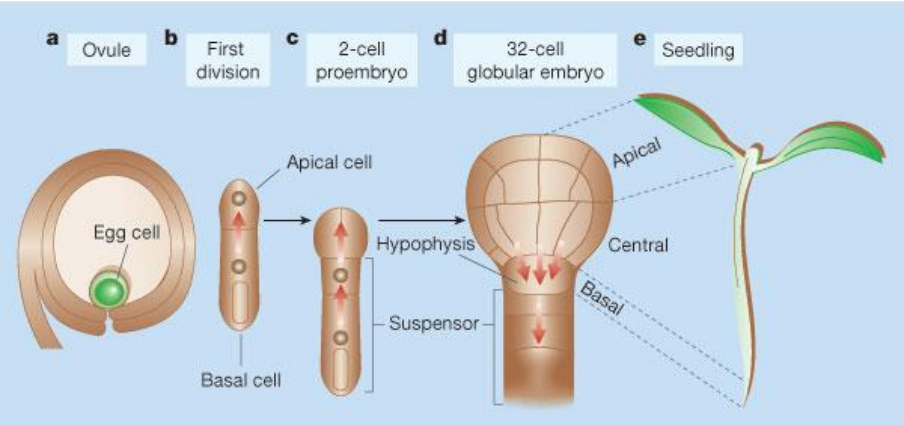
Рост и развитие растений



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+}

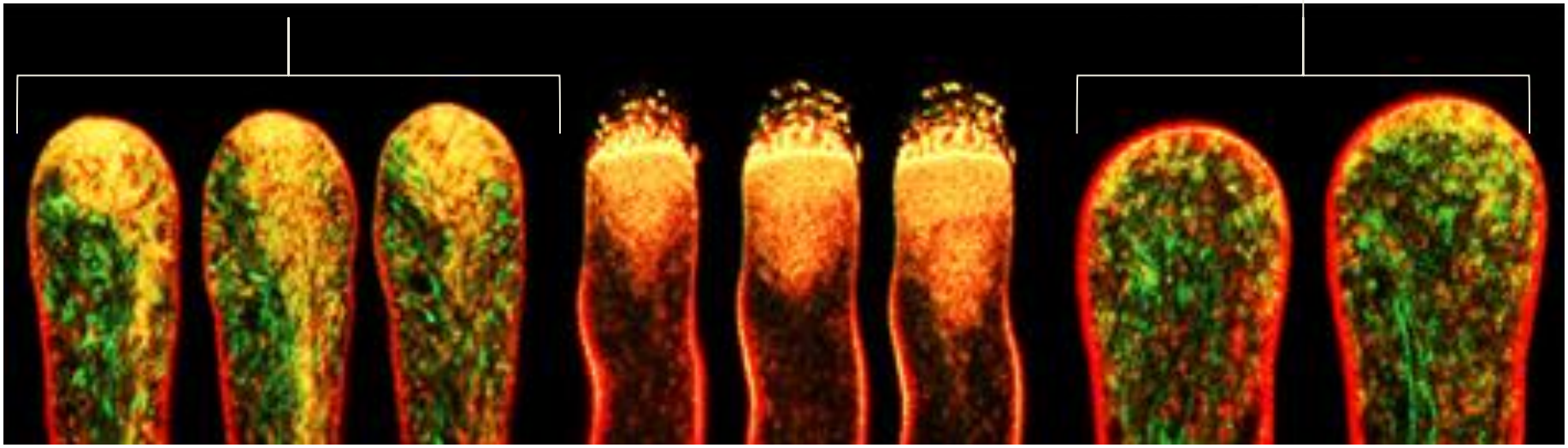
Необходим для направленного транспорта везикул, идет через Ca^{2+}-проницаемые неселективные катионные каналы (НКК). Ca^{2+} стимулирует движение везикулы по цитоскелету, являясь кофактором

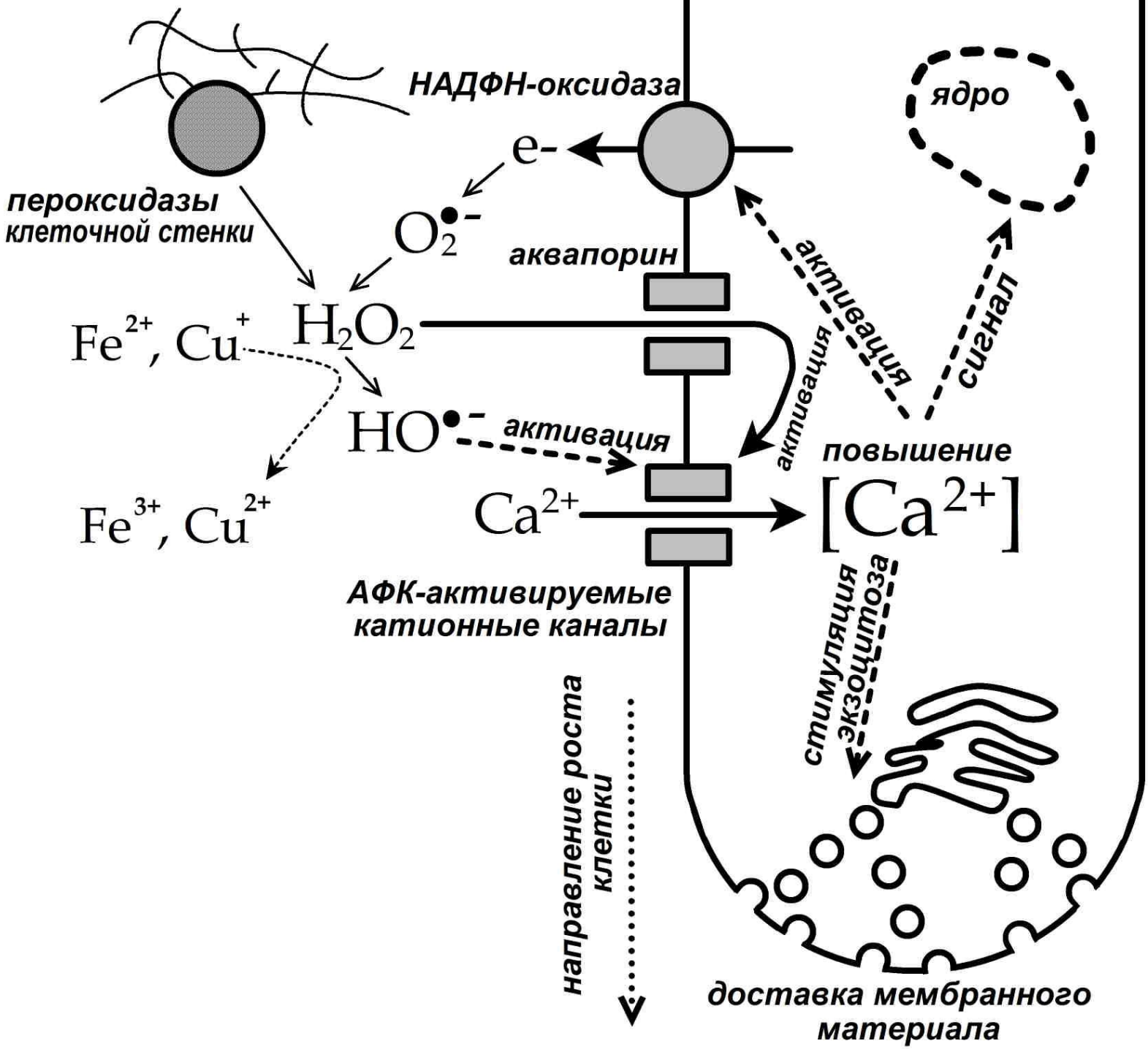
2 – ПОЛЯРНАЯ продукция активных форм кислорода (АФК) НАДФН-оксидазой плазматической мембраны – ***Служит для активации Ca^{2+}-проницаемых НКК и синтеза гидроксильных радикалов, разрывающих клеточную стенку.***

