



# Подготовка нефти

# Подготовка нефти



- **Обезвоживание нефти**
- **Асфальтены. Их роль при добыче нефти**
- **Введение в проблему парафиновых отложений**

# Обезвоживание нефти



- Что такое эмульсия?
- Дезэмульсация
- Оборудование для подготовки нефти
- Выбор дезэмульгатора

# Зачем удалять воду?

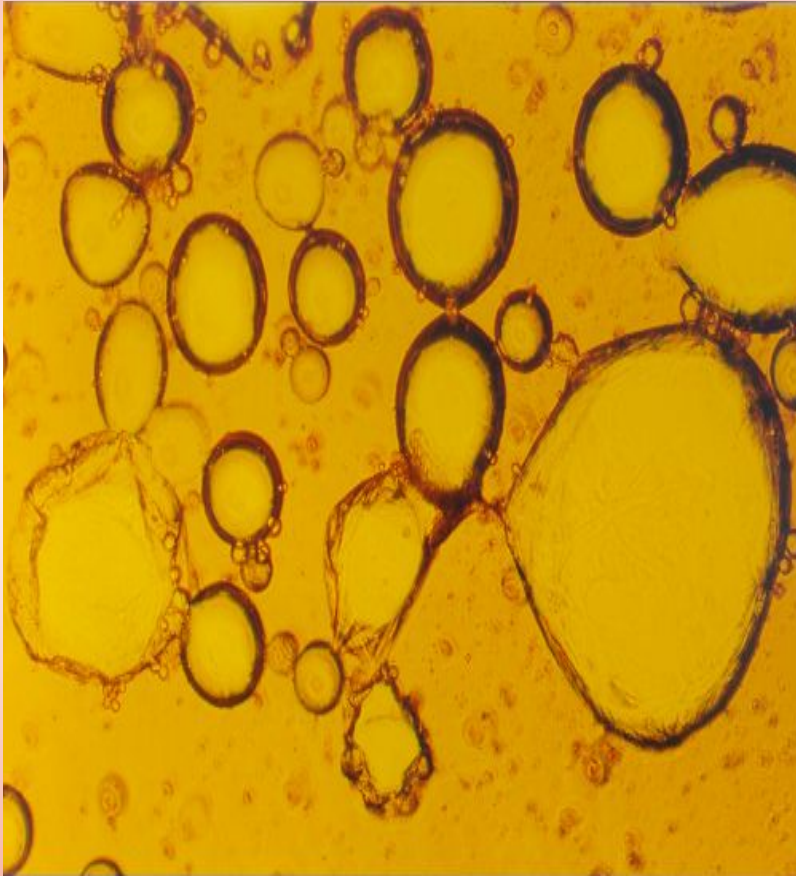


- **Низкая стоимость обводненной нефти**
  - Обводненность товарной нефти <0.5%
- **Вода – коррозивный компонент**
  - Трубопроводы и оборудование промыслов
  - Нефтеперерабатывающие заводы
- **Пропускная способность системы**
  - Большинство систем рассчитано только на транспортировку нефти
- **Стоимость транспортировки**
  - Транспортировка попутно-добываемых компонентов экономически-невыгодна



- Удаление воды из нефти, с другой стороны, создает проблемы:
  - Сбор воды, загрязненной нефтепродуктами
    - Действующие нормативы – от 5 мг/л до 40 мг/л
  - Механические примеси загрязняют продуктивные пласты

# Что такое эмульсия?



- **Определение**
- **Типы эмульсии**
- **Образование эмульсии**
- **Стабильность эмульсии**
- **Разрушение эмульсии**

# Что такое эмульсия?



- **Определение:**

- Смесь двух нерастворяющихся друг в друге жидкостей, одна из которых диспергирована (распределена) в виде капель в другой.

Такая дисперсия стабилизируется эмульгирующими веществами.



- **«Вода в нефти»**

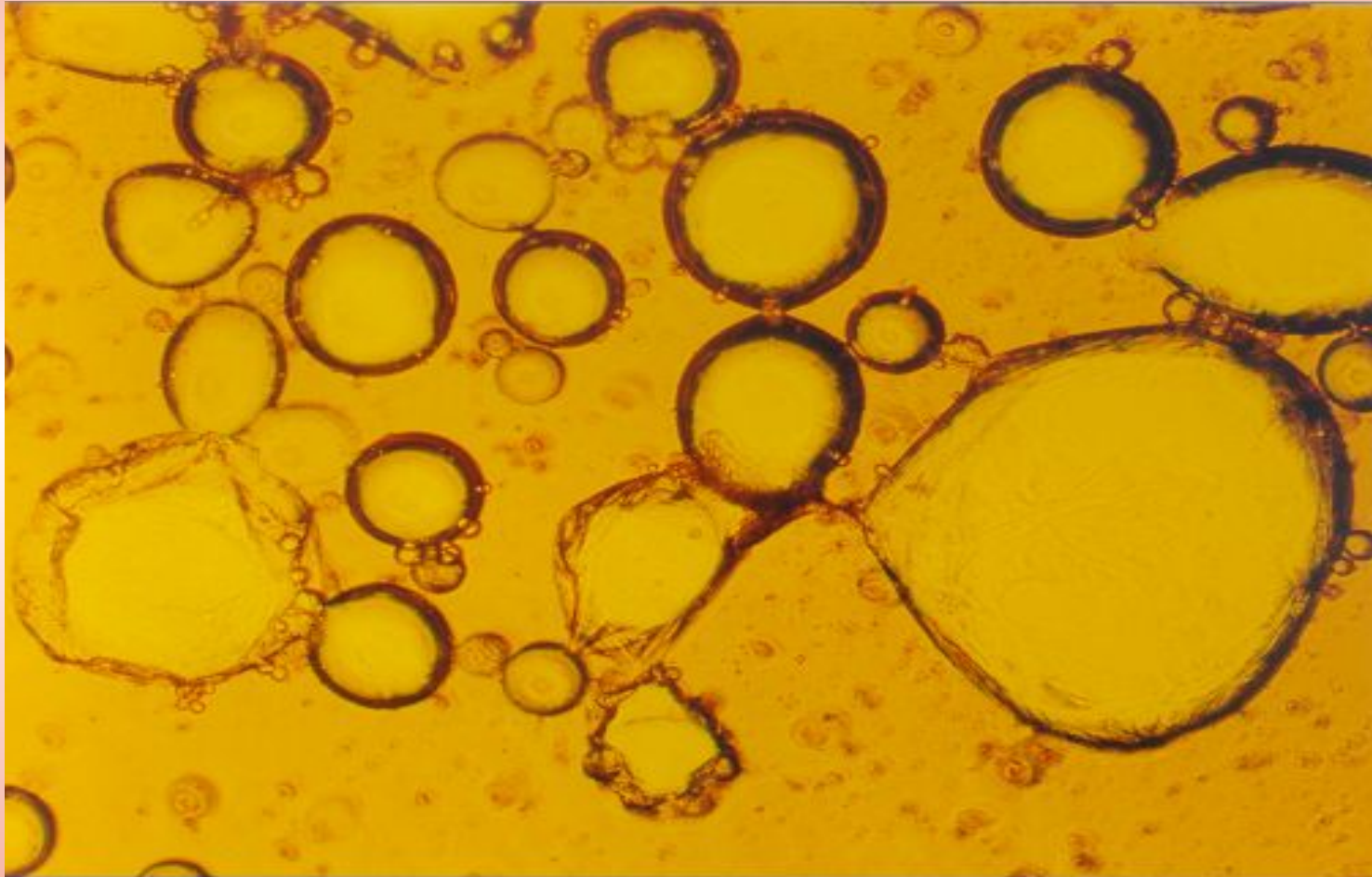
- «Обычная» эмульсия
- Основная фаза - нефть
- Дисперсная фаза - вода

- **«Нефть в воде»**

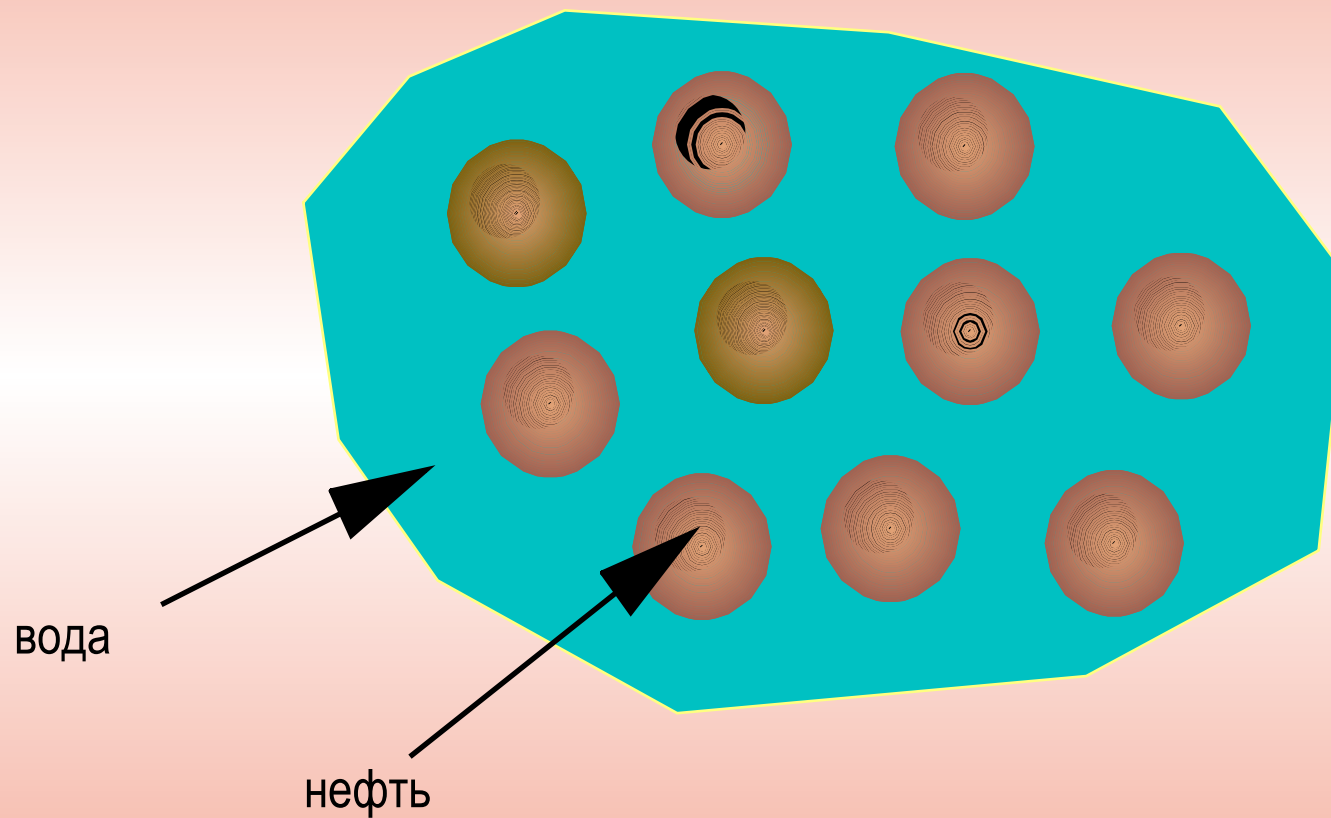
- «Обратная» эмульсия
- Основная фаза - вода
- Дисперсная фаза - нефть



