

Химическая технология: что нового?

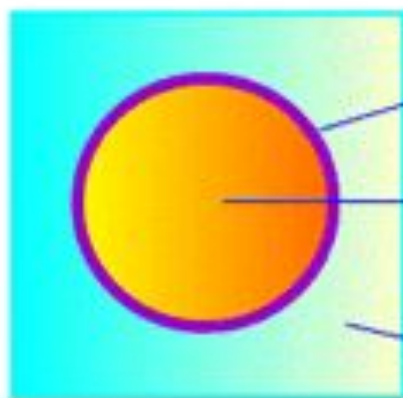
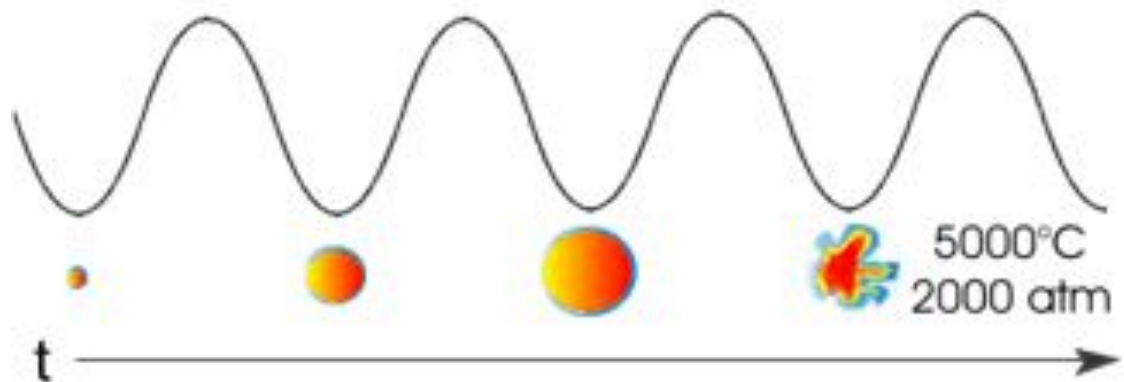
Лекция 5а. Ультразвук в химической
технологии.

Вадим К. Хлесткин, к.х.н.

Новосибирский государственный
университет

Примеры альтернативных технологий

Новые среды	Новые физические реакционные условия	Реакции на границе раздела фаз	Новые подходы к работе с сырьем
Ионные жидкости	Микрореакторы	Твердость – твердость	Биомасса, отходы, атмосферный CO ₂
Жидкие полимеры	Микроволны	Пар – твердость (включая CO ₂)	Биосинтетические превращения
Водные системы	Электрохимия	Твердость – жидкость	Биополимеры
Сверхкритический CO ₂	Радиочастотное облучение	Ковалентно привязанные тонкие жидкие пленки	Биомиметические синтетические материалы
Без растворителя	Ультразвук	Эмульсии	Биофармацевтика
	Плазма	Суспензии	
	Радиация		
	Электро-магн индукция		
	Фотохимия		
	Солнечная энергия		
	Самосборка		
	Селективный катализ		



Поверхность:
Средние T и P .

Полость:
Экстремальные T и P .

Среда:
Интенсивные силы сдвига.

