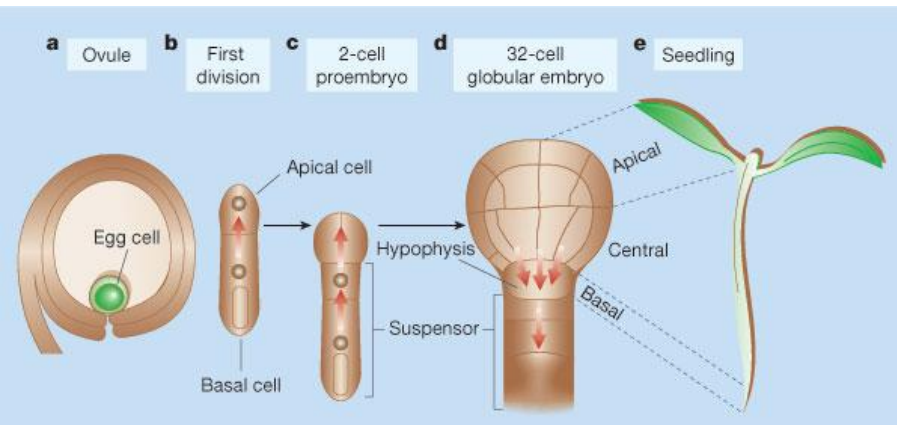


Рост и развитие растений



Передвижение ауксина при эмбриогенезе



Рост и развитие растений

Механизм роста клетки

Важнейшие регуляторы процессов
в клетке растения: Ca^{2+} и АФК.

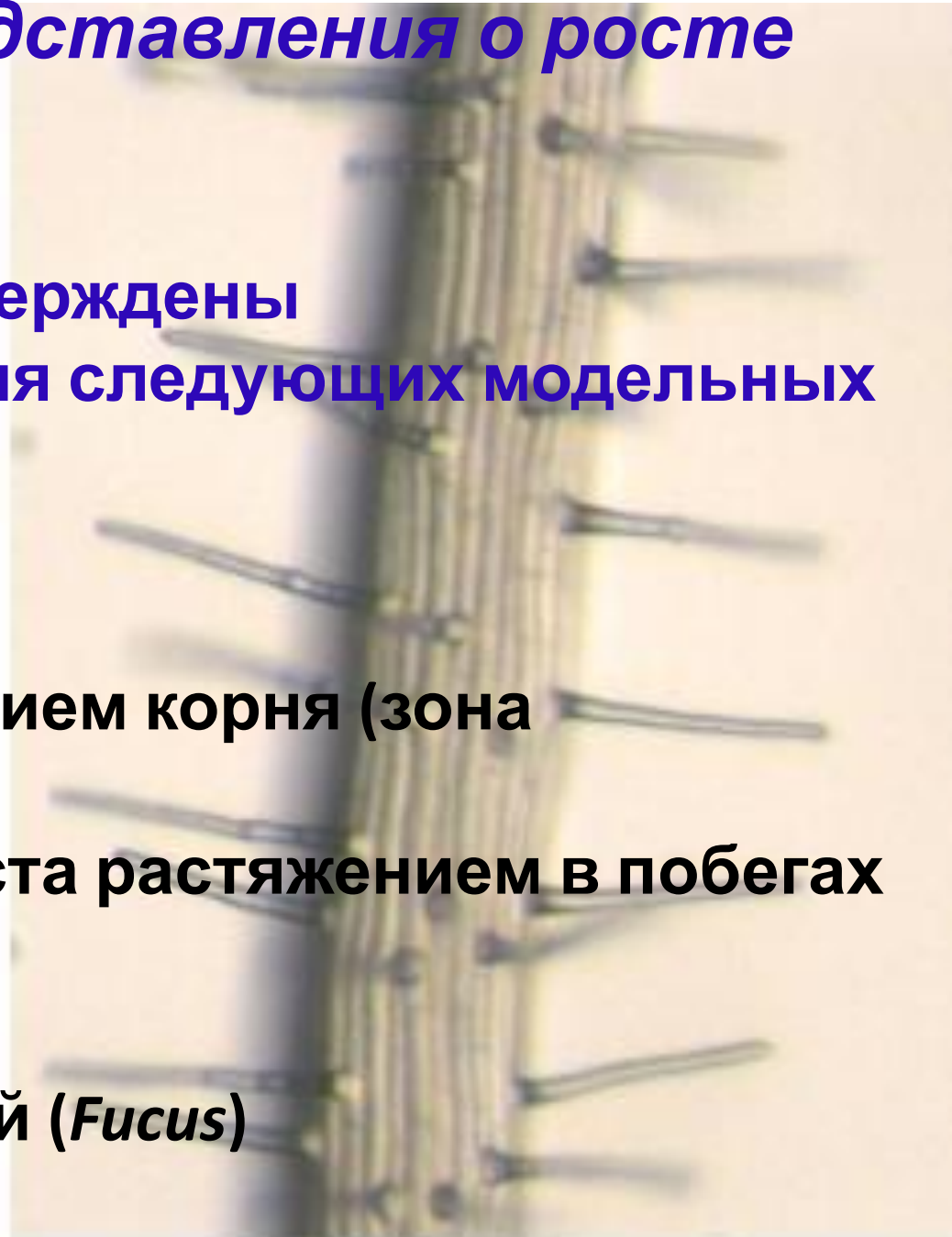
Фитогормоны.



Современные представления о росте растяжением:

Разработаны и подтверждены экспериментально для следующих модельных систем:

- корневой волосок**
- зона роста растяжением корня (зона растяжения)**
- апикальная зона роста растяжением в побегах и молодых листьях**
- пыльцевая трубка**
- ризоиды водорослей (*Fucus*)**



Механизмы

Параллельно запускаемые процессы, движущие рост клетки и определяющие ее геометрию:

1 – ПОЛЯРНЫЙ вход Ca^{2+}

Необходим для направленного транспорта везикул, идет через Ca^{2+} -проницаемые неселективные катионные каналы (НКК). Ca^{2+} стимулирует движение везикулы по цитоскелету, являясь кофактором

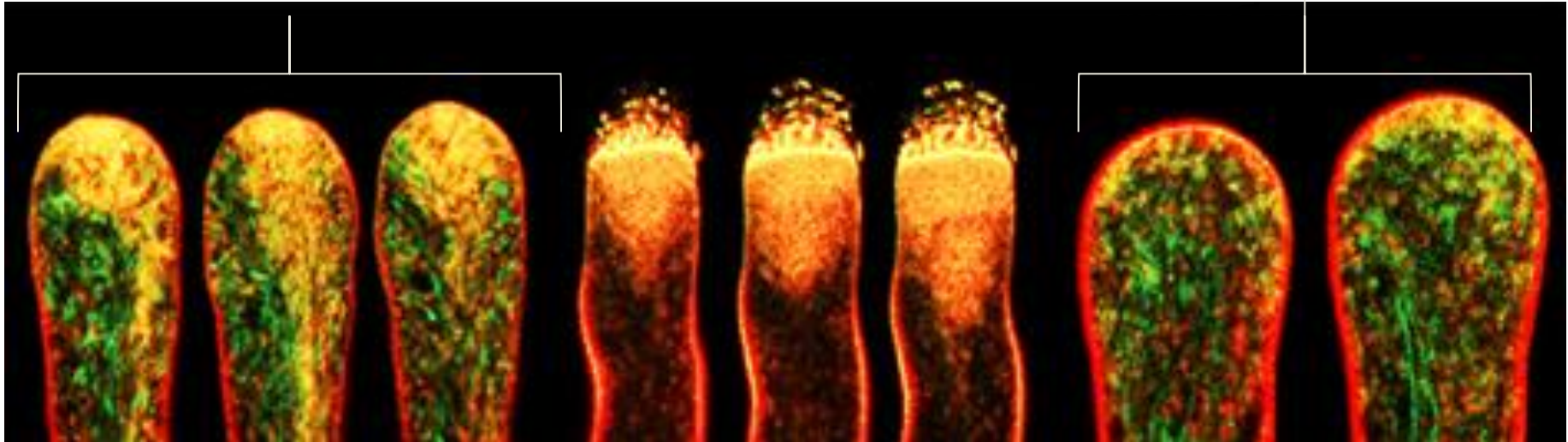
2 – ПОЛЯРНАЯ продукция активных форм кислорода (АФК) НАДФН-оксидазой

