



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?

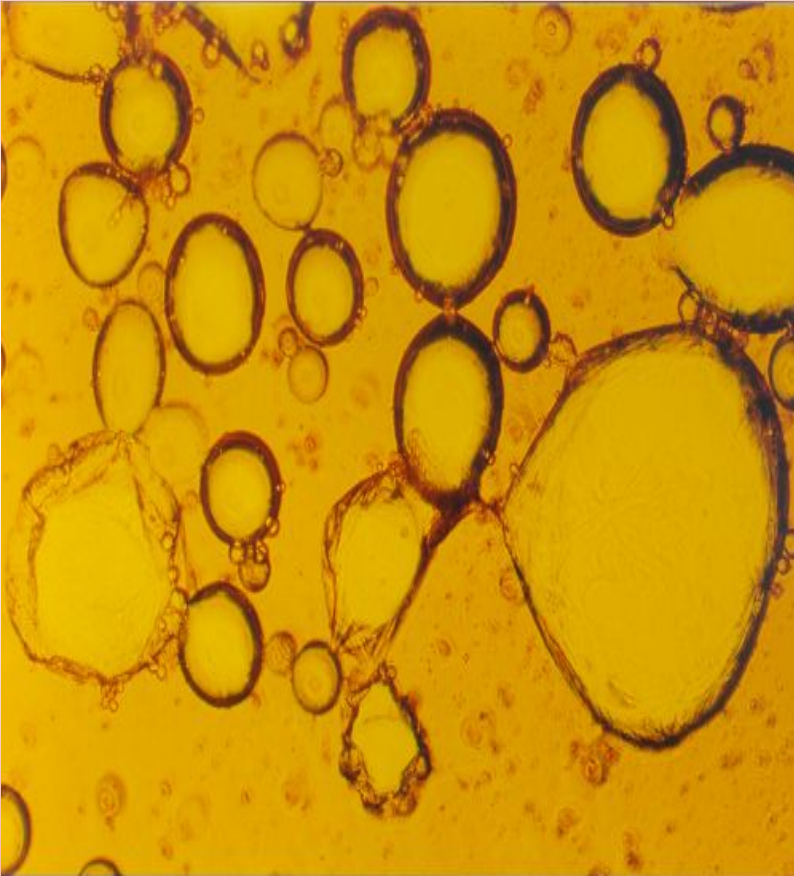


- **Низкая стоимость обводненной нефти**
 - Обводненность товарной нефти <0.5%
- **Вода – коррозивный компонент**
 - Трубопроводы и оборудование промыслов
 - Нефтеперерабатывающие заводы
- **Пропускная способность системы**
 - Большинство систем рассчитано только на транспортировку нефти
- **Стоимость 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.



