

Лекция 1

- Строение мембран

2) Функции мембран

➔ **Механическое разделение** клеток (или органелл) друг от друга

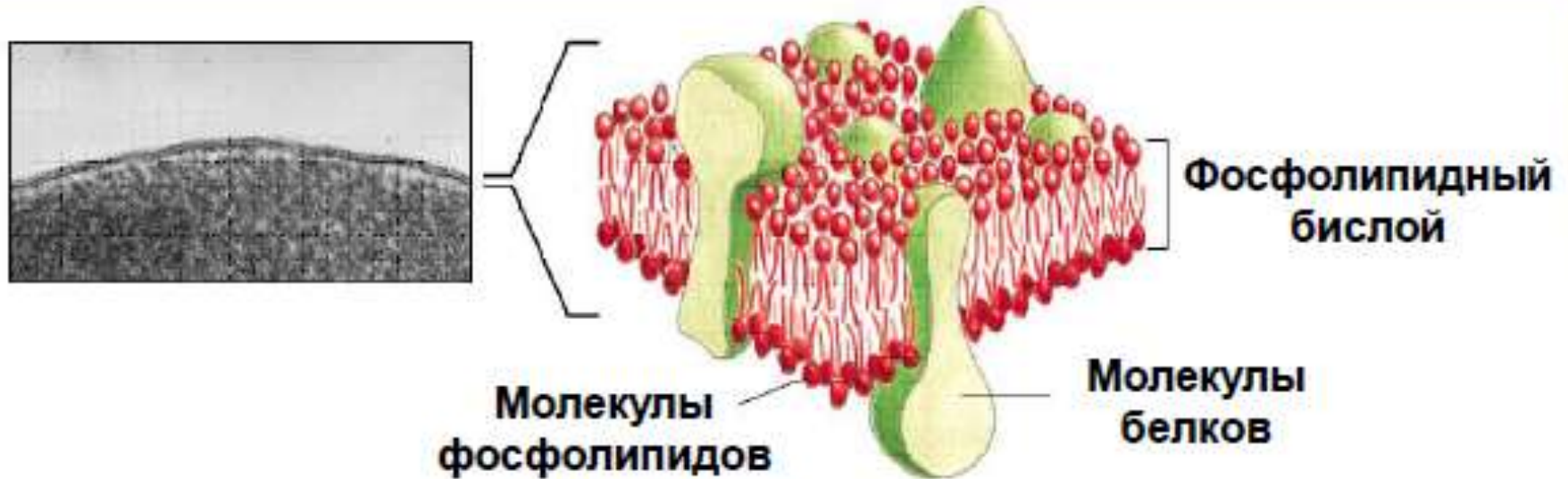
➔ **Матричная:** липидный бислой является матрицей (структурной основой) для удержания белков и ферментов

➔ **Барьерная:** мембрана – селективная преграда для проникновения ионов и водорастворимых молекул

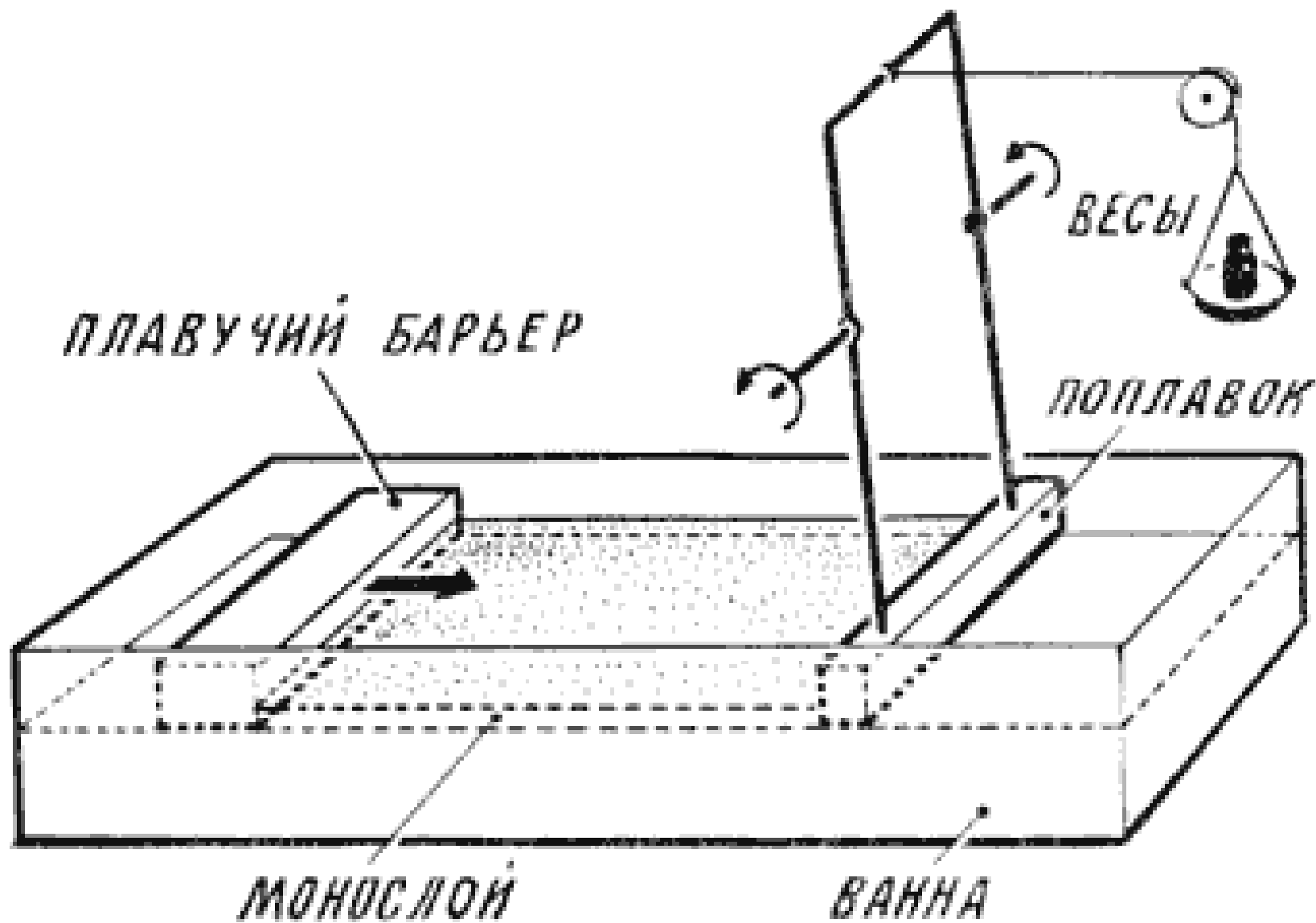
➔ **Транспортная:** через мембрану происходит перенос (транспорт) веществ