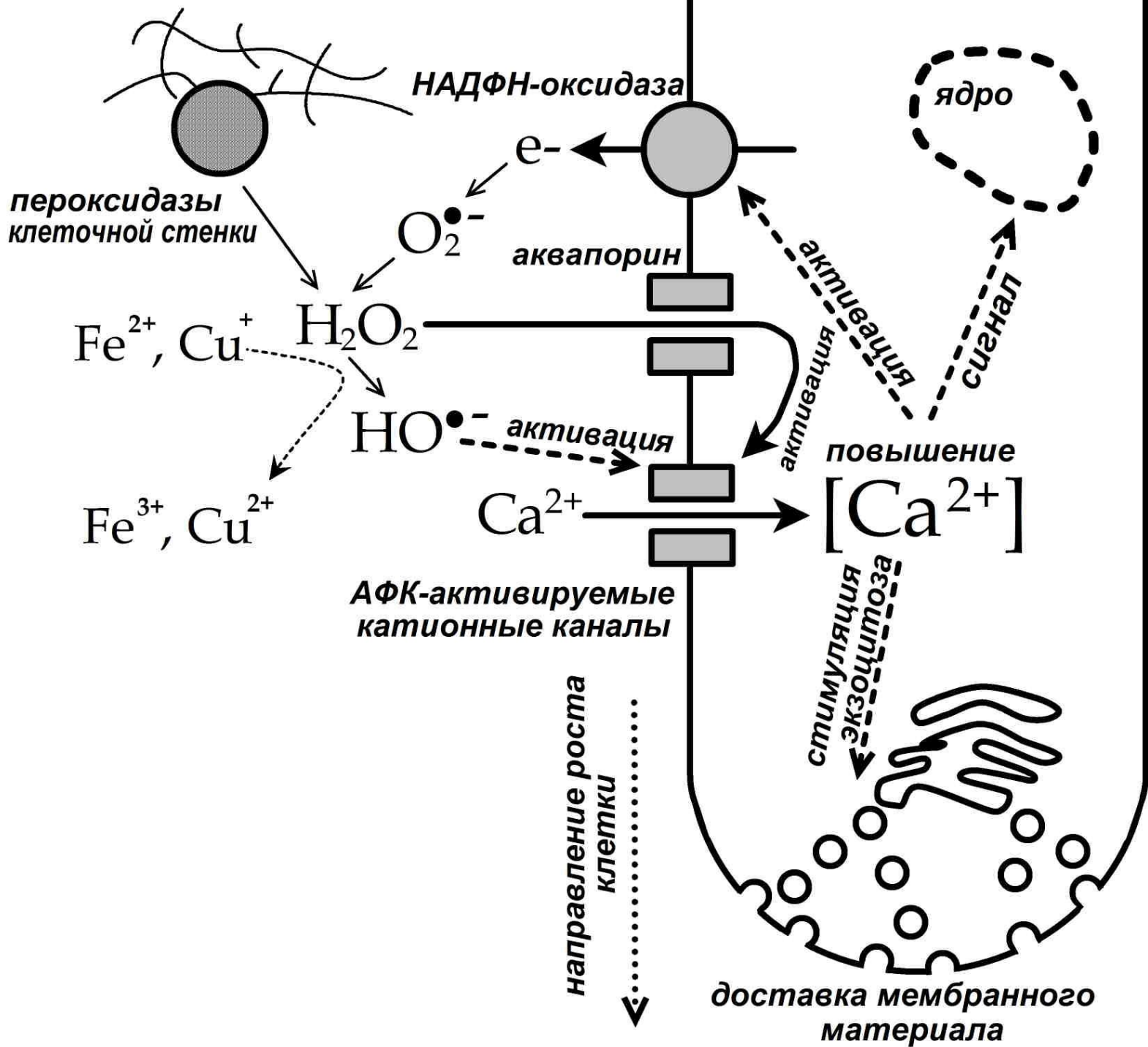
плазматической мембраны – Служит для активации Ca^{2+} -проницаемых НКК и синтеза гидроксильных радикалов, разрывающих клеточную стенку.

3 – ПОЛЯРНЫЙ транспорт везикул (экзоцитоз) с новым мембранным материалом и прото-элементами клеточной стенки в растущую область клетки

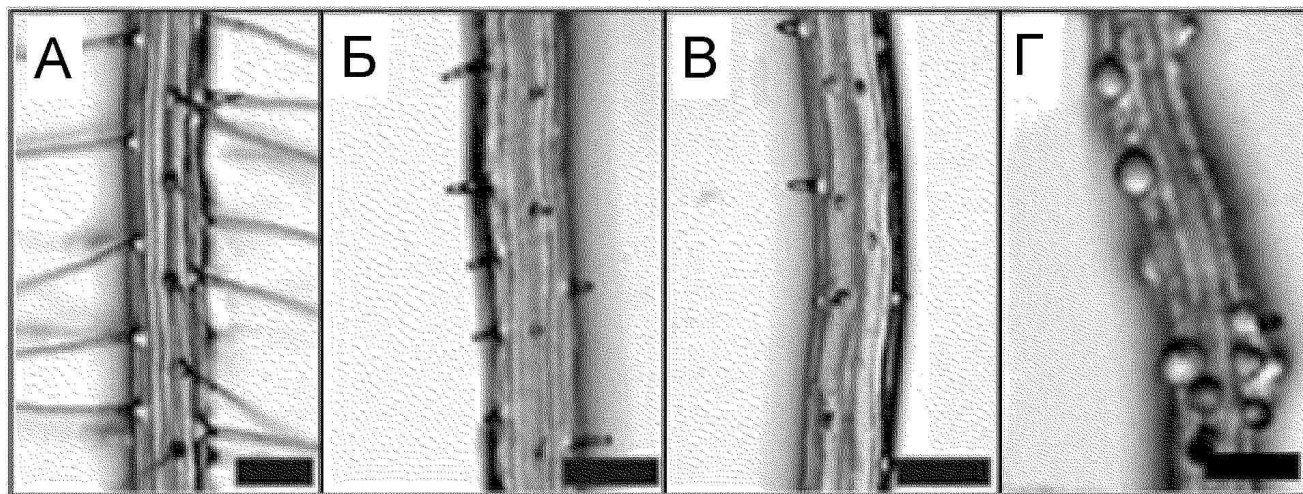
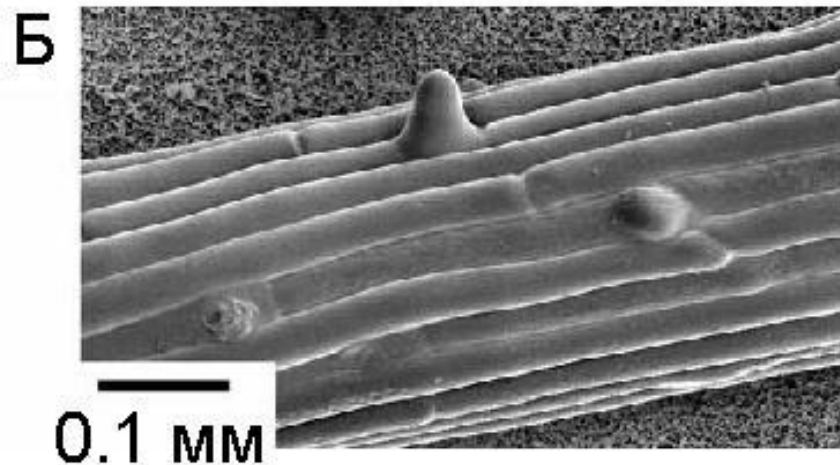
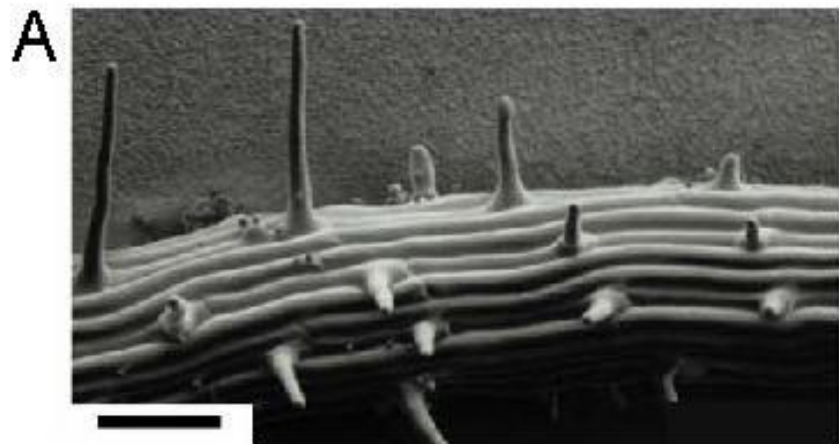
*Покоящаяся
пыльцевая
трубка*

*Растущая –
активным экзоцитозом
пыльцевая трубка*





Экспериментальная система: растения без корневых волосков – оказалось они не имеют НАДФН-оксидазы С-типа