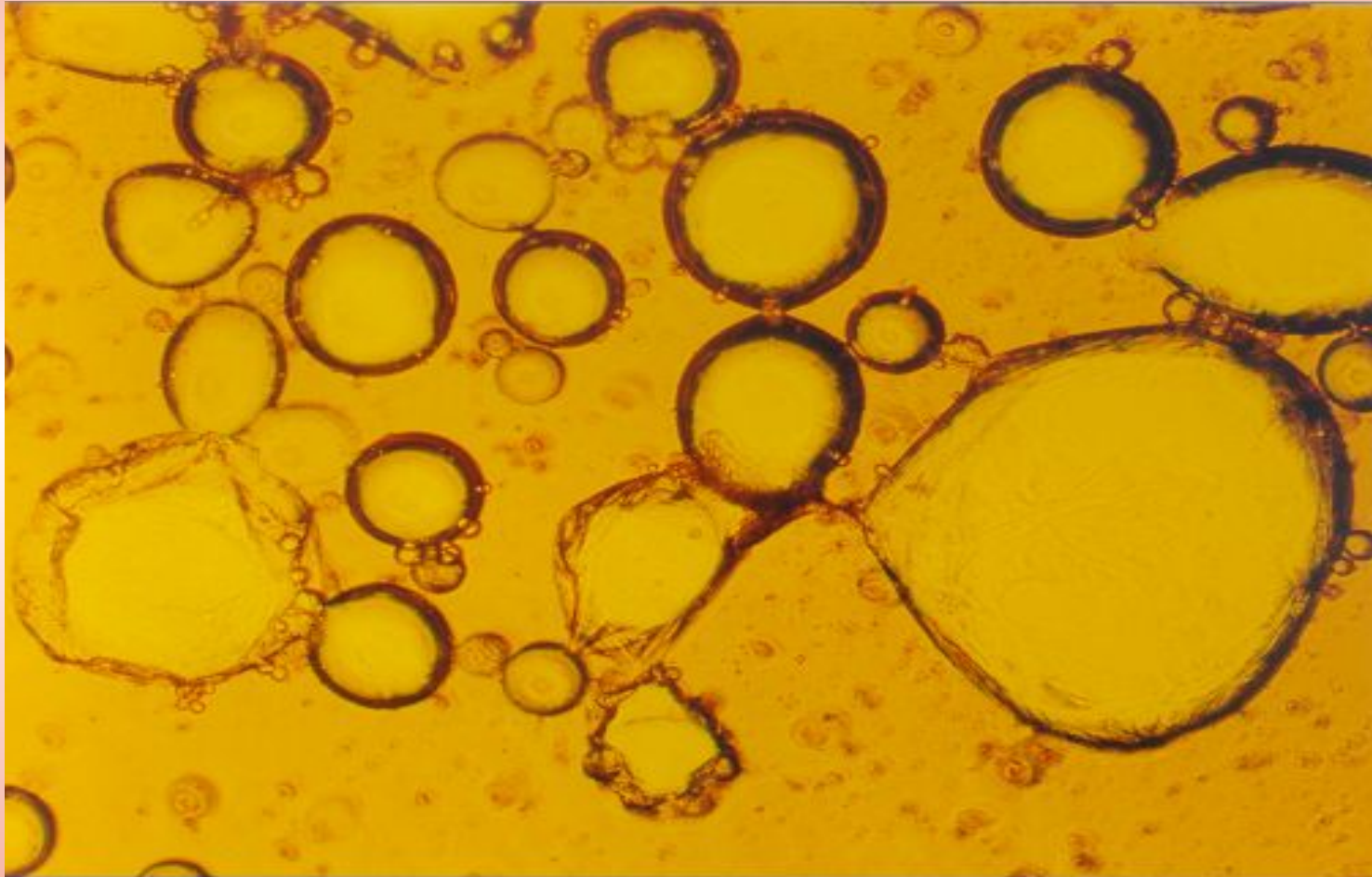
- **«Вода в нефти»**

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

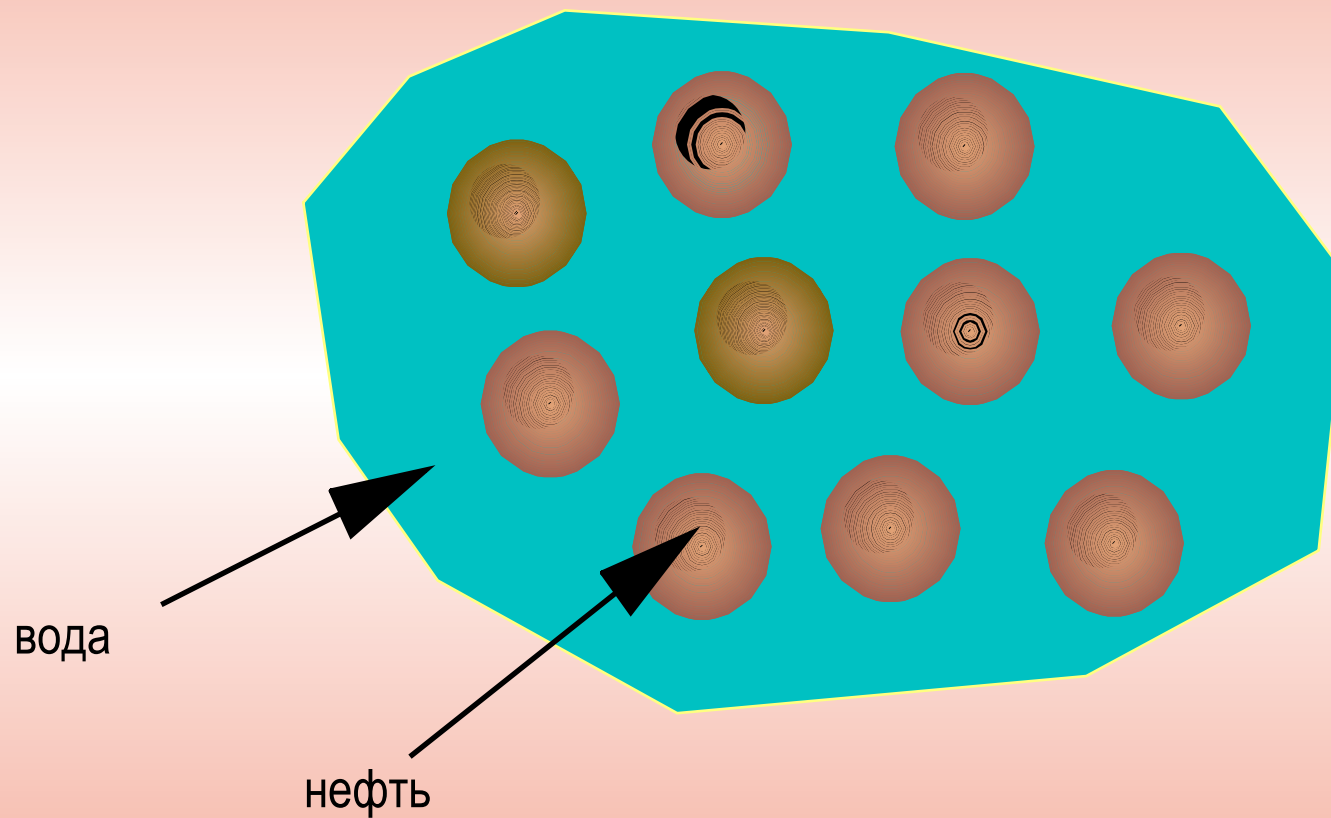
- **«Нефть в воде»**

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

«Обычная» эмульсия



«Обратная» эмульсия

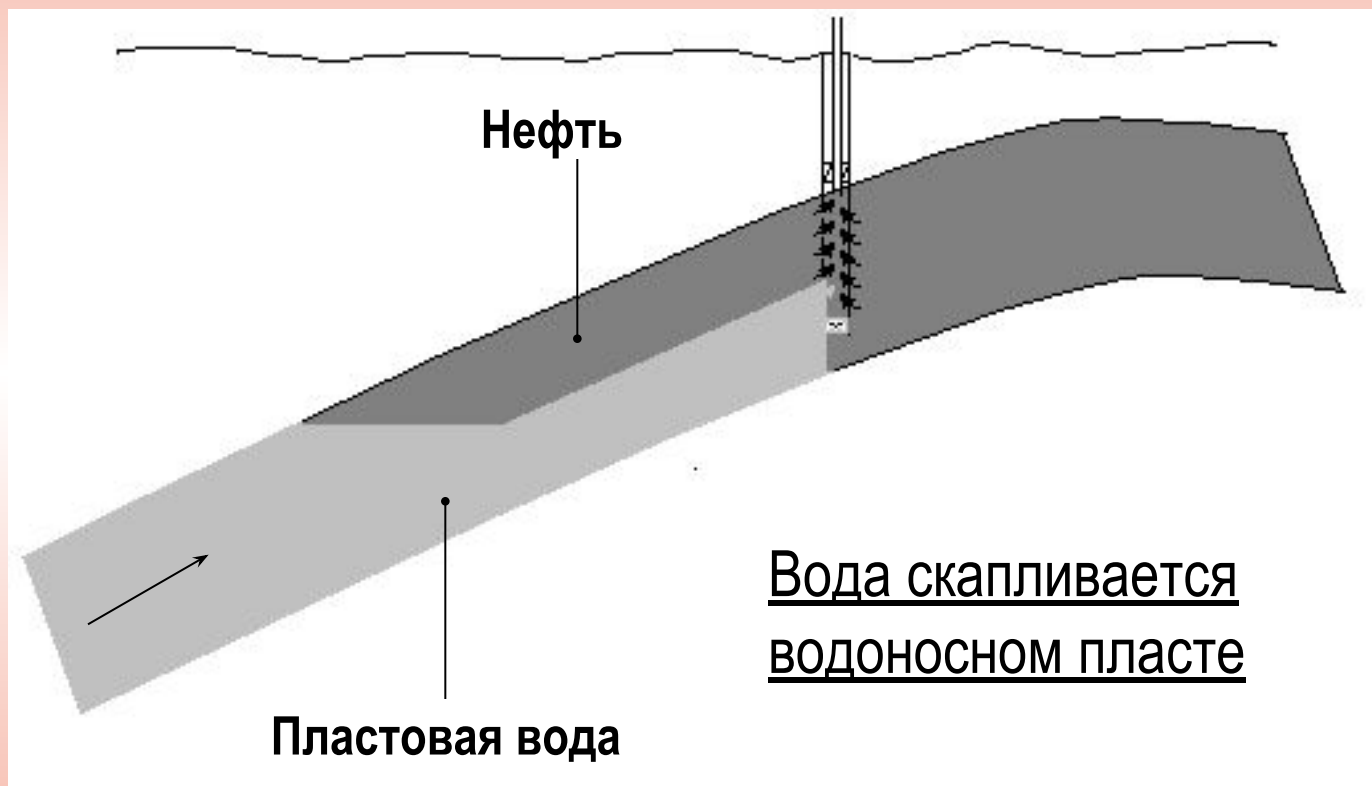


Что нужно для образования эмульсии?



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

Источник нефти и воды

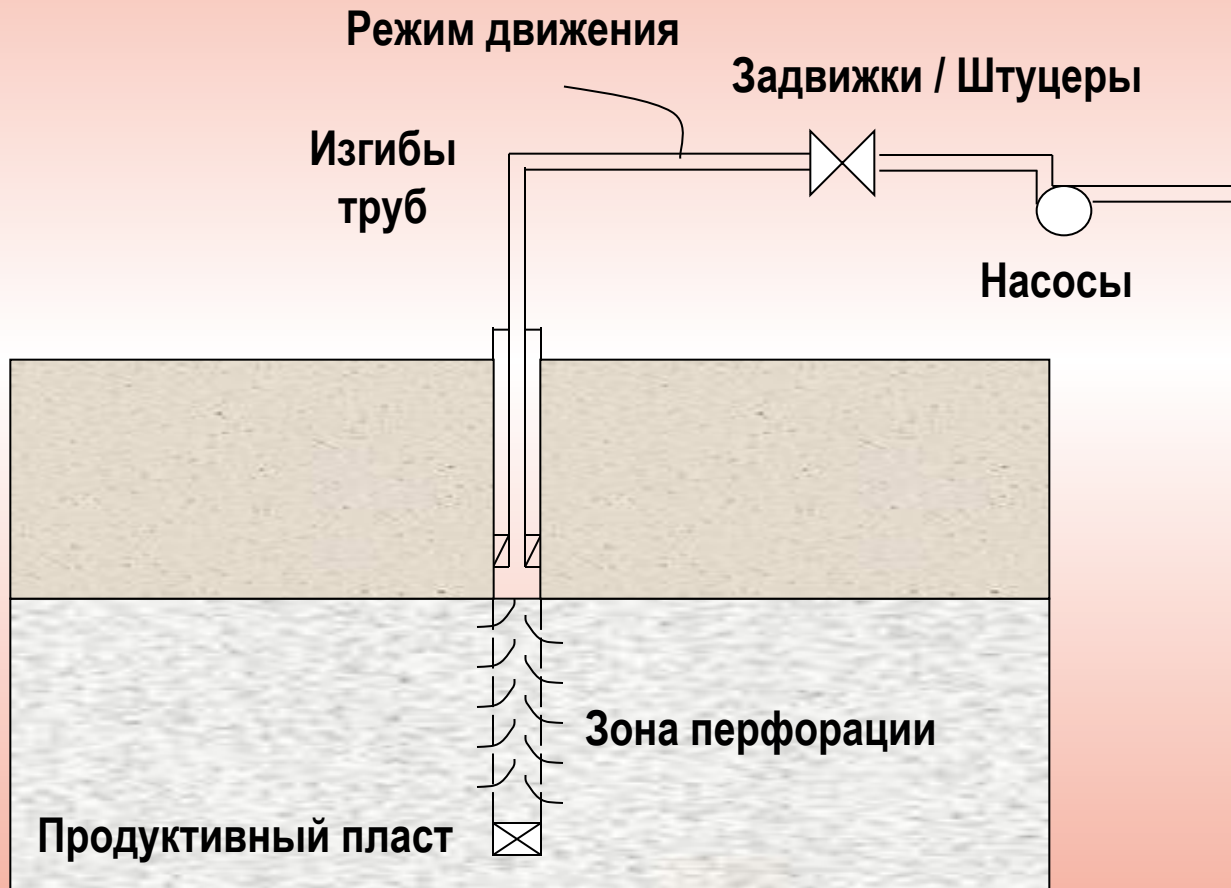


Что нужно для образования эмульсии?



- **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

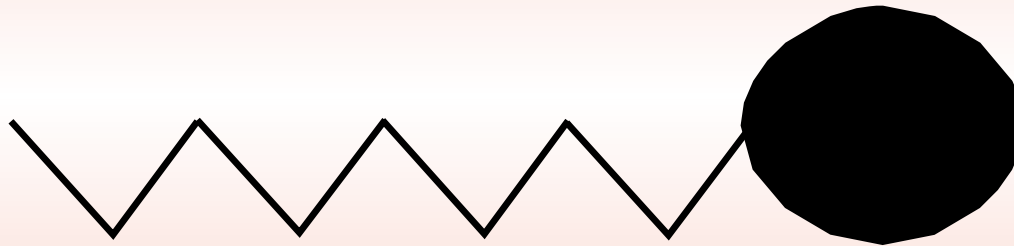
Эмульгирующие вещества - ПАВ



Упрощенная диаграмма

«Голова и хвост»

