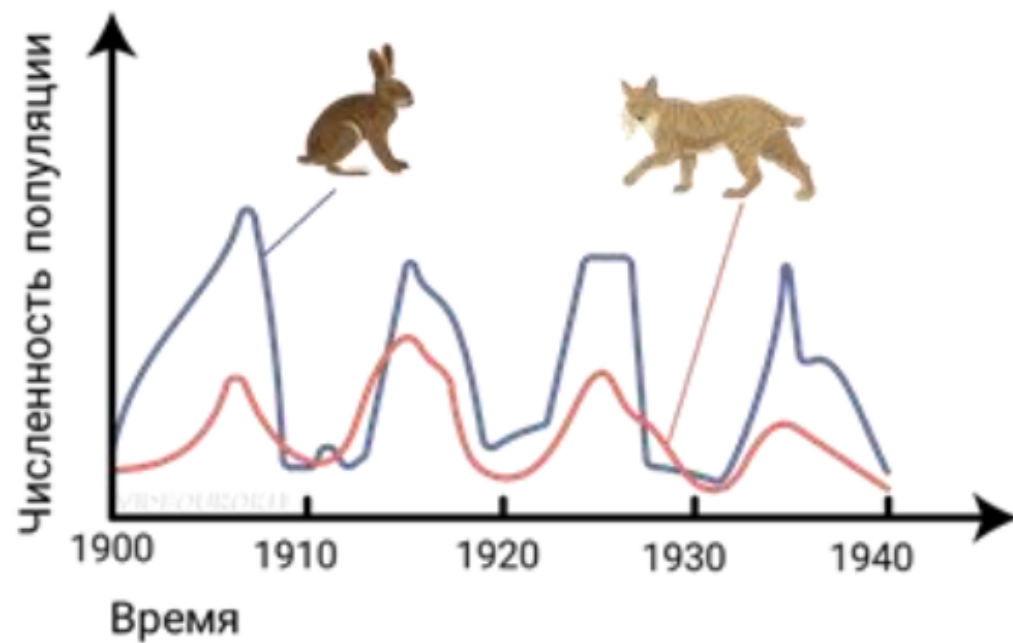
Отрицательная обратная связь



Отрицательная обратная связь



Циклы "Хищник-Жертва"
(например, рыси и зайцы-беляки
в канадской тайге)
— классический пример ООС
с запаздыванием.
Именно это запаздывание и
создает знаменитые
популяционные волны.



Тип обратной связи определяется не промежуточным шагом, а финальным результатом контура.

В механике систем это работает так:

Если мы перемножим знаки всех звеньев в цепочке, мы получим тип обратной связи.

Жертв стало больше ---> Хищников стало больше (это Плюс).

Хищников стало больше ---> Жертв стало меньше (это Минус).