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

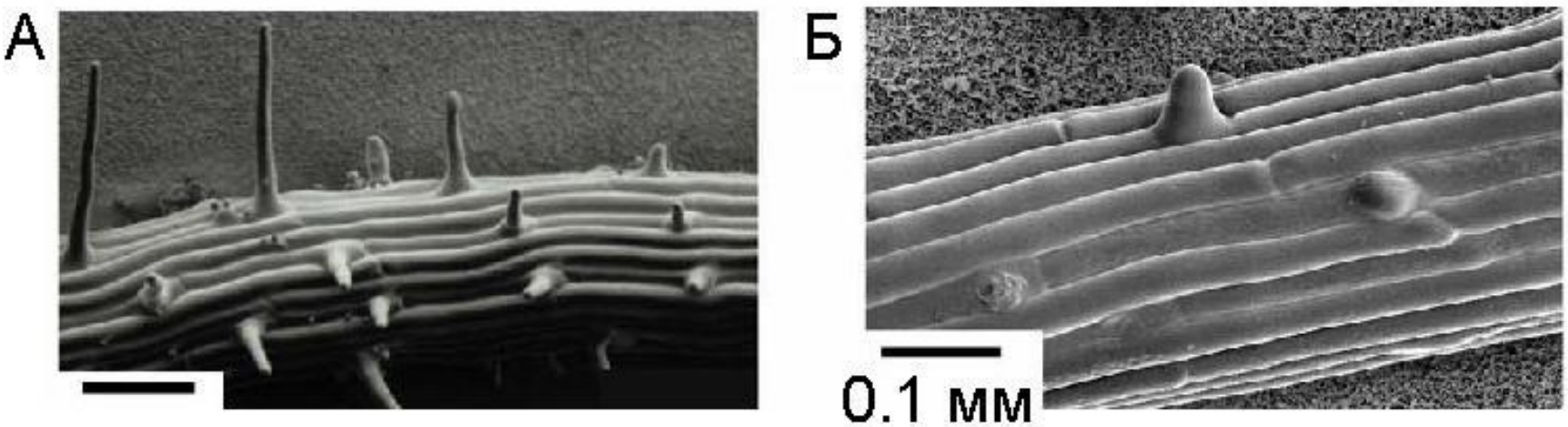
Покоящаяся пыльцевая трубка

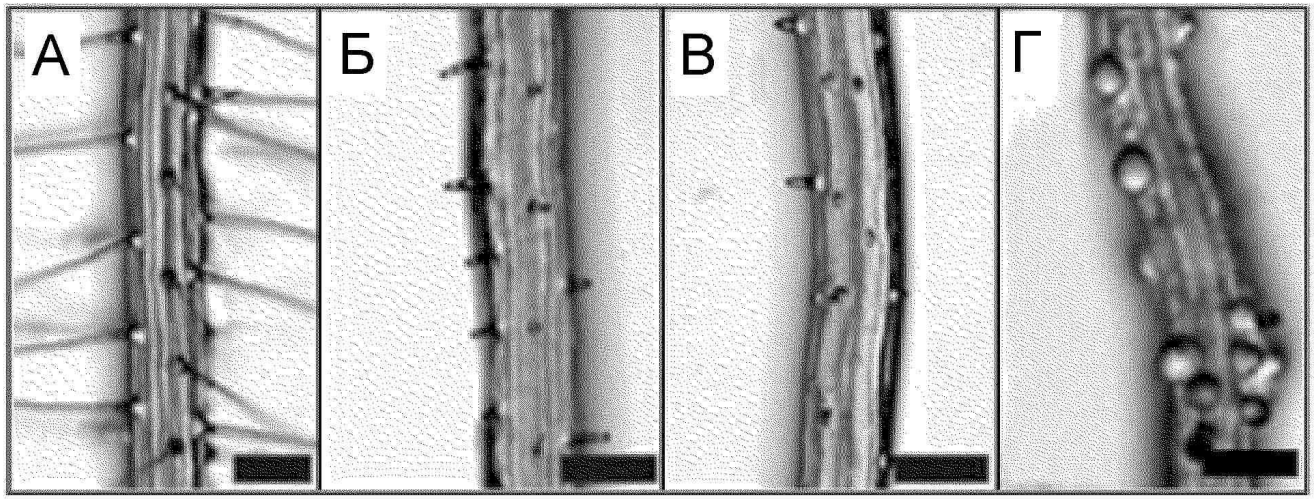
Растущая – активным экзоцитозом пыльцевая трубка



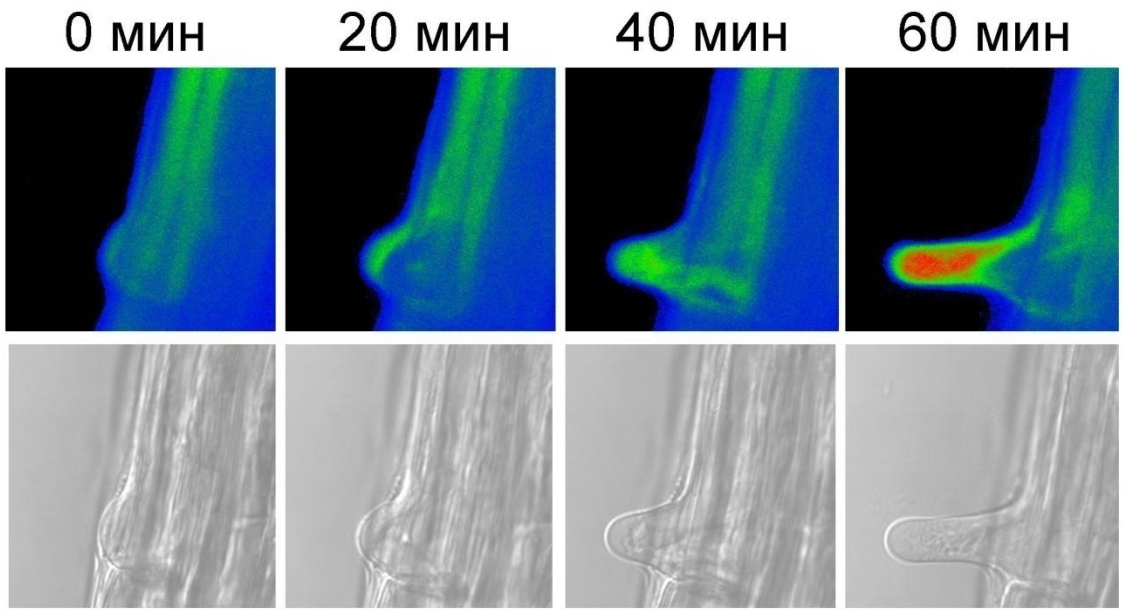

НАДФН-оксидаза
ядро
e-
пероксидазы
клеточной стенки
$O_2^{\bullet -}$
аквапорин
активация
сигнал
Fe^{2+}, Cu^{+}
H_2O_2
активация
$HO^{\bullet -}$
активация
повышение
Fe^{3+}, Cu^{2+}
Ca^{2+}
$[Ca^{2+}]$
АФК-активируемые
катионные каналы
стимуляция
экзоцитоза
направление роста
клетки
доставка мембранного
материала