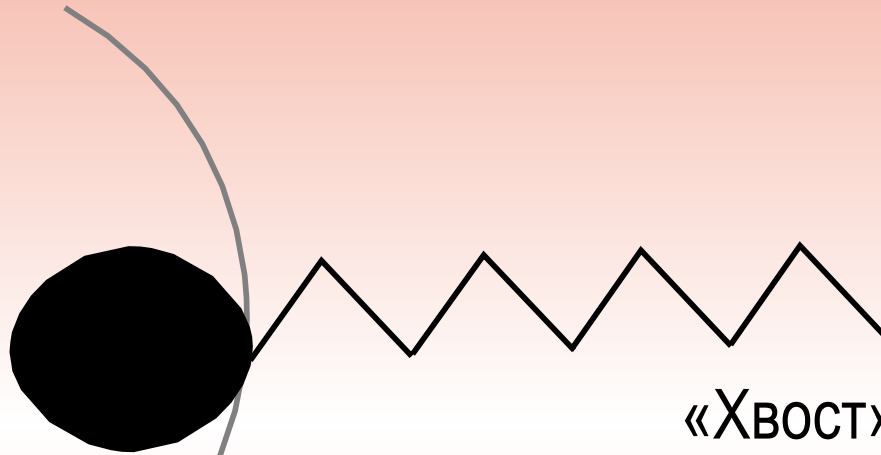
**Водорастворимая
«голова»**



**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

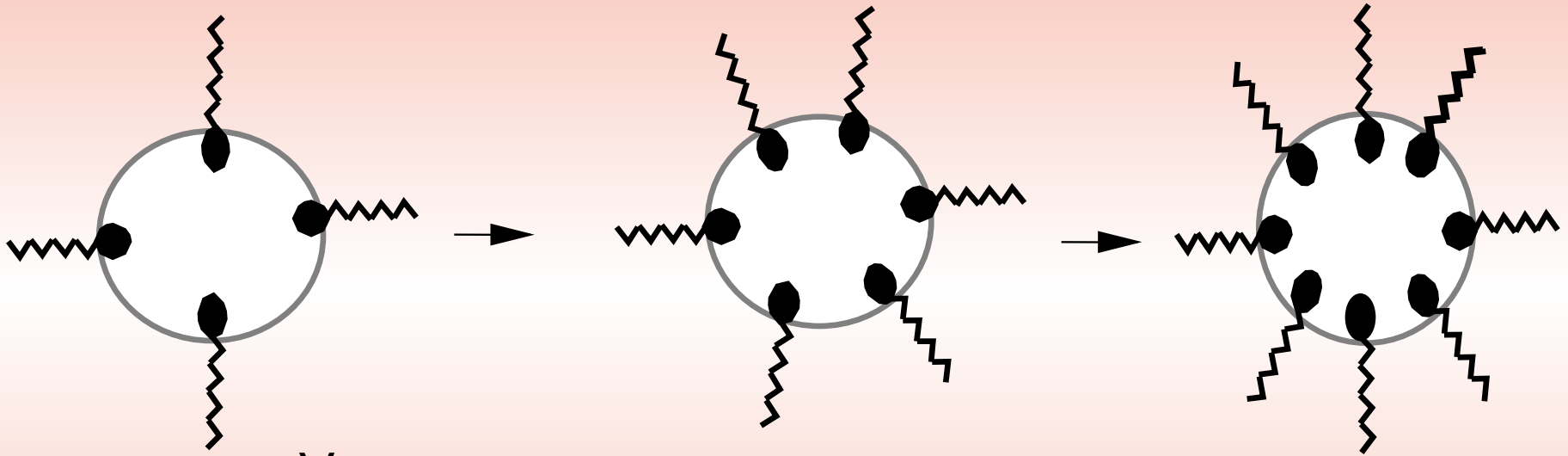
$d_{\text{в}}$ - плотность воды

$d_{\text{н}}$ - плотность нефти

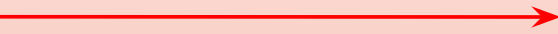
u - вязкость нефти

g - константа

Эмульгирование



Усиление с течением
времени



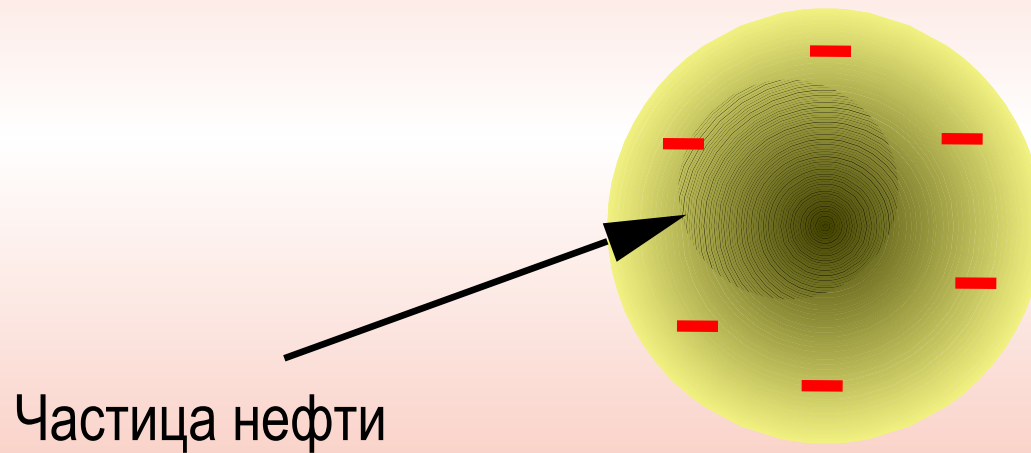
Стабильность «обратной» эмульсии



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



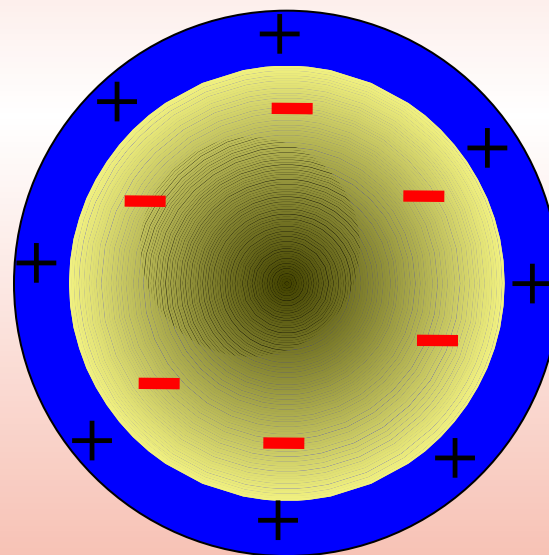
Частица нефти

Заряд частиц



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

Слой Стерна

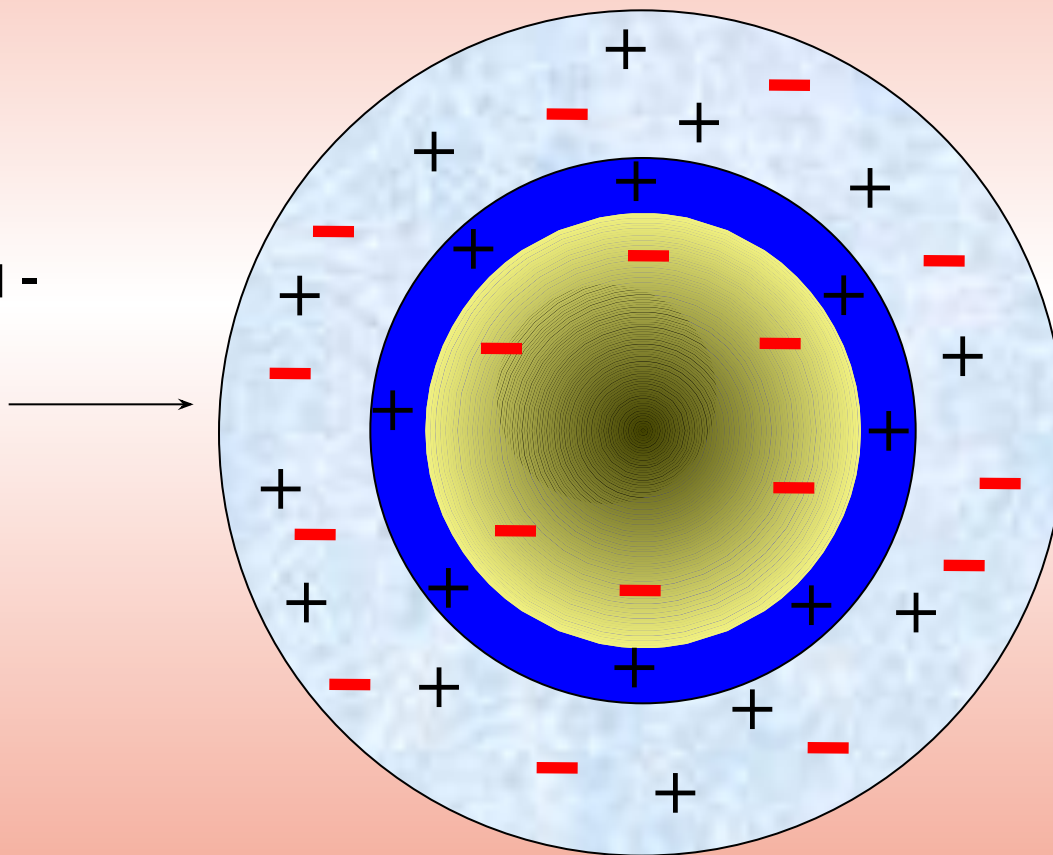


Заряд частиц

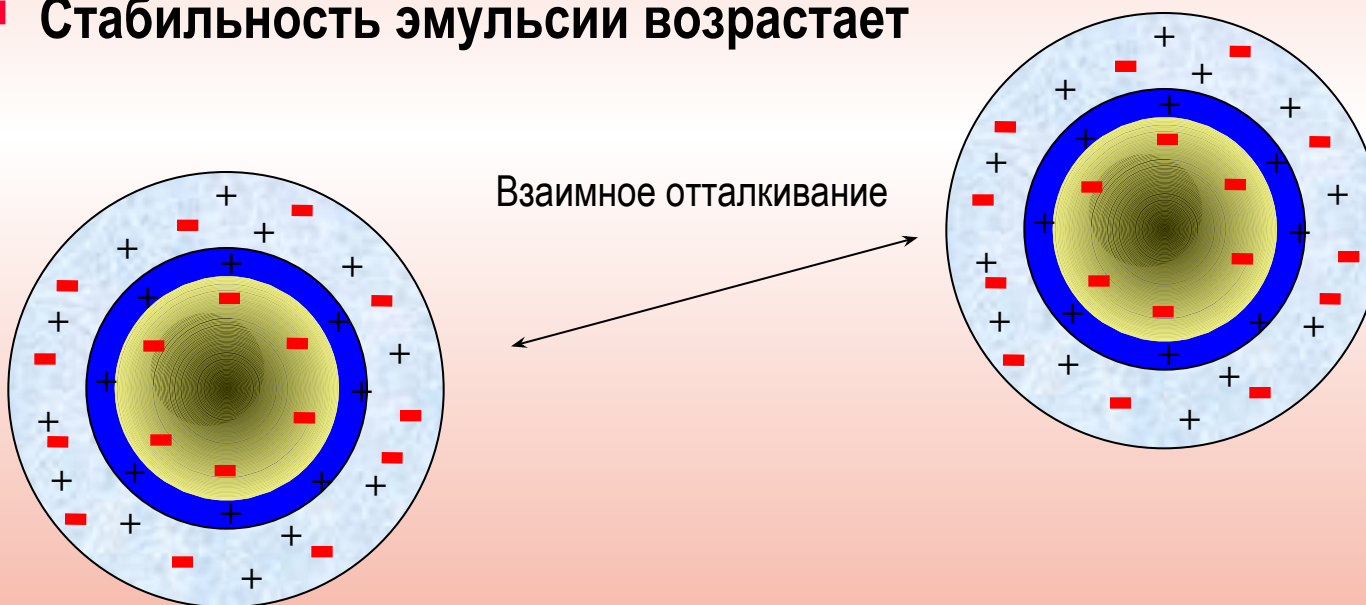


...Затем формируется третий слой
положительно/отрицательно заряженных ионов

Диффузный слой + и -
ионов с общим
отрицательным