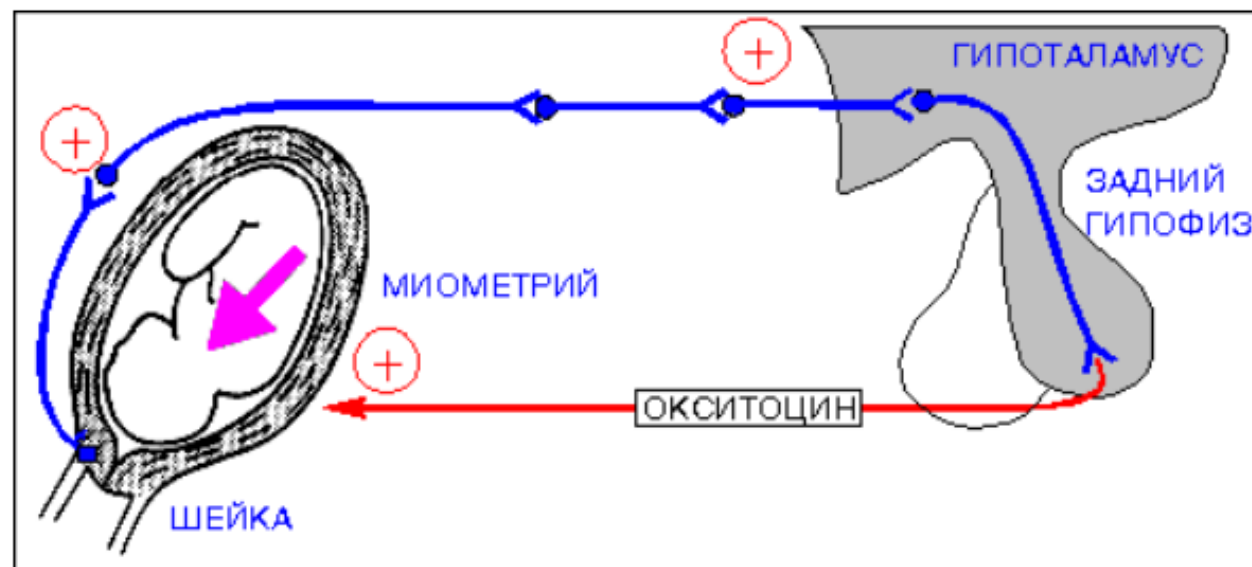
Итог: Плюс на Минус дает Минус. Система стремится погасить первоначальный всплеск.

Поэтому это Отрицательная Обратная Связь (ООС).

объяснил понятно Владимир Кузьмин)

Положительная обратная связь

Рефлекс Фергюсона



Во время родов сокращение стенок матки, через механорецепторы в них, стимулирует области в гипоталамусе выделять в кровь окситоцин. Повышение концентрации окситоцина усиливает амплитуду и частоту сокращения стенок матки. Что ещё больше усиливает выделение окситоцина. Таким образом обеспечивается выталкивание плода. Кроме того, по ходу беременности по принципу положительной обратной связи изменяется фоновая концентрация окситоцина в крови матери и чувствительность стенок матки к нему (за счёт увеличения числа рецепторов к окситоцину на поверхности миоцитов).

Положительная обратная связь



Примером положительной обратной связи в географии может служить рост покровного оледенения. Увеличение площади оледенения приводит к возрастанию альбедо поверхности, что приводит к уменьшению количества солнечной радиации, поглощаемой поверхностью, что приводит к понижению её температуры, что приводит к дальнейшему росту ледника.

Принцип обратной связи встречается в следующих типах заданий ЕГЭ по биологии:

- **Задания на нейрогуморальную регуляцию (линия 22, 23, 25):** примеры — регуляция секреции тиреотропного гормона (ТТГ) и тироксина, контроль уровня глюкозы инсулином/глюкагоном; требуется описать механизм: $\uparrow$ гормона $\rightarrow$ $\downarrow$ стимуляции железы.

Задания по экологии (линия 17, 18, 26): регуляция численности популяции через плотность-зависимые факторы (конкуренция, хищничество) — $\uparrow$ плотность $\rightarrow$ $\downarrow$ рождаемость/ $\uparrow$ смертность.

Задания по молекулярной биологии (линия 27): регуляция экспрессии генов по типу лактозного оперона: $\uparrow$ лактозы $\rightarrow$ активация транскрипции; $\uparrow$ конечного продукта $\rightarrow$ репрессия синтеза ферментов.

«Известно, что после приёма пищи уровень глюкозы в крови повышается. Опишите, как организм возвращает его к норме, и назовите тип обратной связи, который при этом работает».

- 1. Стимул.** После еды глюкоза из пищи всасывается в кровь, её концентрация растёт.
- 2. Ответ системы.** Повышенный уровень глюкозы воспринимается бета-клетками островков Лангерганса поджелудочной железы. В ответ они секретируют **инсулин**.
- 3. Эффект инсулина.** Гормон усиливает транспорт глюкозы из крови в клетки (особенно мышечные и жировые), а также стимулирует в печени превращение глюкозы в гликоген (гликогенез) — то есть запасание. В результате уровень глюкозы в крови снижается.