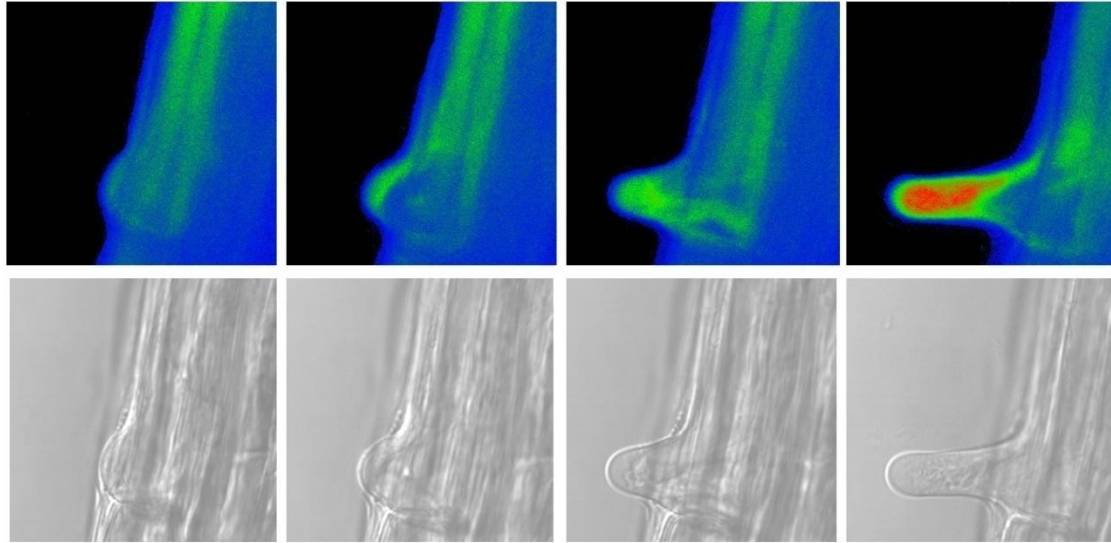
АФК-продукция у дикого типа

0 мин

20 мин

40 мин

60 мин



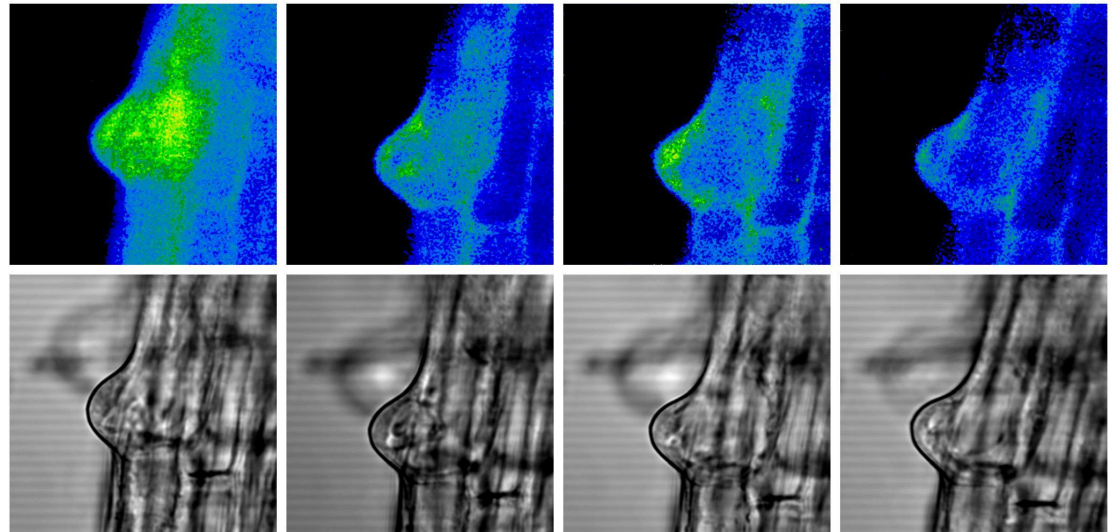
АФК-продукция у
мутанта,
лишенного
НАДФН-
оксидазы

0 мин

20 мин

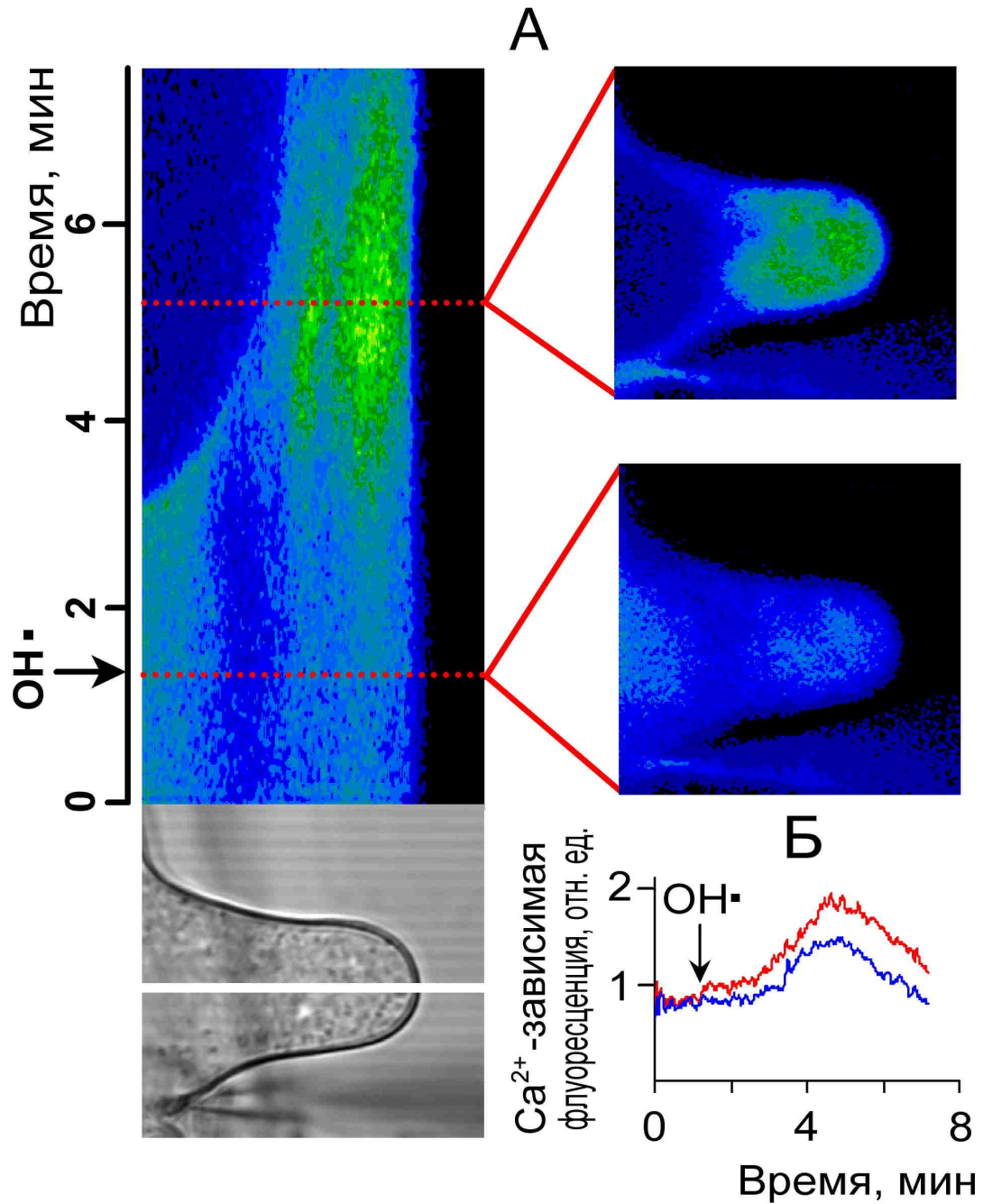
40 мин

60 мин



Вход кальция в корневом волоске дикого типа

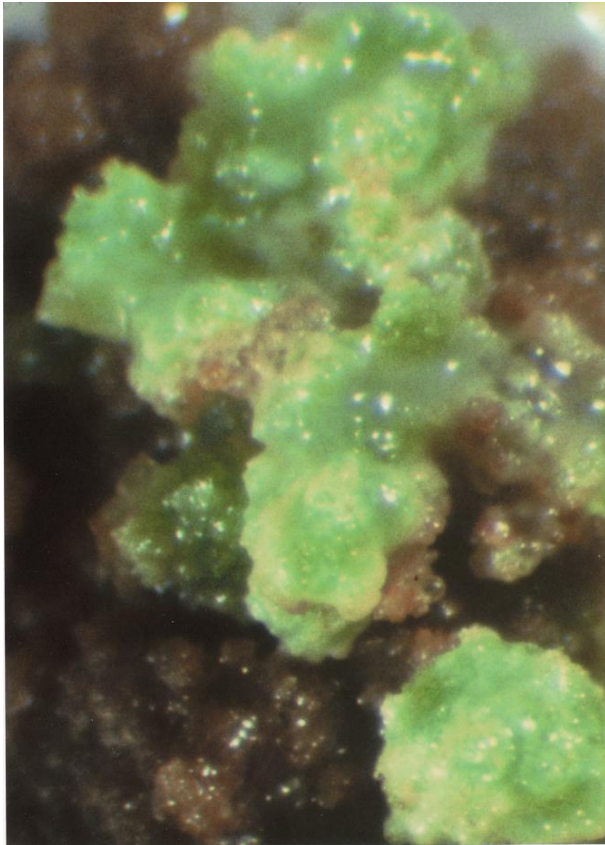
(его не
наблюдалось у
мутанта!)



Существуют и разные классификации типов дифференцированных клеток, одну из них можно представить в следующем виде:

- **паренхимные**, характеризующиеся большими размерами, тонкими оболочками, содержанием хлоропластов или запасных веществ;
- **проводящие и поддерживающие** – все клетки этой группы вытянуты, часть из них сильно лигнифицирована, представлена трахеидами, сосудами и волокнами. Живое содержимое в них почти отсутствует;
- **покровные** – обычно находятся на поверхности и покрыты водонепроницаемыми веществами (воском, кутином, суберином). К ним относятся эпидермис, ризодермис и перидерма;
- **репродуктивные**, образующиеся в определенные периоды жизненного цикла растений, из которых потом формируются гаметы, необходимые для полового размножения высших растений.