# «Обычная» эмульсия



# «Обратная» эмульсия

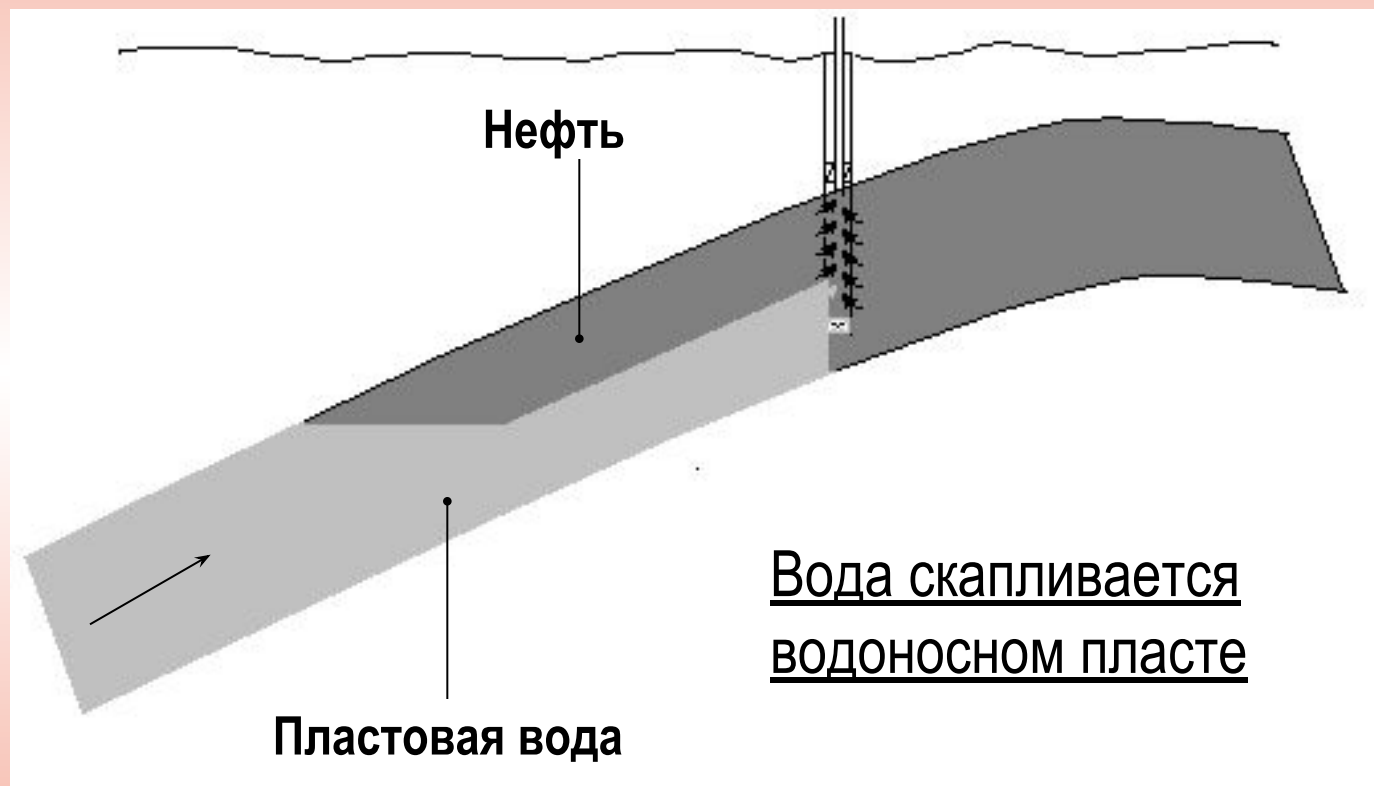


# Что нужно для образования эмульсии?



- **Две несмешивающиеся жидкости**
  - Нефть и вода

# Источник нефти и воды

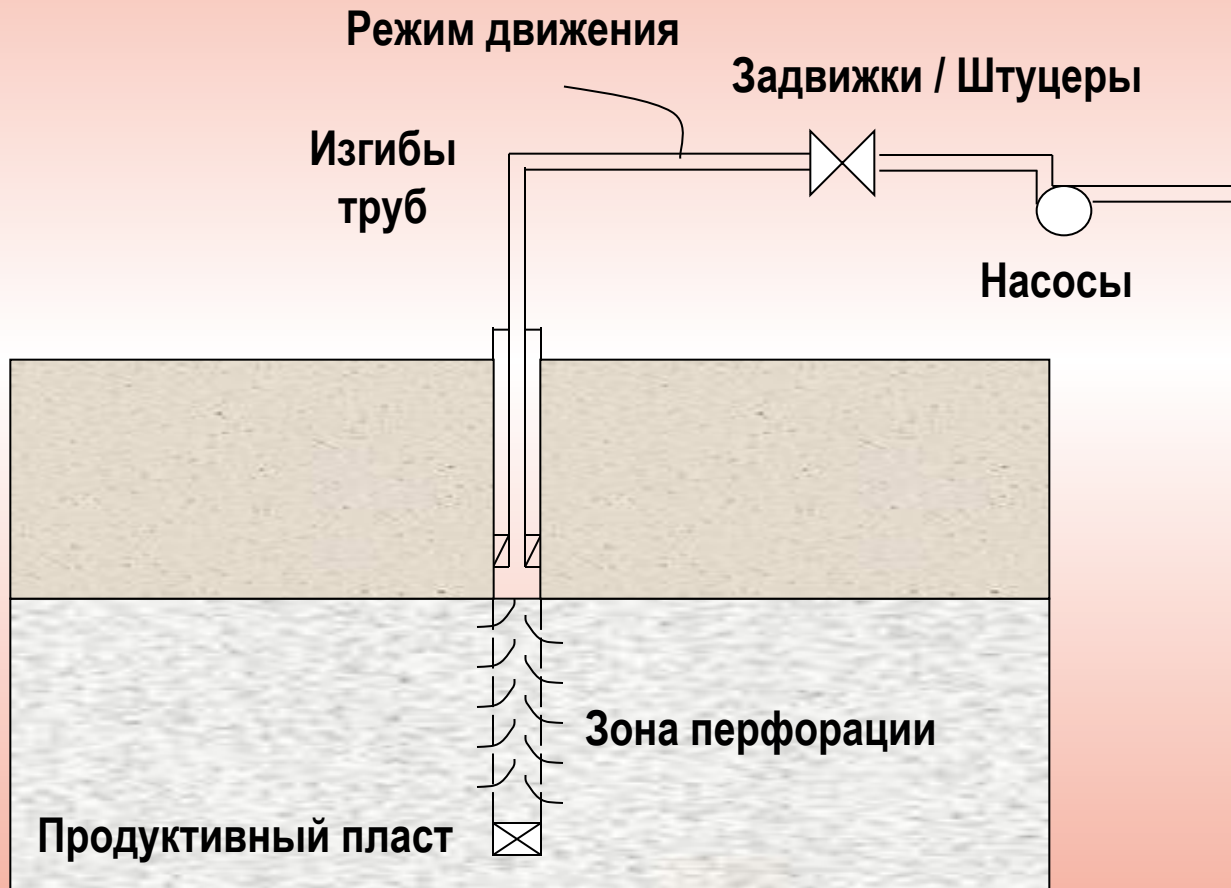


# Что нужно для образования эмульсии?



- **Две несмешивающиеся жидкости**
  - Нефть и вода
  
- **Источники перемешивания**
  - Ствол скважины, насос, штуцер, запорная арматура, изгибы трубопроводов, турбулентный режим движения

# Источники интенсивного перемешивания



# Что нужно для образования эмульсии?



- **Две несмешивающиеся жидкости**
  - Нефть и вода
- **Источники перемешивания**
  - Ствол скважины, насос, штуцер, запорная арматура, изгибы трубопровода, турбулентный режим движения
- **Эмульгирующие агенты**
  - Мех.примеси (порода, продукты коррозии)
  - Хим.реагенты для бурения и добычи нефти
  - Природные ПАВ - парафины, соли нафтеновой кислоты

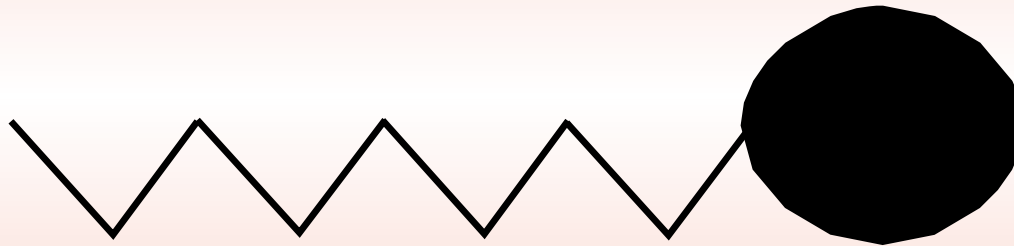
# Эмульгирующие вещества - ПАВ



Упрощенная диаграмма

«Голова и хвост»

**Водорастворимая  
«голова»**

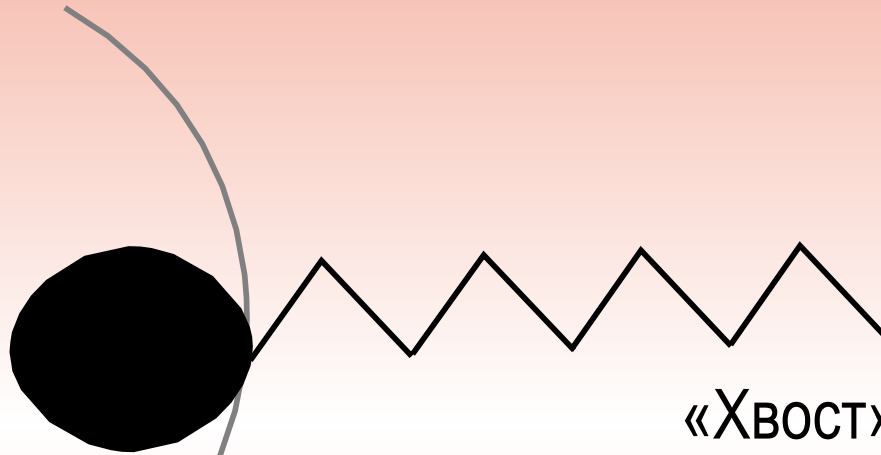


**Нефтерастворимый  
«ХВОСТ»**



# Эмульгирующие вещества - ПАВ

«Голова»  
афилирована  
к водной фазе



«Хвост» афилирован  
к нефтяной фазе

Граница  
раздела  
«вода – нефть»