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

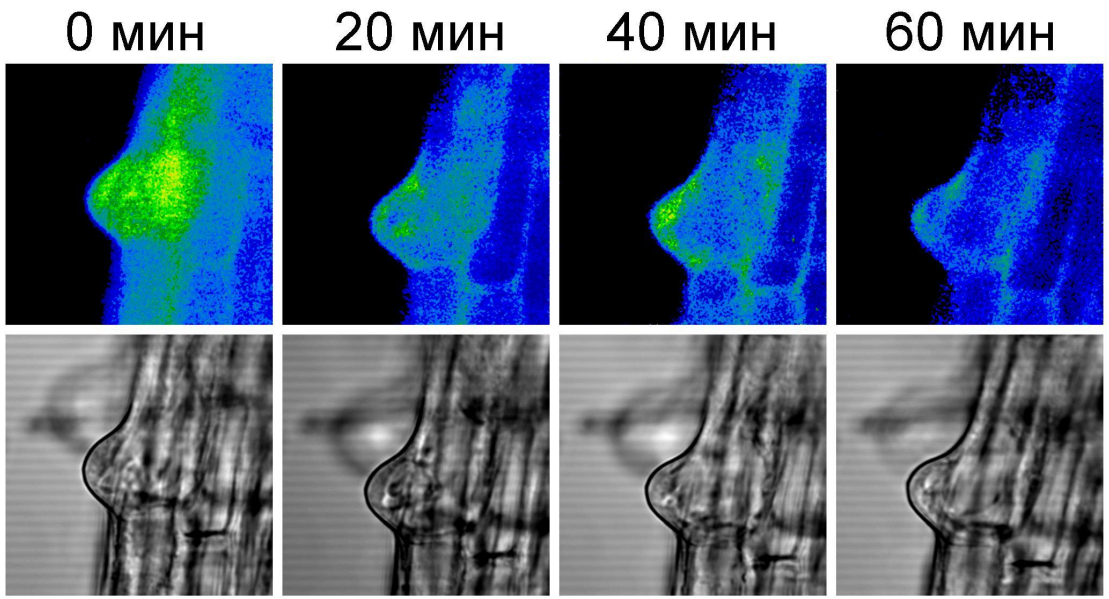




АФК-продукция у дикого типа

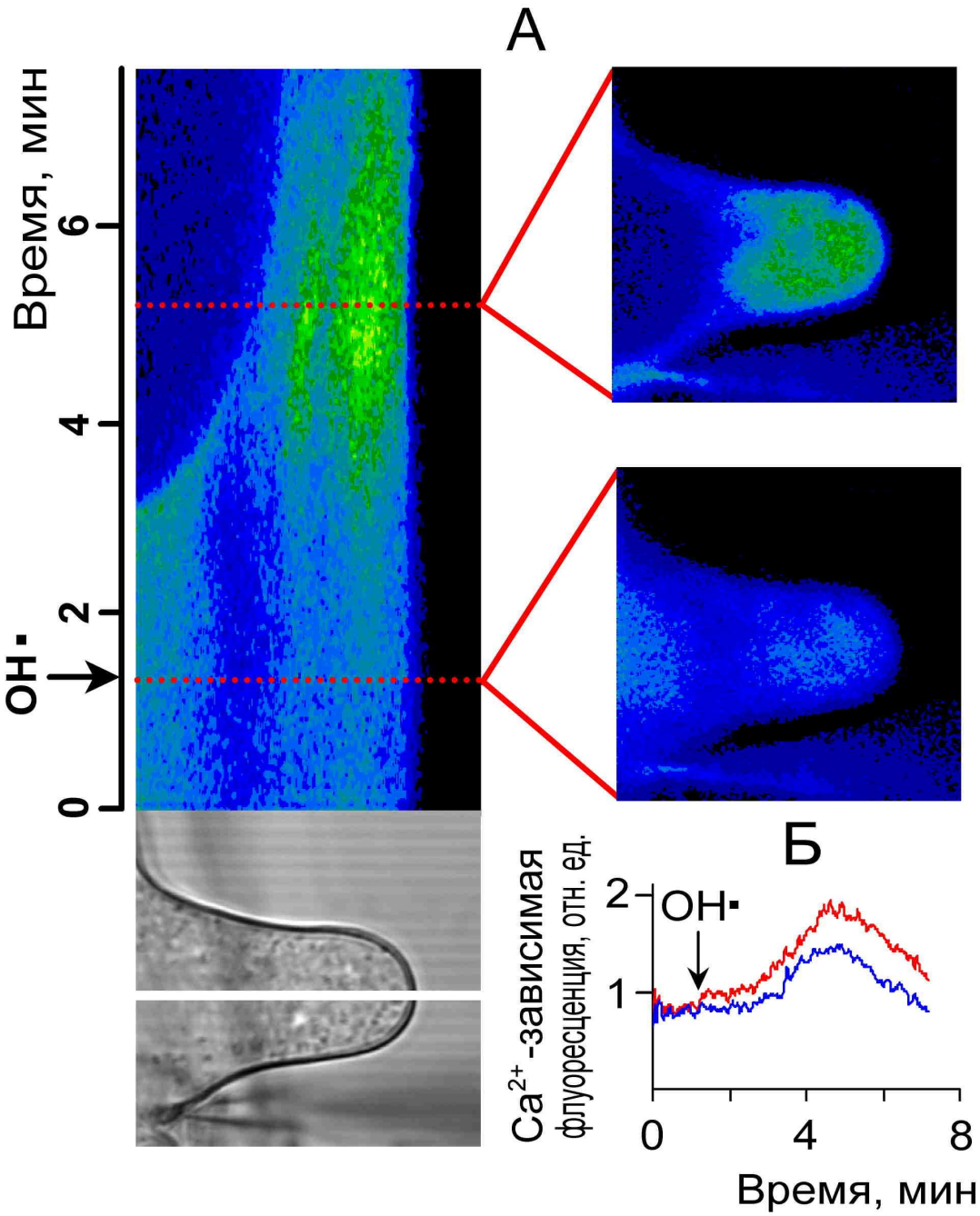


АФК-продукция у мутанта, лишенного НАДФН-оксидазы



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:

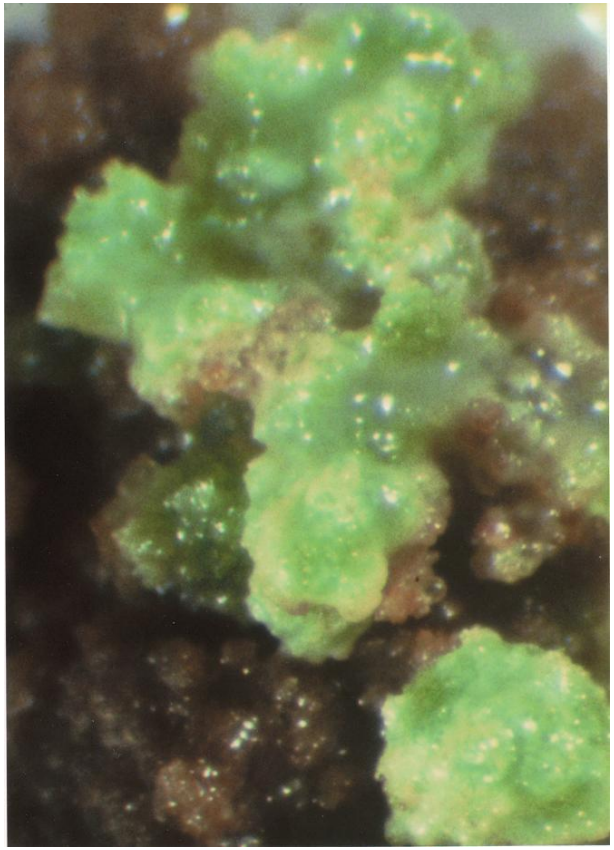
– *паренхимные*, характеризуемые большими размерами, тонкими оболочками, содержанием хлоропластов или запасных веществ;

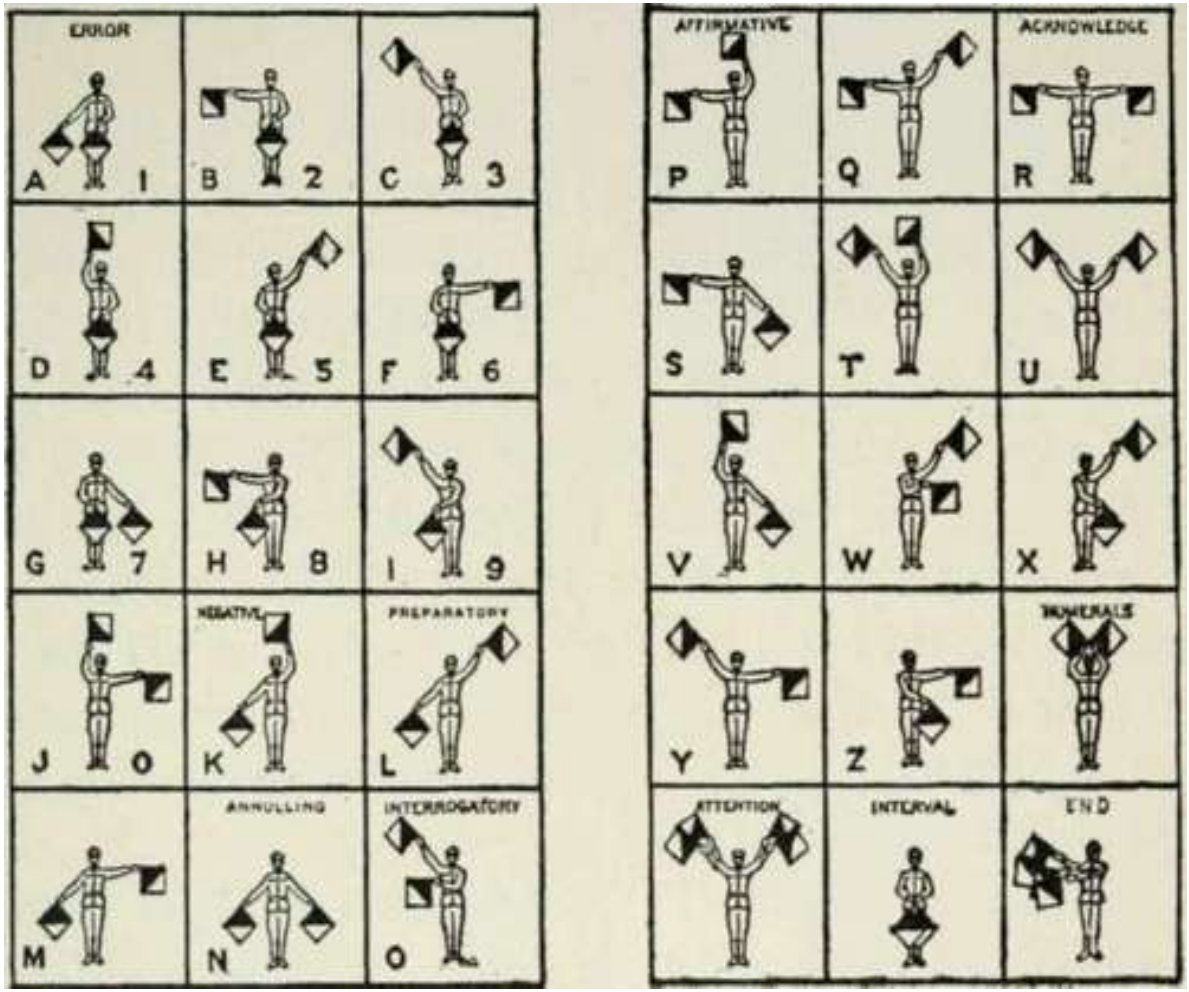
– *проводящие и поддерживающие* – все клетки этой группы вытянуты, часть из них сильно лигнифицирована, представлена трахеидами, сосудами и волокнами. Живое содержимое в них почти отсутствует;