I. Структура, функции физические свойства биологических мембран

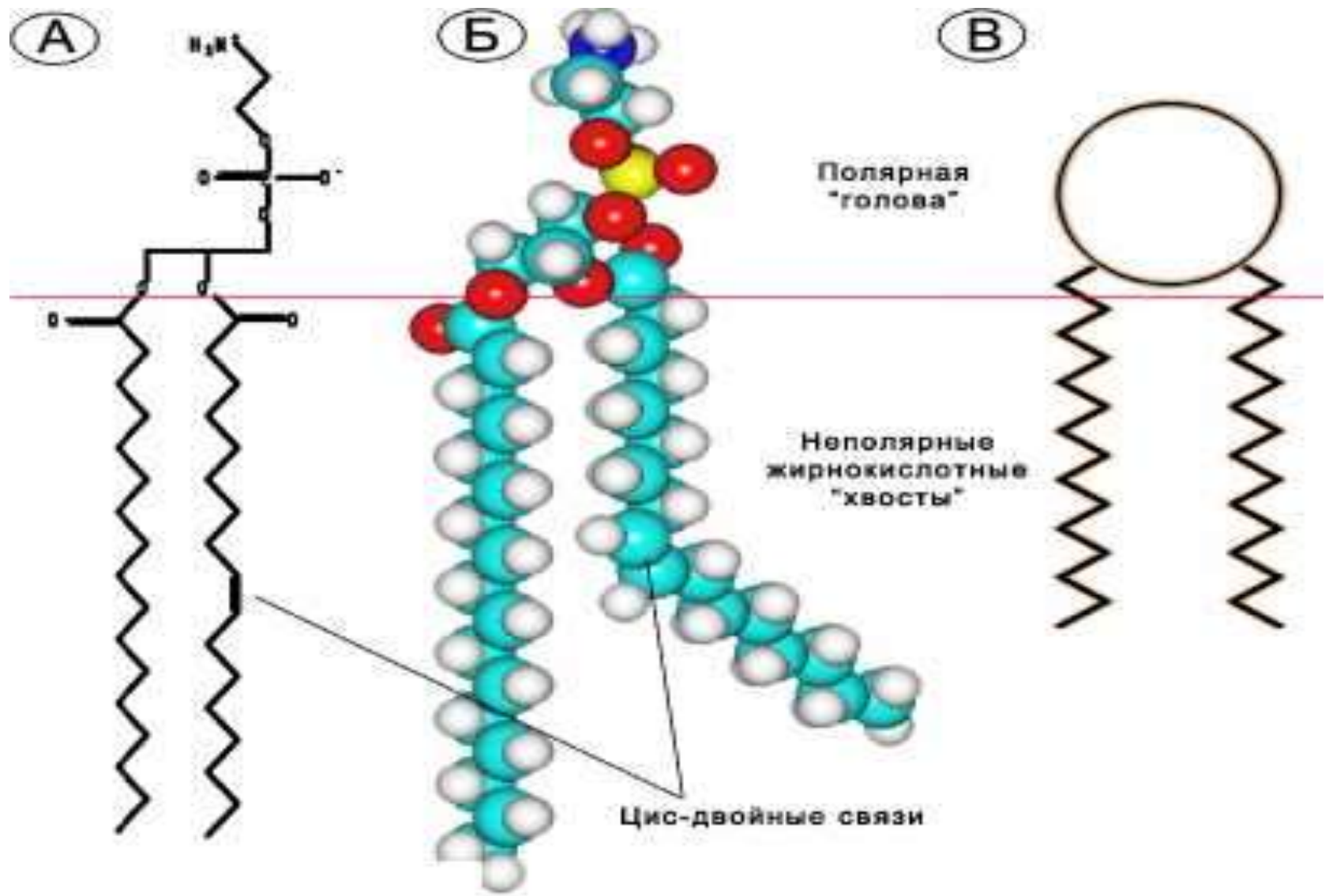
1) Структура

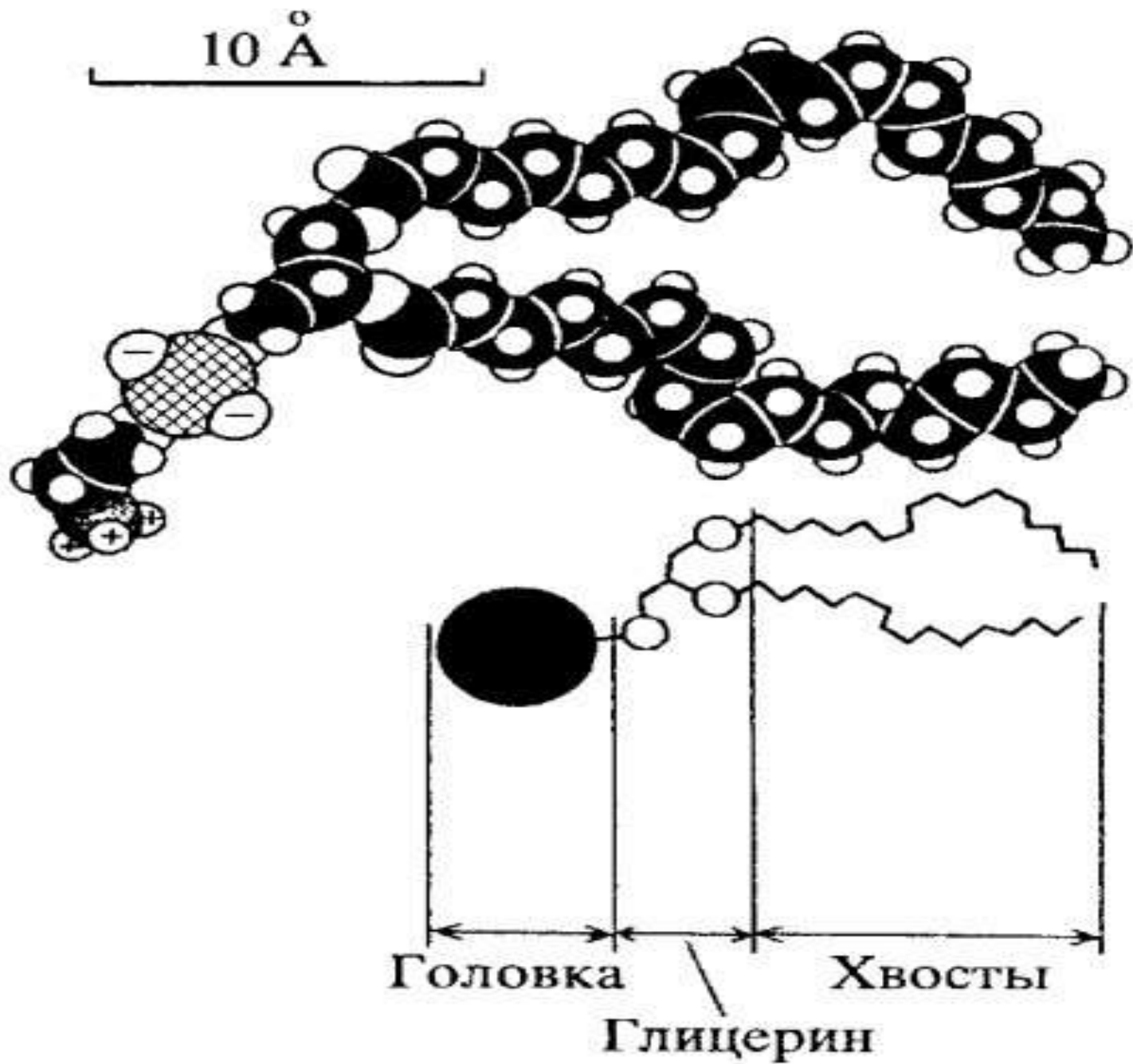


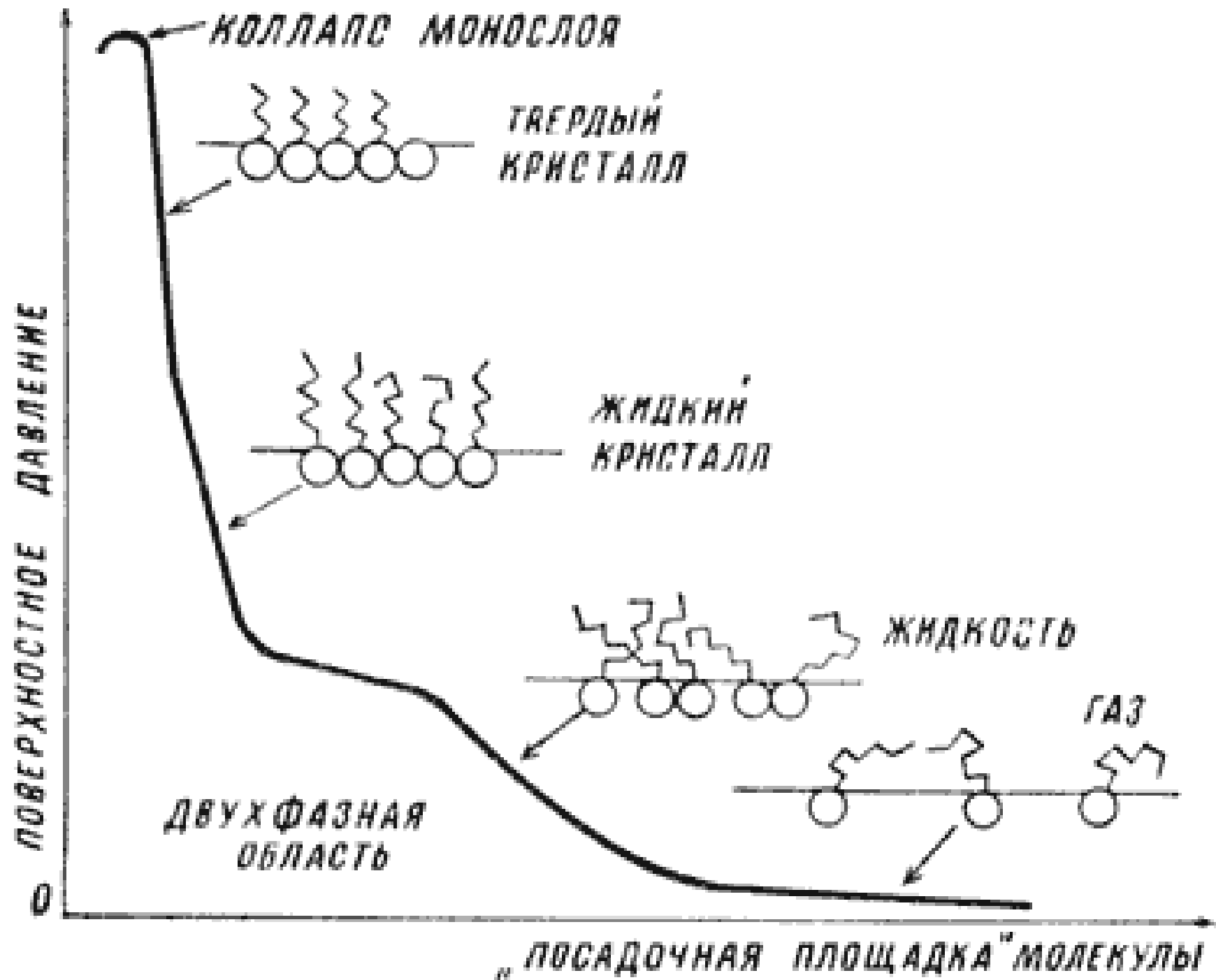
- ➔ Состоит из **бислоя фосфолипидов**, в который встроены (или присоединены) **белки**
- ➔ **Белки**: поверхностные и интегральные (трансмембранные)
- ➔ **Углеводы** (гликолипиды и гликопротеины) расположены на **внешней поверхности** цитоплазматических мембран