Регуляция роста и развития растений



ERROR A I	B 2	C 3
D 4	E 5	F 6
G 7	H 8	I 9
J O	NEGATIVE K	PREPARATORY L
M	ANNULLING N	INTERROGATORY O
AFFIRMATIVE P	Q	ACKNOWLEDGE R
S	T	U
V	W	X
Y	Z	UNIVERSALS
ATTENTION	INTERVAL	END

Кроме воды и минеральных веществ, углеводов, образующихся в процессе фотосинтеза, которые необходимы в качестве источника энергии и синтеза белков, растительной клетке для роста и развития требуются **РЕГУЛЯТОРЫ**.

Физиологическую активность у растений регулирует огромный спектр синтезируемых самим растением или привнесенных из среды веществ.

Часть исторически хорошо исследованных регуляторов называют **растительными гормонами** или **фитогормонами**

Обычно действующие концентрации **фитогормонов** низки, хотя чаще всего они на выше, чем для типичных гормонов ЖИВОТНЫХ.

Между клетками в организме, а также между клеткой и средой должен обеспечиваться **ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОТОК** (происходить обмен информацией).

Одна группа клеток «отправляет» сигнал, другая – воспринимает его. Также клетка растения способна распознать практически любые сигналы извне.

Молекулу химической природы, обладающую сигнальной функцией, называют **первичным мессенджером**.

Фитогормоны – наиболее хорошо изученные первичные мессенджеры.

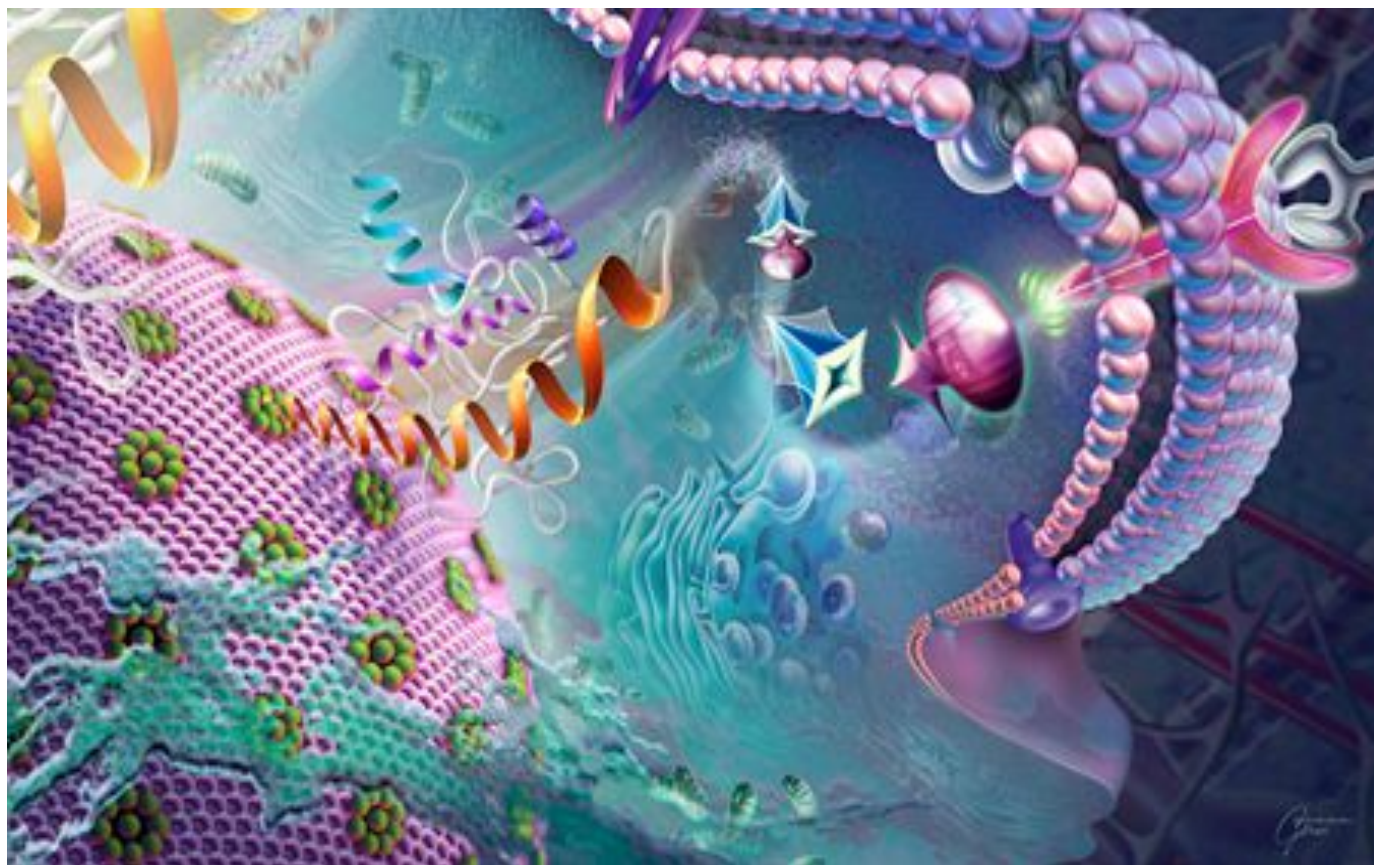
Признаки отнесения вещества к гормонам:

- действует в низкой концентрации;**
- вызывает специфический физиологический ответ; фитогормоны запускают не только изменения на уровне клетки, но и крупные программы развития на уровне тканей, органов, целого растения;**
- синтезируясь в одних клетках (часто специализированных), оно оказывает воздействие на удаленных клетки, не синтезирующие гормона, т. е. транспортируется по растению;**
- низкомолекулярные соединения, в действующих концентрациях не влияющие на энергетический или пластический обмен путем включения в него.**

Критерии обнаружения рецепторов (белковых систем, участвующих в специфическом восприятии и раскодировании внешних и внутренних регуляторных сигналов):

- высокая избирательность и структурная специфичность в отношении лиганда (агониста, регулятора);**
- эффект проявляется при низких концентрациях лиганда;**
- кинетика связывания с лиганда описывается кривой с насыщением;**
- при взаимодействии с рецептором в большинстве случаев не изменяется химическая структура лиганда;**
- взаимодействие лиганда с рецептором во многих случаях приводит к включению системы вторичных посредников.**

Сигнальная трансдукция –
последовательность реакций, посредством
которых сигнал на поверхности клетки или
внутриклеточном рецепторе конвертируется в
специфический клеточный ответ



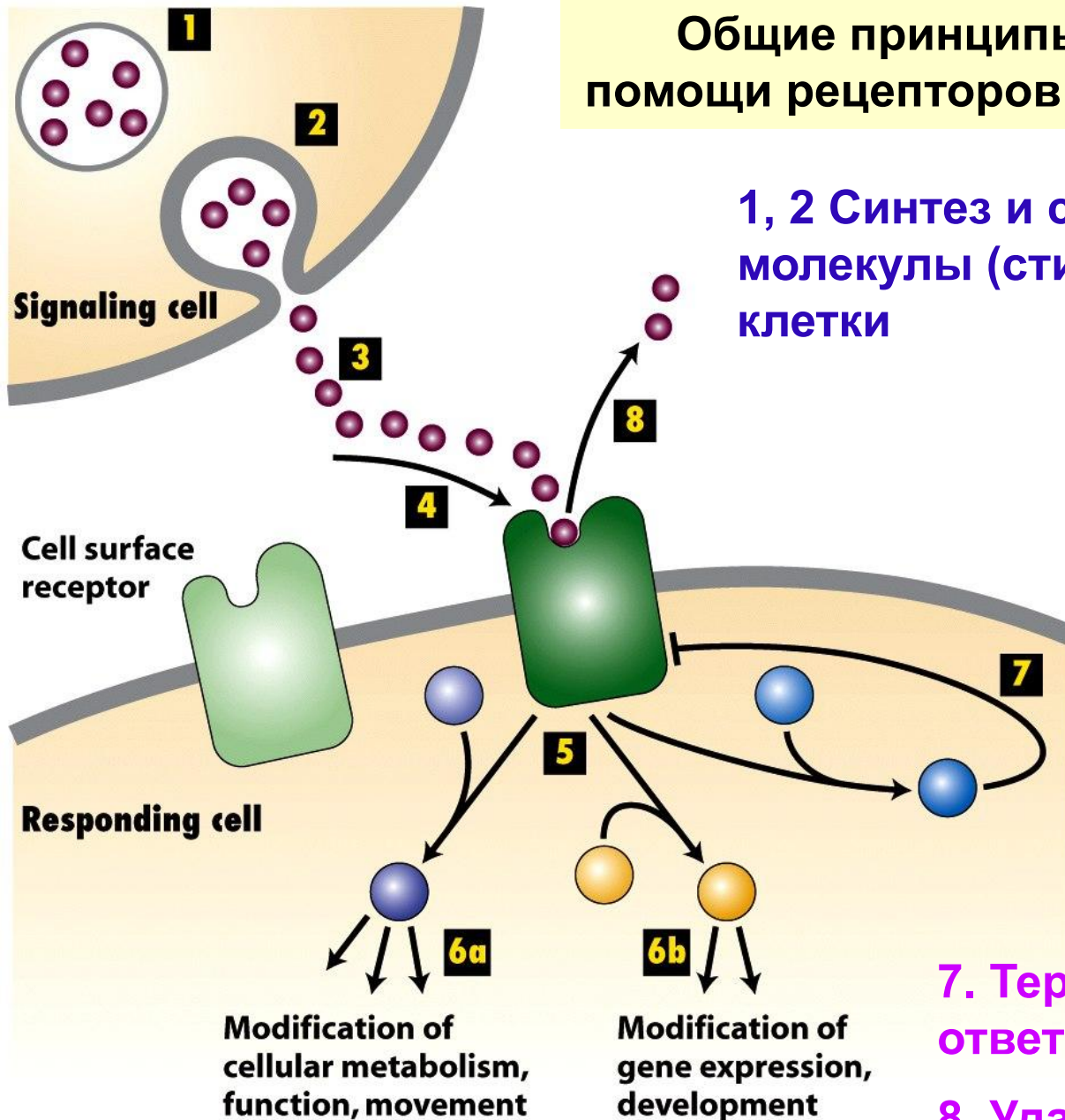
Основные типы клеточной сигнализации у животных:

- путем прямого
взаимодействия
между клетками
посредством белков
мембран
«cell-to-cell
signalling»



- эндокринная
- паракринная
- аутокринная
- синаптическая

Общие принципы сигнализации при помощи рецепторов клеточной поверхности



1, 2 Синтез и секреция сигнальной молекулы (стимула) из сигнальной клетки

4. Связывание со специфическим рецептором.

5. Активация рецептора.

6a, 6b. Специфические изменения в функции клетки.

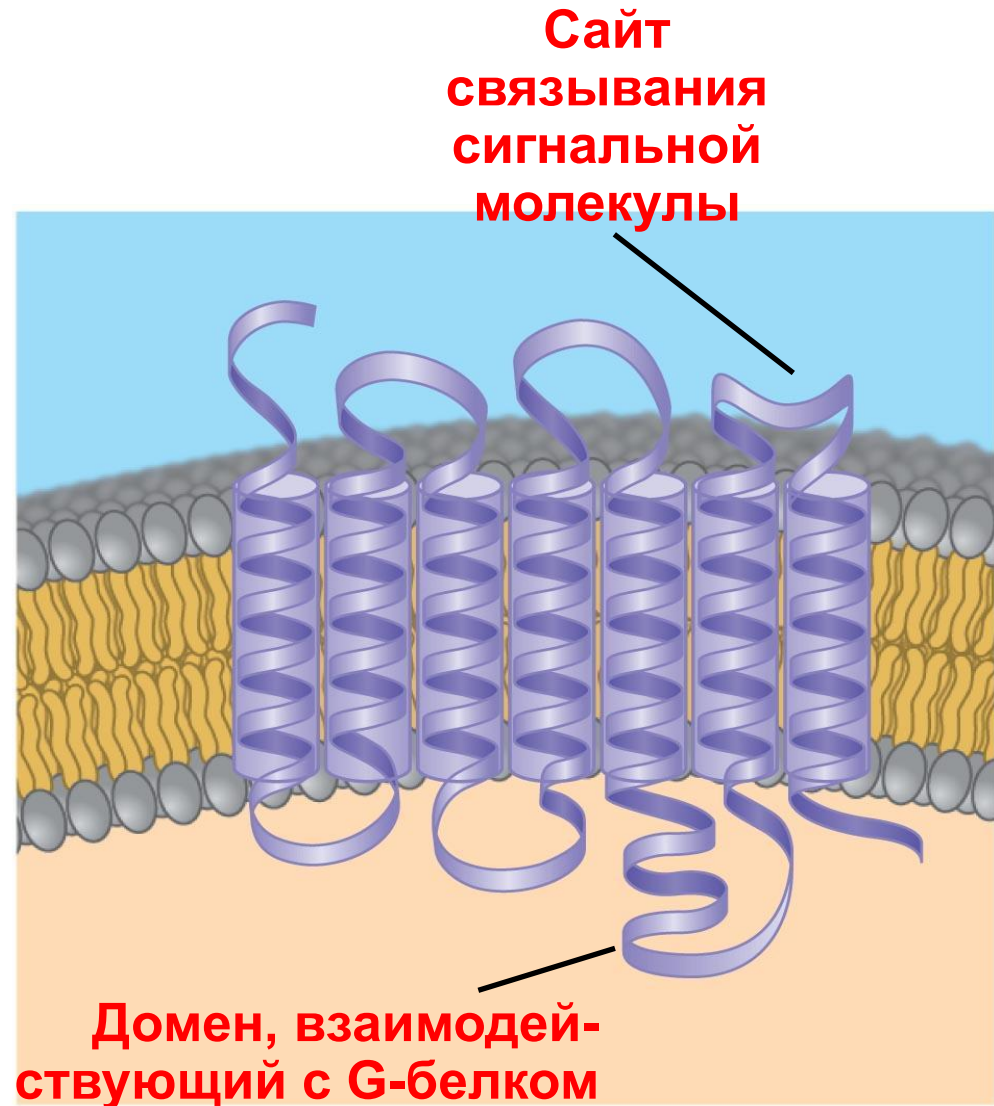
7. Терминация (остановка) ответа.

8. Удаление стимула.

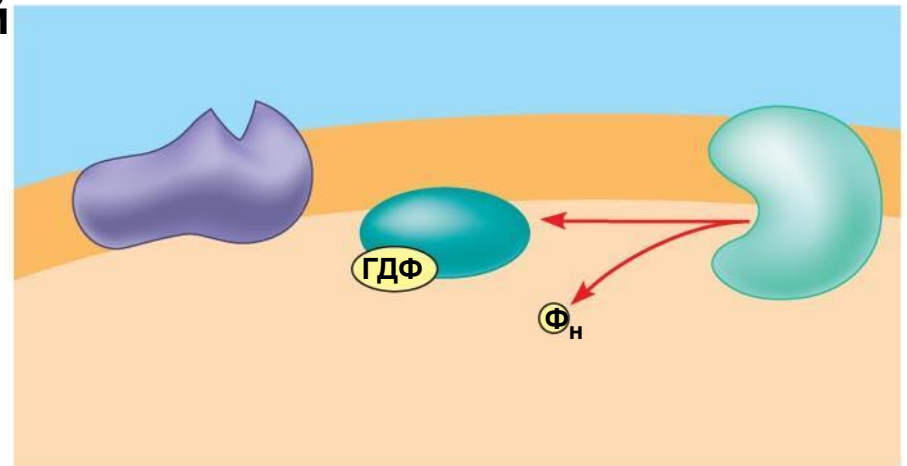
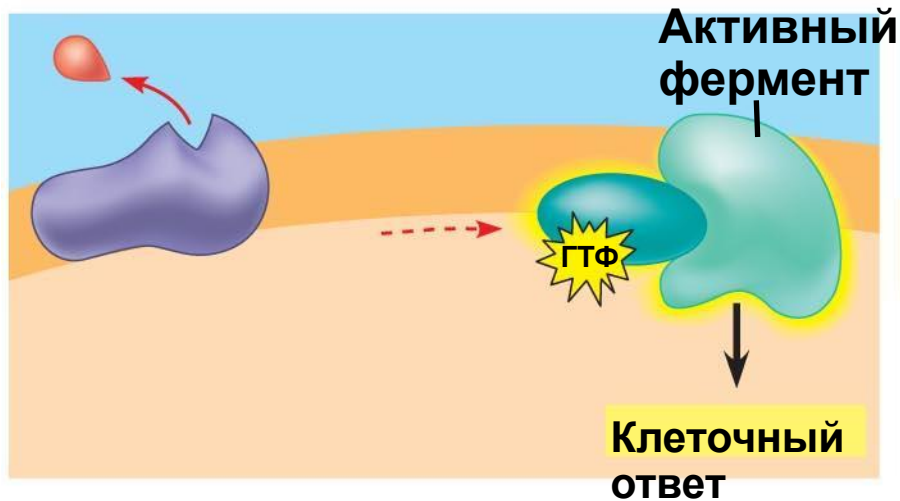
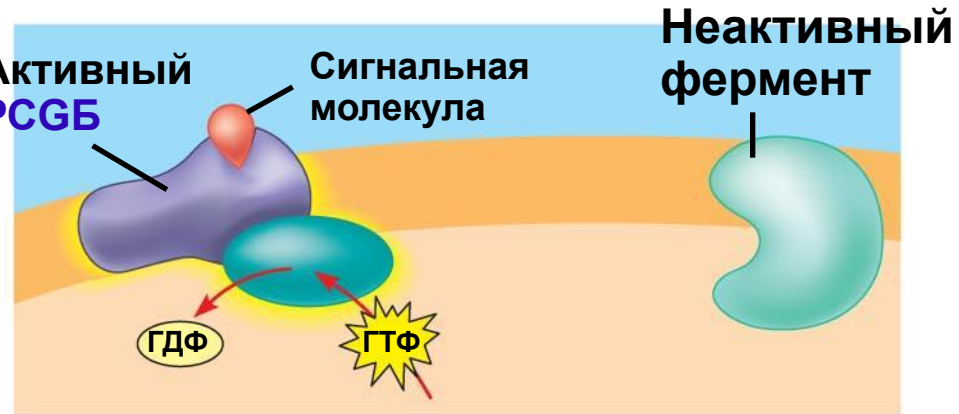
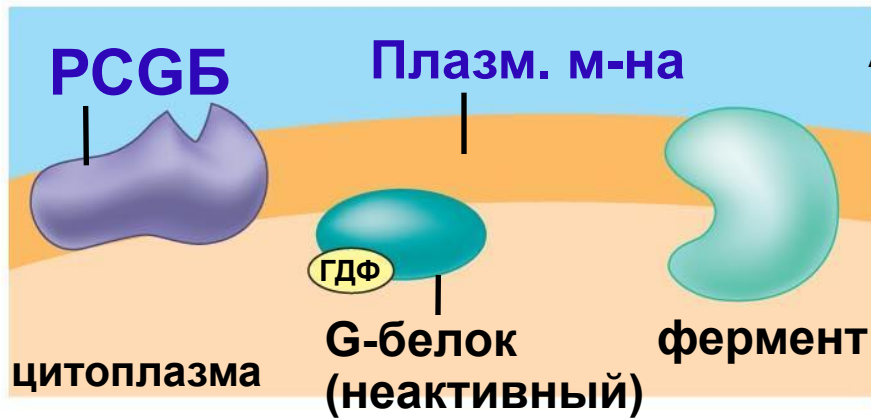
- Связывание между сигнальной молекулой (лигандом) и рецептором отличается высокой специфичностью
- Изменение трехмерной структуры рецептора часто лежит в основе инициации трансдукции сигнала
- **Большинство сигнальных рецепторов – белки плазматической мембраны**