Эмульгирующие вещества проявляют ограниченную растворимость как в нефти, так и в воде

# Факторы стабильности «обычной» эмульсии



- Тип и количество эмульгирующих веществ
- Интенсивность перемешивания
- Вязкость основной фазы – Правило Стокса
- Разная плотность добываемых жидкостей - Правило Стокса
- Обводненность
  - С ростом обводненности стабильность эмульсии обычно понижается
- «Возраст» эмульсии
  - Стабильность эмульсии обычно возрастает со временем
- Температура
  - Наиболее значимый фактор
  - При росте температуры стабильность эмульсии понижается

# Правило Стокса



$$V = g(d_{\text{в}} - d_{\text{н}})r^2/18u$$

где:  $V$  - скорость сепарации воды

$r$  - радиус водяной капли

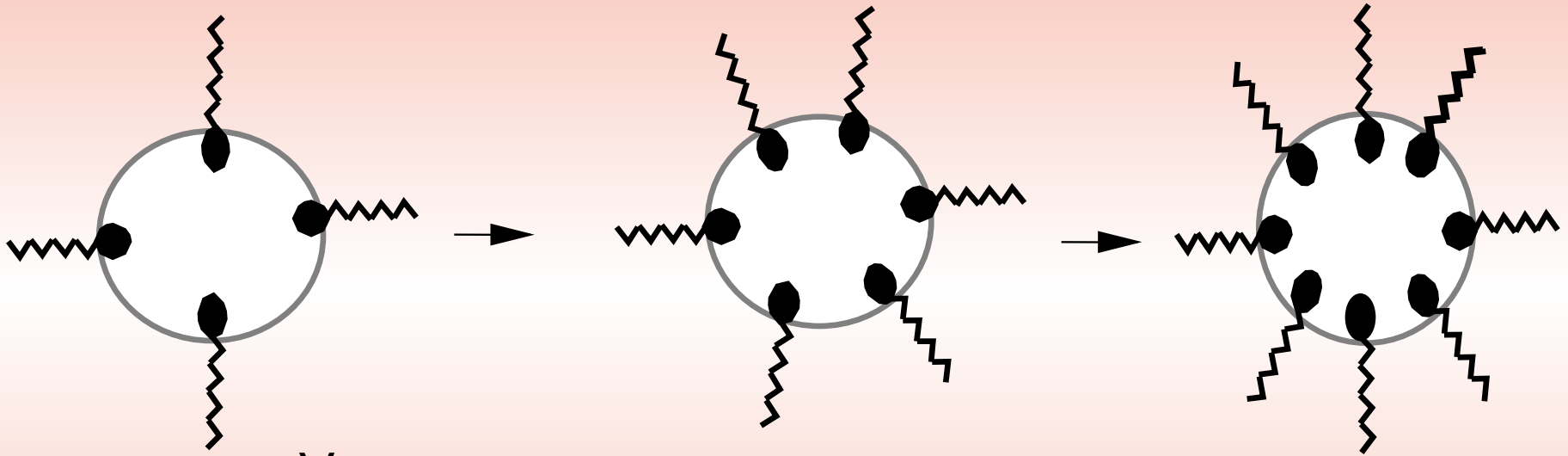
$d_{\text{в}}$  - плотность воды

$d_{\text{н}}$  - плотность нефти

$u$  - вязкость нефти

$g$  - константа

# Эмульгирование



Усиление с течением  
времени →

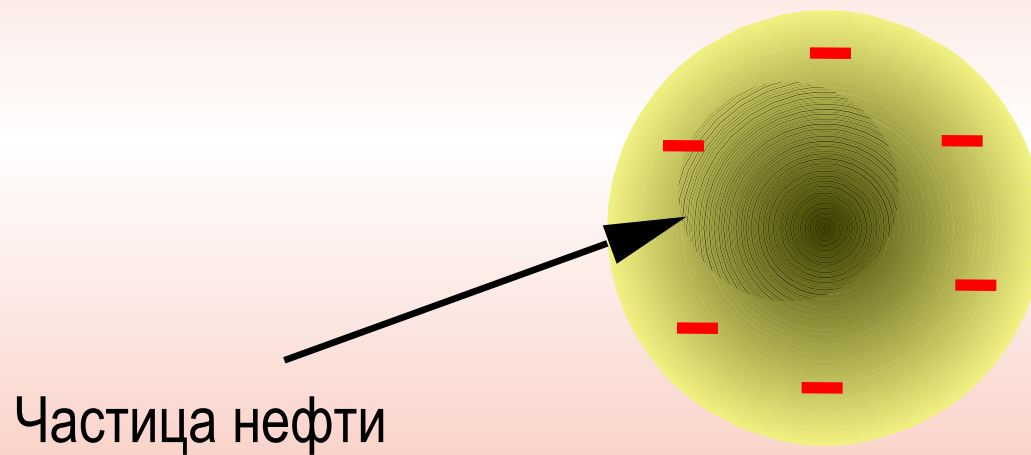
# Стабильность «обратной» эмульсии



## ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ:

- **Заряд частиц**
- **Размеры и плотность частиц (правило Стокса)**
- **pH и ионная сила**
  - Изменяет заряд частиц, чем стабилизирует эмульсию
- **Температура**
  - Наиболее значимый фактор
  - Стабильность понижается с ростом температуры

Частицы нефти, как правило, заряжены отрицательно



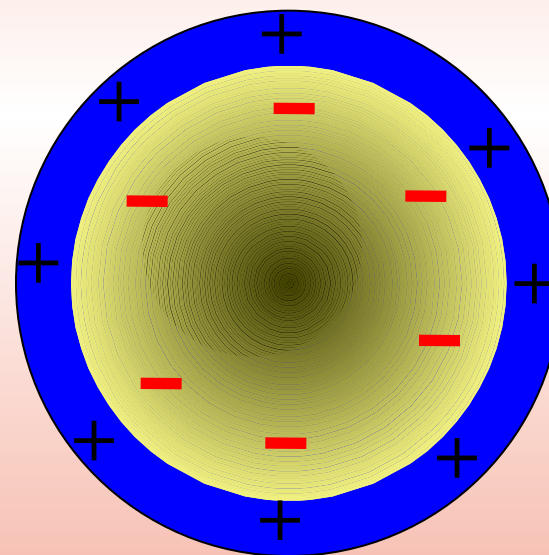
Частица нефти

# Заряд частиц



Негативно заряженные частицы нефти притягивают слой положительно заряженных ионов, который называют слоем Стерна...

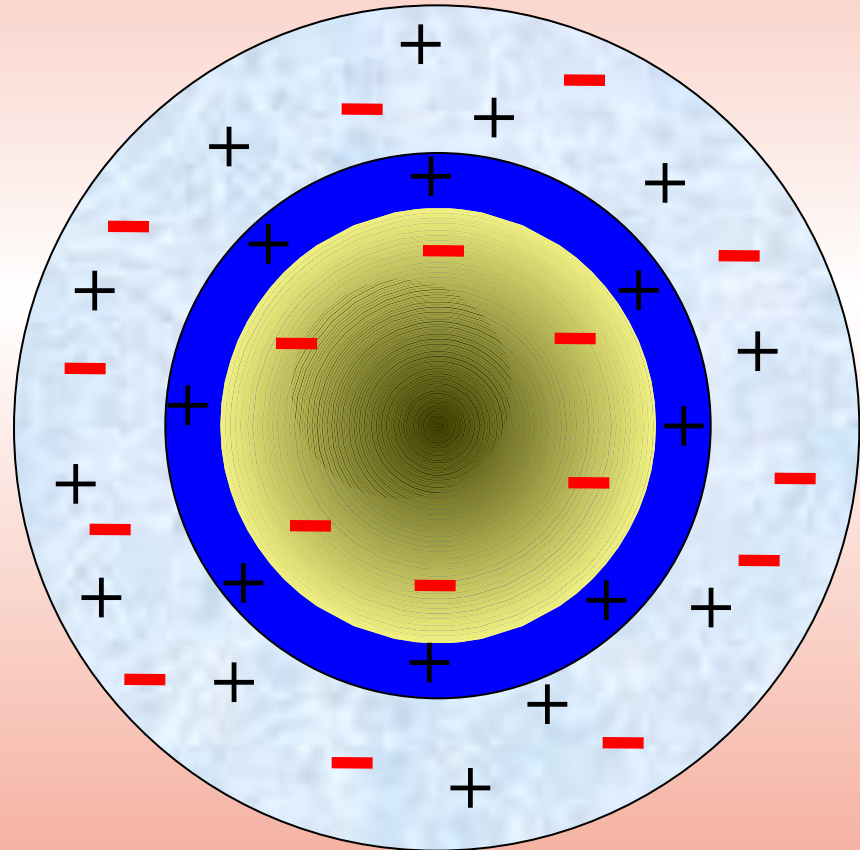
Слой Стерна



# Заряд частиц

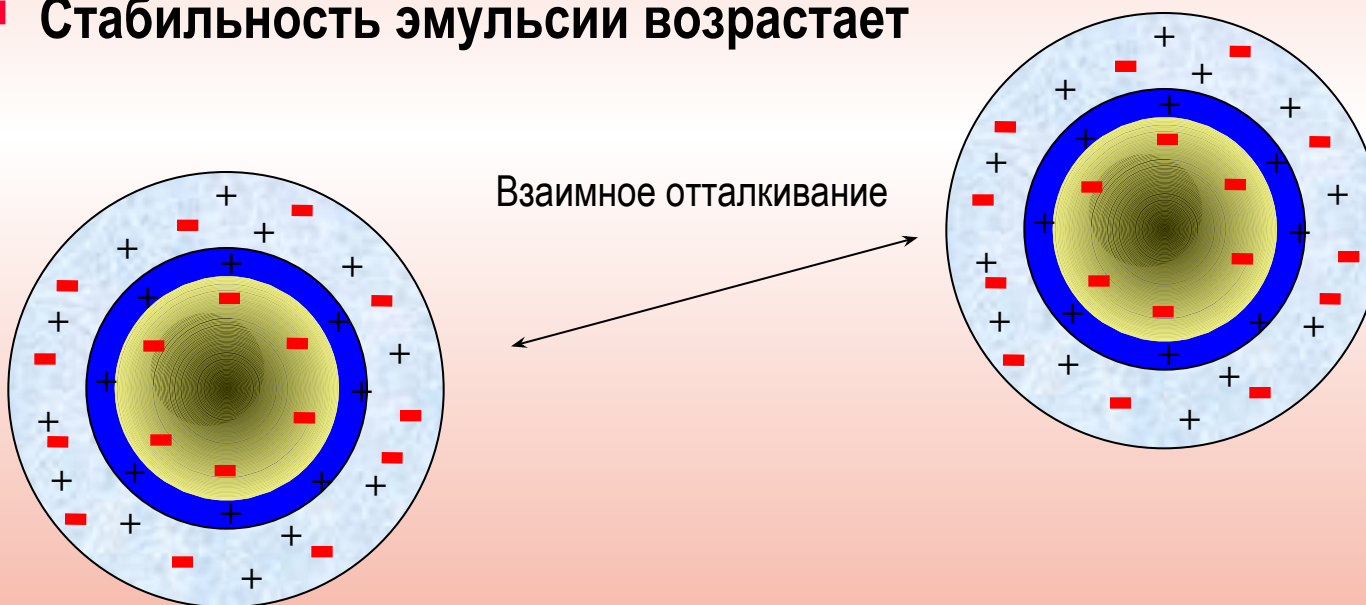
...Затем формируется третий слой  
положительно/отрицательно заряженных ионов