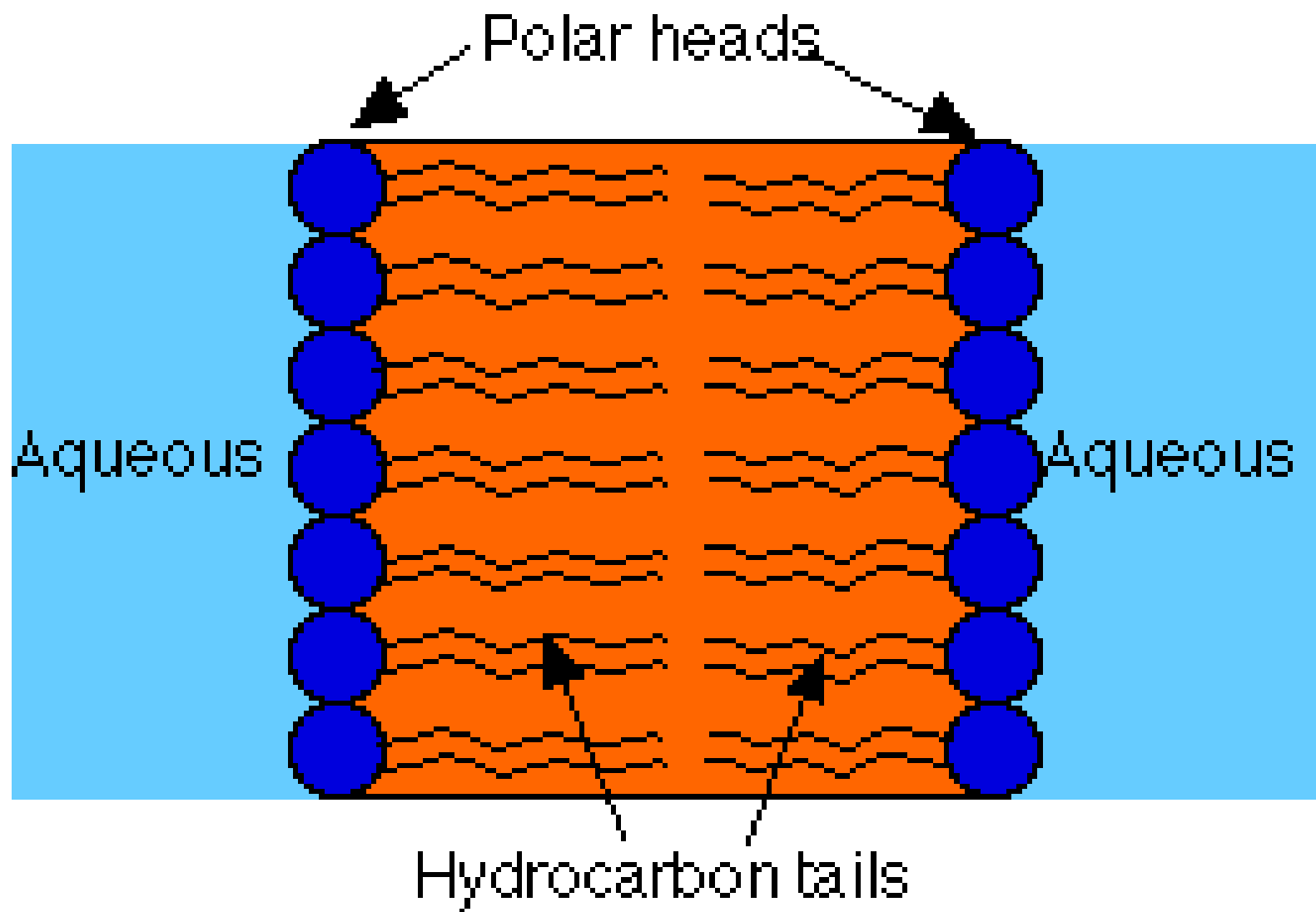


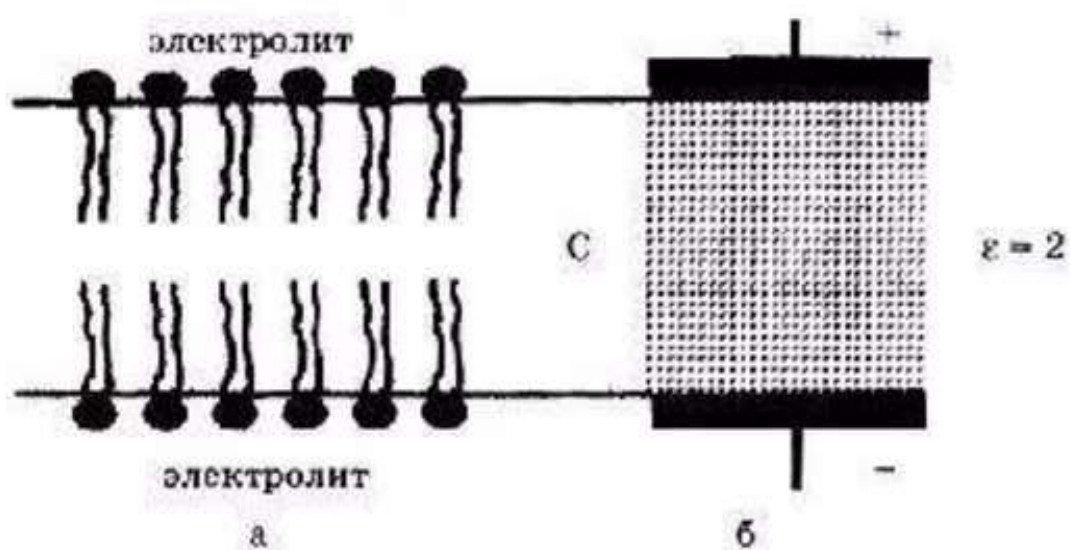
Амфифильная молекула









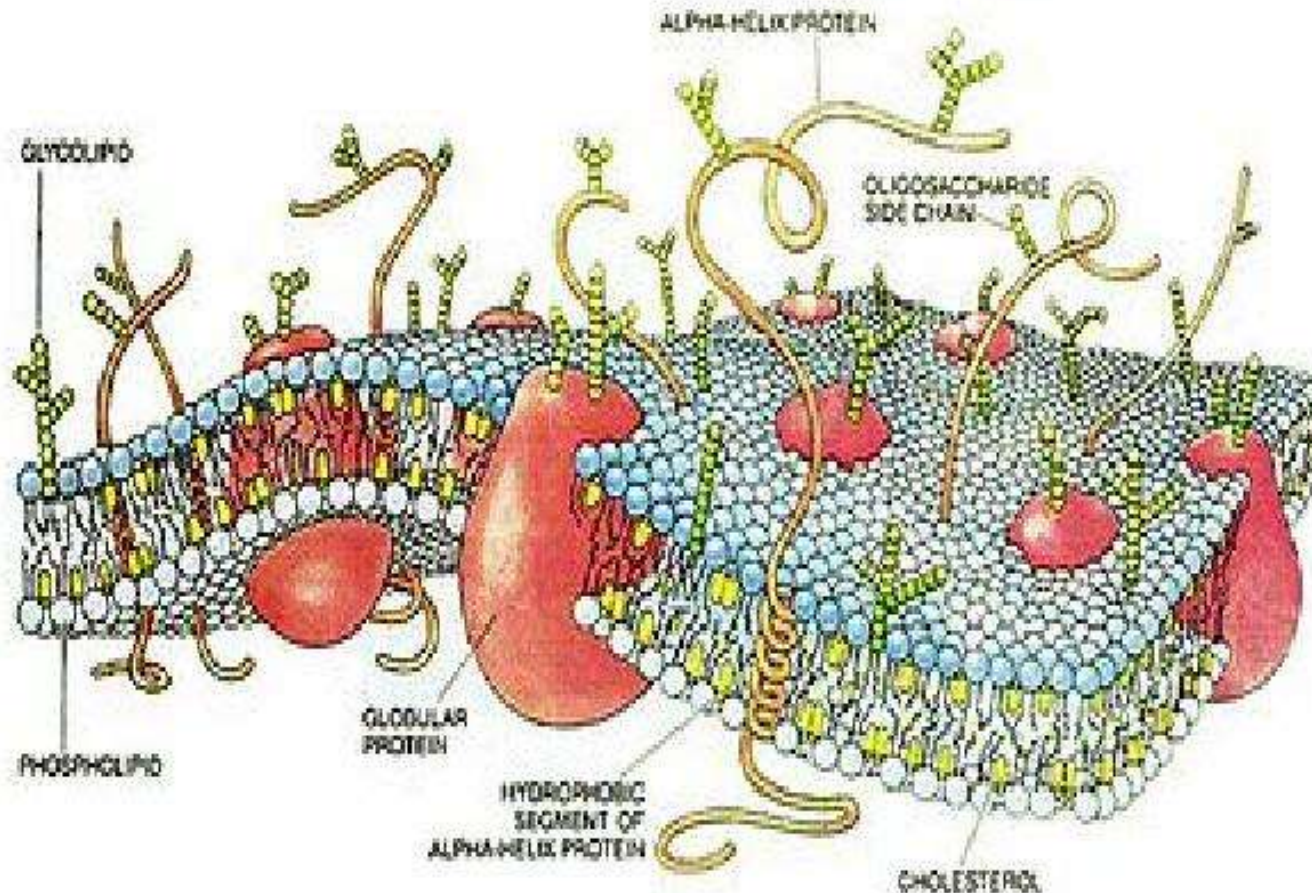


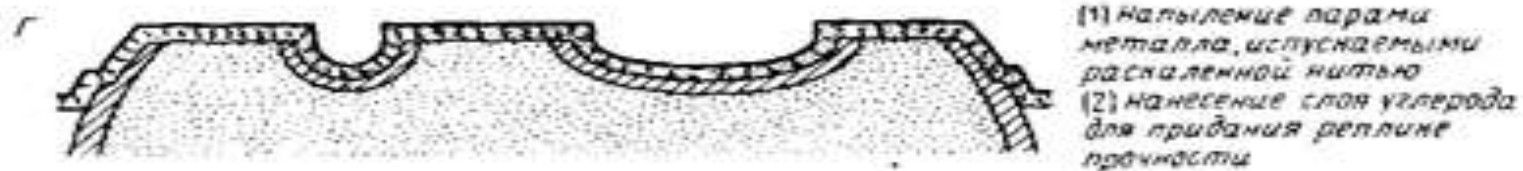
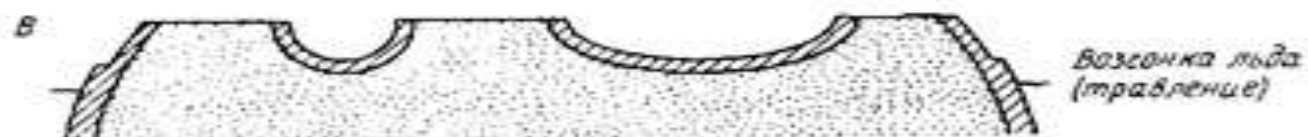
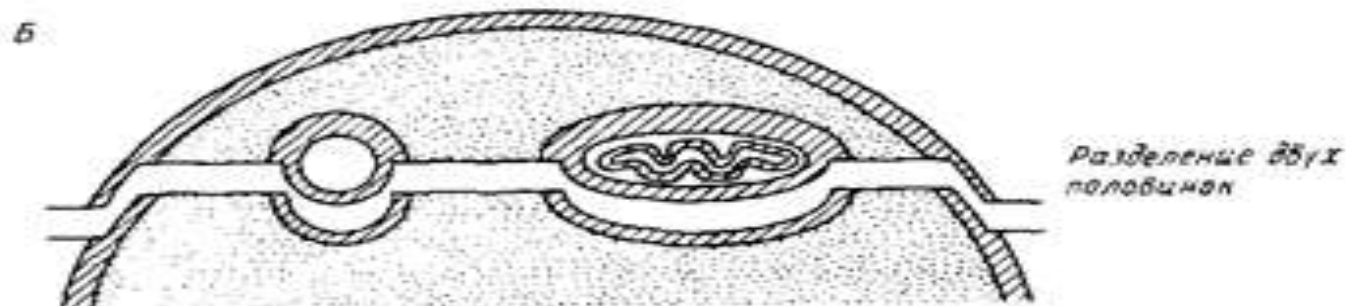
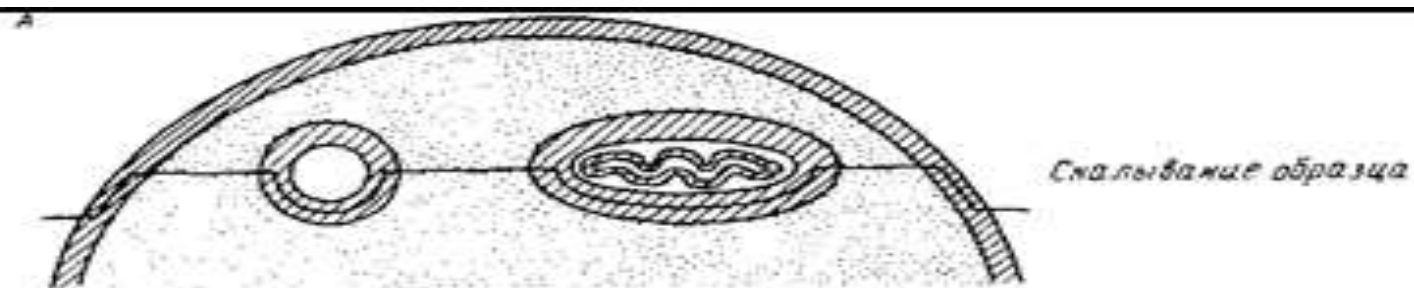
Бимолекулярный слой липидов (а);
 мембрана как конденсатор (б),

(С - электрическая емкость, ϵ - диэлектрическая проницаемость)

Биологическую мембрану можно рассматривать как **электрический конденсатор** (пластинами являются электролиты наружного и внутреннего растворов (внеклеточного и цитоплазмы). Проводники разделены диэлектрическим слоем, образованным неполярной частью липидных молекул - двойным слоем их хвостов.

Жидкостно-мозаичная модель биомембран предложена Сингером и Николсоном в 1972 г. Мембрана представляется как **текущий** фосфолипидный бислой, в который погружены **свободно диффундирующие** белки.



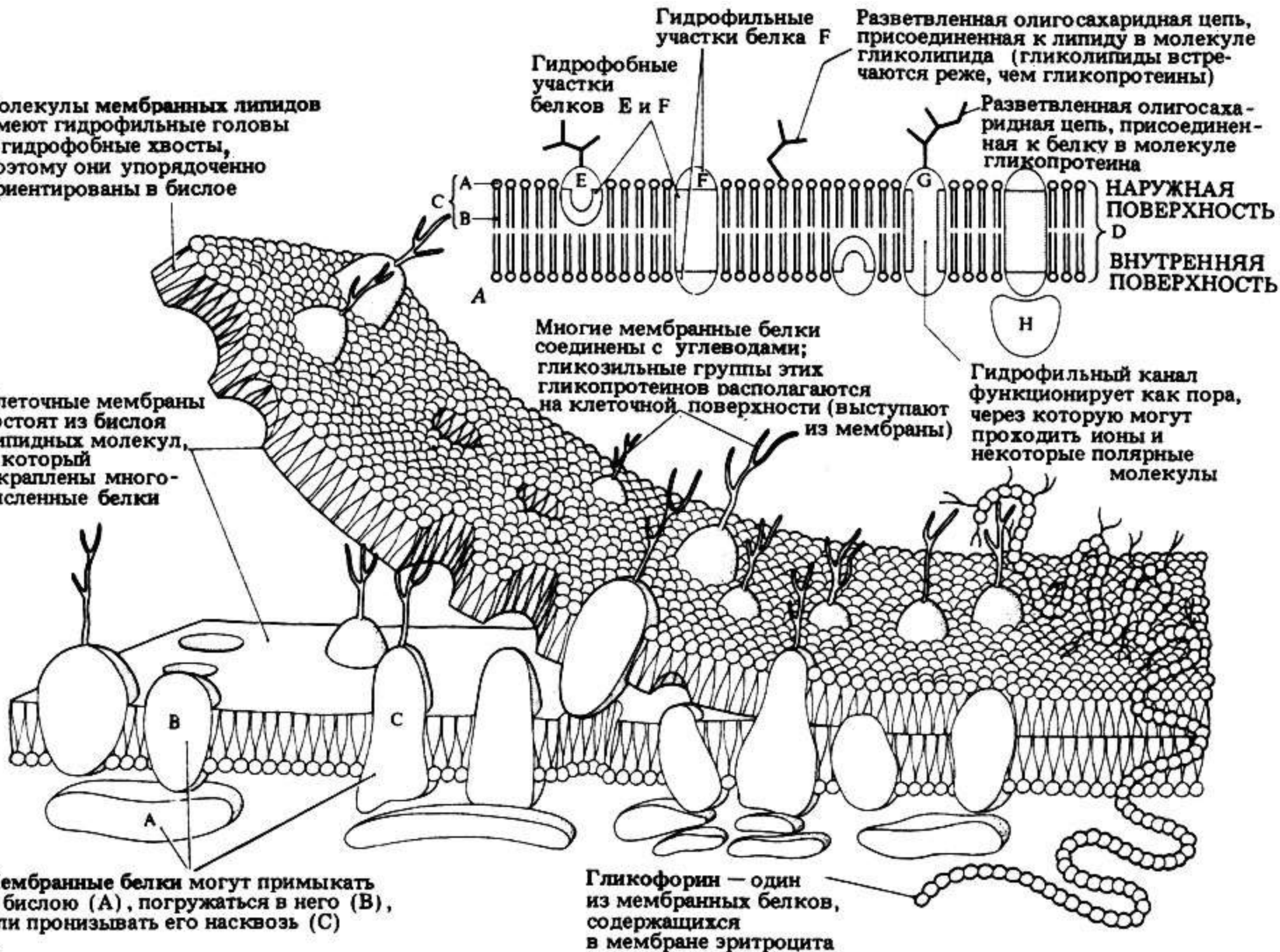


Молекулы мембранных липидов имеют гидрофильные головы и гидрофобные хвосты, поэтому они упорядоченно ориентированы в бислое