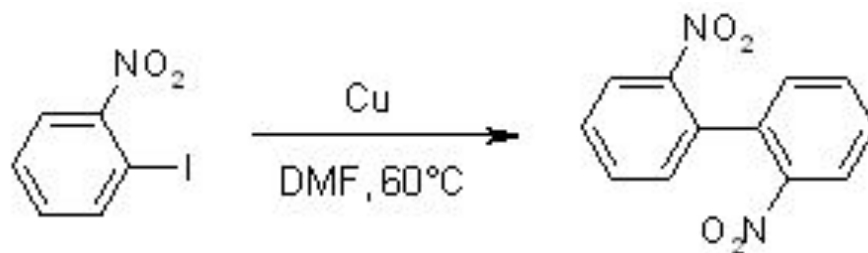
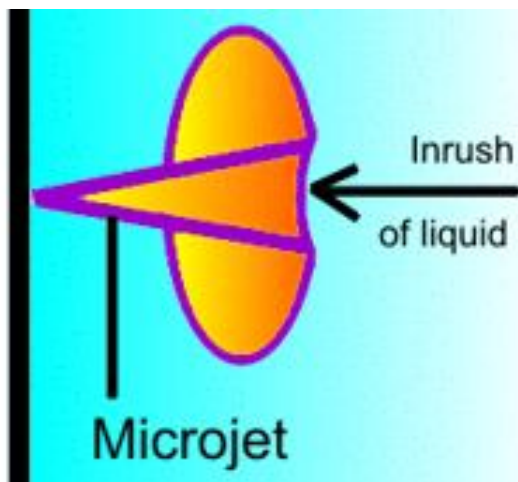
Кавитация - это процесс, при котором механическая активация преодолевает силы межмолекулярного притяжения в жидкой фазе.

- Рассчитано, что при кавитации в воде давление в схлопывающемся пузырьке может достигать 1000 атм, а температура – нескольких тысяч градусов, что может влиять на протекание химических процессов.
- Например, обработка УЗ раствора $\text{Fe}(\text{CO})_5$ в декане приводит к образованию аморфного (а не кристаллического) Fe, что говорит об очень высоких температурах и быстрых скоростях остывания ($\sim 10^6$ К/с).
- В более летучем пентане образуется $\text{Fe}_3(\text{CO})_{12}$, что говорит о более медленном схлопывании.

- Многие УЗ реакции могут быть проведены даже в обычных УЗ банях, хотя в этом случае количество переданной в систему энергии не более $1-5 \text{ Вт} \cdot \text{см}^2$.
- Для масштабных процессов лучше использовать специальные УЗ излучатели, способные передать на 2 порядка больше энергии.
- Обычно установки используют звук частотой 20 – 40 кГц, но возможны и другие частоты.

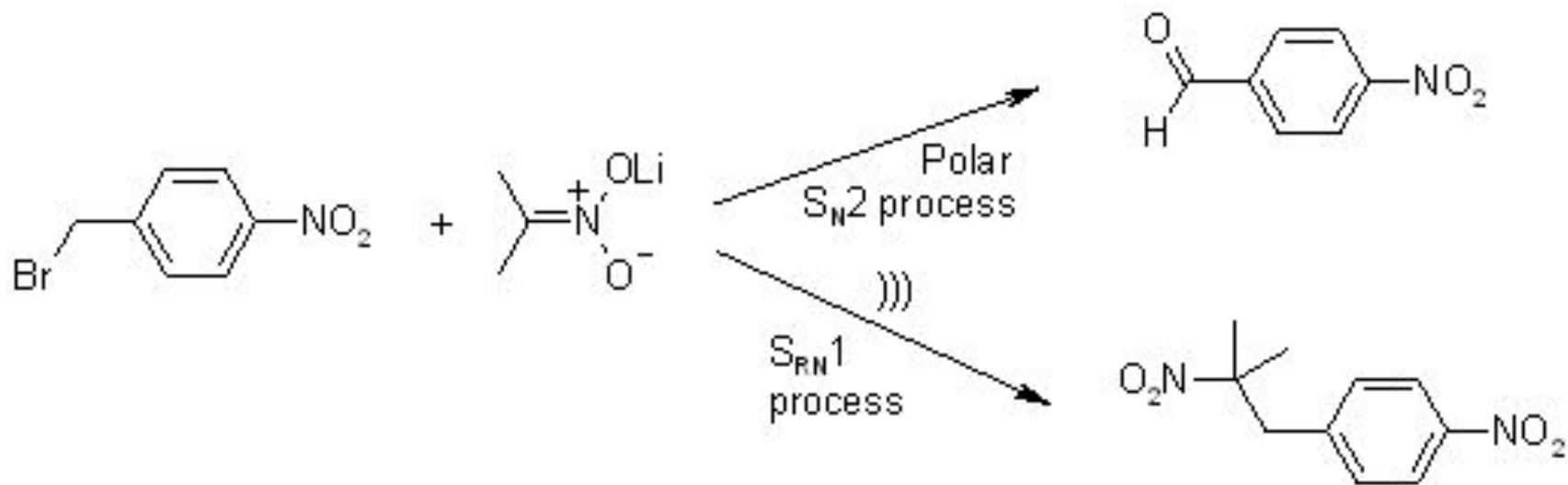
Процесс	Амплитуда
Диспергирование/разрушение агломератов	10 -30 мкм
Эмульгирование	20 – 60 мкм
Первичное разрушение частиц	40 – 120 мкм