– *покровные* – обычно находятся на поверхности и покрыты водонепроницаемыми веществами (воском, кутином, суберином). К ним относится 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





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);

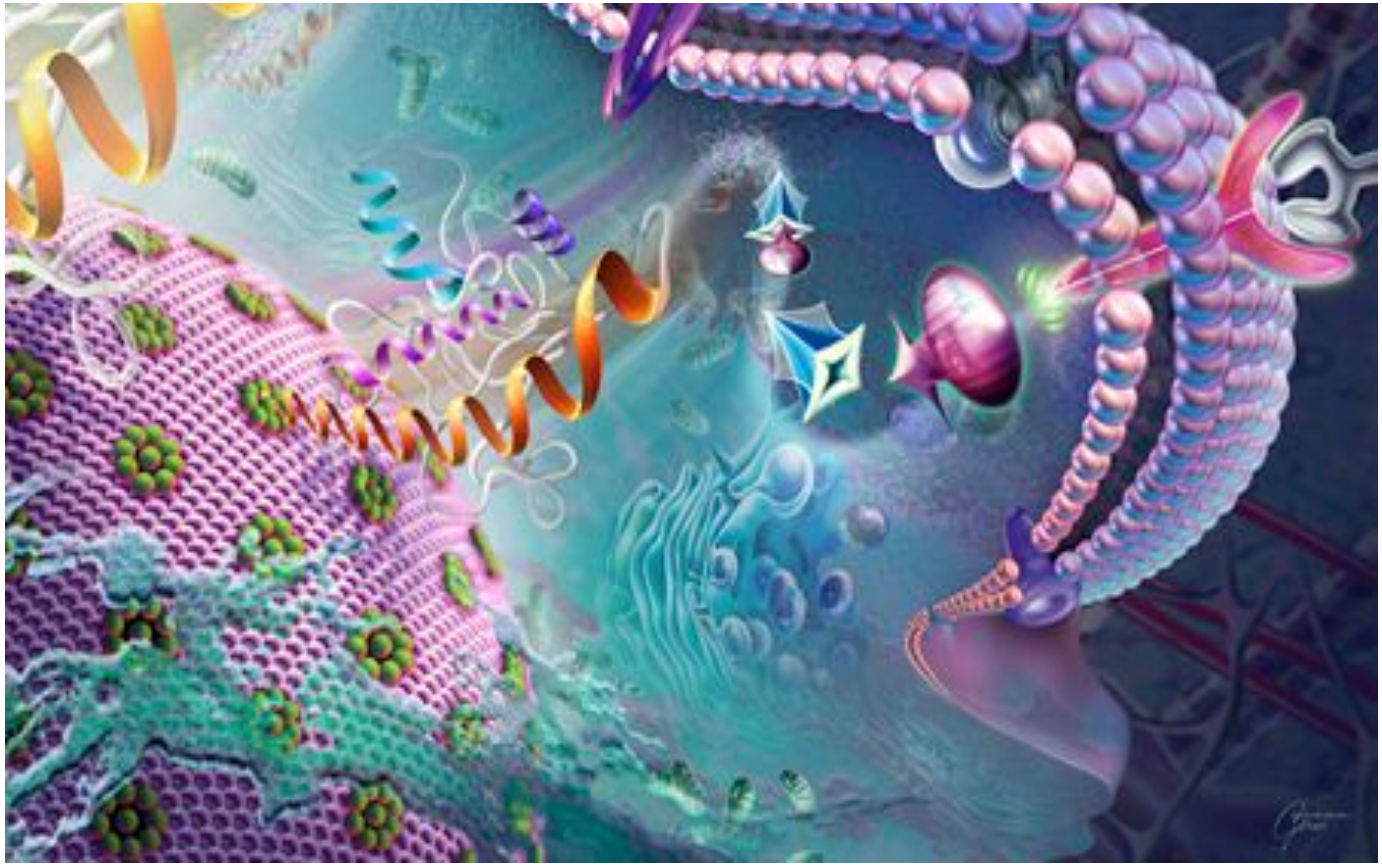
– эффект проявляется при низких концентрациях лиганда;