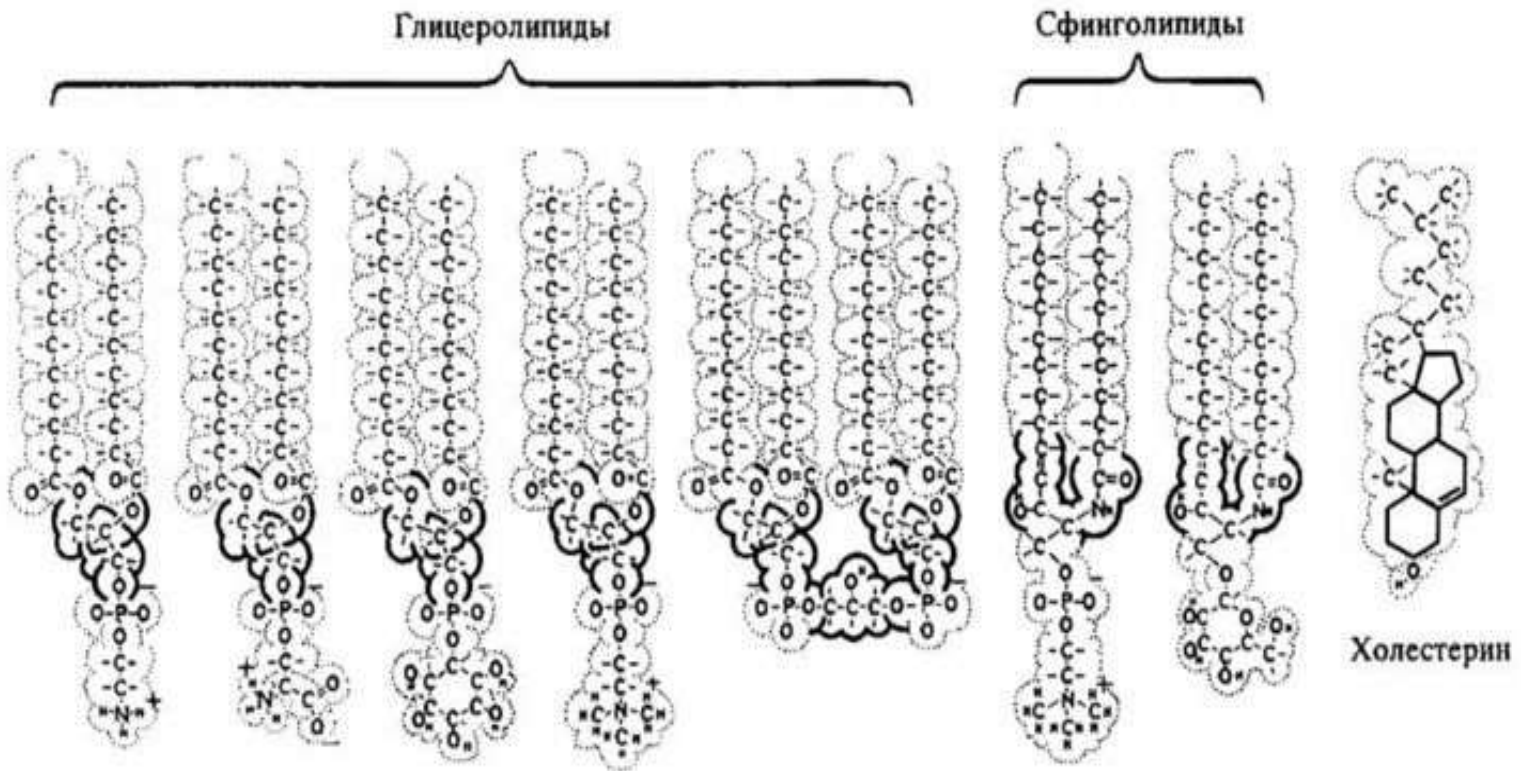
Клеточные мембраны состоят из бислоя липидных молекул, в который вкраплены многочисленные белки

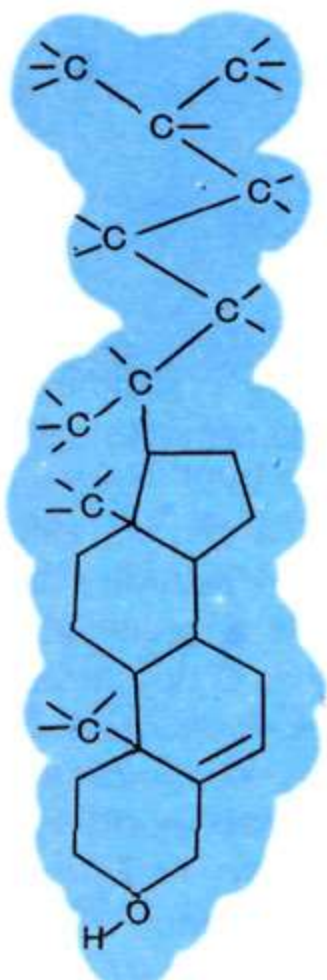
Мембранные белки могут примыкать к бислою (А), погружаться в него (В), или пронизывать его насквозь (С)

Б

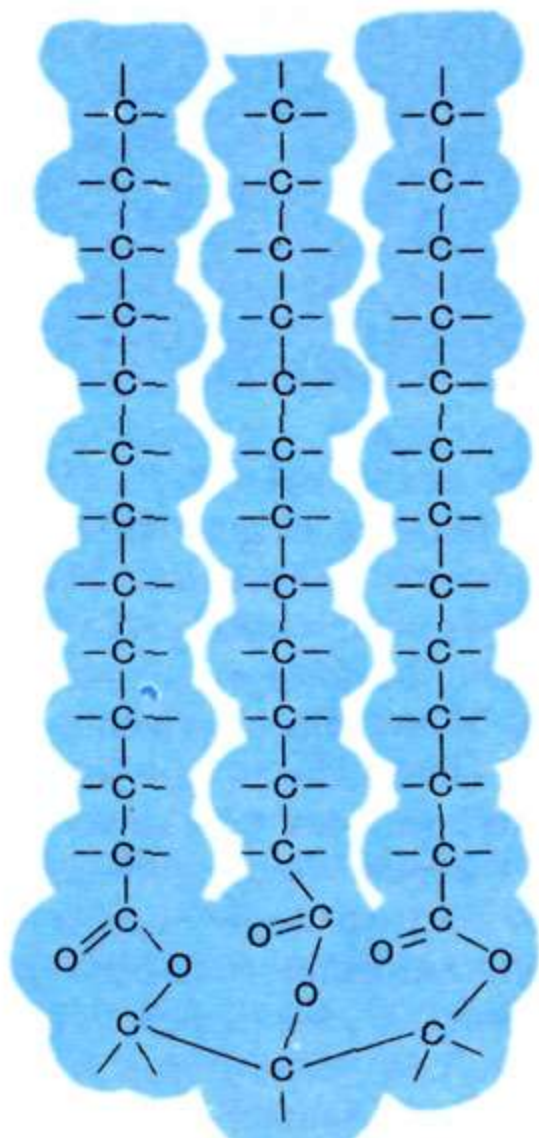


Разнообразие липидов мембран

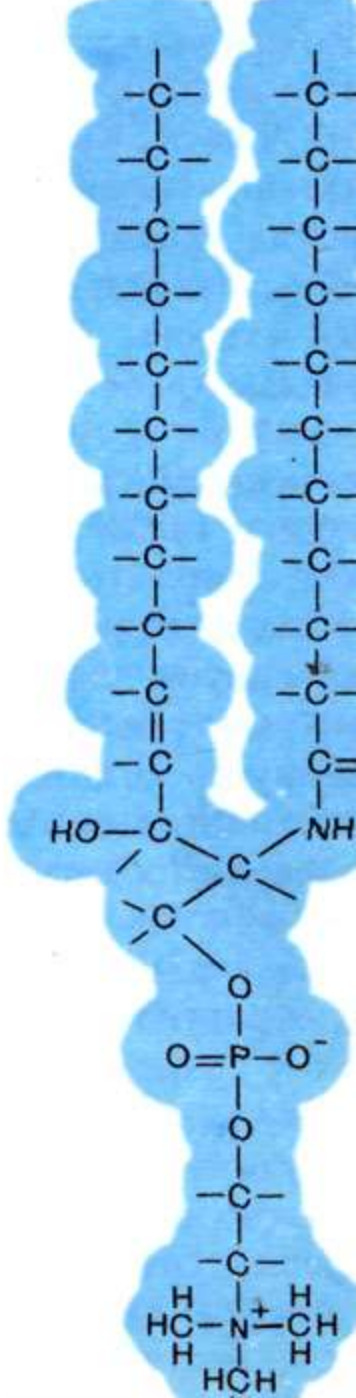
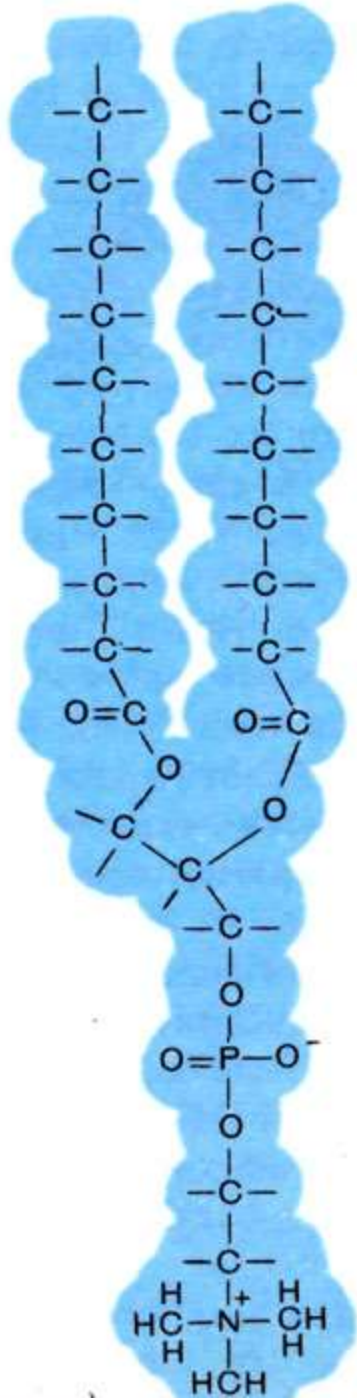




Холестерин



Триглицерин



➔ Мембрана по структуре – это **плоский конденсатор** и **резистор**

➔ **Обкладки конденсатора** - водные растворы солей, омывающие мембрану

диэлектрик – липидный бислой

Емкость 1 см² мембраны:

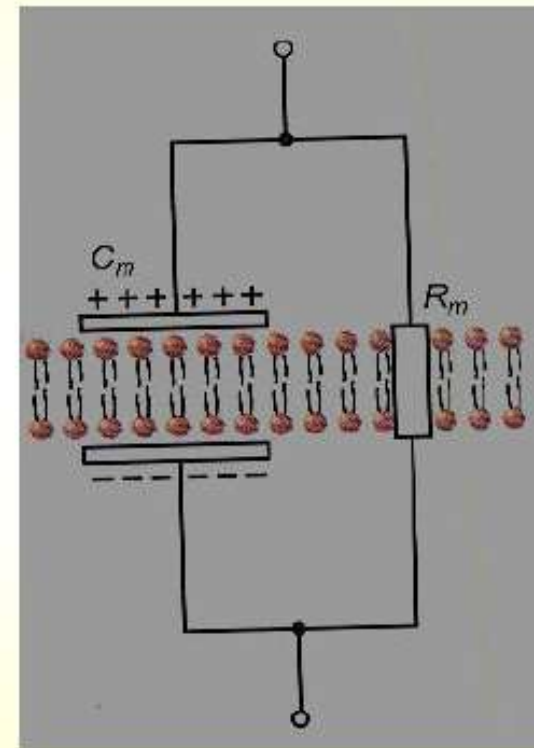
$$C_m = 0,5 - 1,3 \text{ мкФ}$$

➔ **Резистор** - потоки ионов в мембране, трансмембранные белки

■ Электр. сопротивление 1 см² бислойной **липидной** мембраны :

$$R \approx 10^{11} \text{ Ом}$$

■ У **биологических** мембран $R \approx 10^8 \text{ Ом}$, что связано с влиянием белков



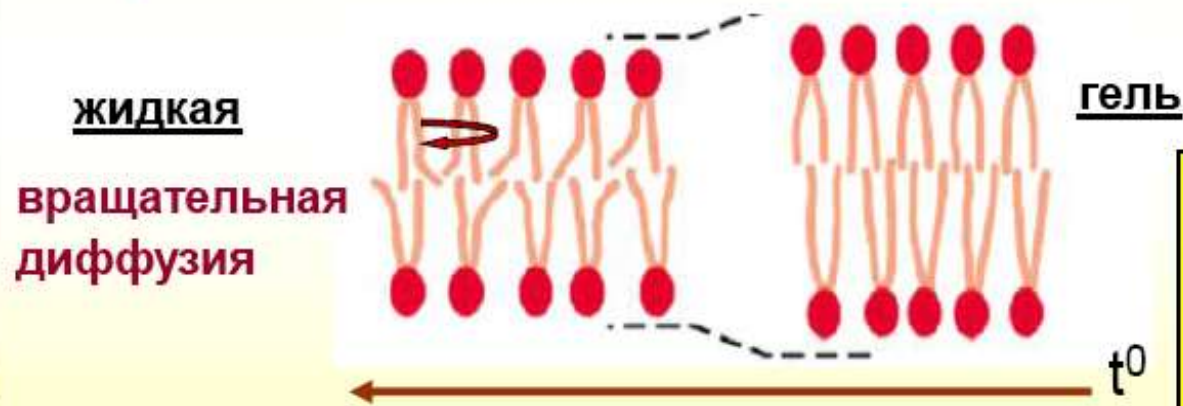
3) Физические свойства и параметры

➔ Толщина: **4 – 13 нм**

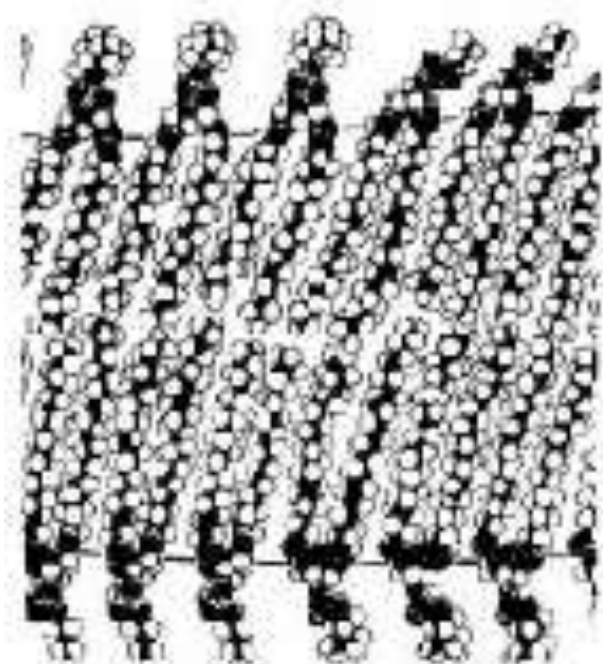
➔ Плотность липидного бислоя: **800 кг/м³** (меньше, чем у H₂O)

➔ мембрана – **жидкий кристалл**:

- **Жидкая**, т.к. молекулы липидов способны передвигаться в мембране
- **кристалл**, т.к. остается упорядоченной структурой.



вязкость липидного бислоя:
 $\eta = 30 - 100 \text{ мПа} \cdot \text{с}$
(как у растительного масла)

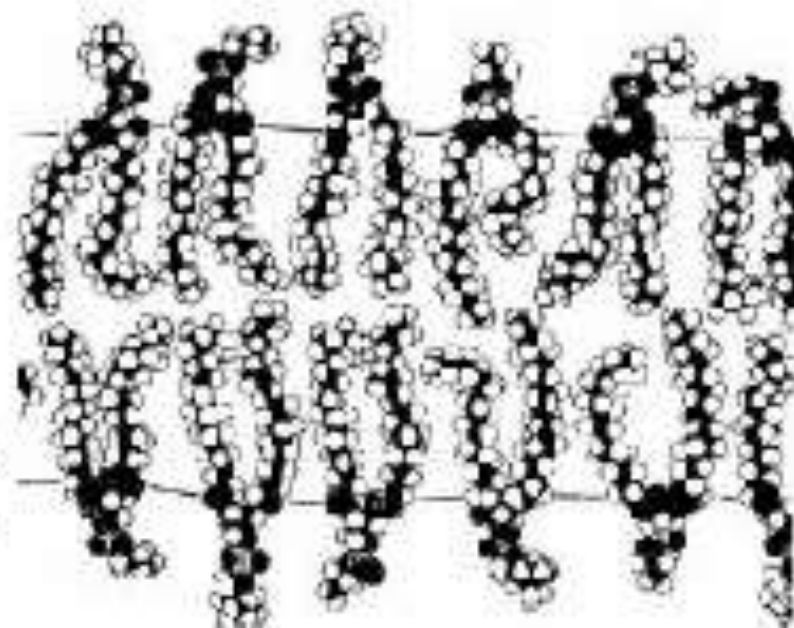


Гелевое или «кристаллическое»
состояние липидного бислоя

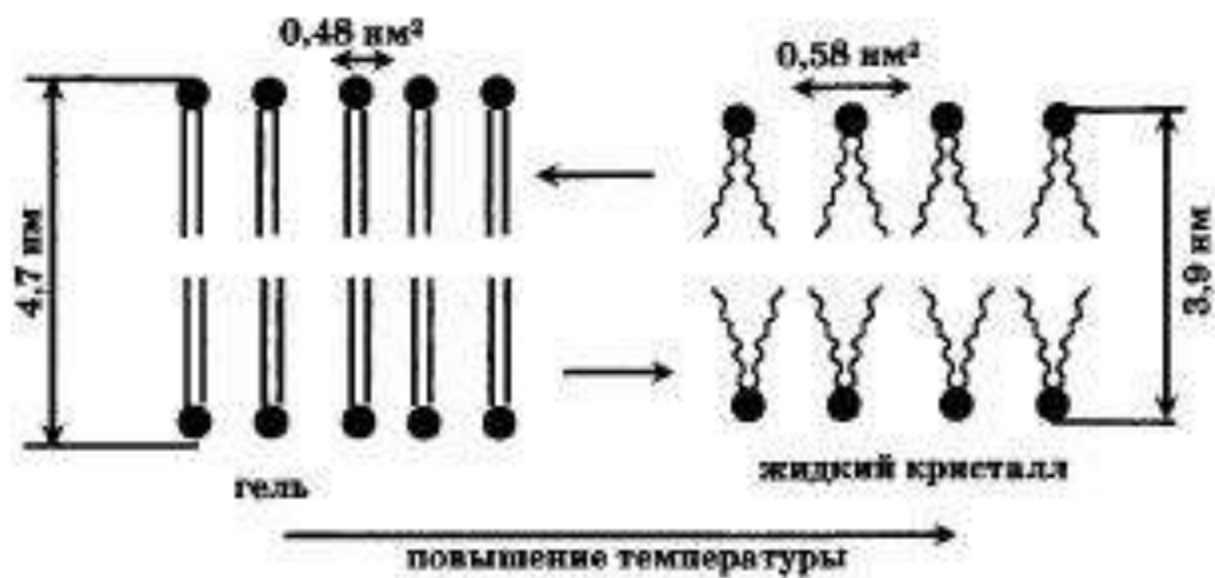
Нагревание



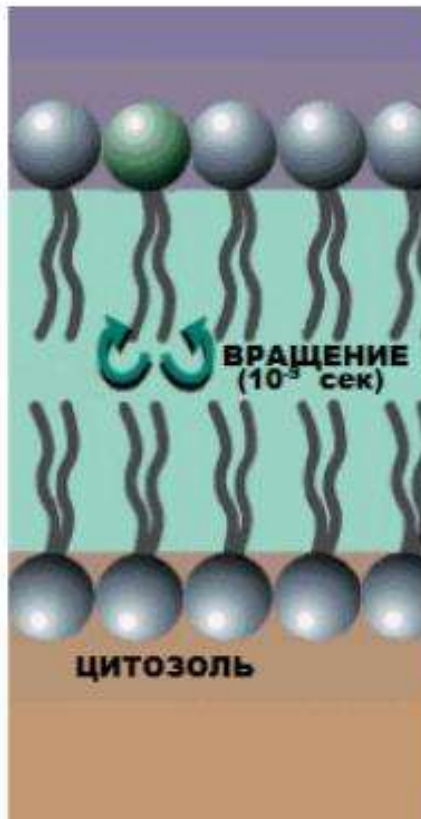
Охлаждение



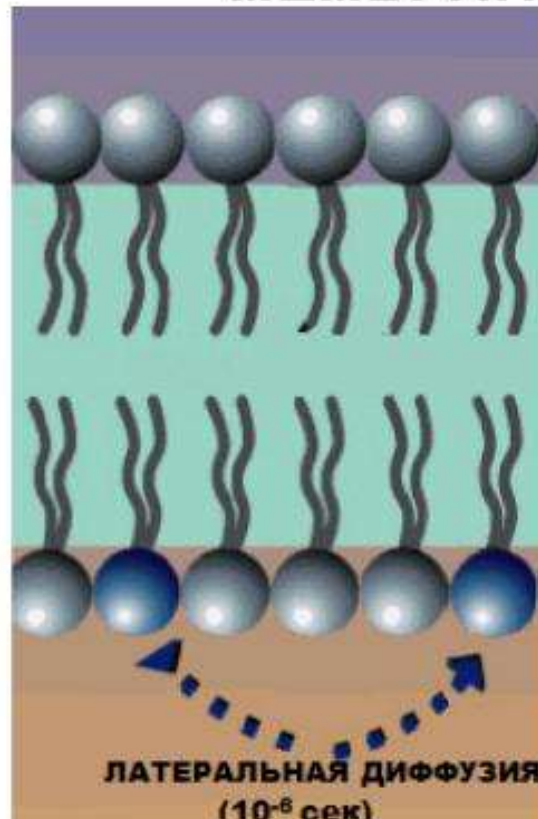
Жидкокристаллическое
состояние липидного бислоя