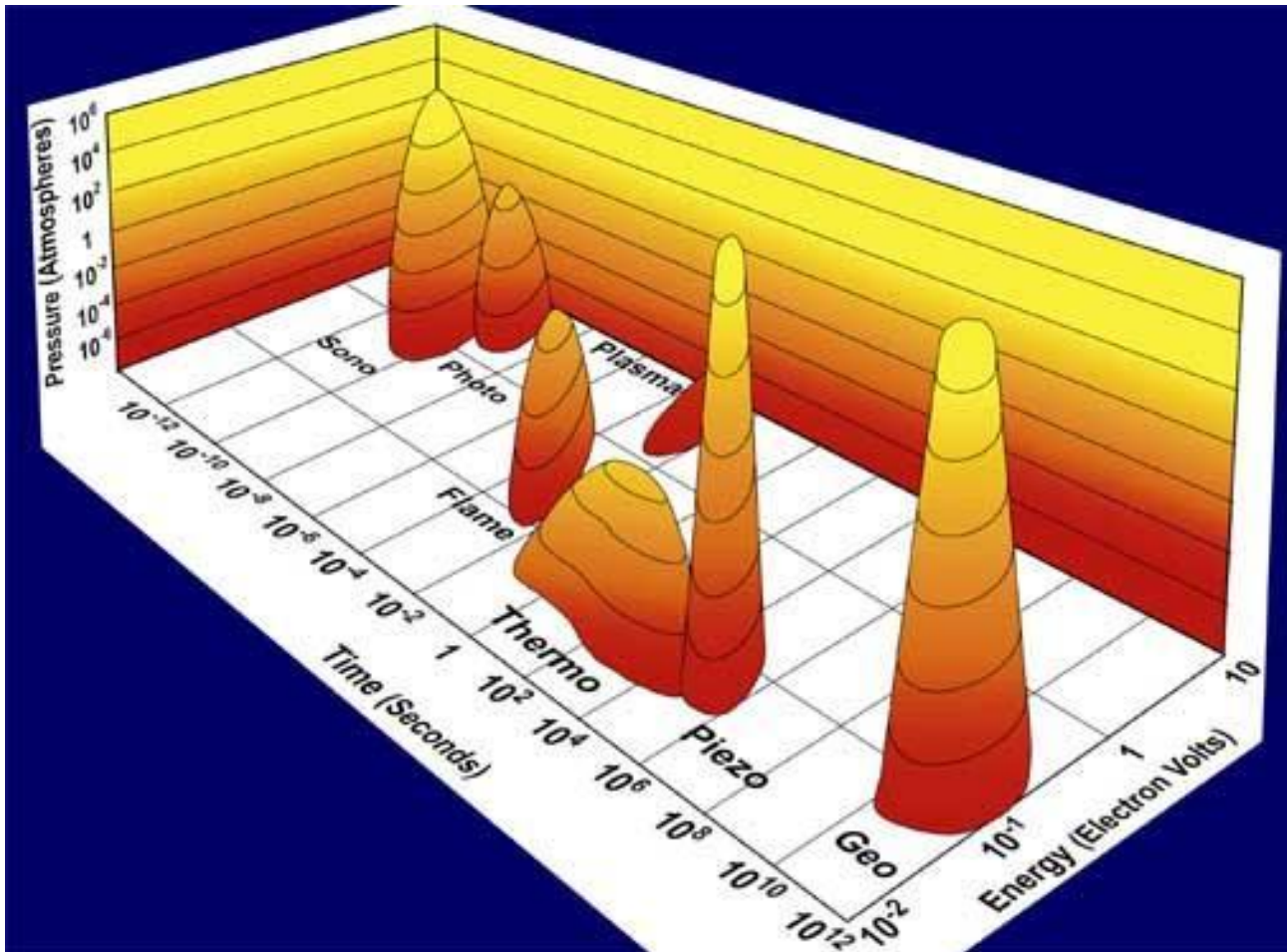
- Есть два эффекта УЗ – физический и химический.