– 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

- автокринная

- синаптическая

Общие принципы сигнализации при помощи рецепторов клеточной поверхности

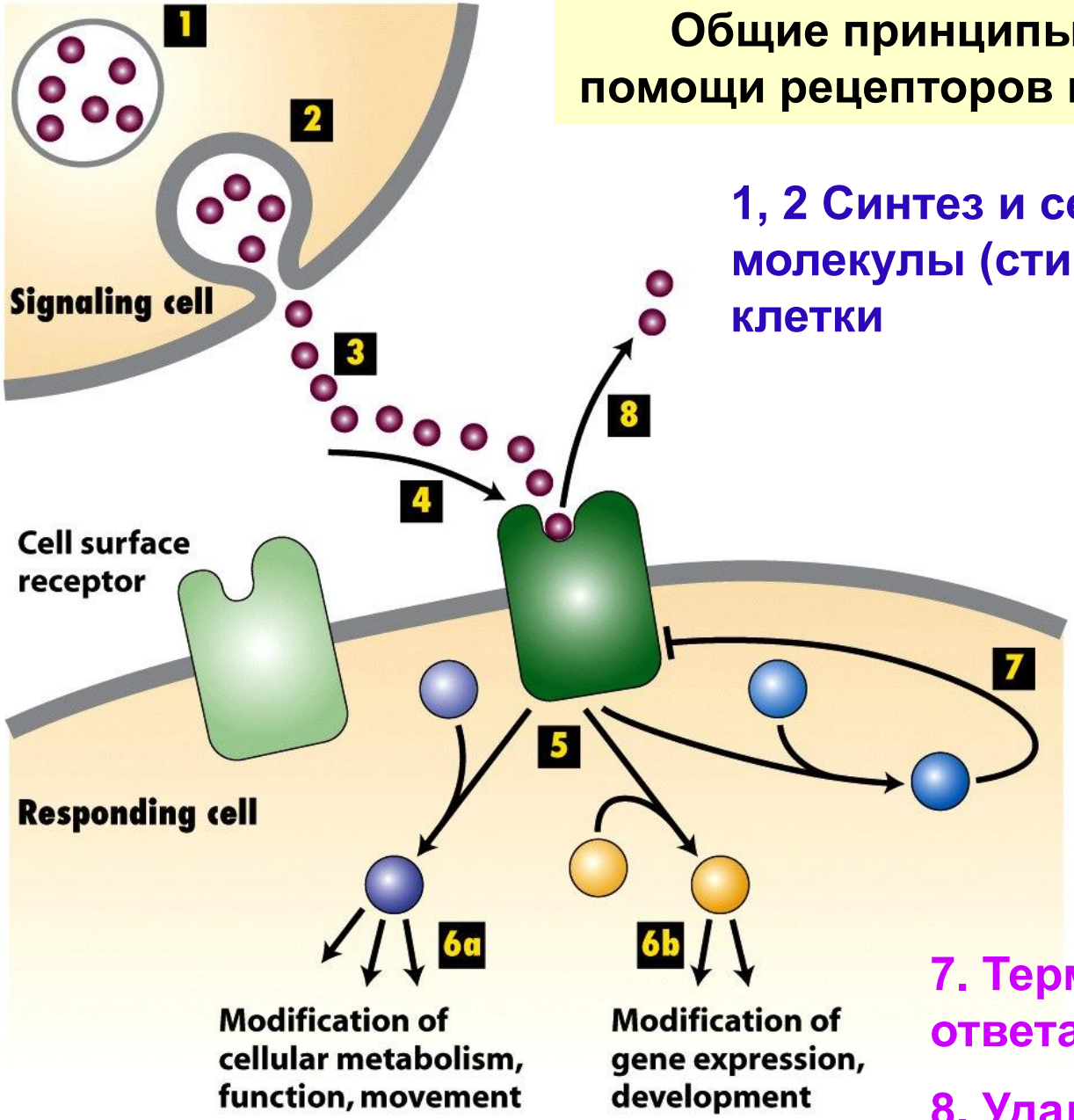


Figure 15-1
Molecular Cell Biology, Sixth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company

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.

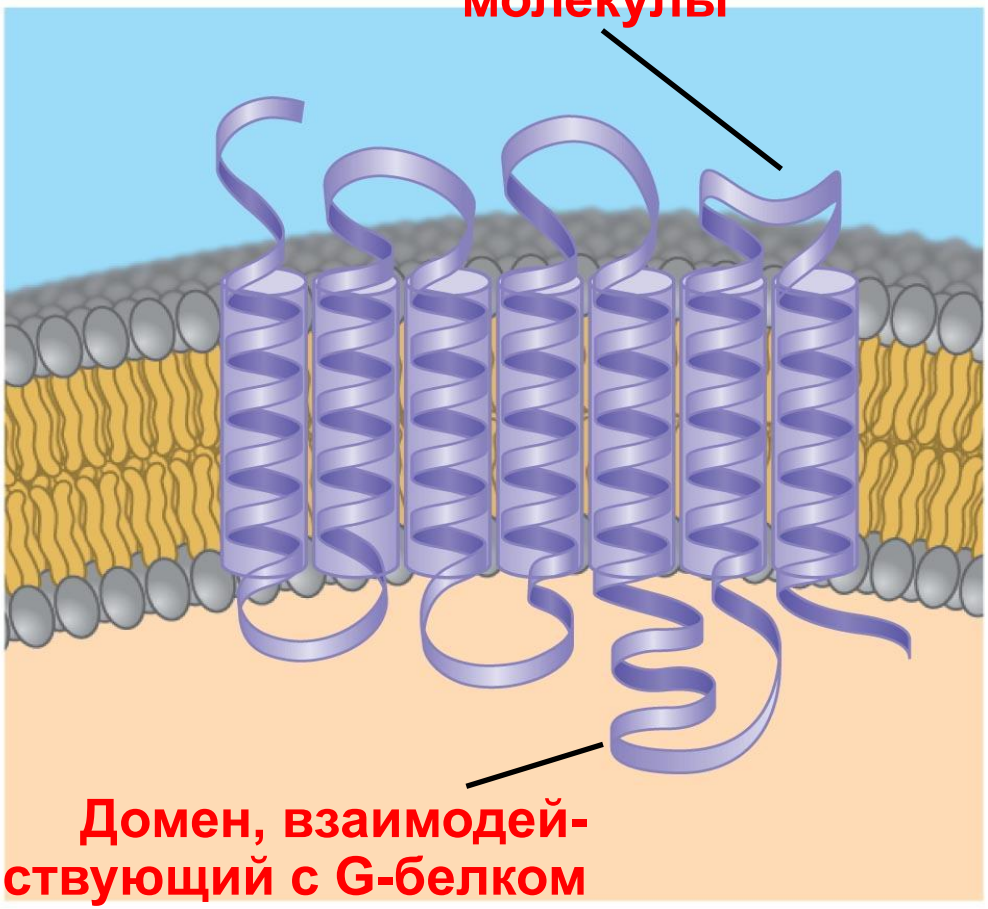
7. Терминация (остановка) ответа.

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**

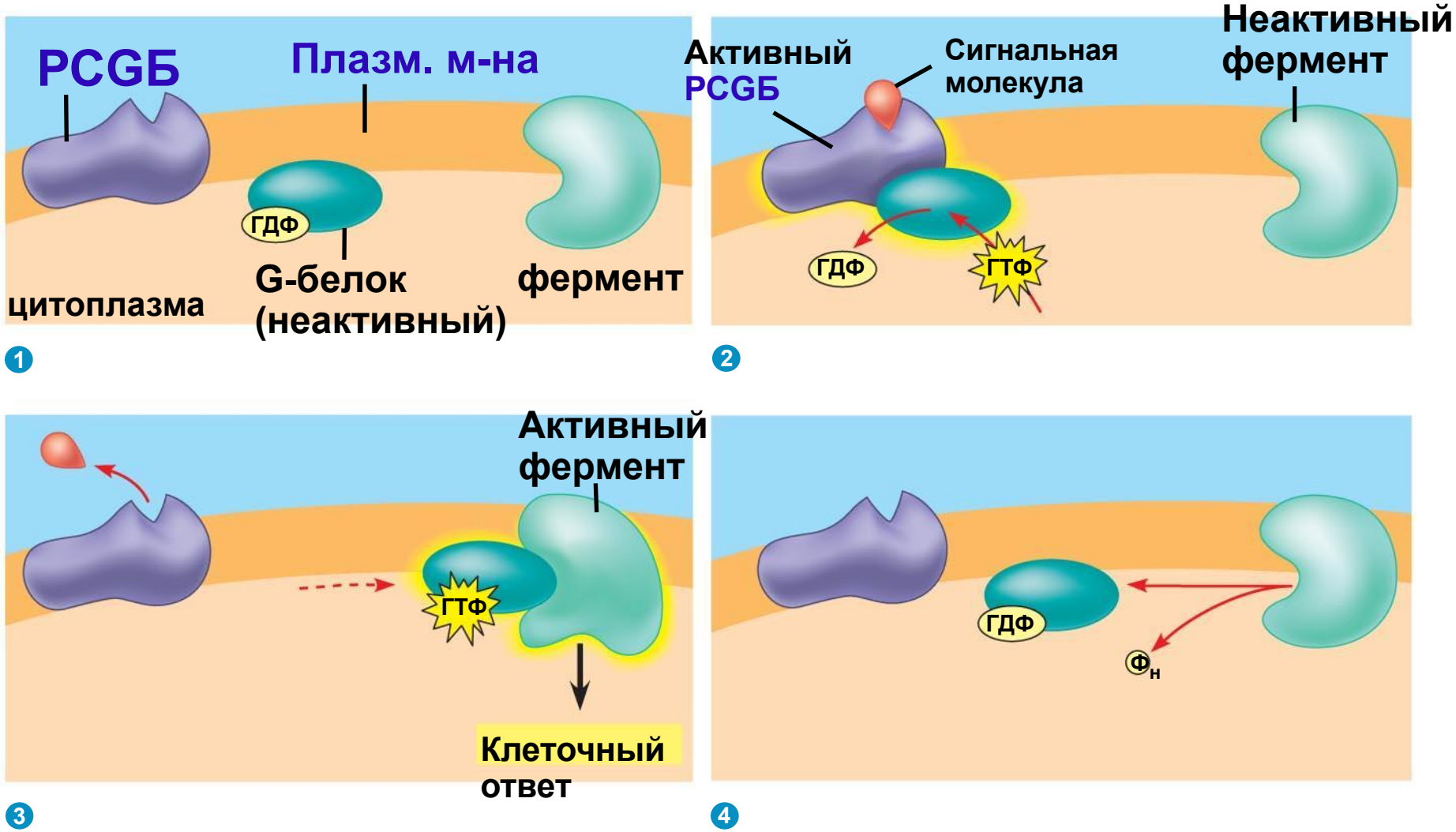
- **Большинство водорастворимых сигнальных молекул связываются со специфическими участками рецепторных белков на поверхности мембраны**
- **Выделяют три основных типа мембранных рецепторов:**
  - **Рецепторы, сопряженные с G-белками (G protein-coupled receptors)**
  - **Рецепторные киназы (Receptor kinases)**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