Обратная связь. Когда концентрация глюкозы возвращается к норме, сигнал к поджелудочной железе ослабевает — секреция инсулина тормозится. Это и есть отрицательная обратная связь: конечный результат работы системы (нормальный уровень сахара) подавляет дальнейший запуск этой работы

«повышение глюкозы → сигнал → выделение инсулина → снижение глюкозы → торможение выделения»

«В организме человека уровень тироксина (Т4) в крови поддерживается в узких пределах. Объясните, как это происходит с участием гипоталамуса, гипофиза и щитовидной железы. Укажите тип обратной связи и её биологический смысл»

Шаблон развёрнутого ответа

- 1. Исходный стимул.** Если уровень тироксина в крови падает ниже нормы (например, из-за нехватки йода или повышенной нагрузки), гипоталамус выделяет **тиреолиберин (ТРГ)**.
- 2. Цепная реакция.** ТРГ стимулирует переднюю долю гипофиза выделять **тиреотропный гормон (ТТГ)**. ТТГ действует на щитовидную железу и усиливает синтез и секрецию тироксина.
- 3. Результат.** Концентрация тироксина в крови растёт.
- 4. Обратная связь.** Повышенный уровень тироксина подавляет выделение ТРГ в гипоталамусе и ТТГ в гипофизе. То есть конечный продукт (тироксин) тормозит начальные звенья цепи.
- 5. Биологический смысл.** Так система удерживает уровень гормона в узком диапазоне: если гормона мало — его начинают производить активнее; если достаточно или много — производство снижают. Это и есть **отрицательная обратная связь**.

Как это связать с критериями ЕГЭ

Чтобы получить максимум баллов, в ответе важно:

- **Назвать тип связи.** Прямо написать: «это пример отрицательной обратной связи».
- **Показать причинно-следственную цепочку.** Не просто перечислить органы, а связать их: «снижение тироксина → рост ТРГ → рост ТТГ → рост тироксина → подавление ТРГ и ТТГ».
- **Указать биологический смысл.** Например: «механизм обеспечивает гомеостаз и предотвращает как дефицит, так и избыток гормона, что критично для обмена веществ и работы нервной системы».

Почему этот пример хорош для экзамена

- Он охватывает сразу несколько тем: эндокринная система, нейрогуморальная регуляция, гомеостаз, механизмы обратной связи.
 - В нём чётко видна **многоуровневая регуляция** (гипоталамус → гипофиз → железа-мишень) и **обратная связь** на двух уровнях: тироксин тормозит и гипоталамус, и гипофиз.
 - Его легко адаптировать под разные формулировки заданий: от «объясните механизм» до «проанализируйте эксперимент» (например, если в условии дают данные по уровням ТТГ и Т4 при разных состояниях).
- «Тироксин работает по принципу отрицательной обратной связи: низкий Т4 → растёт ТТГ → растёт Т4 → высокий Т4 тормозит ТТГ и ТРГ → уровень стабилизируется».**

Положительная обратная связь — это когда результат процесса **усиливает** сам процесс, а не останавливает его (в отличие от отрицательной). В родах это нужно, чтобы довести процесс до логического завершения — появления ребёнка.

Как это работает (шаговая цепочка для развёрнутого ответа)

- 1. Стимул.** Головка плода давит на шейку матки, происходит её растяжение.
- 2. Рецепторы и сигнал.** Растяжение улавливают механорецепторы шейки матки. По нервным путям сигнал идёт в гипоталамус головного мозга.
- 3. Выделение гормона.** Гипоталамус стимулирует заднюю долю гипофиза выделять **окситоцин**.
- 4. Эффект.** Окситоцин с кровью попадает в матку и усиливает её сокращения.
- 5. Усиление стимула.** Более сильные сокращения ещё сильнее давят на шейку матки и ещё больше её растягивают.
- 6. Замкнутый круг (положительная связь).** Больше растяжение → больше окситоцина → сильнее сокращения → ещё большее растяжение. Цикл многократно усиливается.
- 7. Завершение.** Процесс останавливается не из-за нарастания эффекта, а потому что исчезает сам стимул: ребёнок рождается, давление на шейку матки прекращается, растяжения нет — выброс окситоцина больше не запускается.