- **Большинство водорастворимых сигнальных молекул связываются со специфическими участками рецепторных белков на поверхности мембраны**
- **Выделяют три основных типа мембранных рецепторов:**
 - **Рецепторы, сопряженные с G-белками (G protein-coupled receptors)**
 - **Рецепторные киназы (Receptor kinases)**
 - **Ионотропные рецепторы – ионные каналы, включающие в свою структуру сайт (участок) распознавания лиганда (Ionotropic receptors) – пример - ионотропные глутаматные рецепторы**

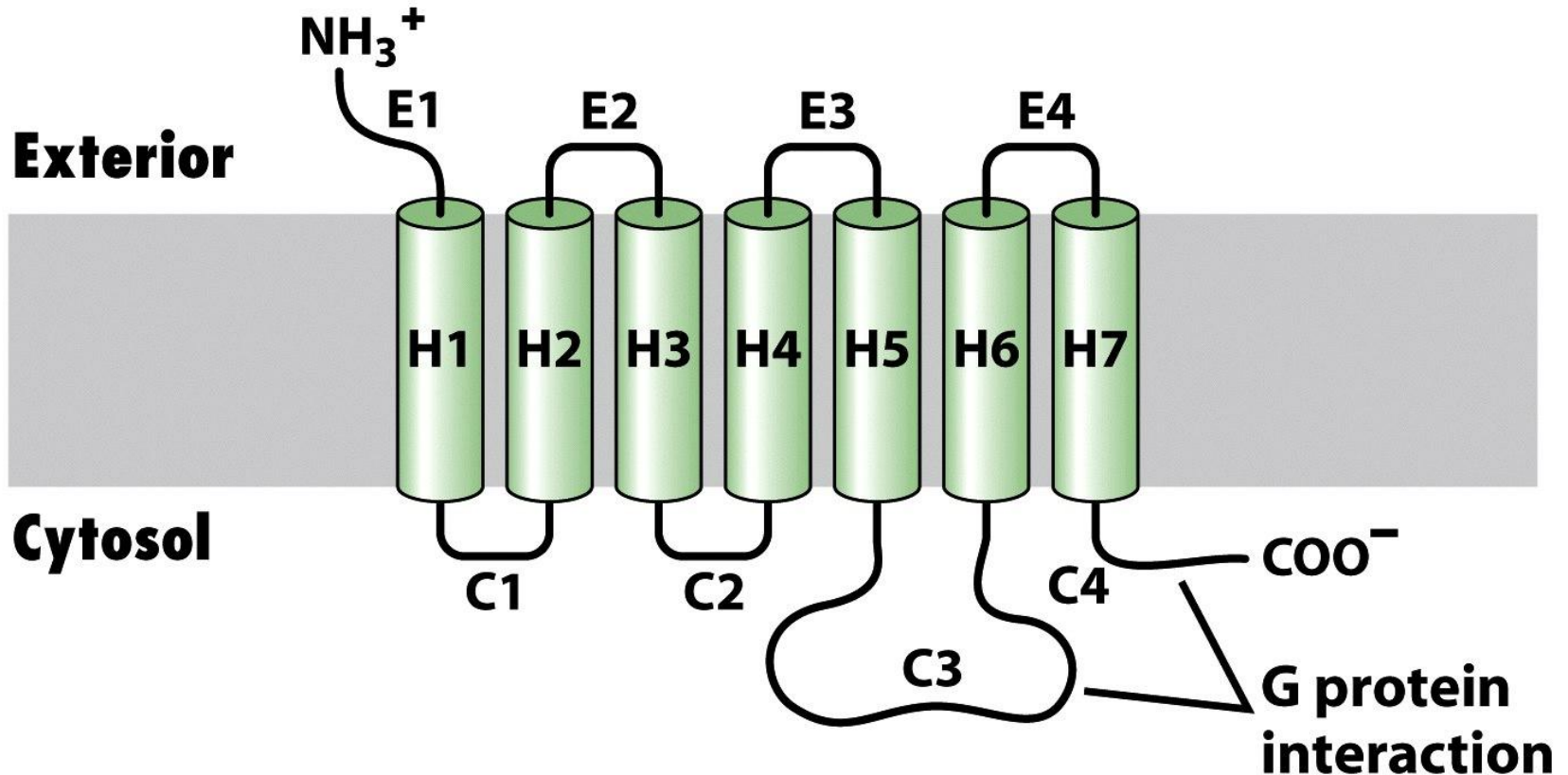
- Рецепторы, сопряженные с G-белками – находятся в плазматической мембране и функционируют с помощью G-белков
- G-белки работают по принципу переключателя - закрывания/открывания: если ГДФ связано с ними, то они неактивны (выключены)



Функционирование рецепторов, сопряженных с G-белками (PCGB)



Структура рецепторов, сопряженных с G-белками (PCGB)