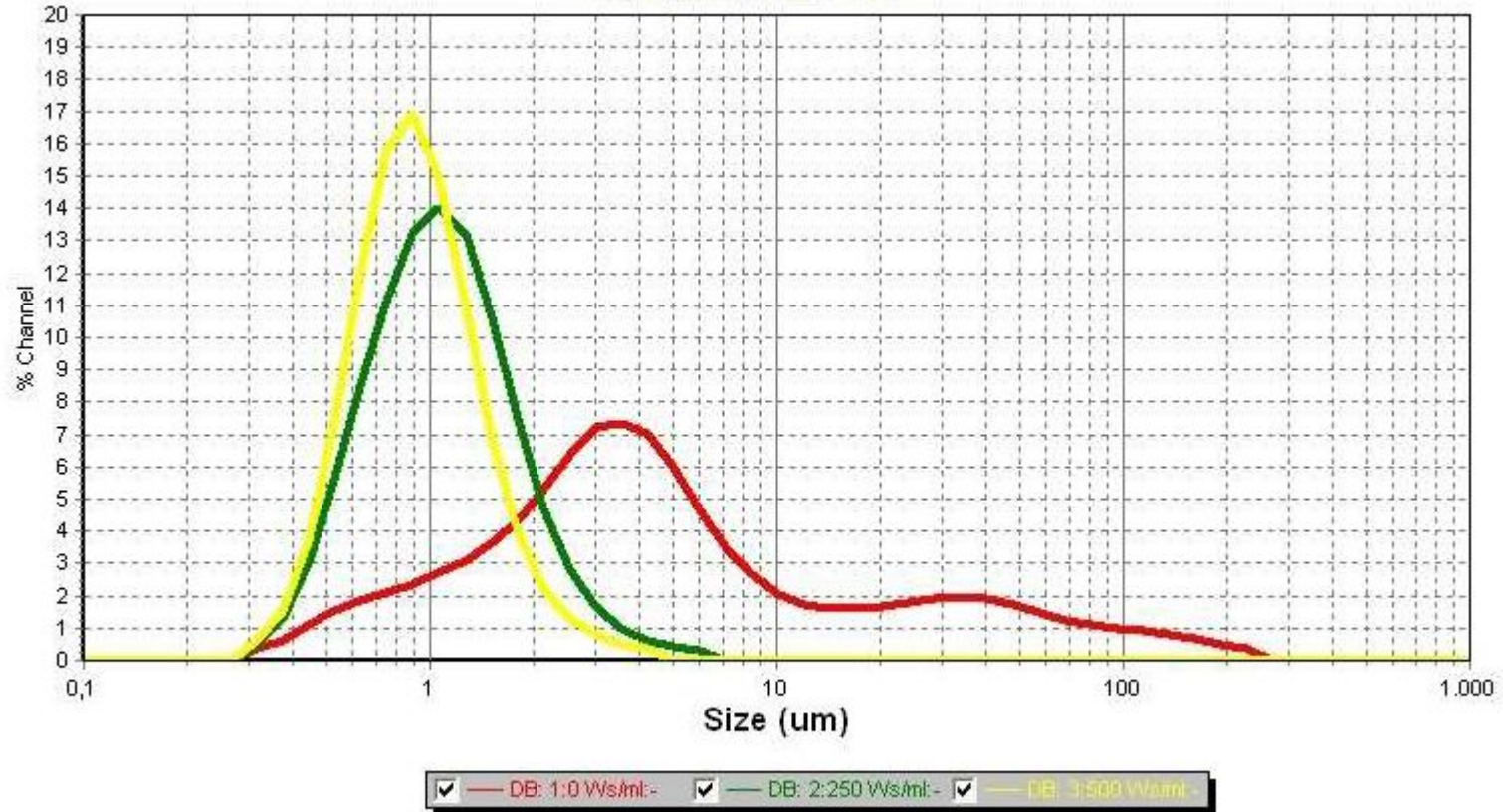


Обычные условия: 10-кратный избыток Cu, 48 ч.