зарядом



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



Разрушение «обычной» эмульсии



- **Дезэмульсация**

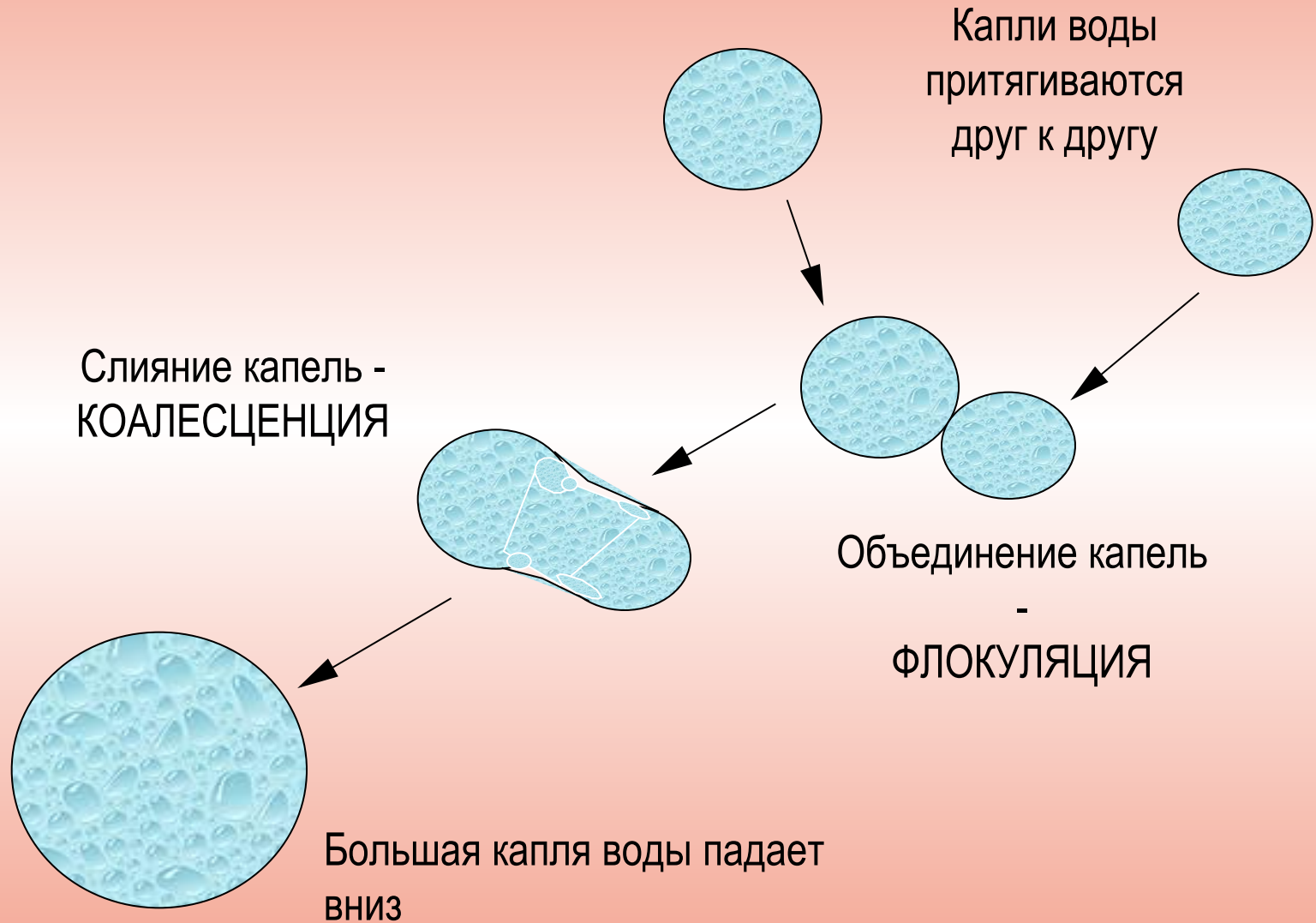
- «Разрушение водонефтяной эмульсии с последующим отделением водной фазы»

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:

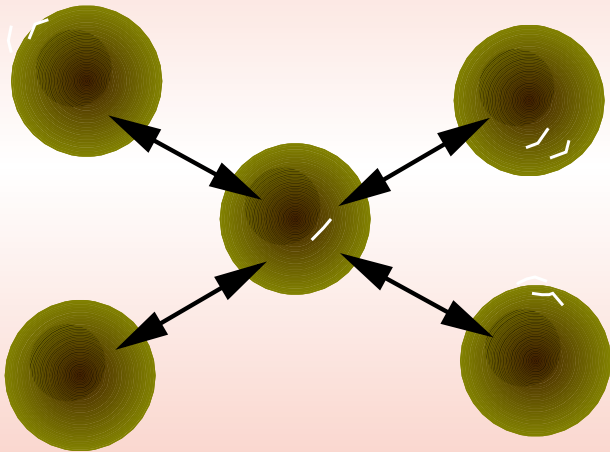
- Преодолением взаимного отталкивания частиц путем дестабилизации их зарядов (частичная нейтрализация отрицательного заряда)
- Сближением малых капель (уплотнение наружного слоя)

■ Флокуляция

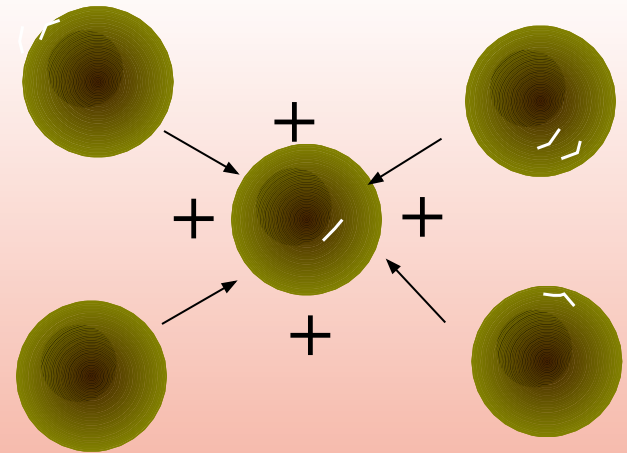
- Это процесс объединение коллоидных частиц в рыхлые хлопьевидные агрегаты («гроздь»)
- Зачастую необходимо перемешивание для интенсификации процесса

Механизм коагуляции

Взаимное отталкивание



Добавление катионного
полиэлектролита частично
нейтрализует отрицательный заряд...