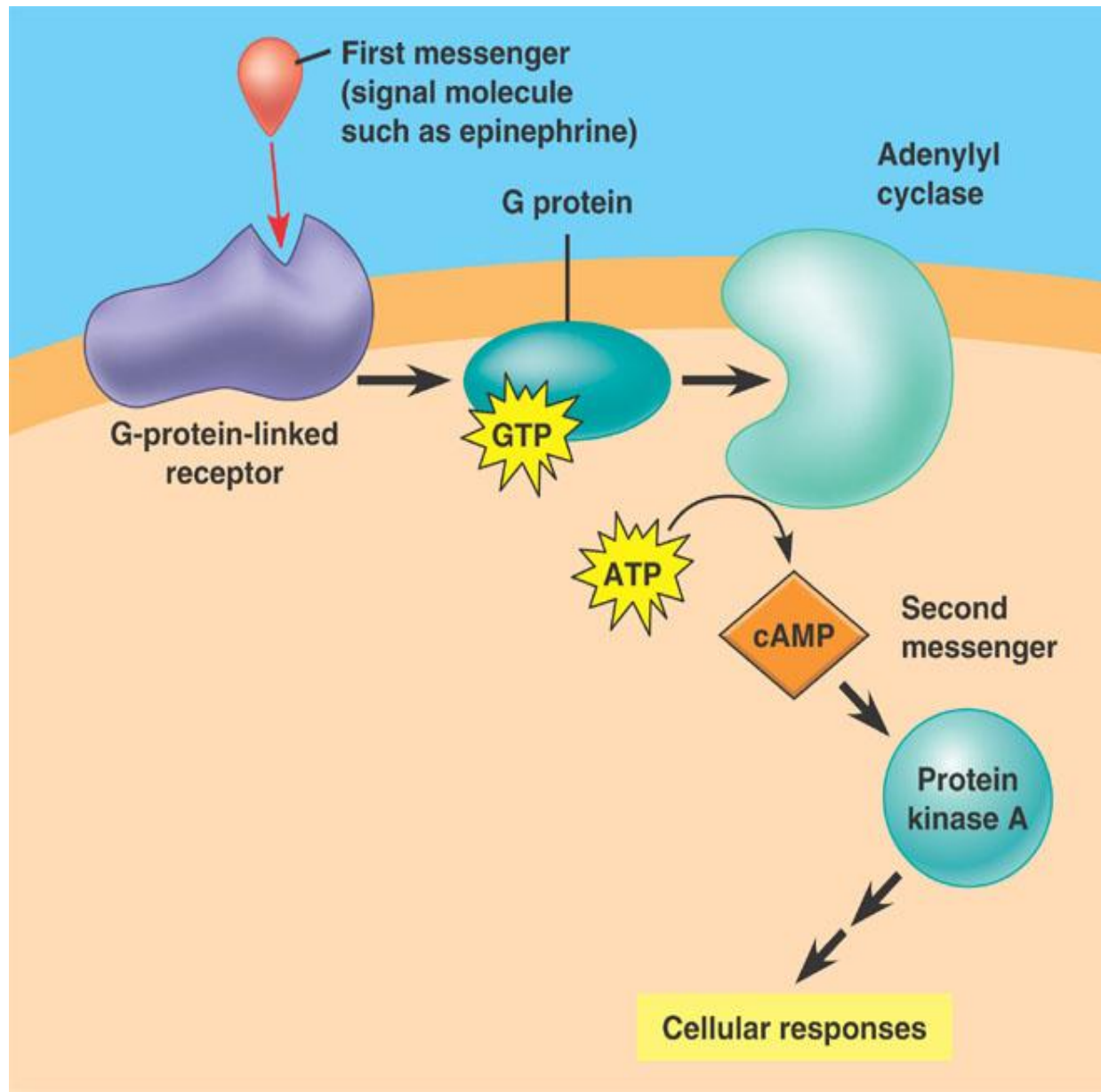


N-terminal outside, C-terminal in cytoplasm.

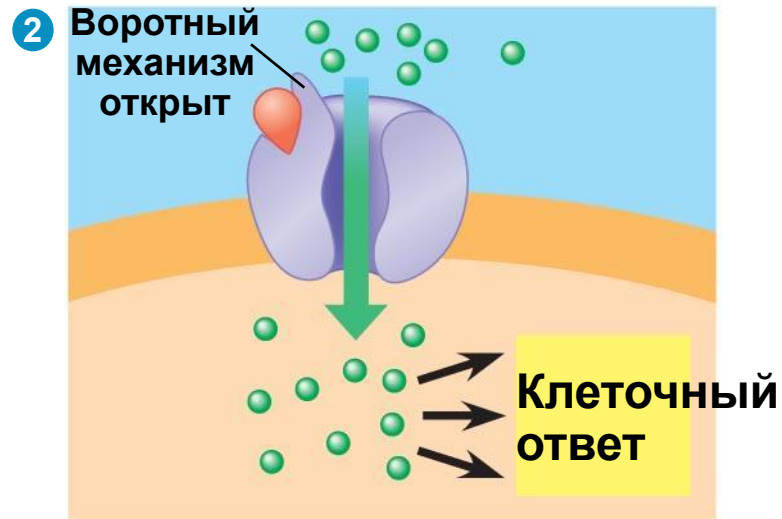
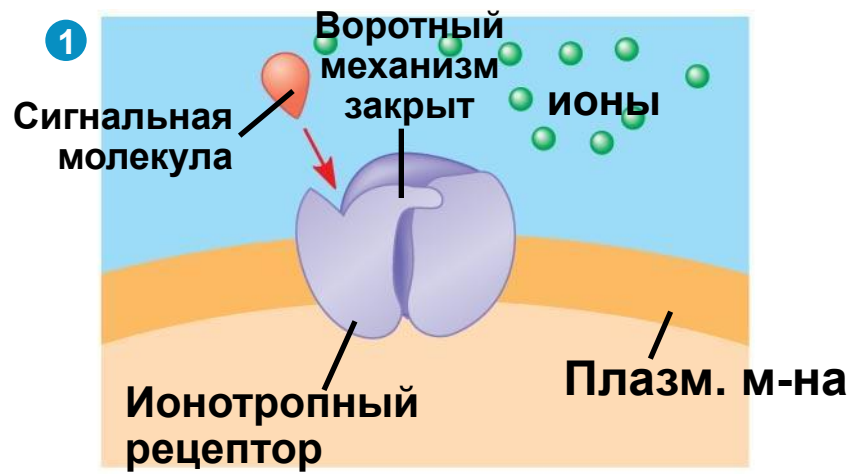
7 transmembrane α -helical regions (H1-H7).

Extracellular and cytosolic loops. C4 segment, C3 loop and sometimes C2 loop are involved in interactions with a coupled trimeric G protein.

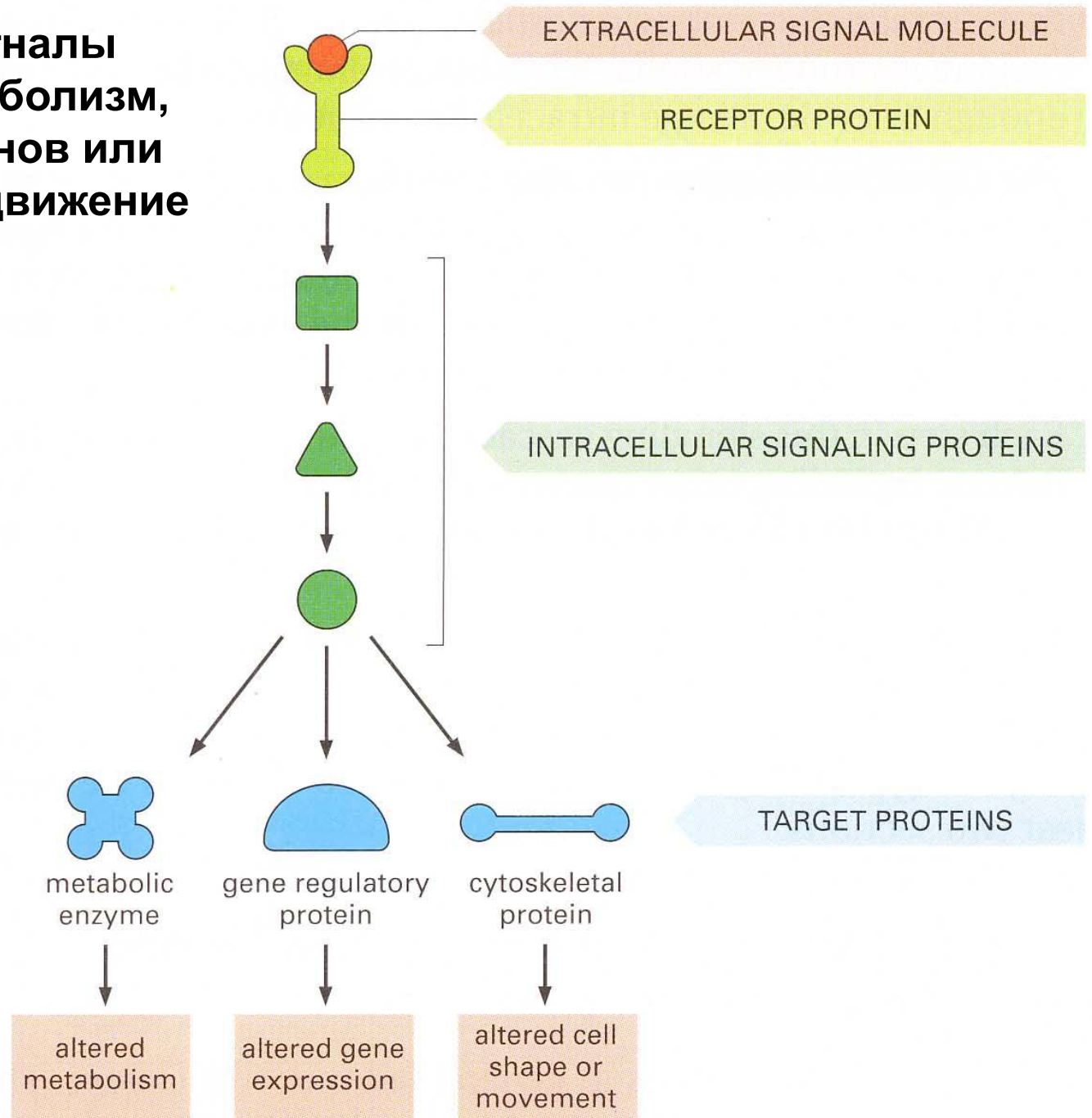
Вовлечение ц-АМФ



Функционирование лиганд-активируемых ионных каналов:



**Внешние сигналы
изменяют метаболизм,
экспрессию генов или
форму/размер/движение
клетки**

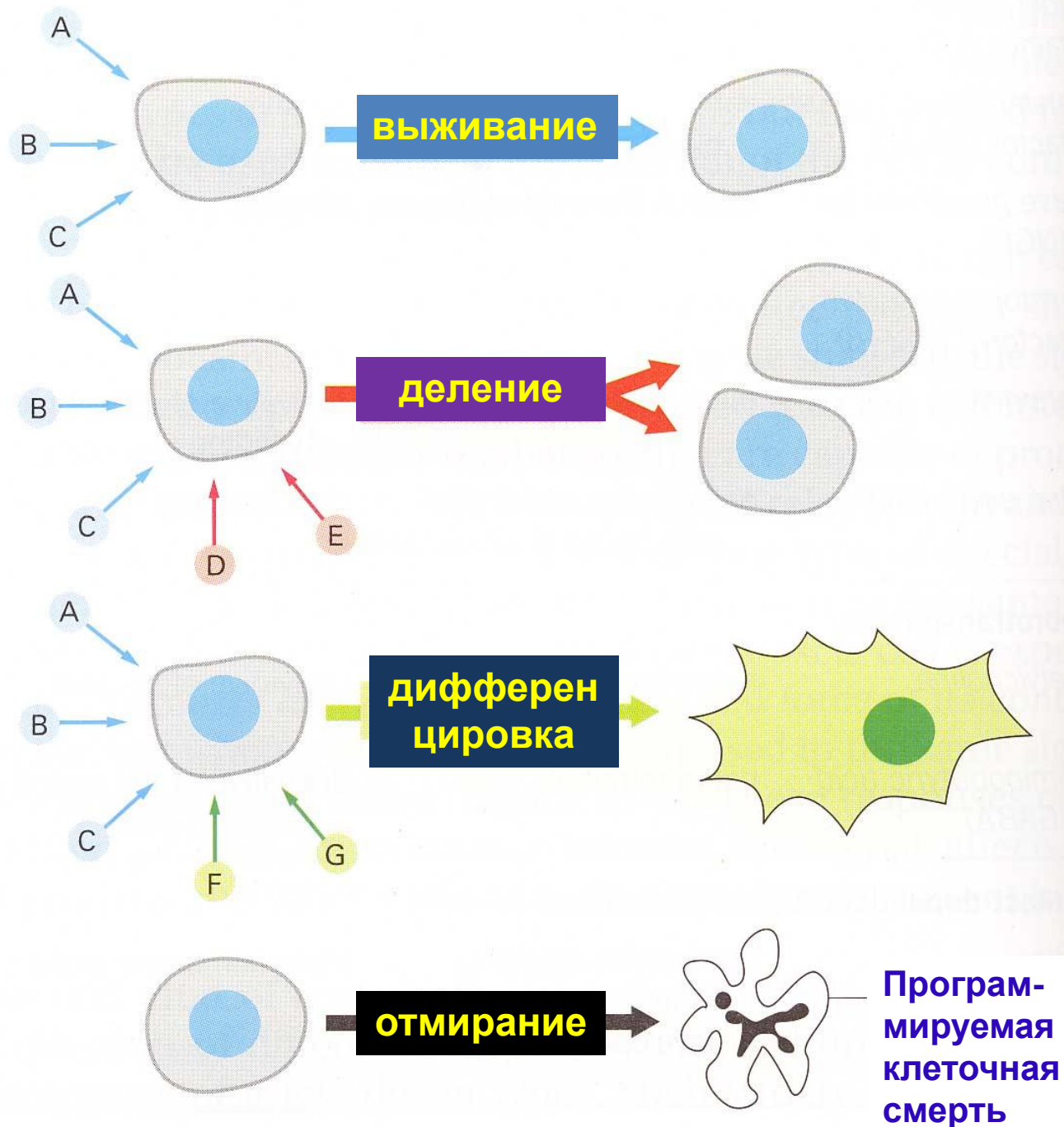


Физиологическое состояние клетки зависит от совокупности регуляторных факторов

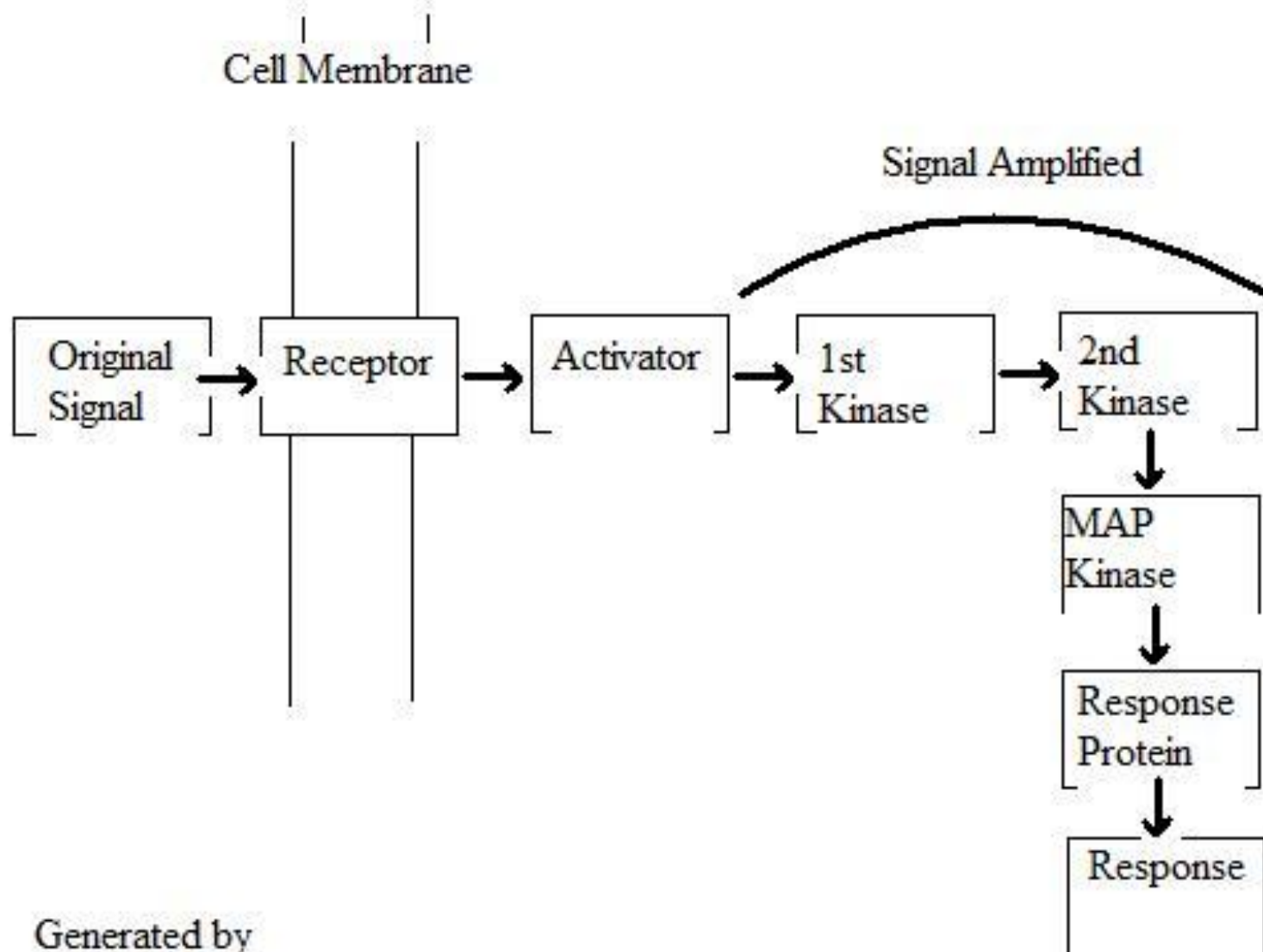
Каждая клетка имеет свой «набор» рецепторов

Сигналы работают комбинированно, приводя к комплексному клеточному ответу

Сигналы могут вызывать выживание, пролиферацию, дифференцировку или смерть



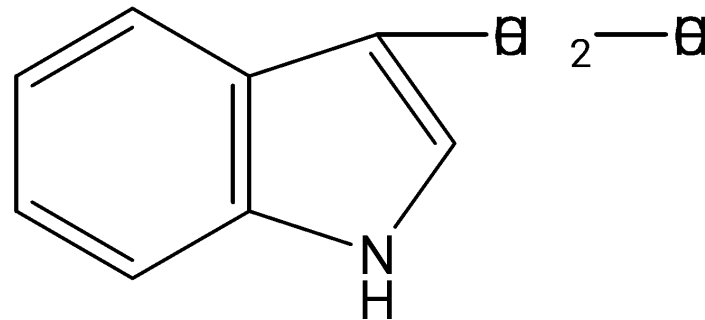
Усиление сигнала посредством киназного каскада Серин-треониновые киназы, гистидиновые киназы (у животных – тирозин-киназы!)



Ауксин

Ауксин синтезируется растущими апикальными зонами стеблей, в том числе молодыми листьями. От апекса ауксин мигрирует в зону растяжения, где он специфически влияет на рост растяжением.

Природный ауксин представляет собой простое соединение – индолил-3-уксусную кислоту (ИУК):



Она синтезируется в растениях путем ферментативного превращения аминокислоты – триптофана. Триптофан образуется из шикимовой кислоты через ряд реакций: шикимовая кислота → индол → серин → L-триптофан.

ИУК

**Аттрагирующий
эффект**

**Опадание
листьев, цветков**

**Стимуляция
размножения клеток**

**Превращение
завязи в плод**

**Ростовые
движения**

**Стимуляция
растяжения клеток**

**Поляризующий
эффект**



НЕГОРМОНАЛЬНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА

+ Глава 6 – надо механизмы в общих словах, но не стоит вдаваться слишком глубоко в детали.