УЗ: 4-кратный избыток, 10 ч.

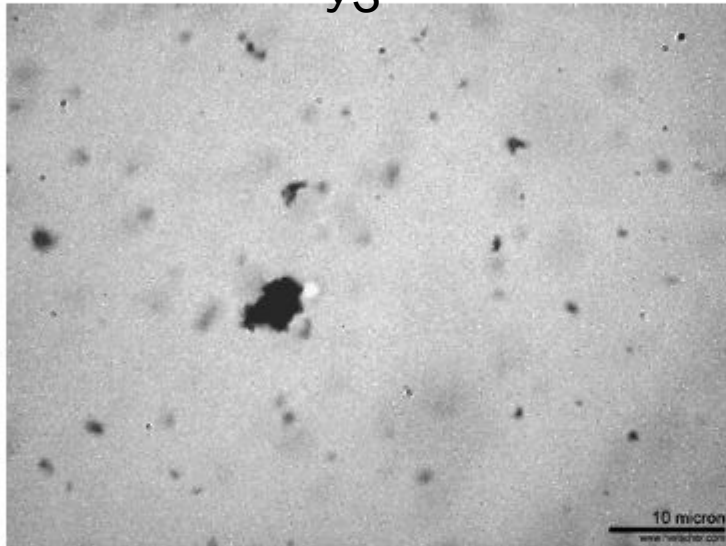




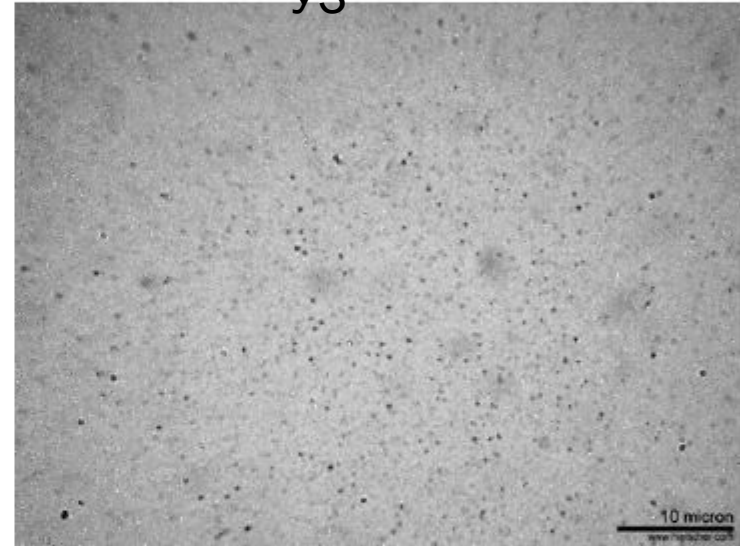


Диспергирование частиц
TiO₂.