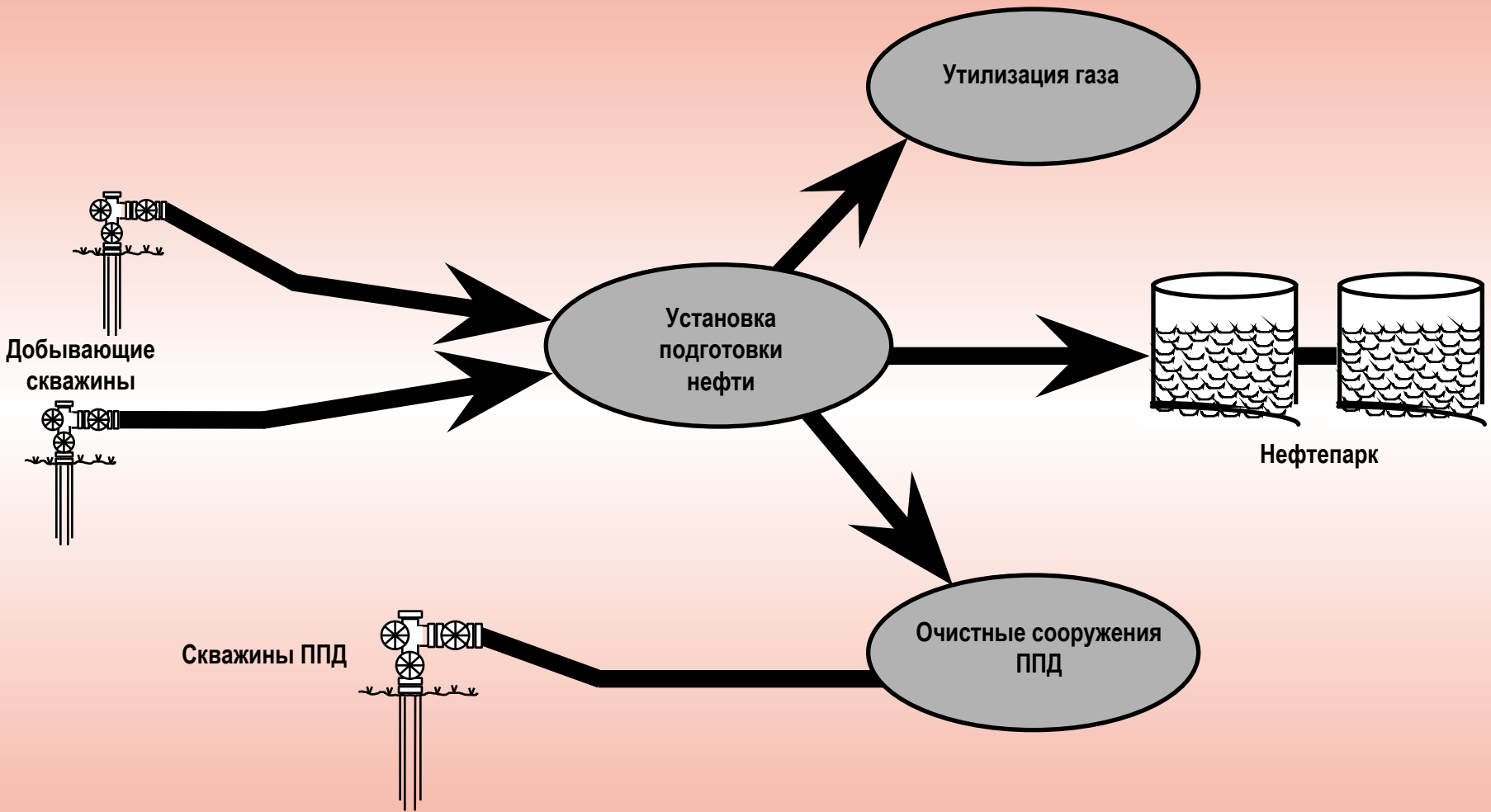
...что приводит к флокуляции

Флокуляция



Агломерация
коагулированных частиц

Система сбора/подготовки нефти

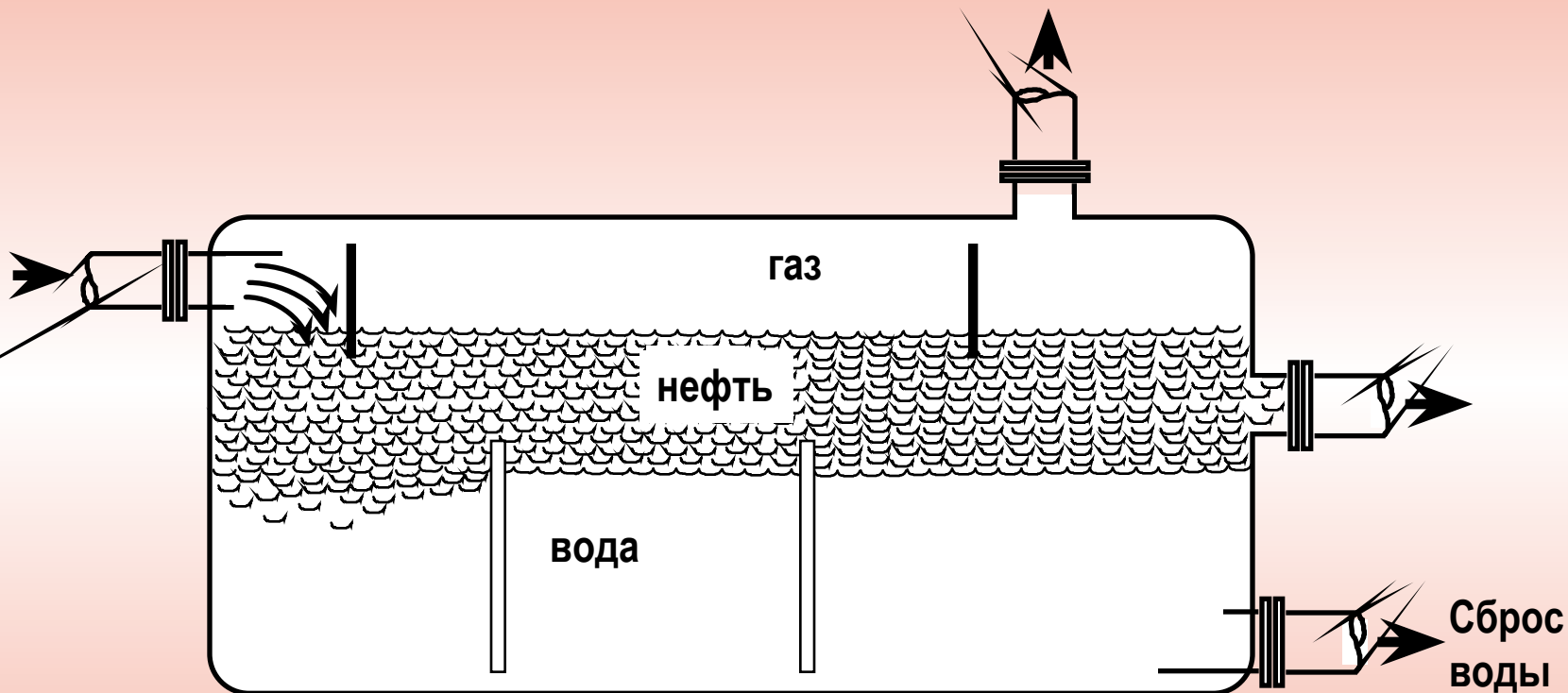


Типичная система сбора и подготовки нефти, газа и воды

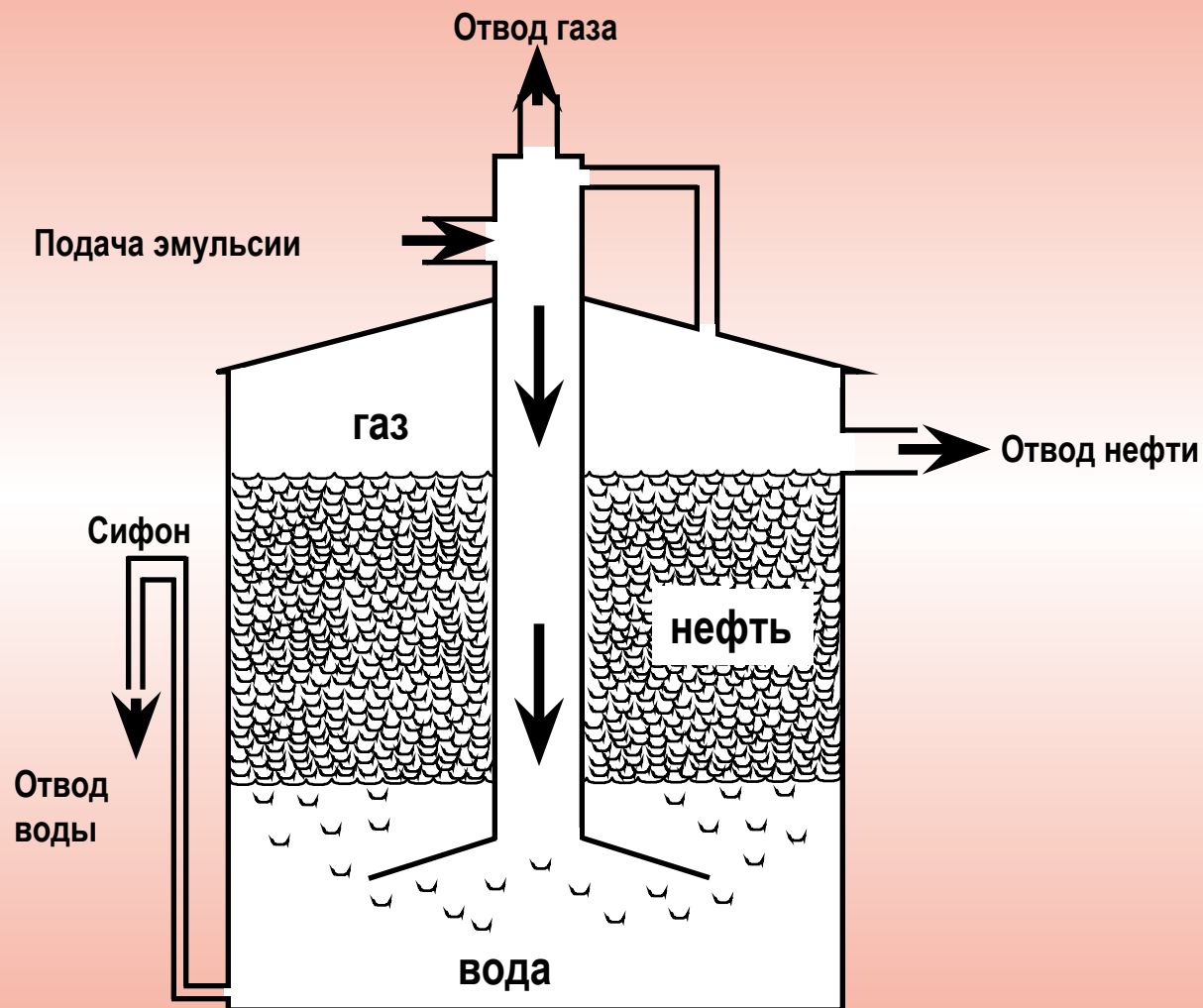
Горизонтальный отстойник



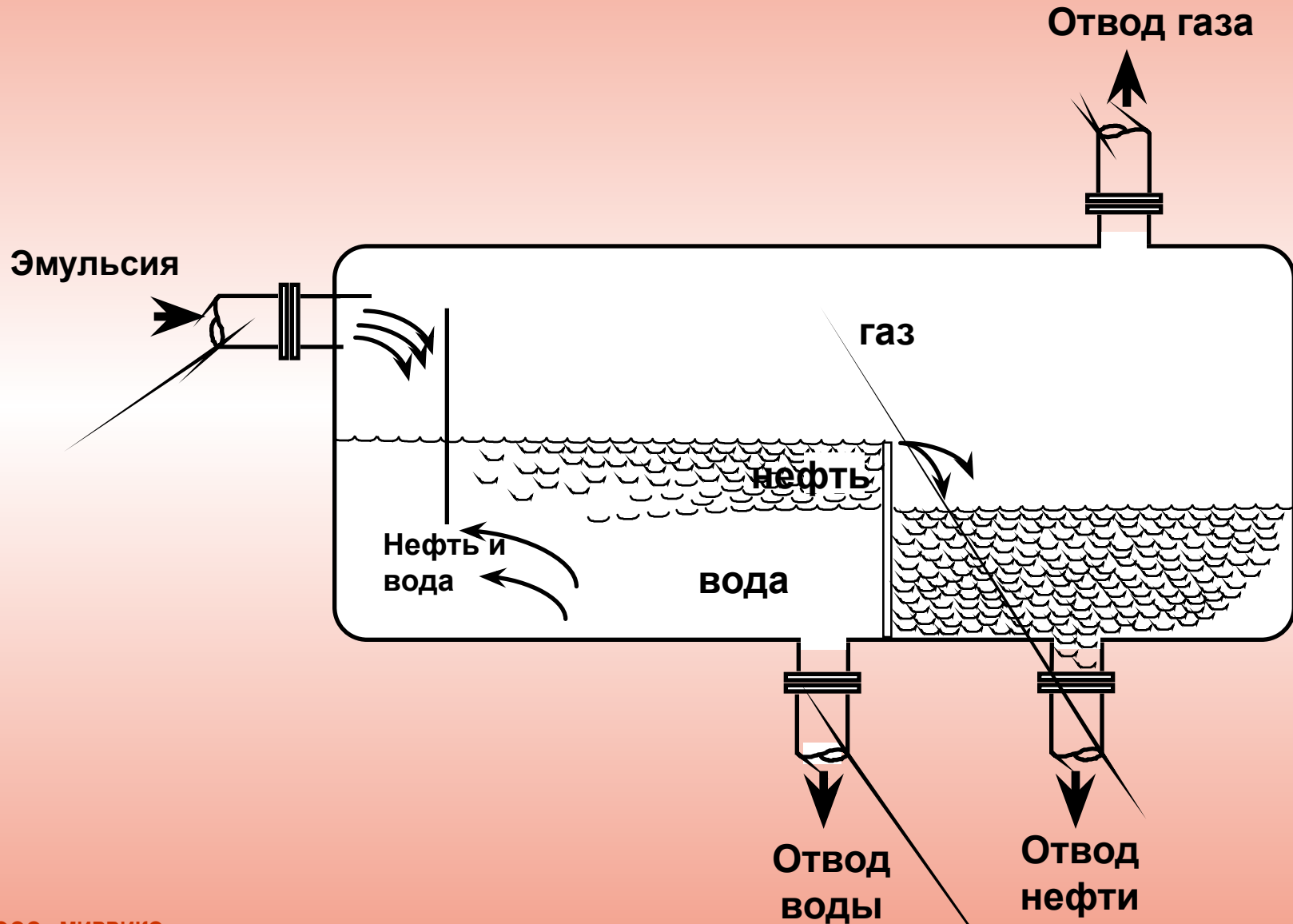
Отвод газа на факел / на УКГ



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

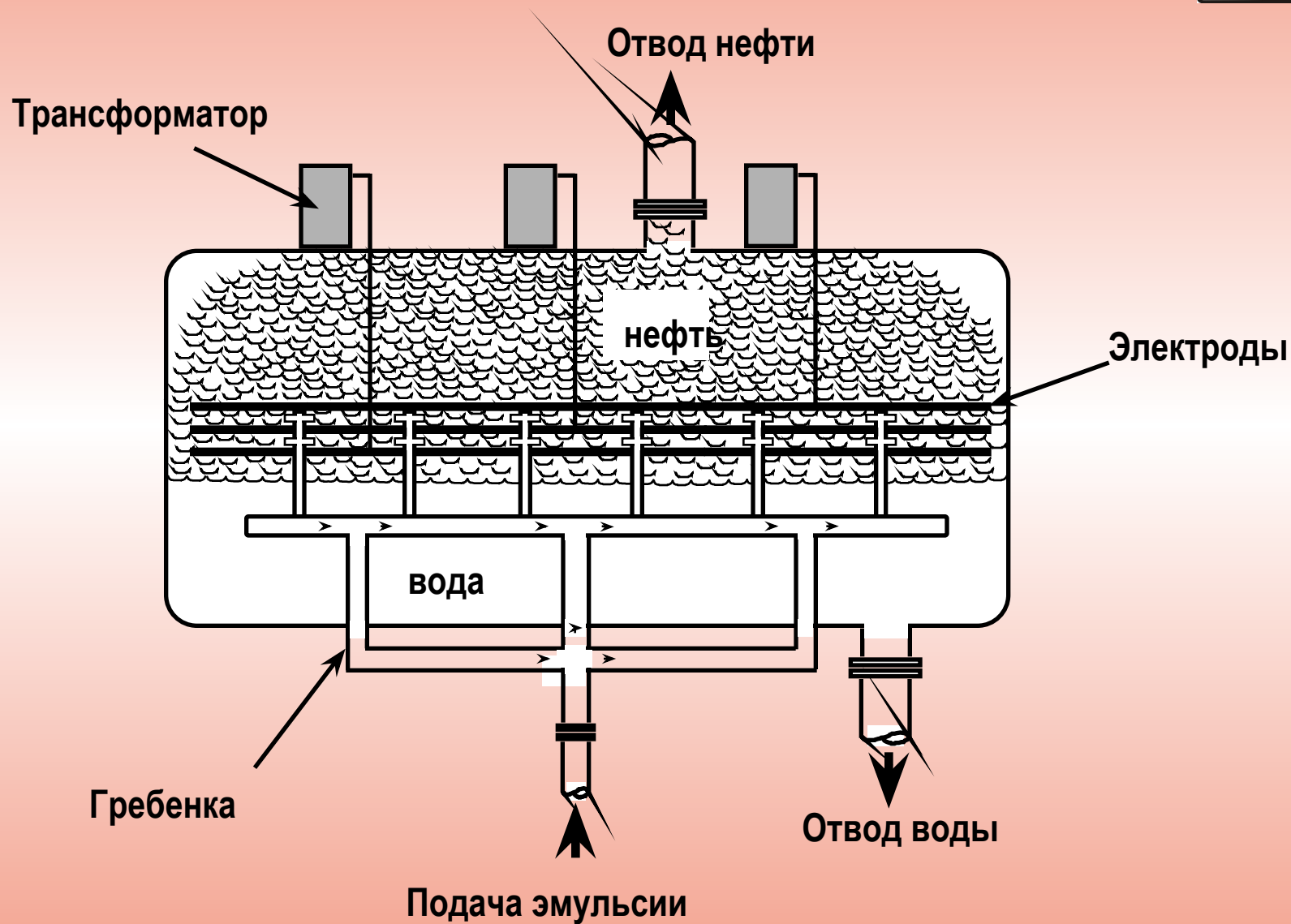
▣ Газ

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