- **Свёртывание крови.** При повреждении сосуда активируются факторы свёртывания, и каждый из них активирует следующие. В итоге образуется тромб. Процесс нарастает лавинообразно, пока дефект не будет закрыт.
- **Генерация нервного импульса (потенциала действия).** Небольшое поступление ионов натрия в клетку меняет мембранный потенциал, что открывает ещё больше натриевых каналов. Это приводит к быстрому и мощному входу натрия — возникает потенциал действия.

Какие ошибки встречаются

Часто баллы теряют из-за таких моментов:

- **Путаница в терминах.** Например, смешивают «гомеостаз» (постоянство внутренней среды) и «саморегуляцию» (более широкое понятие, включающее и другие механизмы устойчивости системы).
- **Непонимание логики обратной связи.** В заданиях просят объяснить цепочку: изменение параметра → сигнал → реакция системы → возврат к норме. Ученики пропускают звенья или неверно определяют, какой элемент является датчиком, а какой — исполнительным органом.
- **Ошибки в конкретных примерах.** Например, неверно указывают, какой гормон повышает уровень глюкозы, а какой понижает, или путают, какой отдел мозга за что отвечает в регуляции.
- **Сложности с анализом графиков и схем.** В ЕГЭ часто встречаются задания, где нужно по графику изменения параметра сделать вывод о типе обратной связи и назвать задействованные звенья.
- **Неумение устанавливать причинно-следственные связи.** Например, не видят, как изменение одного параметра (концентрации гормона) влияет на работу другого органа.

Стратегии повторения

Чтобы уверенно чувствовать себя на экзамене, советую такой подход:

- **Начните с базы.** Сначала чётко усвойте определения: гомеостаз, обратная связь (отрицательная и положительная), регулятор, эффектор, датчик. Отрицательная обратная связь стабилизирует систему (например, снижение уровня глюкозы → выброс глюкагона → рост глюкозы), а положительная усиливает отклонение (например, выброс окситоцина при родах).
- **Разбирайте конкретные кейсы.** Не просто заучивайте, а проговаривайте цепочки. Например: «При повышении CO_2 в крови возбуждается дыхательный центр → усиливается вентиляция лёгких → CO_2 снижается». Или: «Высокий уровень кортизола подавляет выработку АКТГ гипофизом» (отрицательная обратная связь).
- **Рисуйте схемы.** Визуализация помогает увидеть все звенья цепи. Попробуйте нарисовать схему регуляции какого-либо параметра и подписать функции каждого элемента.
- **Тренируйтесь на заданиях ЕГЭ.** Решайте варианты, уделяя особое внимание линиям, где встречаются развёрнутые ответы (часть 2) и работа с графиками. После каждого задания анализируйте ошибку: почему цепочка разорвалась?
- **Противопоставляйте понятия.** Например, сравните, как нервная и эндокринная системы решают одну задачу (регуляция уровня сахара) — это поможет увидеть различия в скорости и механизме действия.
- **Повторяйте системно.** Не зубрите отдельные факты в отрыве от контекста. Старайтесь видеть, как разные системы (нервная, эндокринная, выделительная) работают вместе для поддержания баланса.
- **Используйте дополнительные ресурсы.** Полезны видеоразборы, где наглядно показывают принципы обратных связей на примерах из ЕГЭ

Выражаю благодарность в подготовке презентации

Иванеско Светлане Васильевне, ведущему эксперту ФГАОУ ВО «Государственный университет просвещения», научному сотруднику лаборатории естественно-научных предметов, и информатики ФГБНУ «ФИПИ», члену авторского коллектива АО «Издательство «Просвещение»