Диффузный слой + и -  
ионов с общим  
отрицательным  
зарядом





- Отрицательный заряд наружного слоя
- Взаимное отталкивание между частицами
- Стабильность эмульсии возрастает



# Разрушение «обычной» эмульсии



- **Деэмульсация**

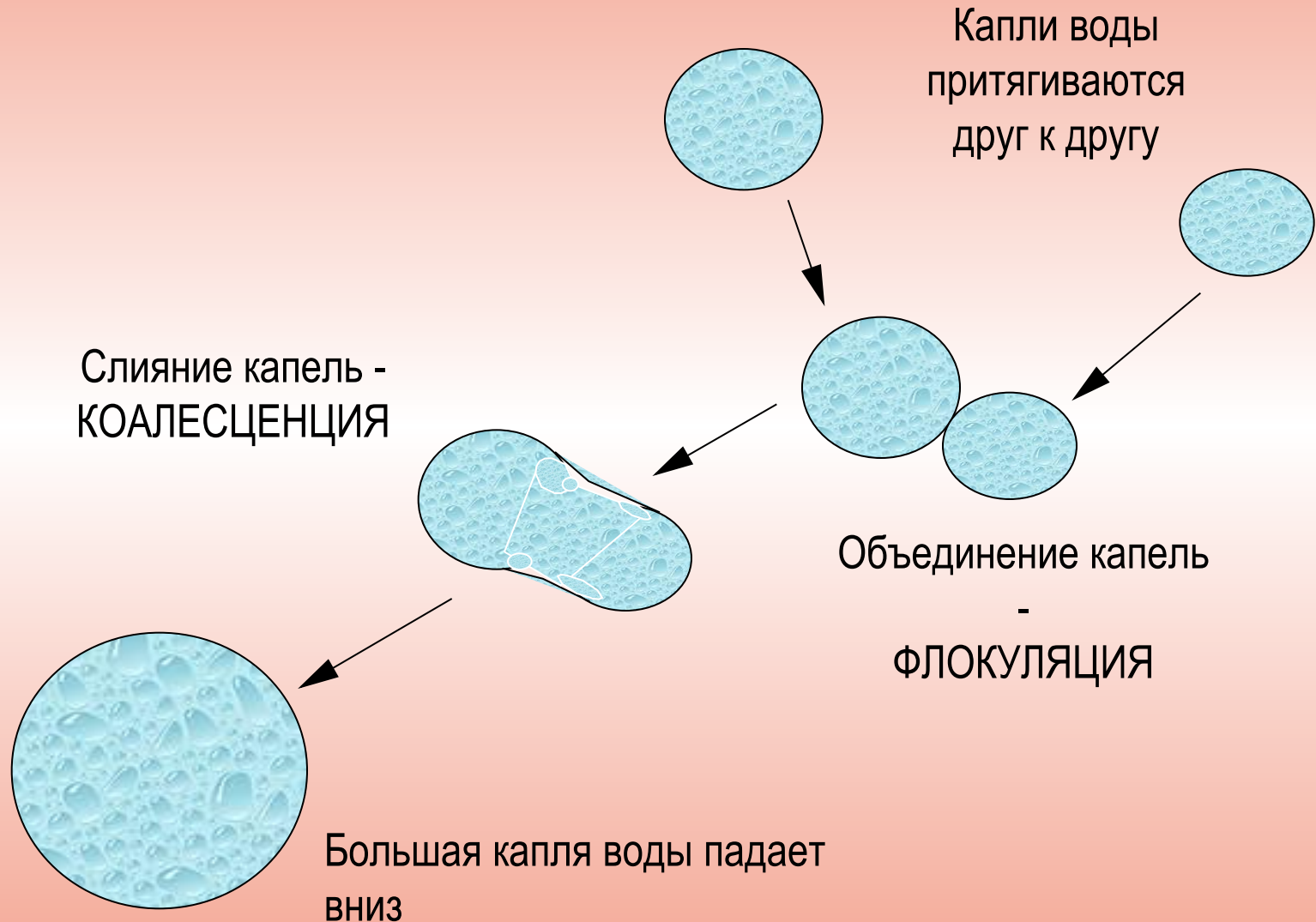
- «Разрушение водонефтяной эмульсии с последующим отделением водной фазы»

# Как работают деэмульгаторы



- Для разрушения «обычной» эмульсии деэмульгатор должен обеспечить:
  - Быстрое перемещение к границе раздела фаз
  - Флокуляцию
  - Коалесценцию
  - Смачивание мех.примесей

# Флокуляция и коалесценция





- Удаление примесей с границы раздела может полностью разрушить *некоторые* эмульсии
- Типы примесей:
  - неорганические
    - Сульфиды железа, песок, глина, буровые растворы
  - Органические
    - Парафин, асфальтены
- Удаление мех.примесей достигается:
  - Смачивание в нефти (дисперсия в нефти)
  - Смачивание в воде (дисперсия в воде)



- **Преимущества смачивания в воде:**
  - Удаление примесей из нефтяной фазы
  - Профилактика накопления осадка в трубопроводах товарной нефти
  - Облегчение процесса подготовки нефти
  
- **Недостатки смачивания в воде:**
  - Накопление осадка в аппаратах и резервуарах
  - Проблема очистки воды от нефтепродуктов
  - Проблема утилизации воды
  - Эрозионные разрушения оборудования и коммуникаций

# Разрушение «обратной» эмульсии



## ■ Коагуляция

- Это укрупнение частиц в дисперсных системах

### *Достигается:*

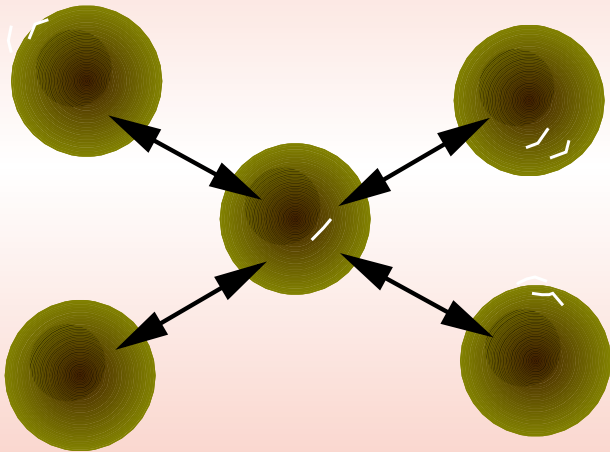
- Преодолением взаимного отталкивания частиц путем дестабилизации их зарядов (частичная нейтрализация отрицательного заряда)
- Сближением малых капель (уплотнение наружного слоя)

## ■ Флокуляция

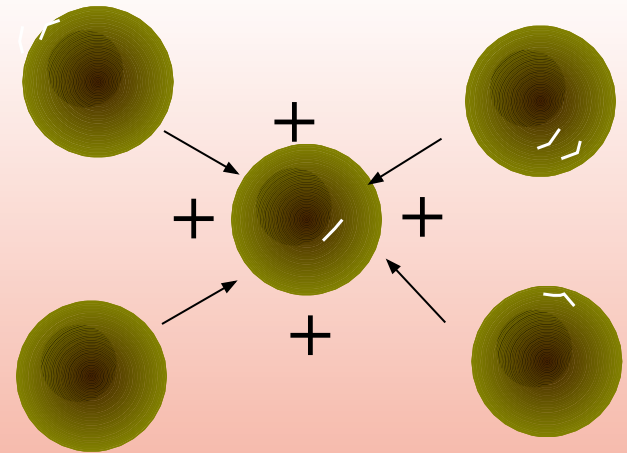
- Это процесс объединение коллоидных частиц в рыхлые хлопьевидные агрегаты («гроздь»)
- Зачастую необходимо перемешивание для интенсификации процесса

# Механизм коагуляции

Взаимное отталкивание



Добавление катионного  
полиэлектролита частично  
нейтрализует отрицательный заряд...