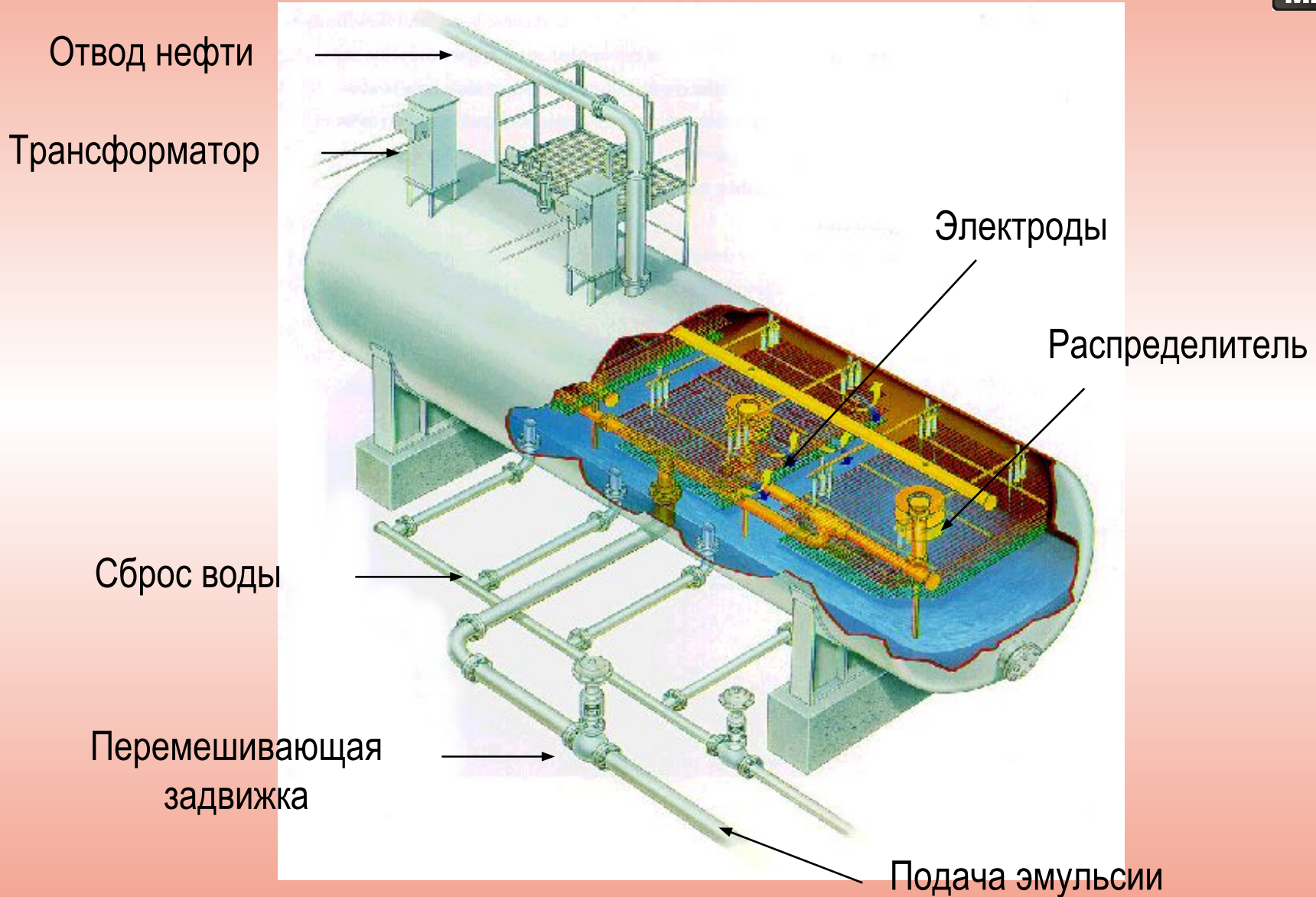
▣ Вода

- Остаточное содержание нефтепродуктов - 40 мг/л

Электродегидратор



Электродегидратор Bielectric



ЭДГ/Обессоливатель



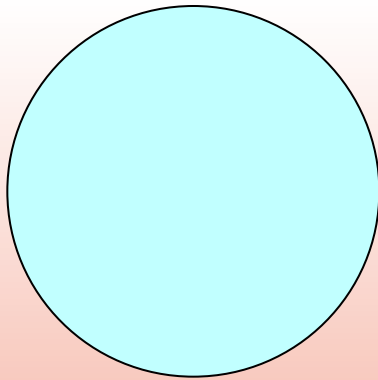
Электростатическая дегидратация



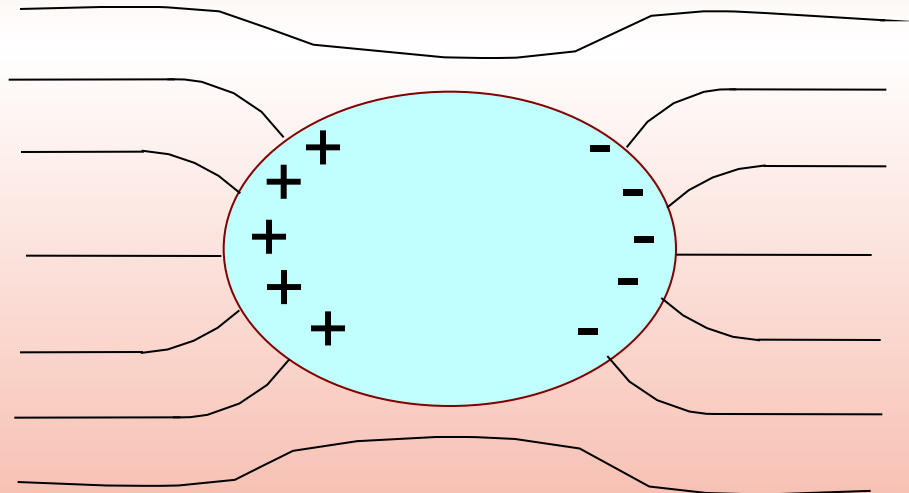
- **Что происходит, когда «обычная» эмульсия подвергается воздействию электростатического поля переменного тока?**
 - Столкновения капель воды
 - Коалесценция
 - Сепарация воды в соответствии с Правилем Стокса