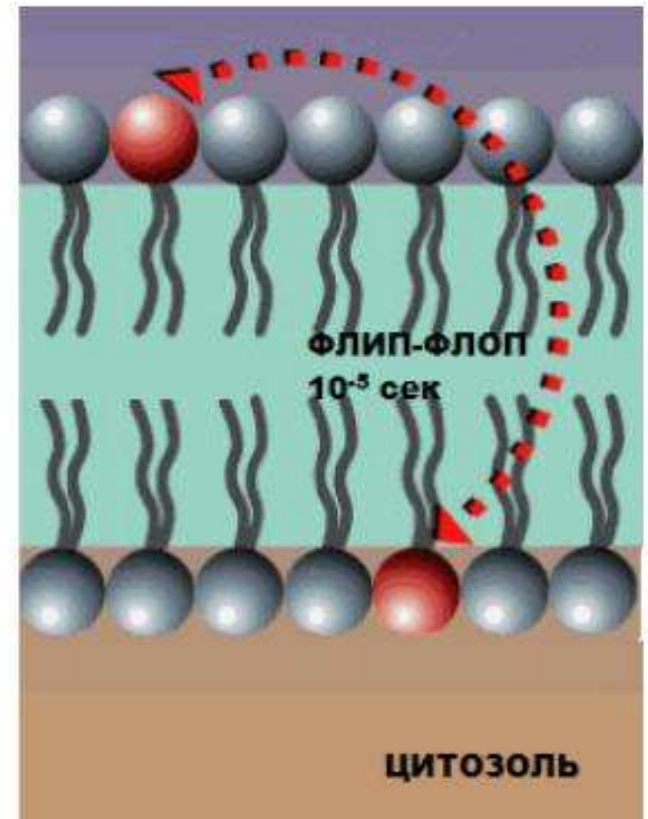
ТИПЫ ДВИЖЕНИЯ МОЛЕКУЛ ЛИПИДОВ В БИСЛОЕ МЕМБРАН



Вращательная
диффузия



Латеральная
диффузия



Флип-флоп (кувырок)
Энергозависимый
процесс



Пальмитолеиновая кислота ($\omega 7, 16:1, \Delta^9$)



Олеиновая кислота ($\omega 9, 18:1, \Delta^9$)



* Линолевая кислота ($\omega 6, 18:2, \Delta^{9,12}$)



* α -Линоленовая кислота ($\omega 3, 18:3, \Delta^{9,12,15}$)







* Арахидоновая кислота ($\omega 6, 20:4, \Delta^{5,8,11,14}$)



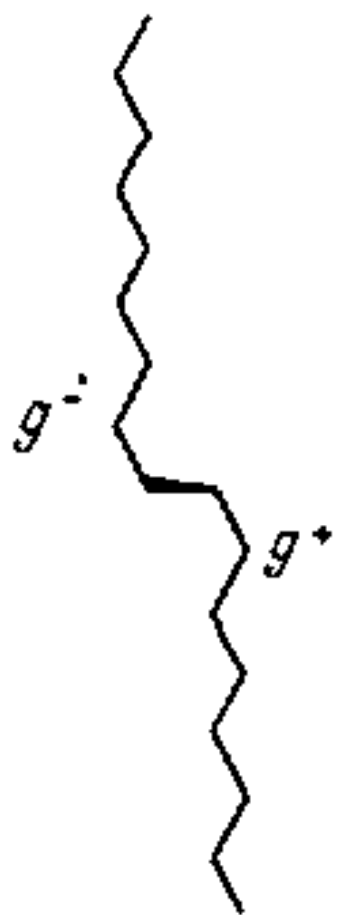
Эйкозопентаеновая кислота ($\omega 3, 20:5, \Delta^{5,8,11,14,17}$)

Зависимость температуры плавления от количества двойных связей в составе жирных кислот

		Carbon atoms	Double bonds	Melting point
	Stearic	18	0	70°C
	Oleic	18	1	13-16°C
	Linoleic	18	2	-5°C
	Linolenic	18	3	-11°C



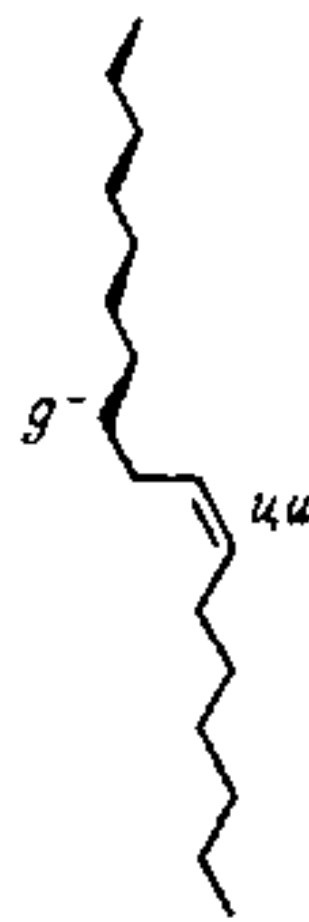
остью-транс
LLL...



Кинк первого порядка
...g⁺tg⁻

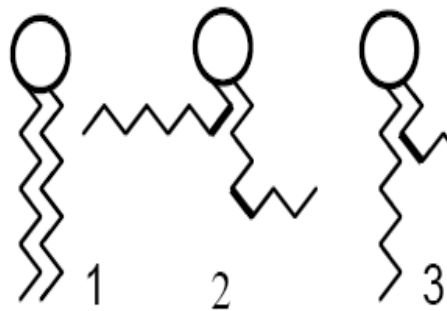


Изолированная
ццс-связь.

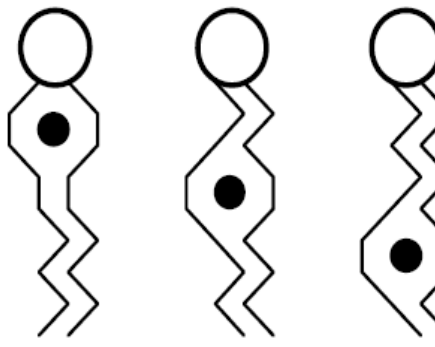


ццс-tg⁻

Различные конфигурации алкильной цепи [808].

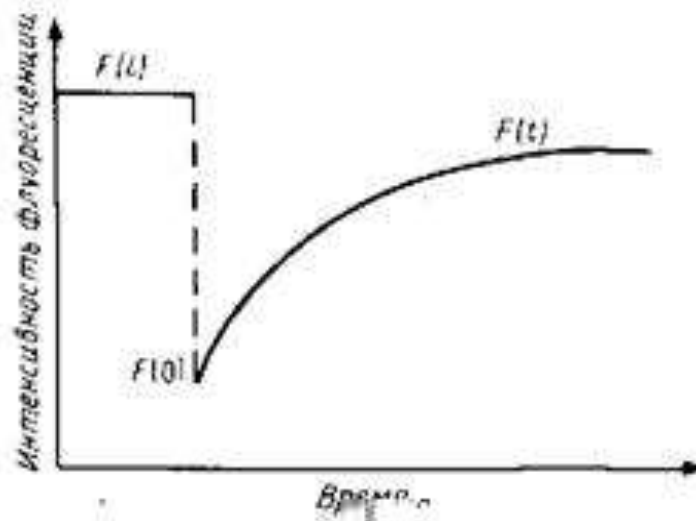
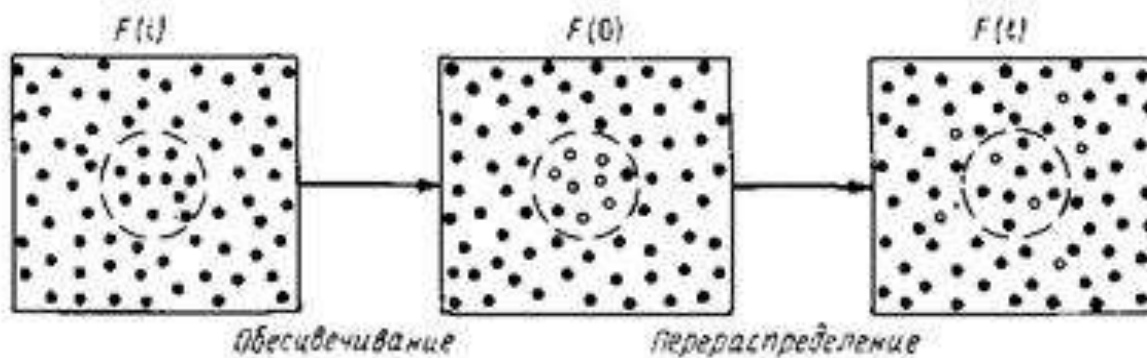


Жирной выделена связь, вокруг которой произошел поворот цепи на 180°.



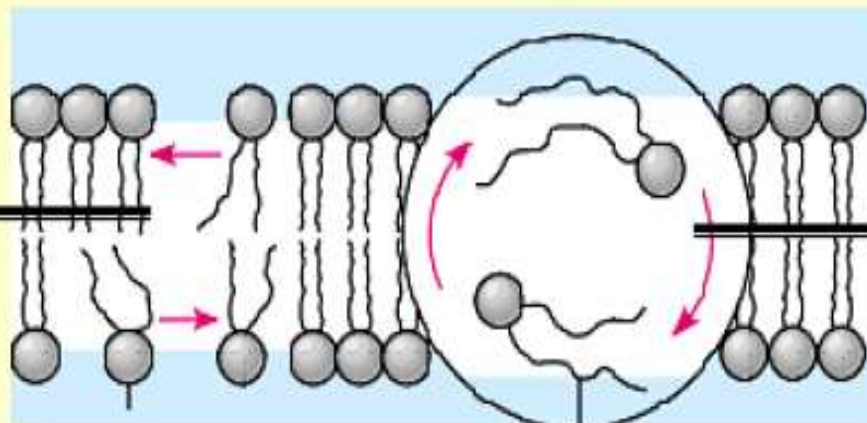
Ион перемещается, совершая скачки между петлями (кинками) жирнокислотных цепей