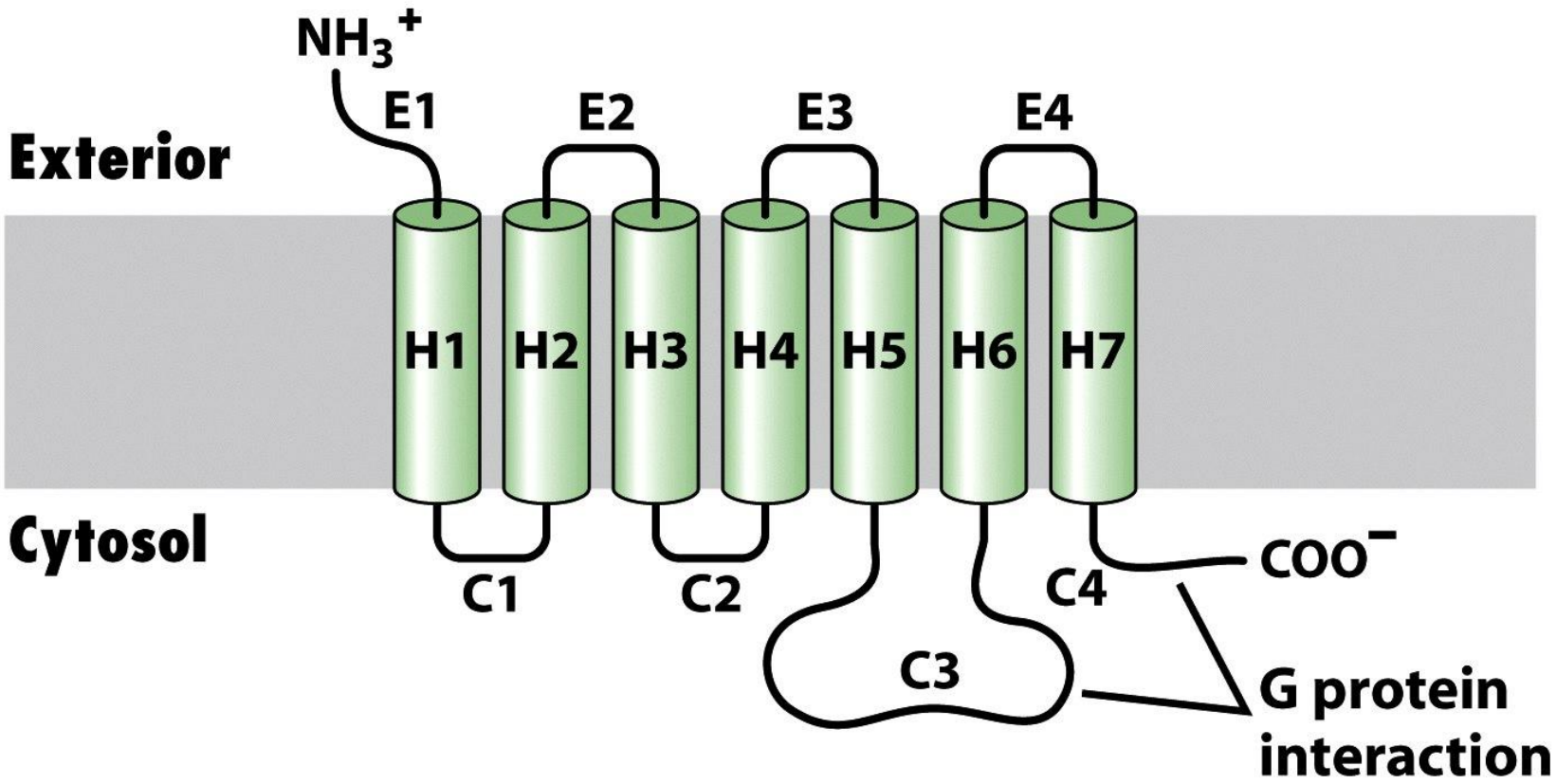
Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Функционирование рецепторов, сопряженных с G-белками (РСGБ)



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Структура рецепторов, сопряженных с G-белками (РСGБ)

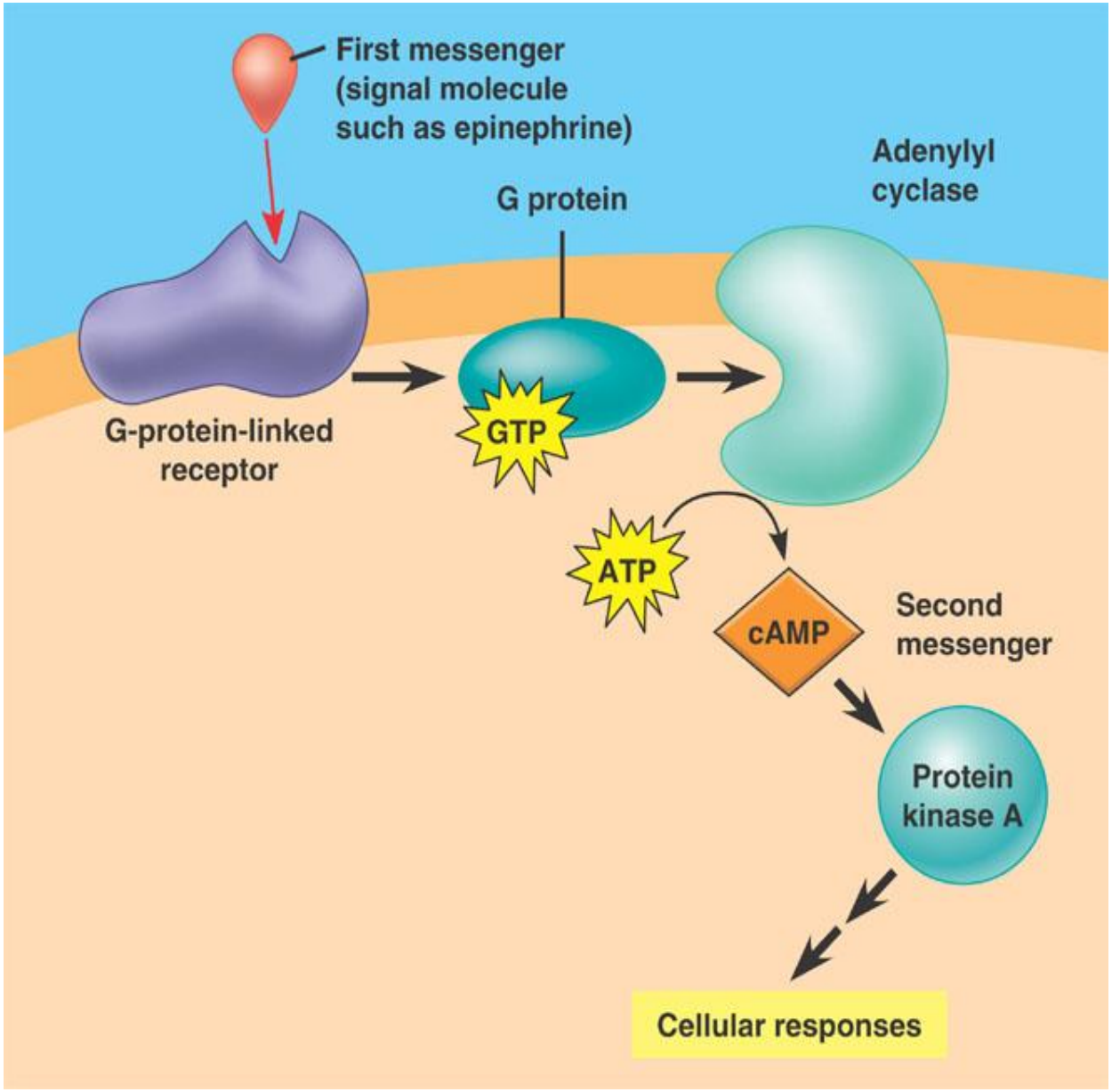


N-terminal outside, C-terminal in cytoplasm.