Электростатическая дегидратация

Капля воды в
нефтяной фазе



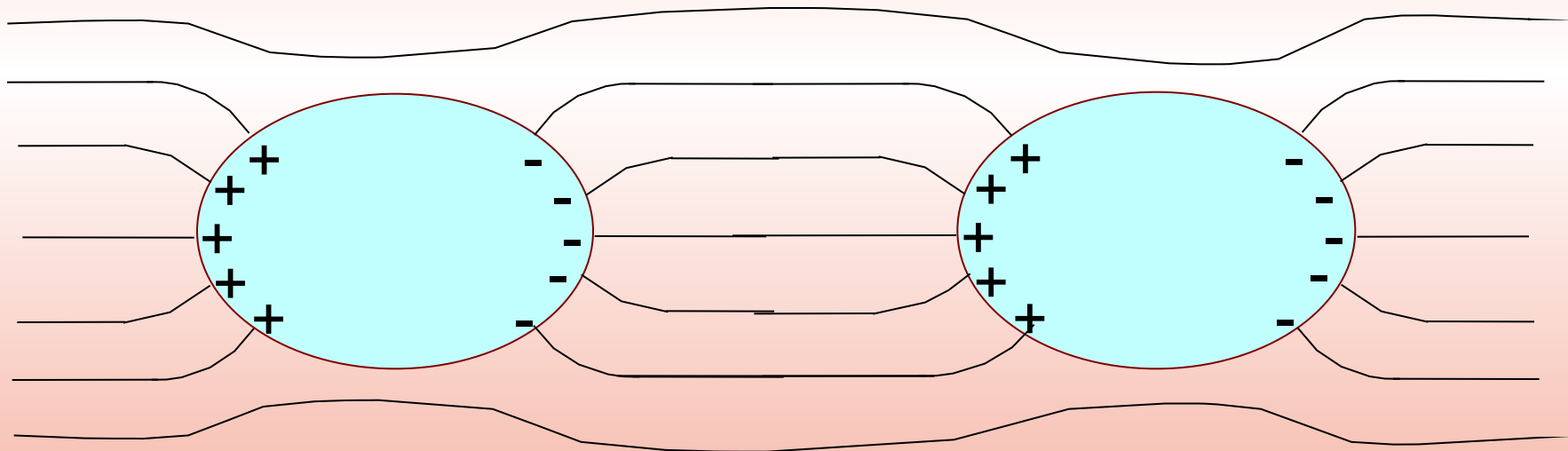
Капля в поле
переменного тока
(наведенный диполь)



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**

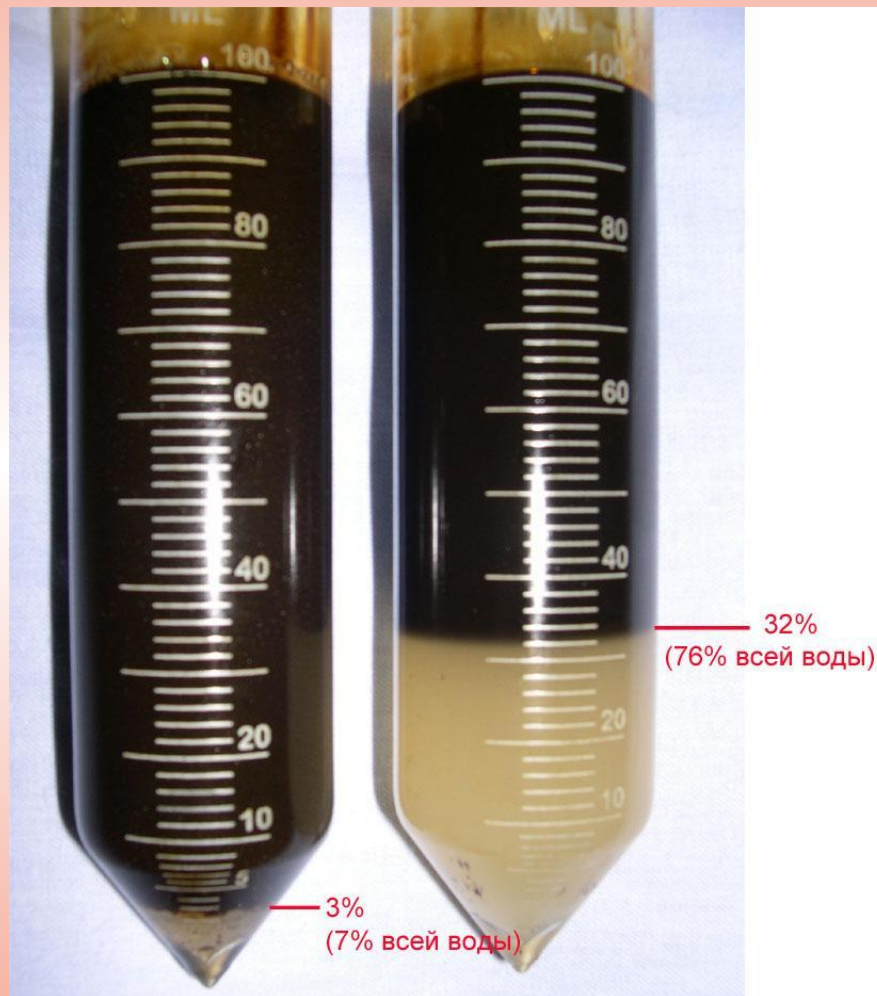
Обессоливание	95% (одна ступень) 98% (две ступени)
Соли на входе	350 г/л
Остаточные соли	0.65 - 6.0 г/л
Удаление мех.примесей	50% - 80%
Остаточная вода	0,1% - 1,0%
Нефть в воде	от 100 мг/л до 1.0%
Промывочная вода	3%...8% поступающей нефти
Рабочая температура	+100...+150°C