...что приводит к флокуляции

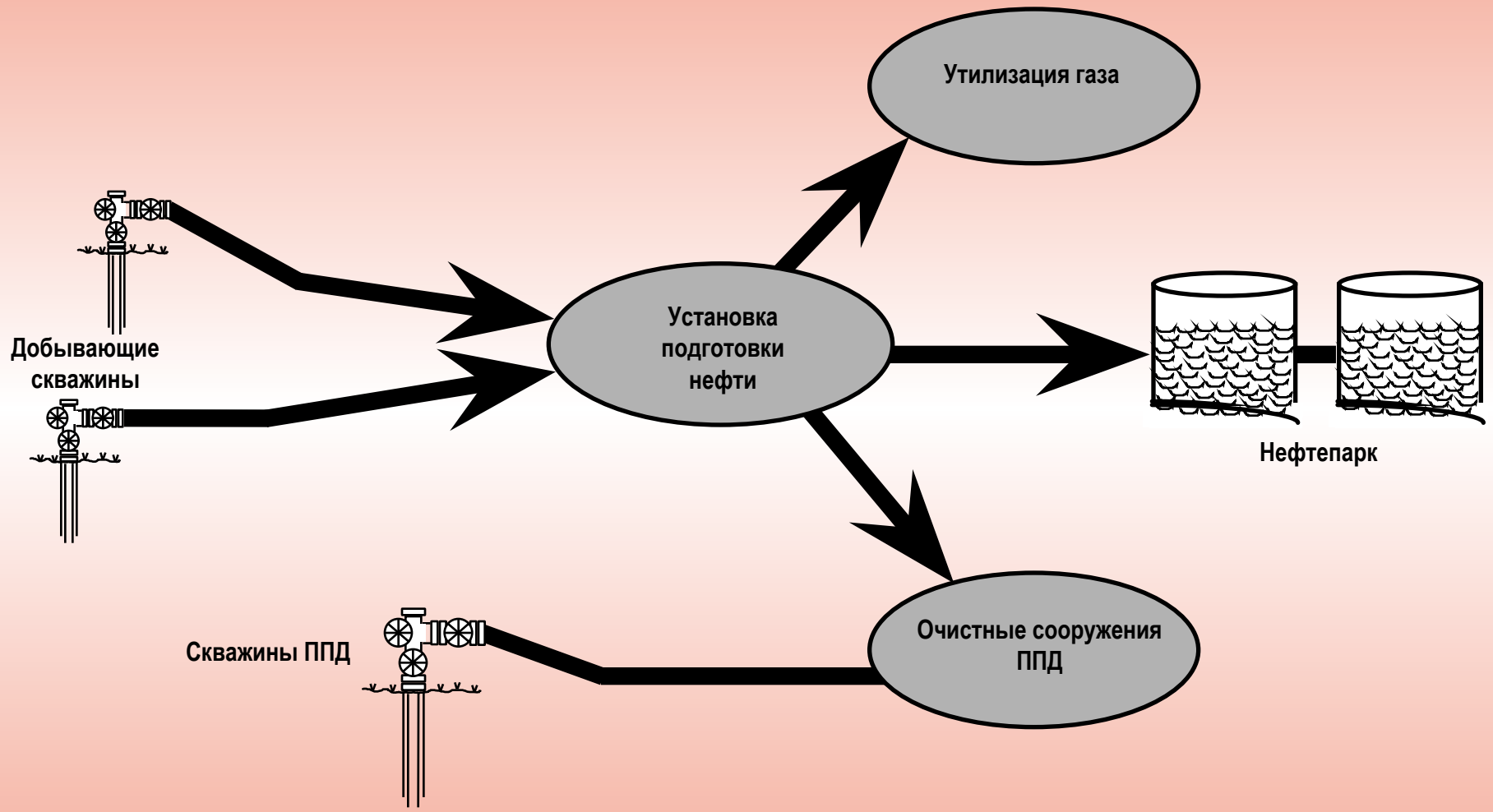


# Флокуляция



Агломерация  
коагулированных частиц

# Система сбора/подготовки нефти

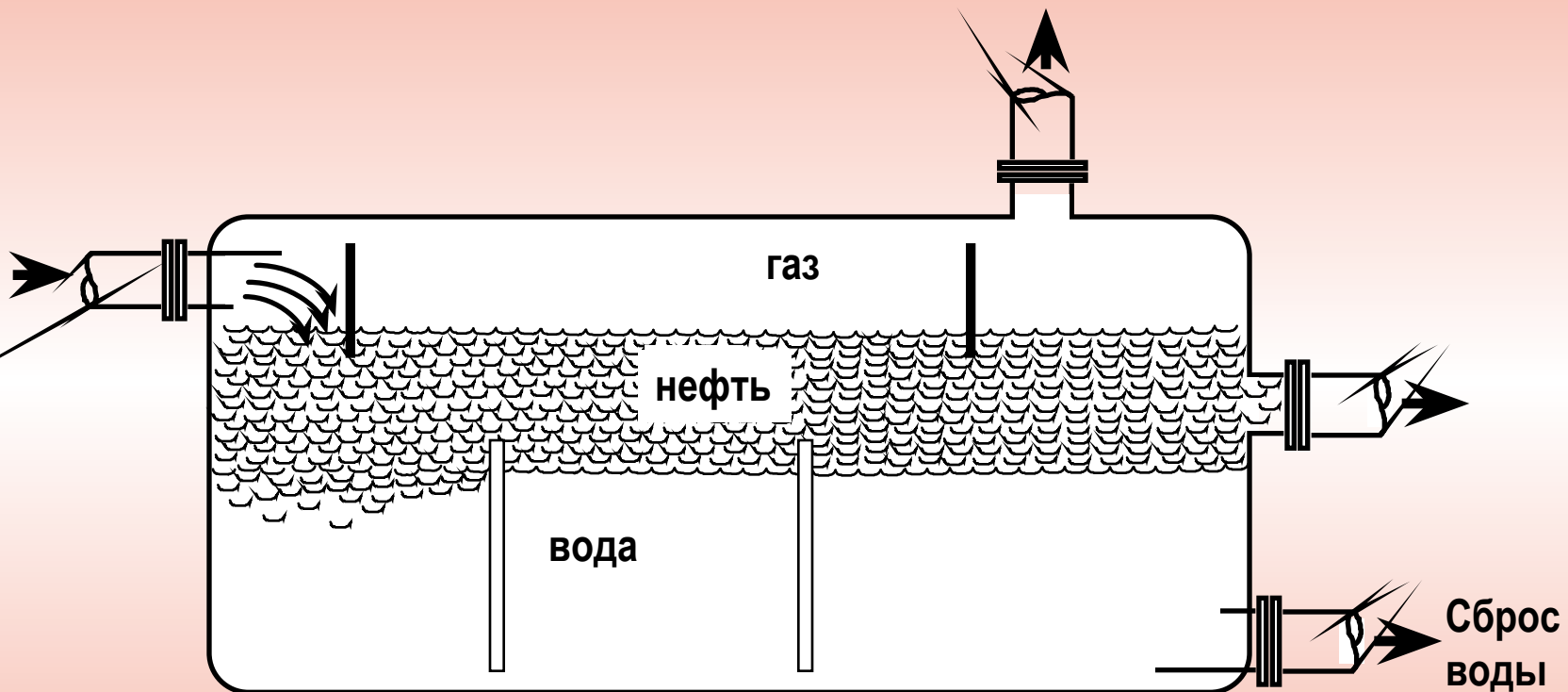


Типичная система сбора и подготовки нефти, газа и воды

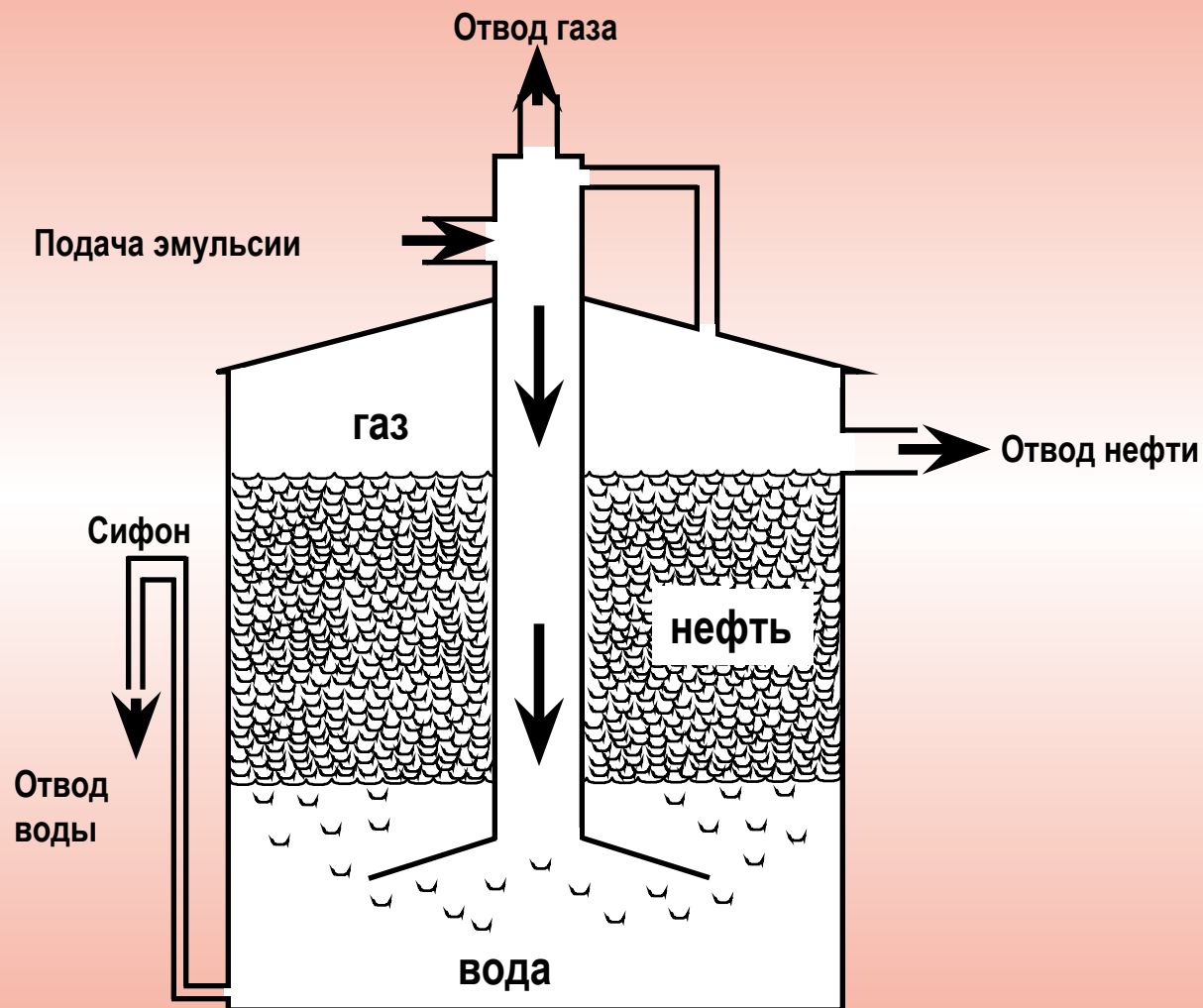
# Горизонтальный отстойник



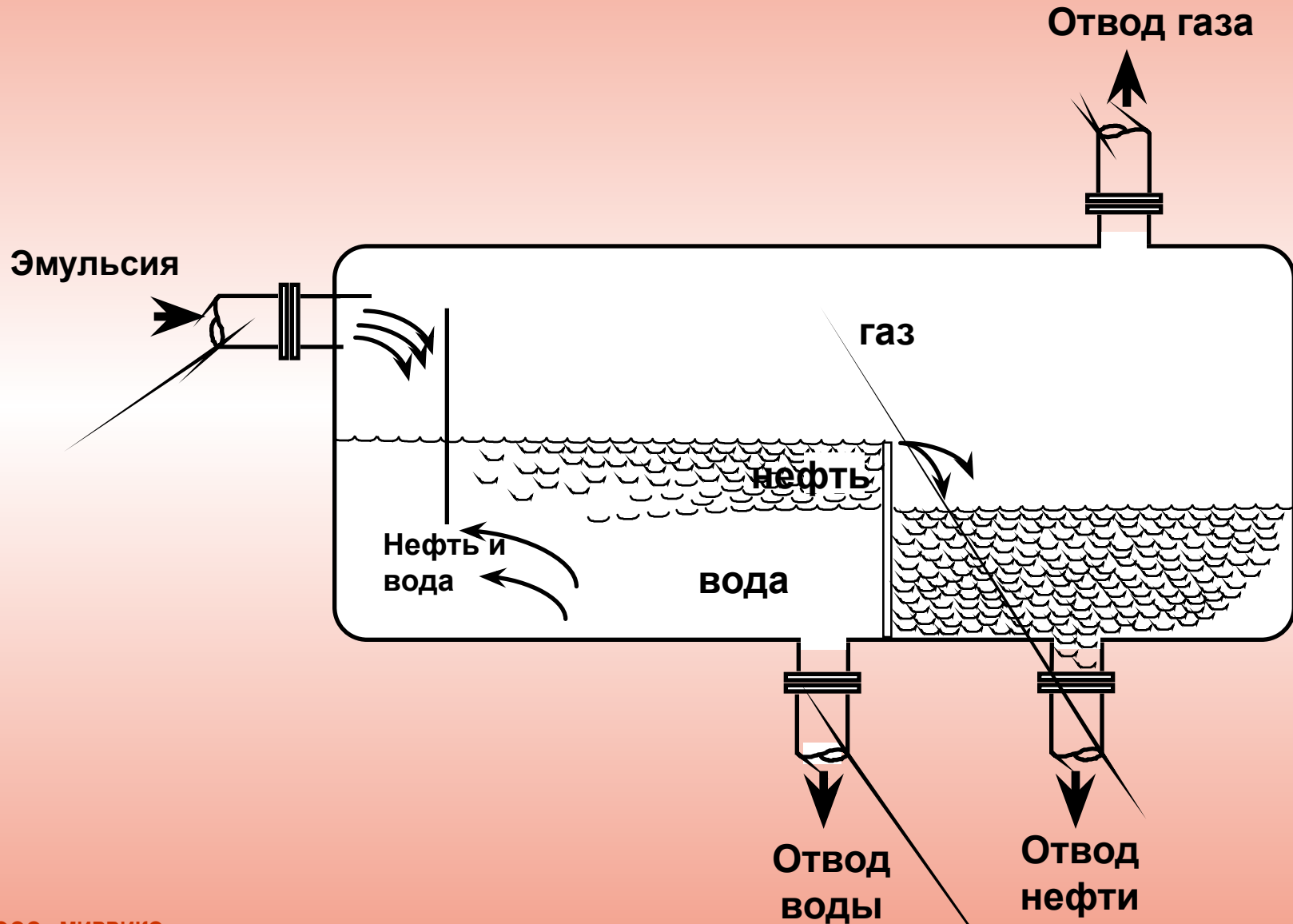
Отвод газа на факел / на УКГ