Латеральная диффузия липидов

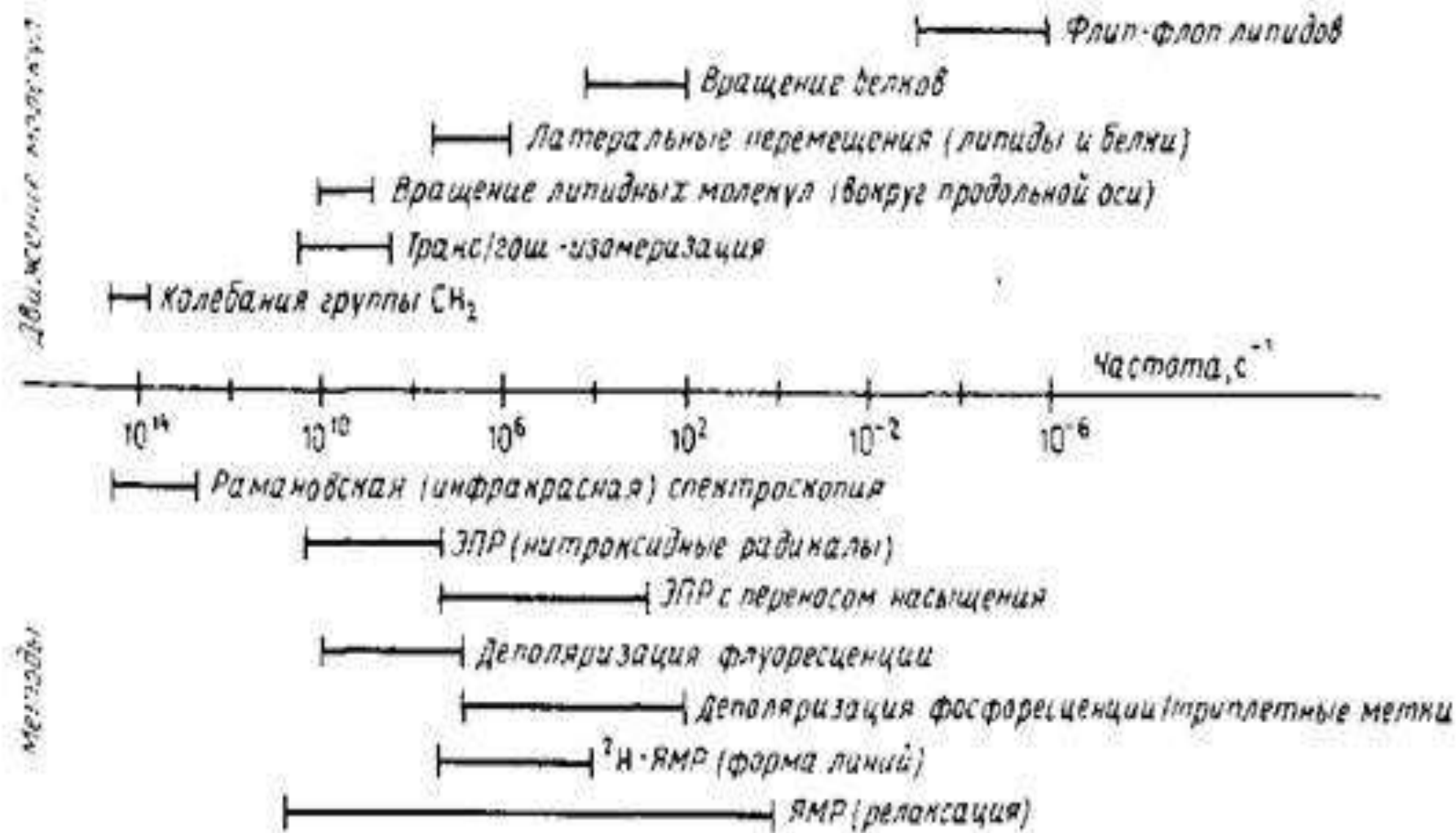


Движение фосфолипидов в мембране

1.
латеральная
диффузия
скорость
 $v \approx 5 \mu\text{м/с}$

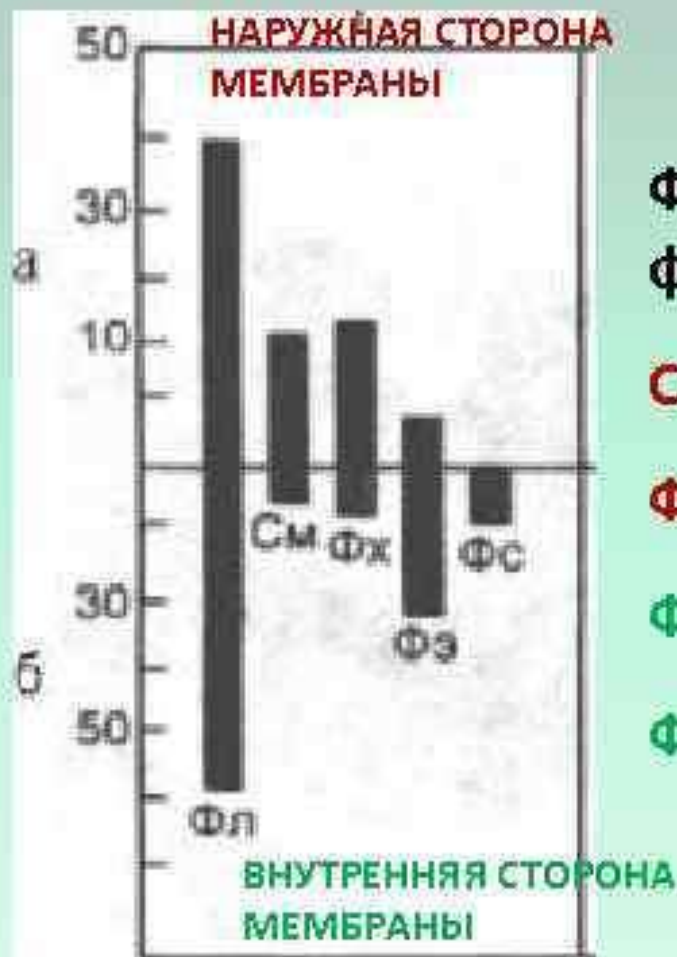


2.
флип-флоп
переходы
(редко,
медленно)
 $t = \text{часы}$



Сравнение характерных частот движений мембранных белков и липидов с диапазоном чувствительности различных спектроскопических методов. Характерные времена равны величинам, обратным указанным частотам. Диапазон чувствительности методов указан приблизительно.

АСИММЕТРИЯ ЛИПИДНОГО БИСЛОЯ



Фл – объединенная фракция фосфолипидов

См – сфингомиелин

Фх – фосфатидилхолин

Фэ – фосфатидилэтанолламин

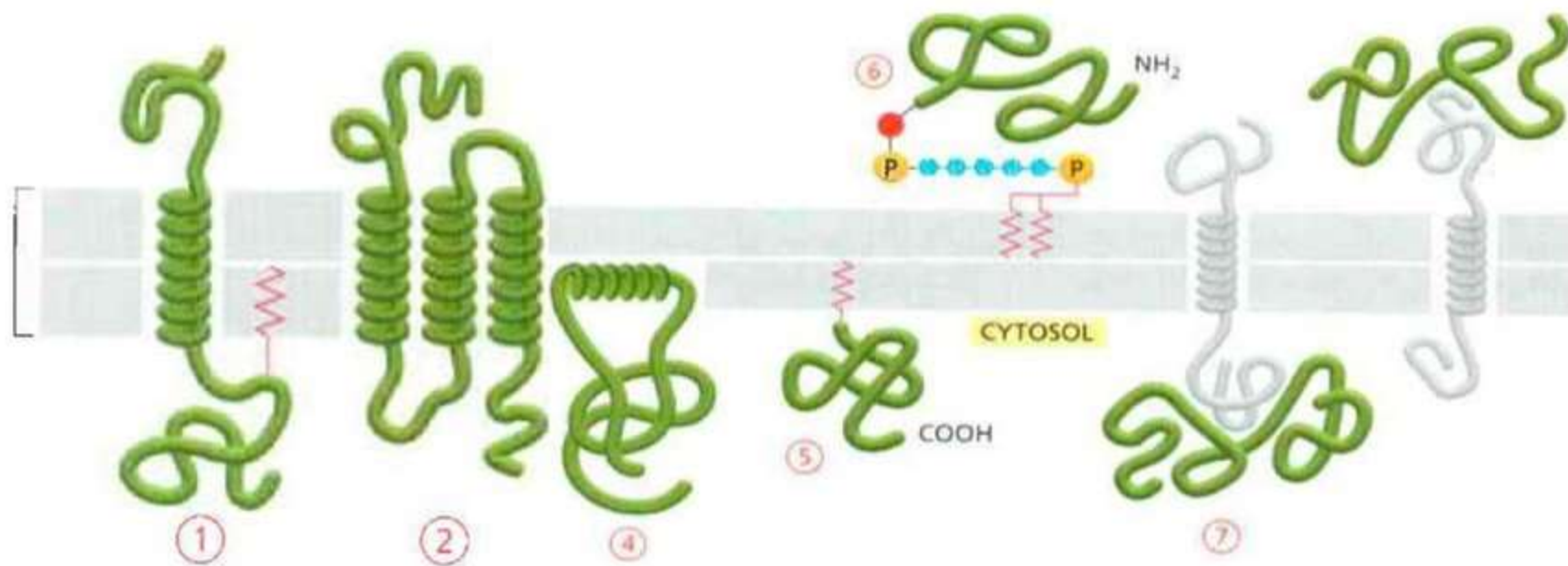
Фс – фосфатидилсерин

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИПИДОВ В
МЕМБРАНЕ ЭРИТРОЦИТА

Биогенез мембран

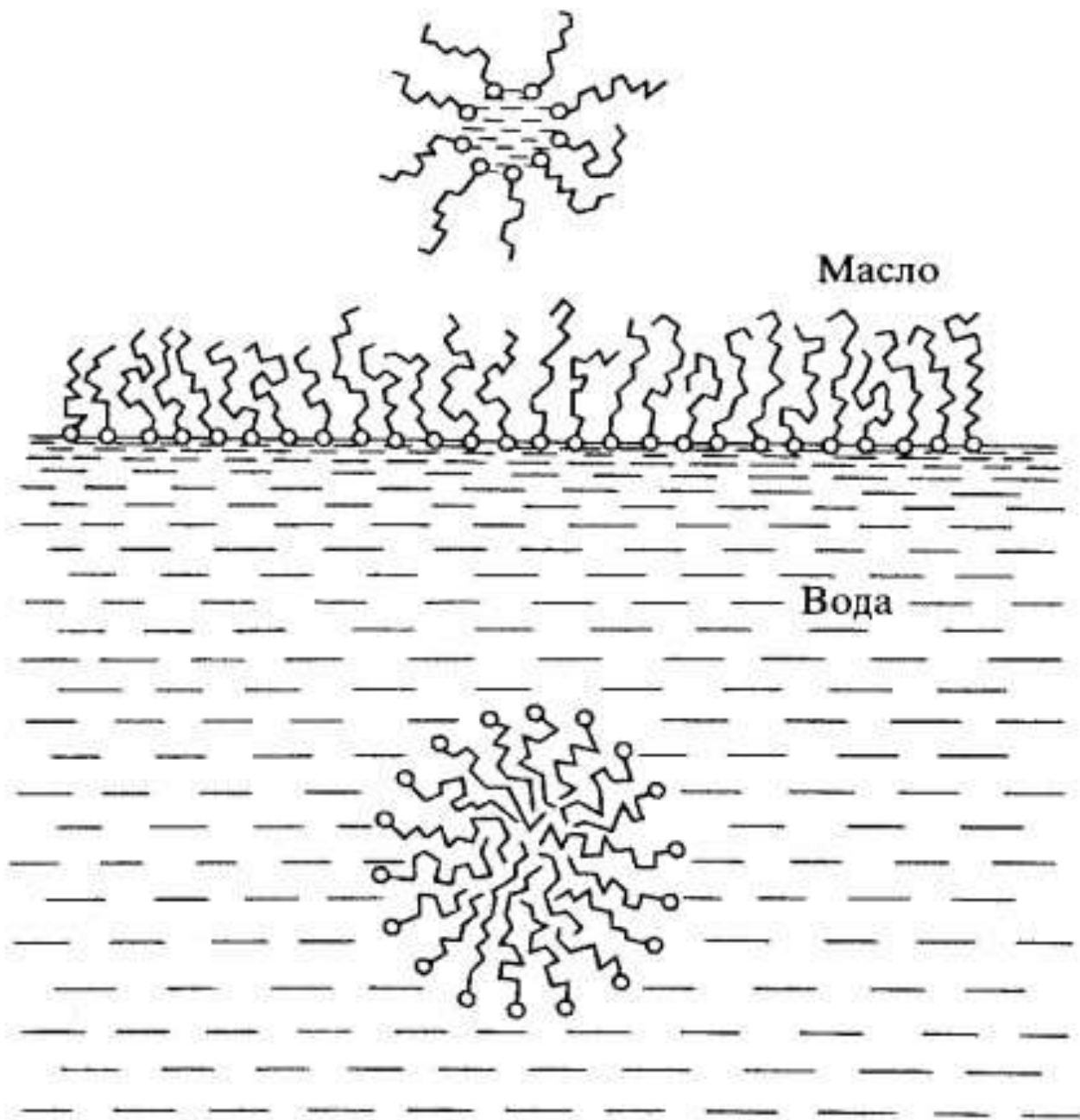
- Все белки синтезируются общим пулом рибосом.
- Сортировка белков возможна только при наличии сигнальной последовательности в каждом пептиде и соответствующего аппарата узнавания. Как правило, сигнальный участок расположен на N-конце синтезированного пептида (сигнальный пептид, лидирующий пептид, пре-последовательность).
- Мембраной пептид должен находиться в конформации, позволяющей пройти сквозь мембрану или встроиться в нее. Перенос белка через мембрану происходит от N-конца к C-концу в частично развернутом состоянии. Этот энергозависимый процесс. Экзоцитозный путь транспорта белков, секретлируемых клеткой или включаемых в наружную мембрану.