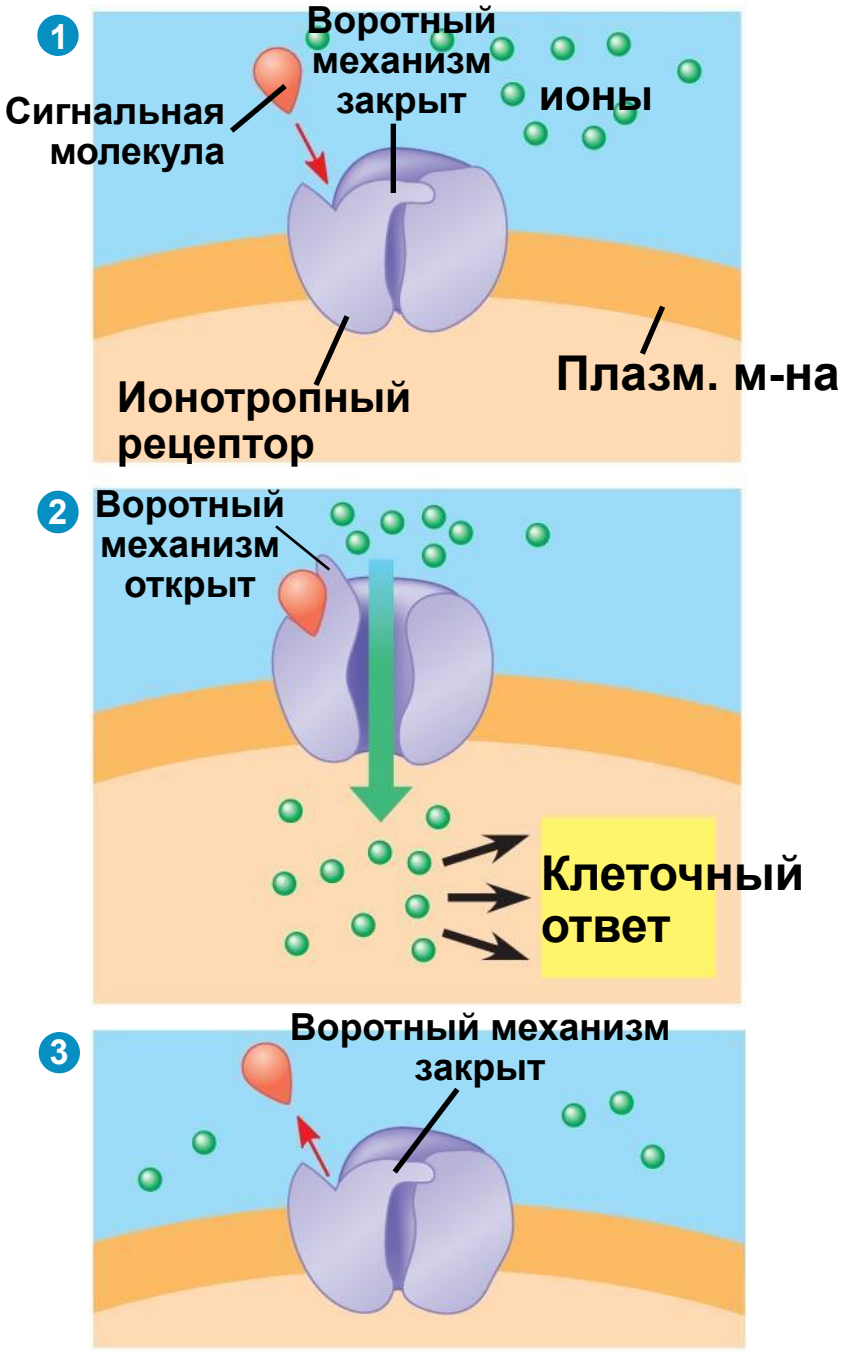
7 transmembrane α-helical regions (H1-H7).

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

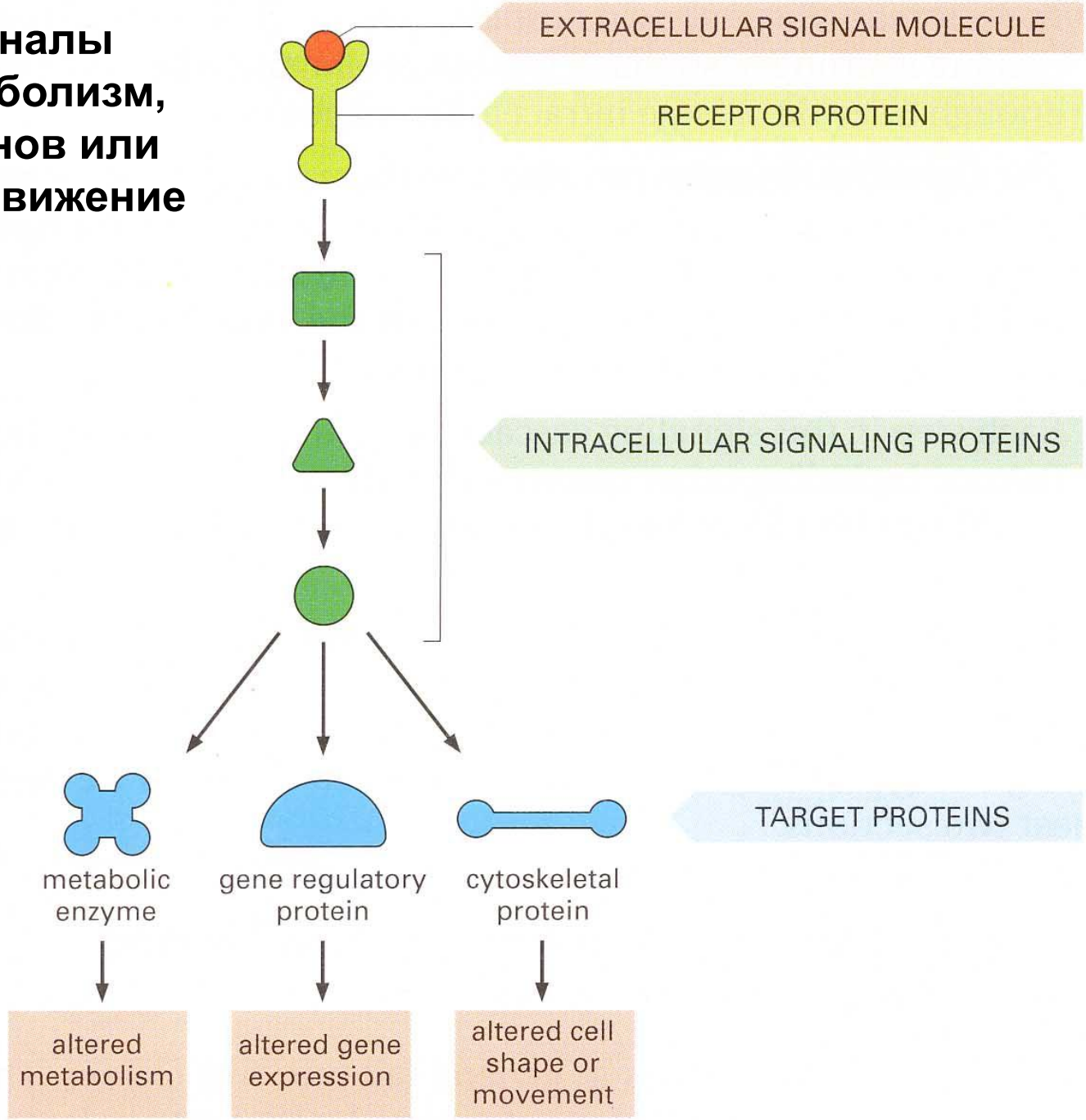


Функционирование лиганд-активируемых ионных каналов:



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

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

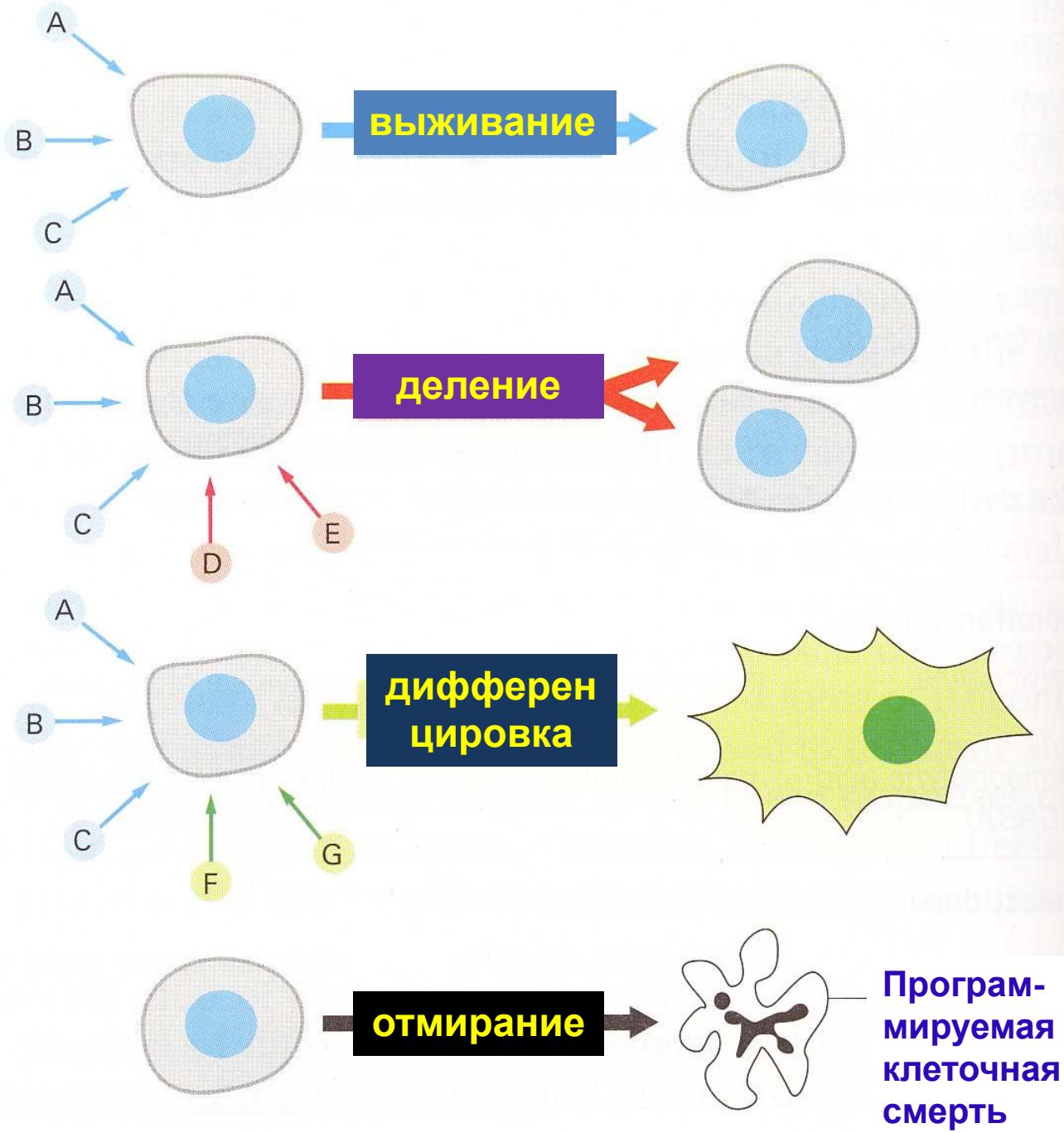


Физиологической состояние клетки зависит от совокупности регуляторных факторов

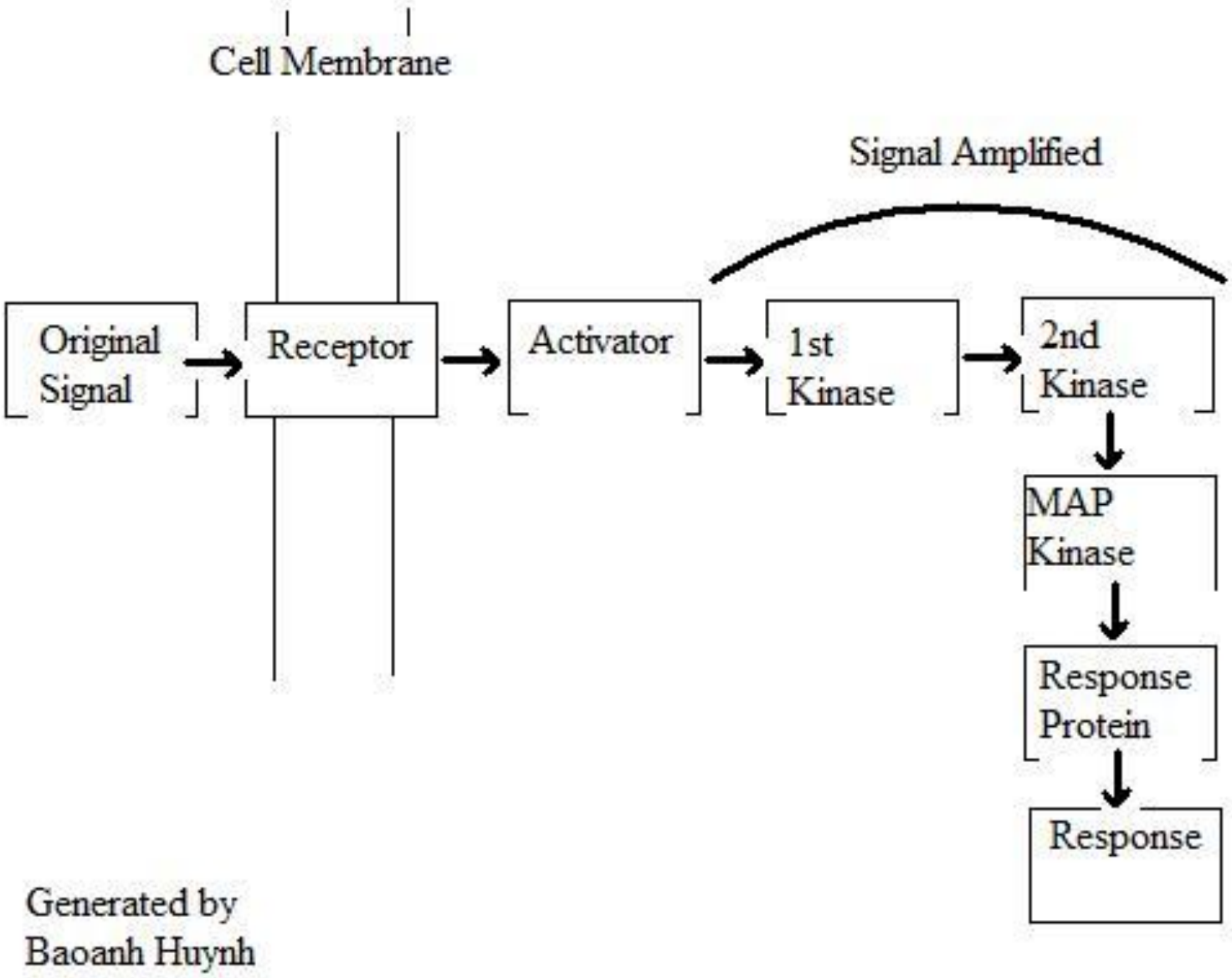
Каждая клетка имеет свой «набор» рецепторов

Сигналы работают комбинированно, приводя к комплексному клеточному ответу

Сигналы могу вызывать выживание, пролиферацию, дифференцировку или смерть

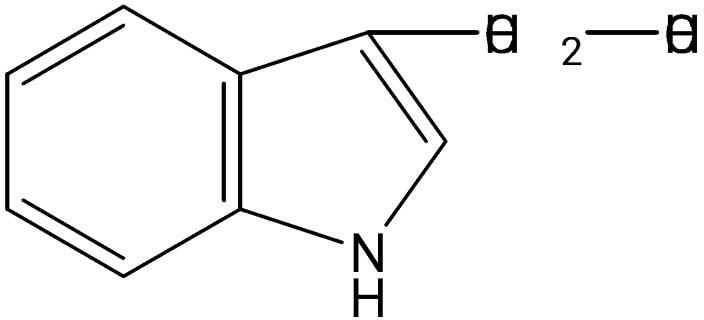


Усиление сигнала посредством киназного каскада
Серин-треониновые киназы, гистидиновые киназы (у животных – тирозин-киназы!)



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
Стимуляция растяжения клеток
Ростовые движения
Поляризующий эффект

НЕГОРМОНАЛЬНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА

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