# Вертикальный отстойник



# Трехфазный горизонтальный сепаратор



# Трехфазный горизонтальный сепаратор



# Трехфазный горизонтальный сепаратор



## ТИПОВАЯ СПЕЦИФИКАЦИЯ:

### ▣ Нефть

- Остаточная обводненность 0,5...1,0%
- Упругость паров по Рейду – 0,8 Мпа

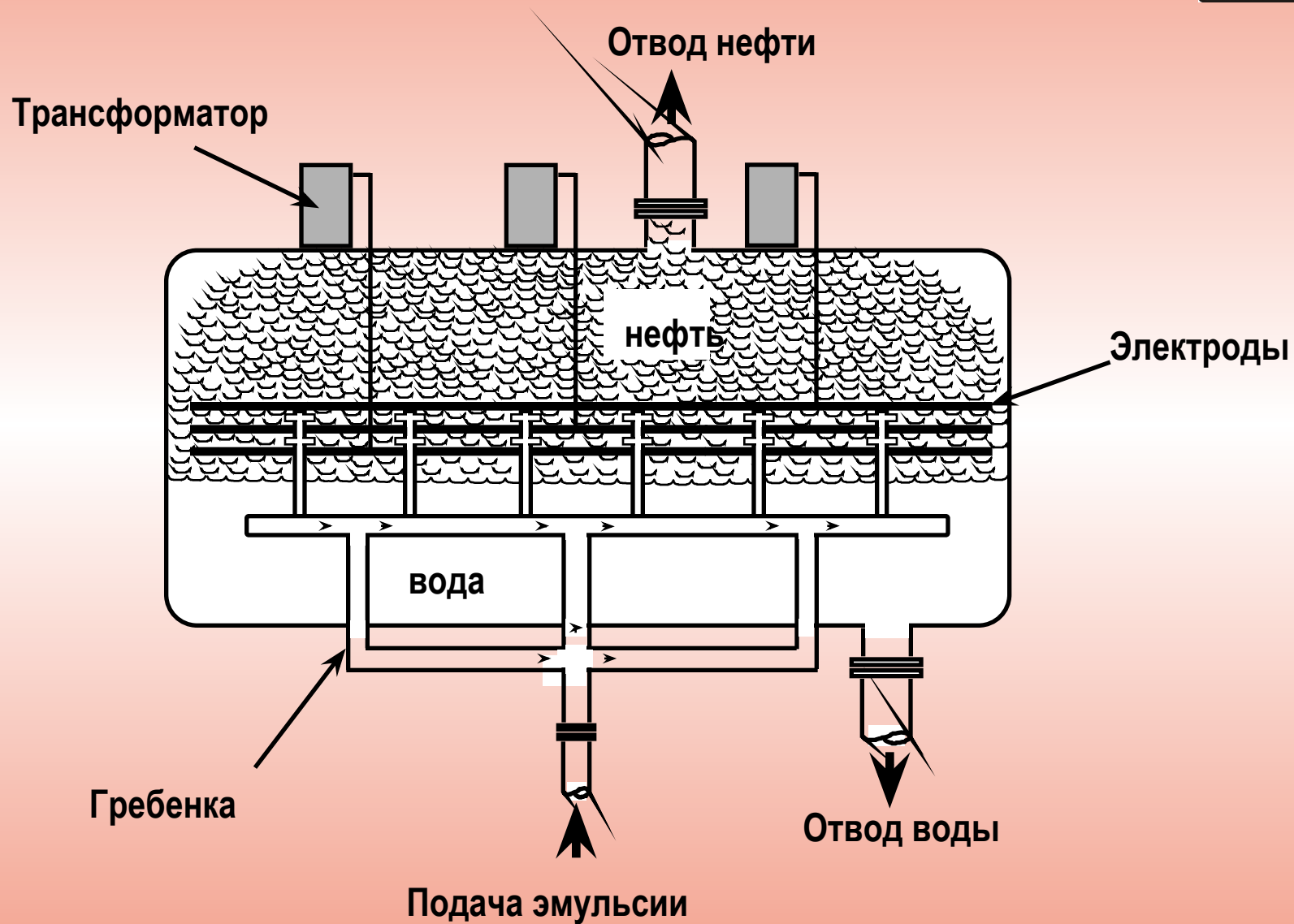
### ▣ Газ

- Точка росы для трубопровода на терминал -10°C при 70 МПа

### ▣ Вода

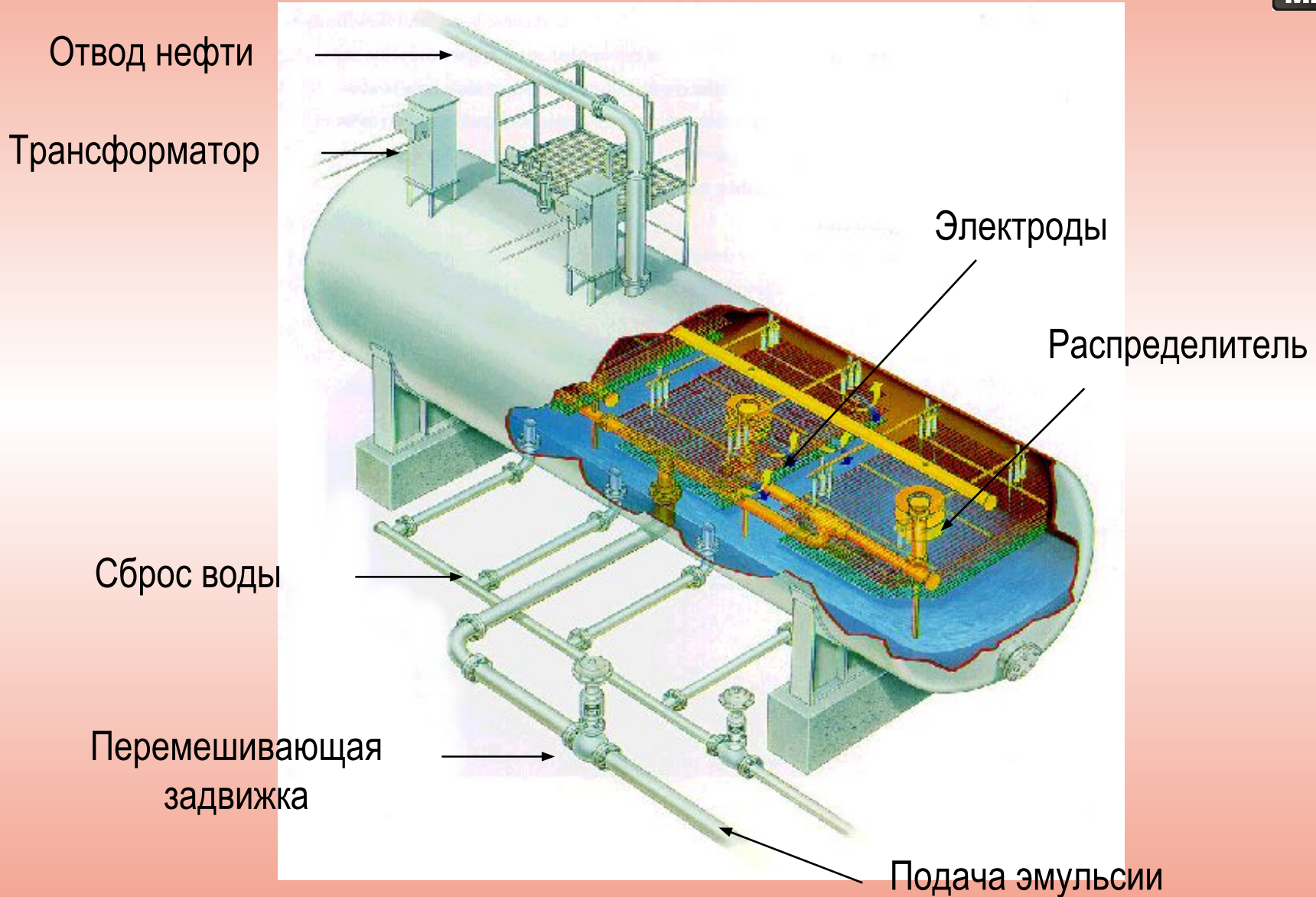
- Остаточное содержание нефтепродуктов - 40 мг/л