Мембранные белки встроены в бислой липидов

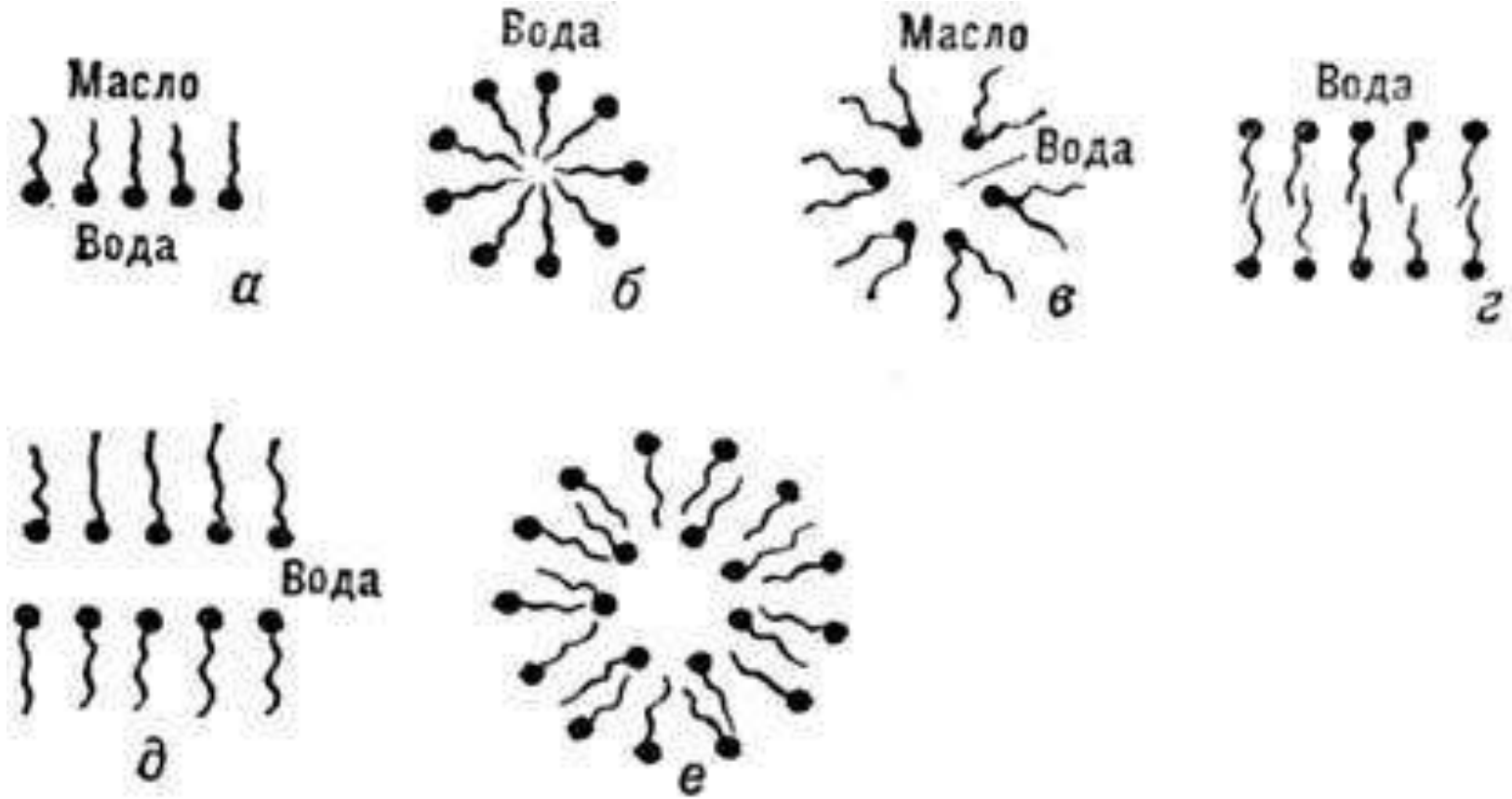








Транспорт липидов.

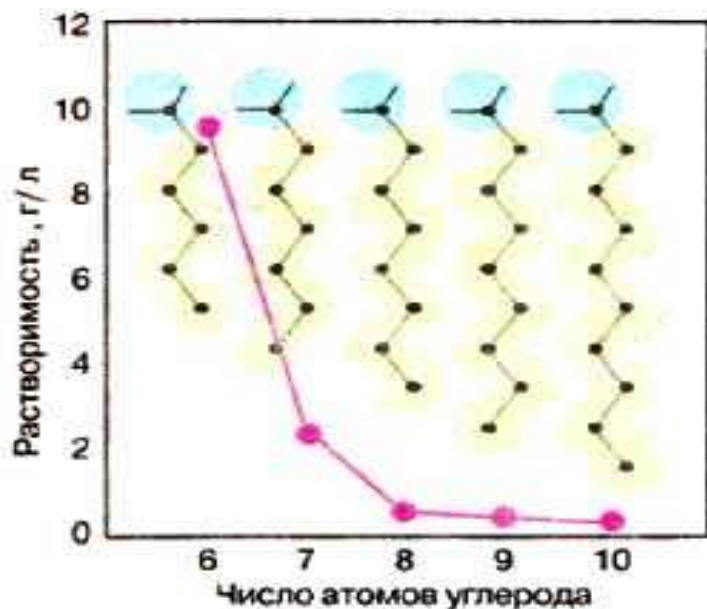
- Флип-флоп переходы и внутри мембранный транспорт (внутри мембраны). Транспорт из одной клеточной мембраны в другую.
- Диффузия мономерных липидов через водную фазу. Диффузия липидов соприкасающихся мембран.
- Транспорт липидов с участием белков, обеспечивающими высвобождение липидов из мембраны, или липидвязывающими белками.
- Транспорт с участием везикул в ходе отпочковывания и слияния с мембранами внутриклеточных везикул (этот процесс может быть энергозависимым).



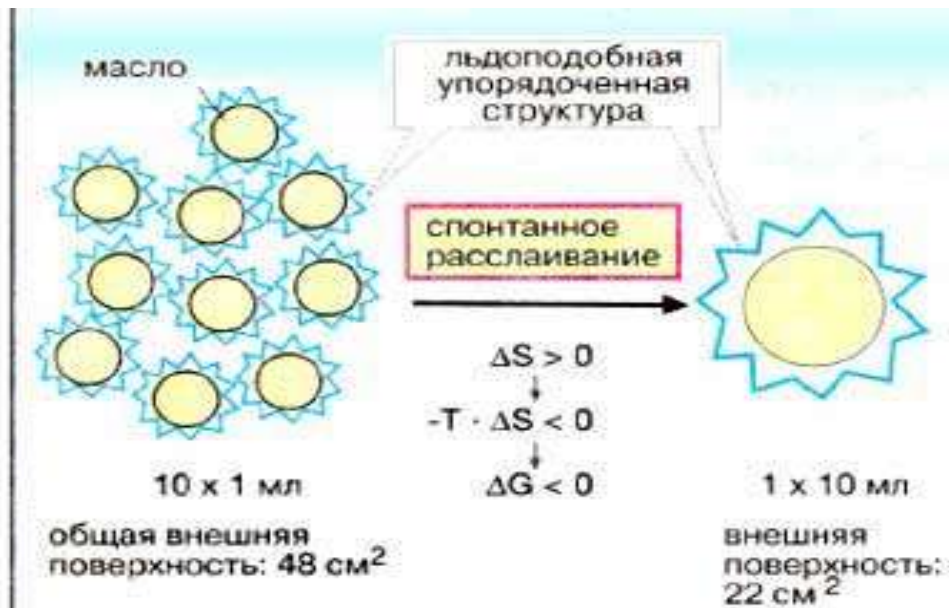
Структура агрегатов в растворах амфифильного вещества: *а* - монослой на поверхности раздела гидрофобной и полярной сред; *б* - сферическая мицелла в полярном растворителе; *в* - обращённая сферическая мицелла в жирной среде; *г* - ламелла (бислой) в полярной среде; *д* - обращенная ламелла (мыльная плёнка); *е* - пузырьрёк (везикула), образованный в полярной среде.



Липид	Фаза	Форма молекулы	Критич. параметр (0/1)
<p>Лизофосфолипиды Детергенты</p>	 <p>Мицеллярная</p>	 <p>Перевернутый конус</p>	<p>$< 1/3$</p> <p>От 1/3 (Глобул. структура)</p>
<p>Фосфатидилхолин Сфингомиелин Фосфатидилсерин Фосфатидилинозитол Фосфатидилглицерол Фосфатидная кислота Кардиолипин Дигалактозилдиглицерид</p>	 <p>Бислойная</p>	 <p>Цилиндр</p>	<p>От 1/2</p>
<p>Фосфатидилэтаноламин (ненасыщенный) Кардиолипин - Ca^{2+} Фосфатидная кислота - Ca^{2+} (pH < 6,0) Фосфатидная кислота (pH < 3,0) Фосфатидилсерин (pH < 4,0) Моногалактозилдиглицерид</p>	 <p>Гексагональная (H₂)</p>	 <p>Конус</p>	

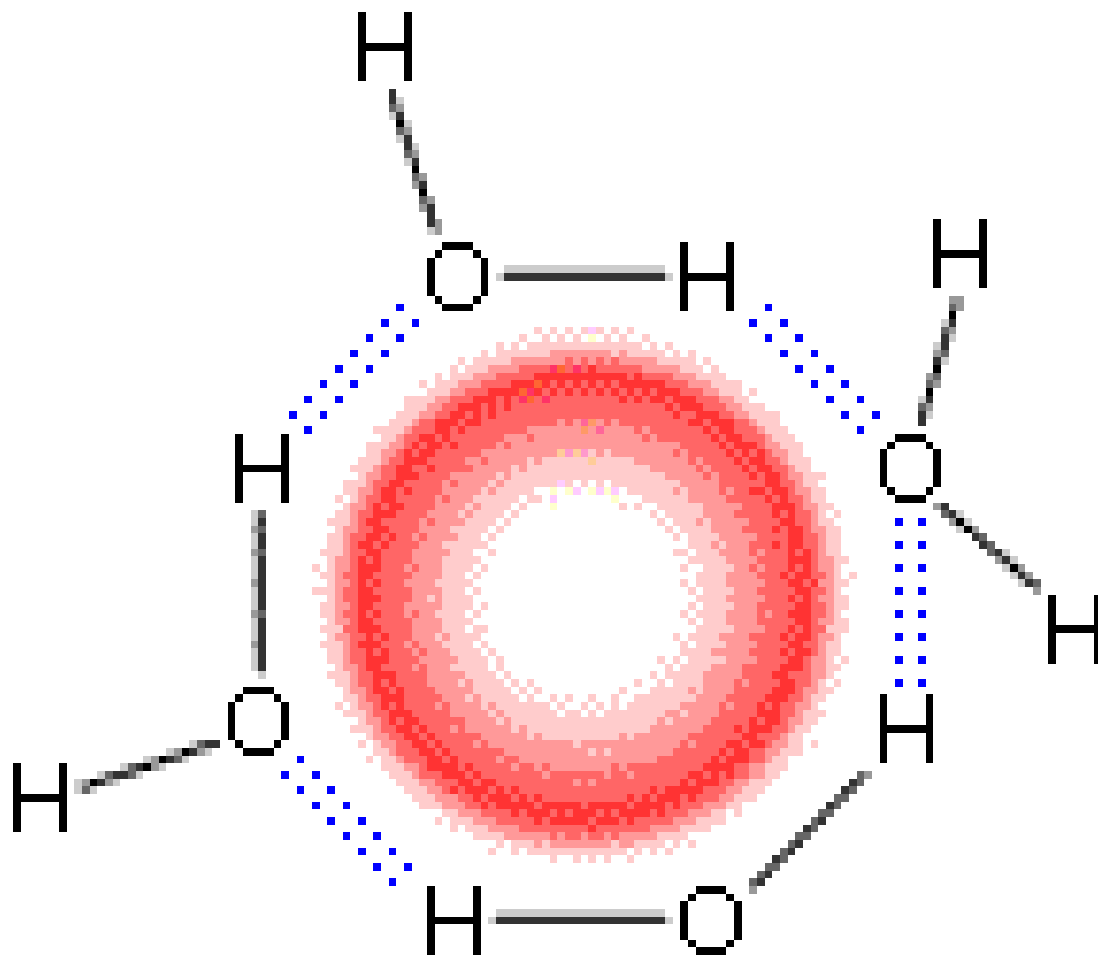


А. Растворимость в воде жирных кислот



В. Эффект „масляных капель”

Принципиальная структура катратов



Клатрат метана