■ «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

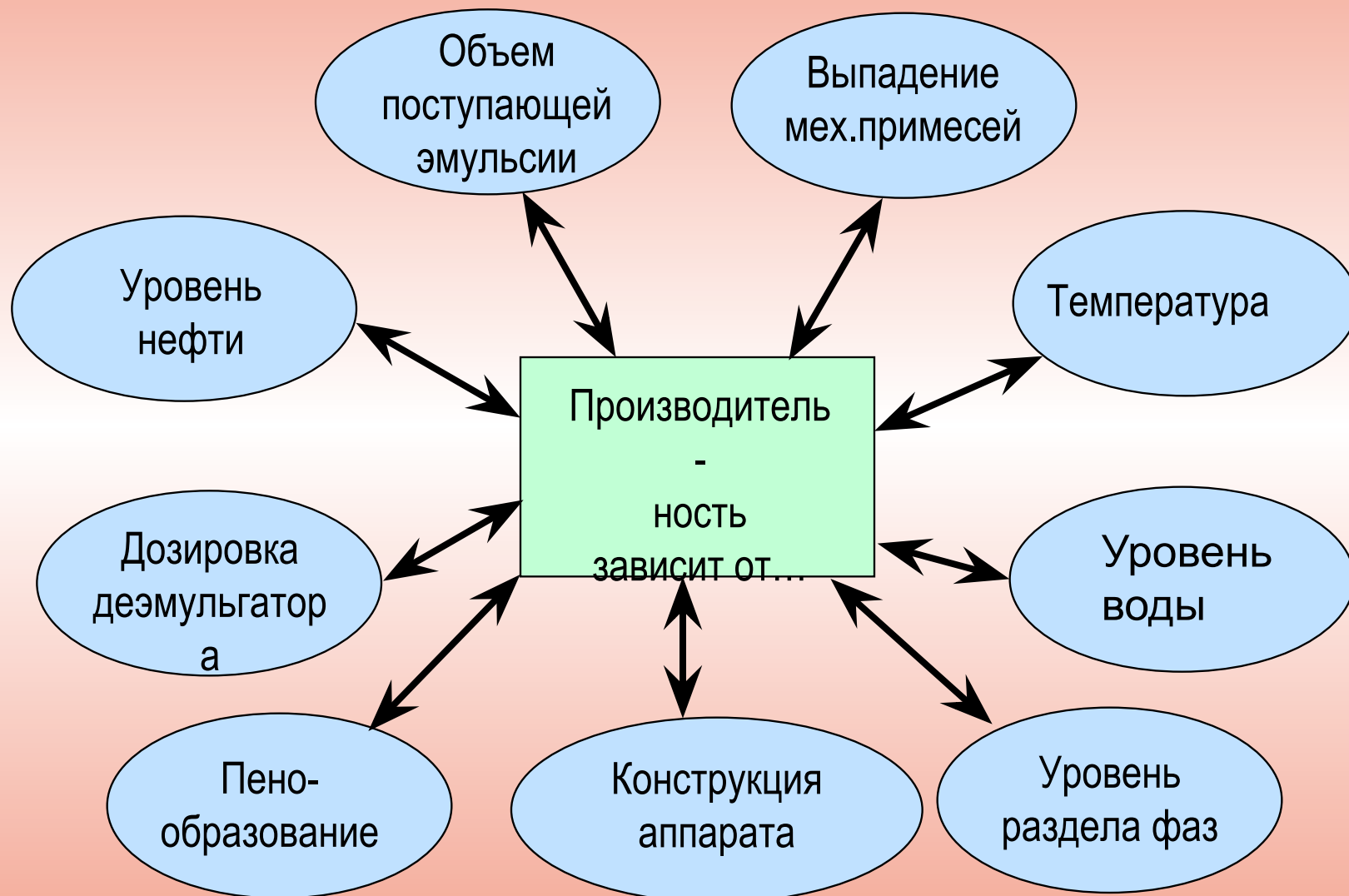
«Bottle Test»





- **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

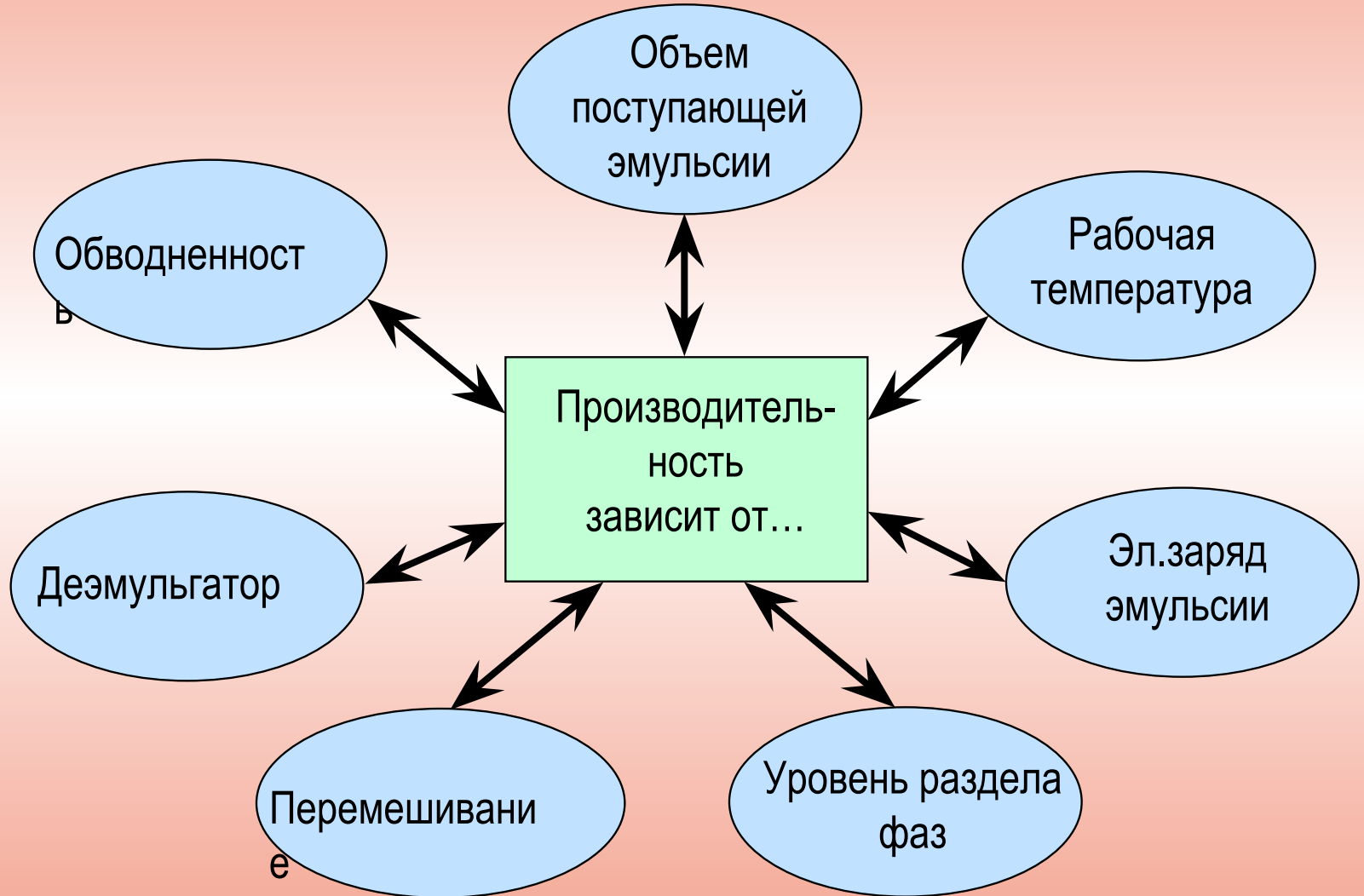


Схема подготовки нефти при материковой добыче

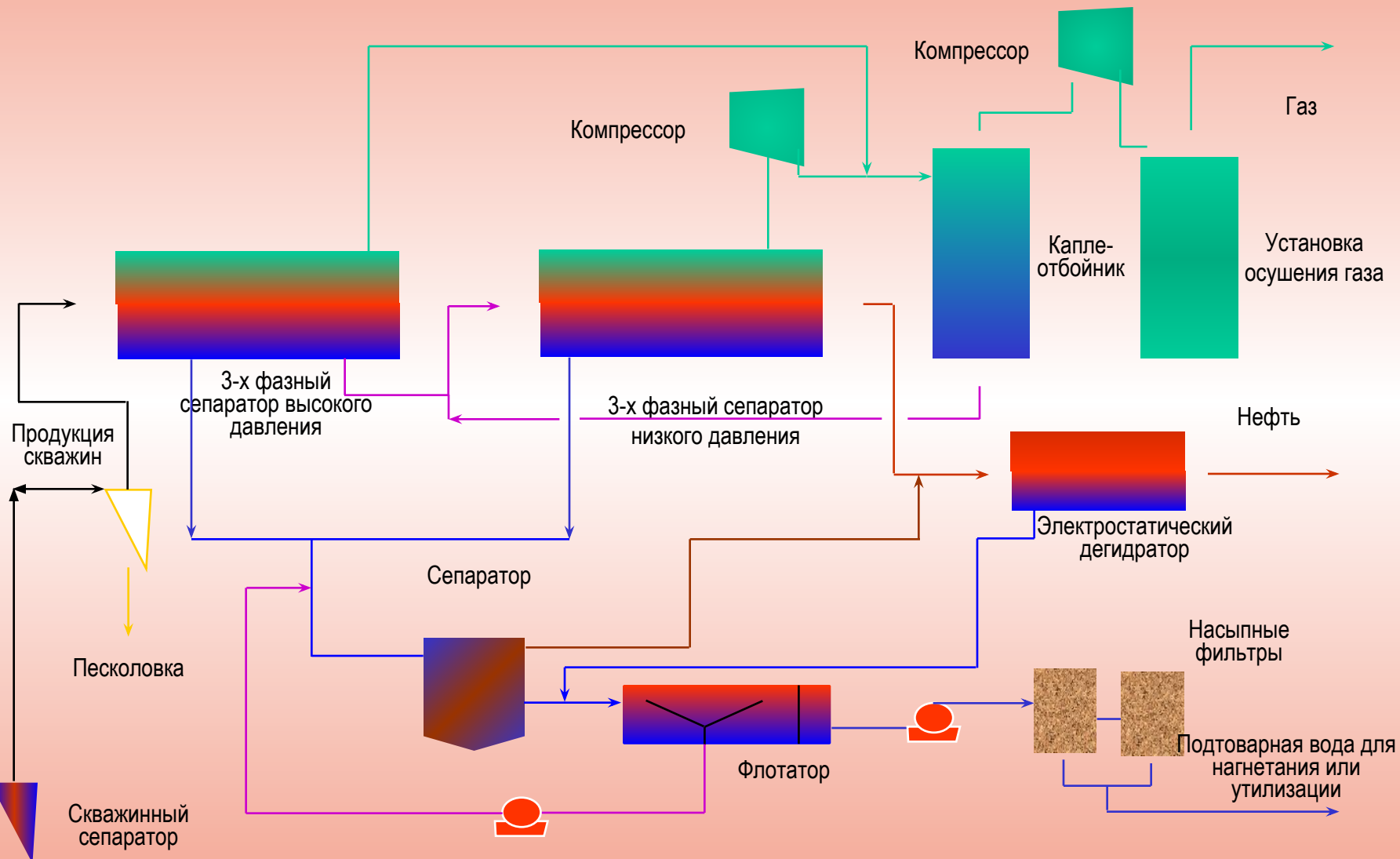


Схема подготовки нефти при добыче на шельфе