# Электродегидратор





# Электродегидратор Bielectric



# ЭДГ/Обессоливатель



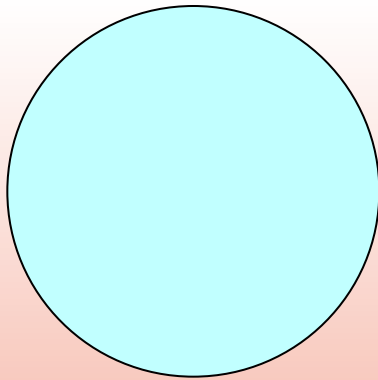
# Электростатическая дегидратация



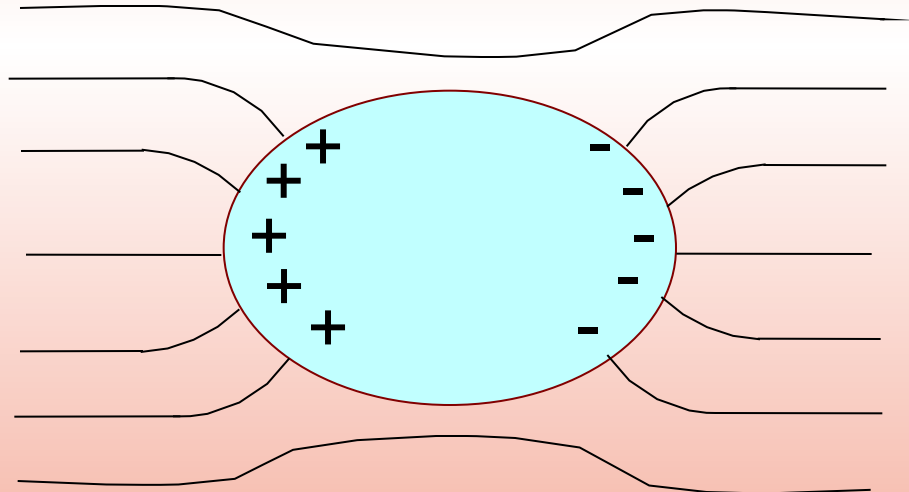
- **Что происходит, когда «обычная» эмульсия подвергается воздействию электростатического поля переменного тока?**
  - Столкновения капель воды
  - Коалесценция
  - Сепарация воды в соответствии с Правилем Стокса

# Электростатическая дегидратация

Капля воды в  
нефтяной фазе



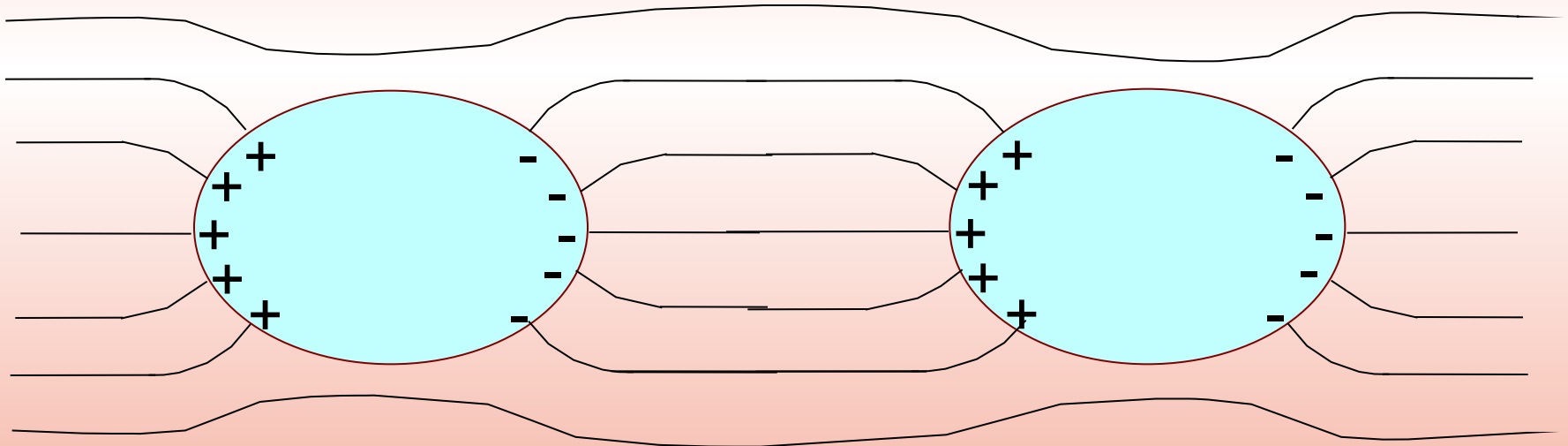
Капля в поле  
переменного тока  
(наведенный диполь)



# Электростатическая дегидратация



Смежные капли в поле переменного  
тока  
(притяжение диполей)



# Электростатическая дегидратация



# Факторы электростатической коалесценции



- Плотность капель
- Напряжение электрического поля

# Плотность капель





# Пороги напряжения электрического поля



- **Нижний предел**
  - Минимальное напряжение, необходимое для подавления электросопротивления стабилизирующих слоев
  
- **Верхний предел**
  - Максимальное напряжение, выше которого капли воды реэмульгируют



- **Три отличия от электростатической дегидратации:**
  - Преимущественно – на перерабатывающих заводах (за некоторыми исключениями)
  - Меньшая обводненность входящей эмульсии
  - Добавление промывочной воды



- **Типовая спецификация**

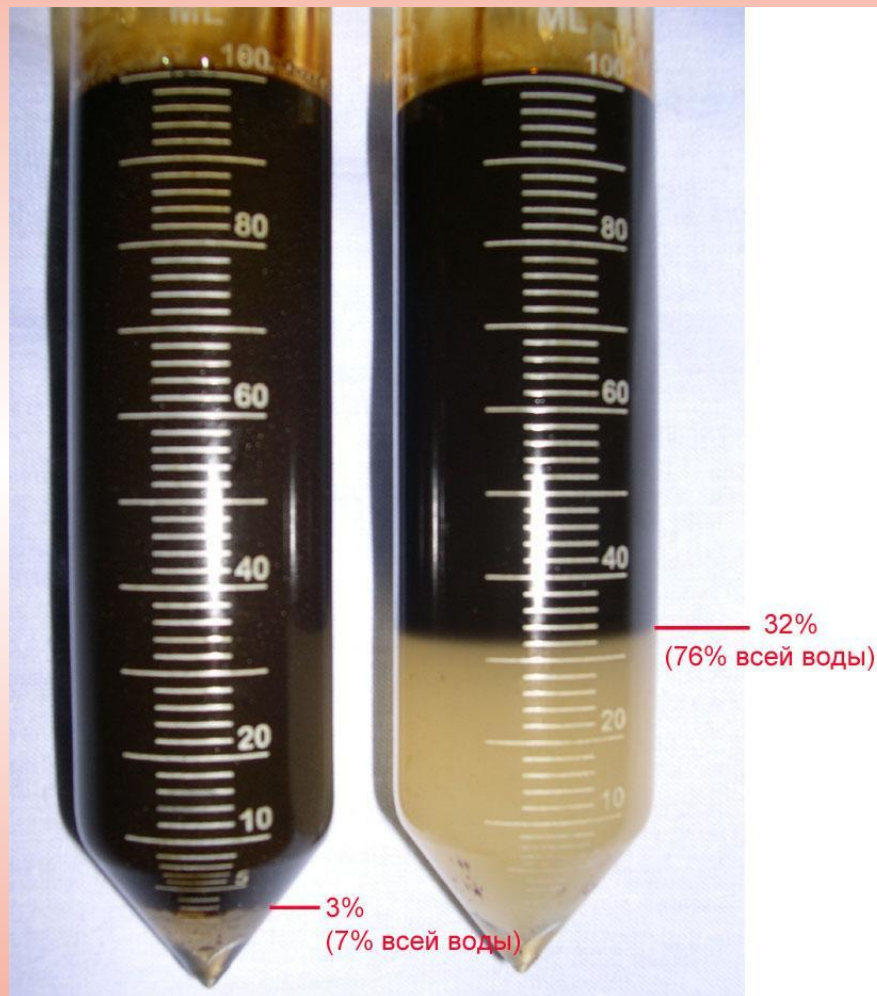
Обессоливание	95% (одна ступень) 98% (две ступени)
Соли на входе	350 г/л
Остаточные соли	0.65 - 6.0 г/л
Удаление мех.примесей	50% - 80%
Остаточная вода	0,1% - 1,0%
Нефть в воде	от 100 мг/л до 1.0%
Промывочная вода	3%...8% поступающей нефти
Рабочая температура	+100...+150°C



## ■ «Bottle Test»

- Сравнение различных деэмульгаторов
- Имитация реальной системы подготовки нефти:
  - Объем поступающей эмульсии
  - Дозировка деэмульгатора
  - Температура сепарации
  - Точки ввода деэмульгатора и точки отбора проб
  - Время сепарации в каждом аппарате/резервуаре
  - Параметры системы и существующие проблемы

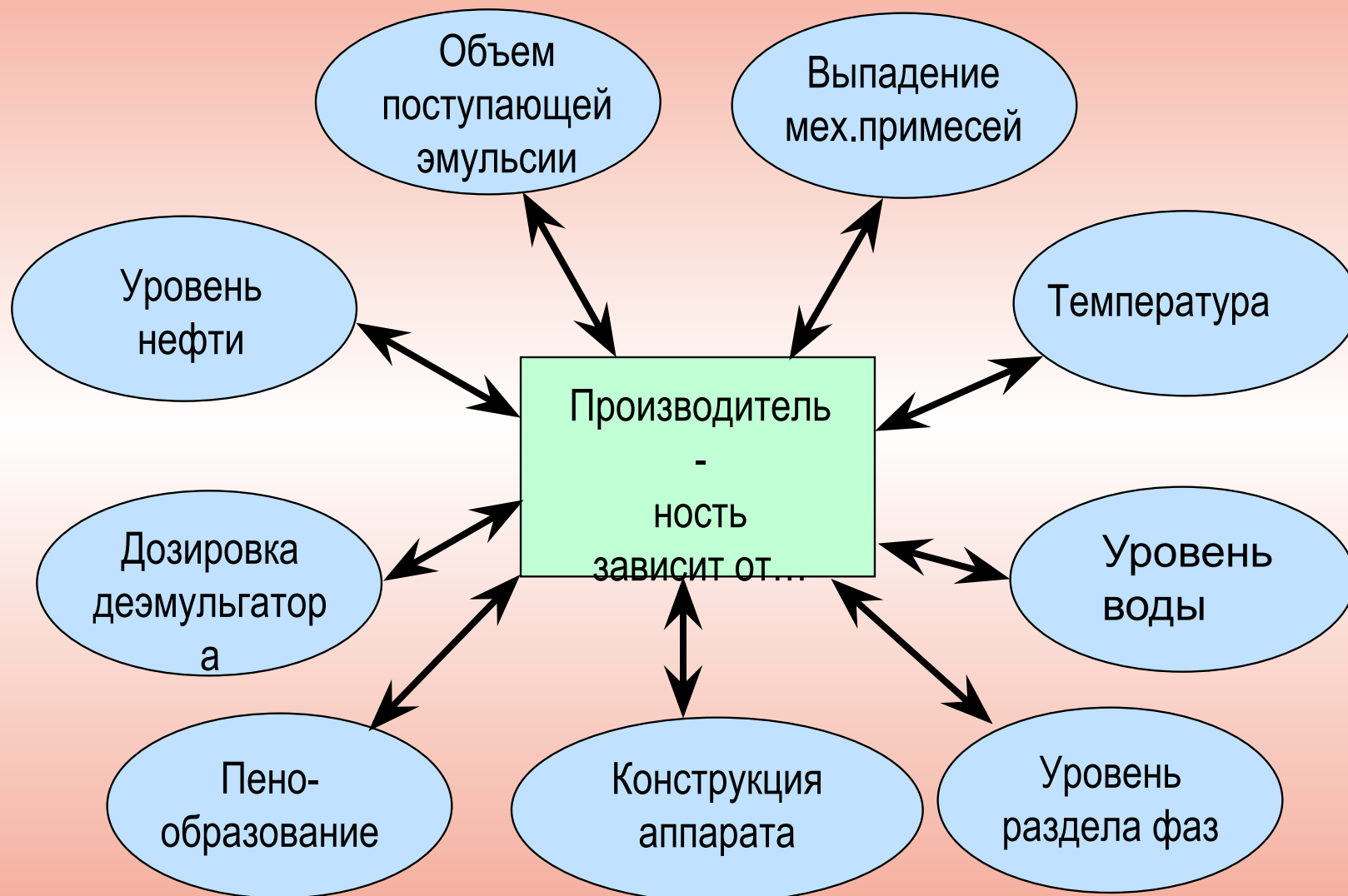
# «Bottle Test»



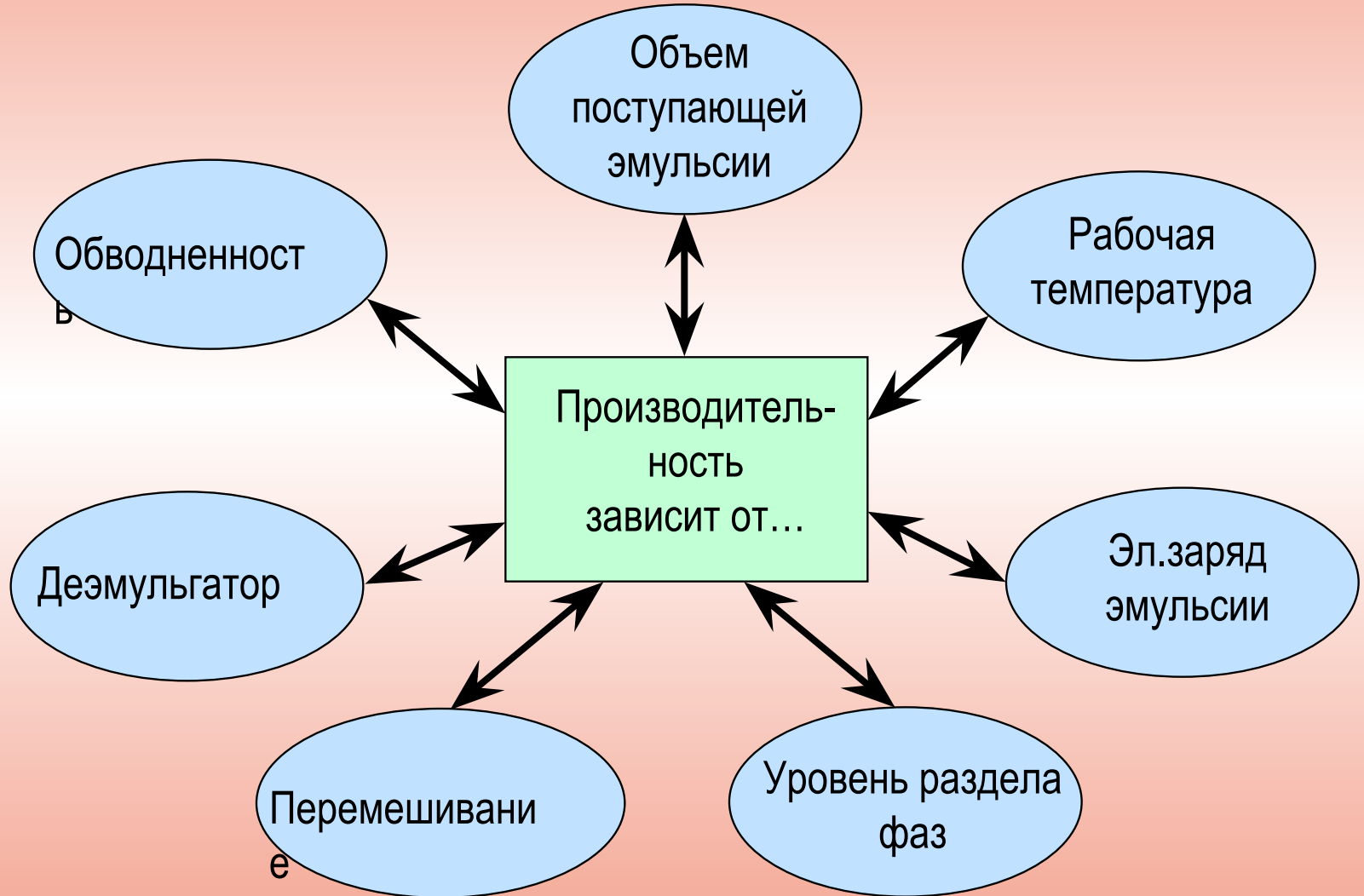


- **Деэмульгаторы обычно выбирают для определенных систем**
  - Деэмульгатор должен обеспечивать:
    - Хорошо обезвоженную нефть
    - Быстрый сброс воды (в системах с малым временем сепарации и (или) высокой обводненностью)
    - Низкое содержание остаточной эмульсии
    - Четкую границу раздела фаз
    - Хорошее качество отделяемой воды
    - Низкое содержание солей
    - Экономическую эффективность применения

# Производительность трехфазного сепаратора

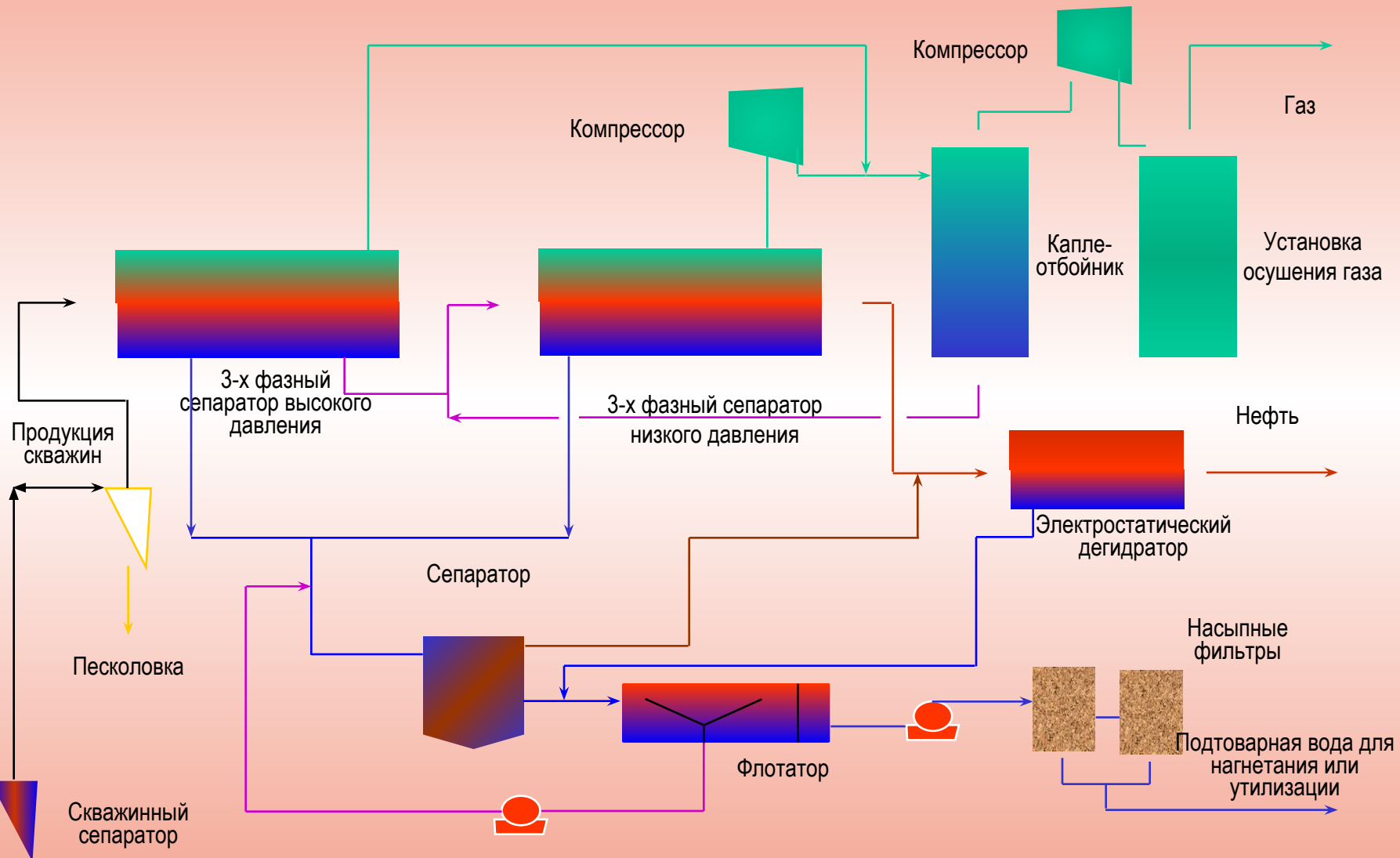


# Производительность ЭДГ





# Схема подготовки нефти при материковой добыче



# Схема подготовки нефти при добыче на шельфе