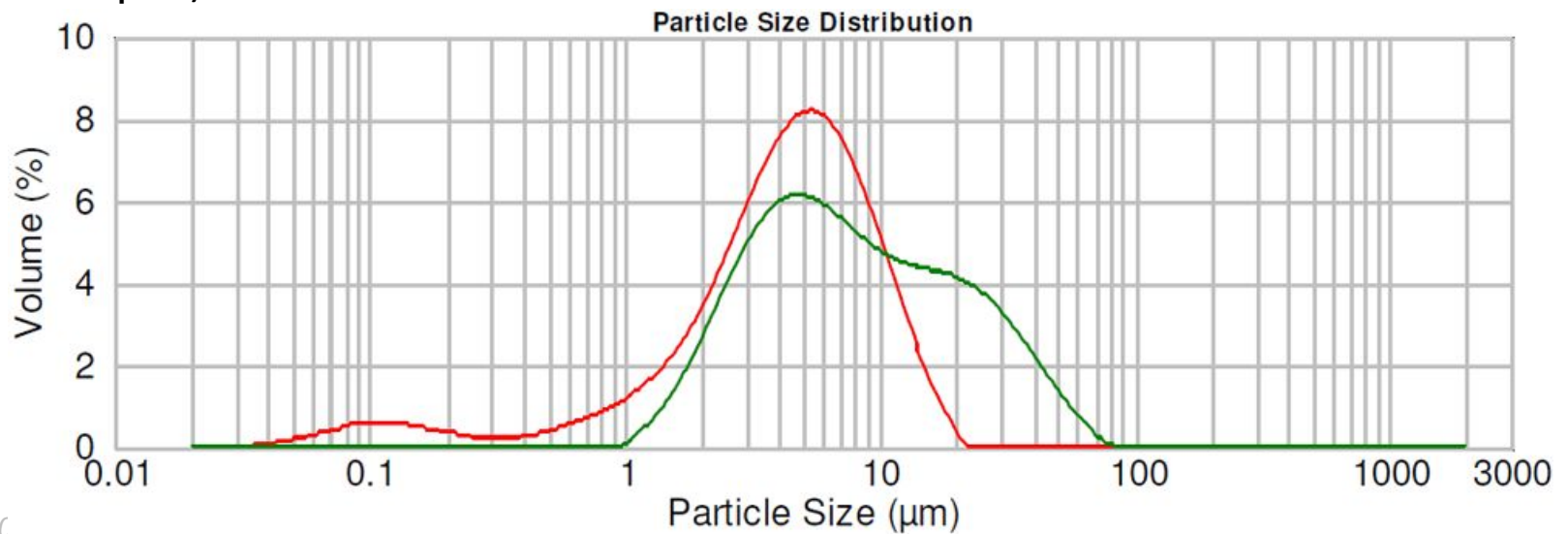
До
УЗ



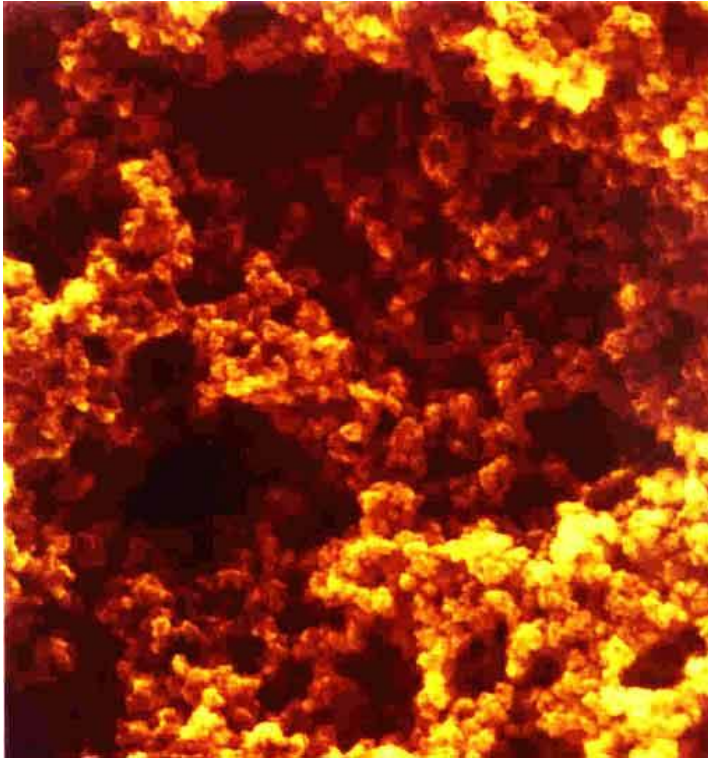
После
УЗ



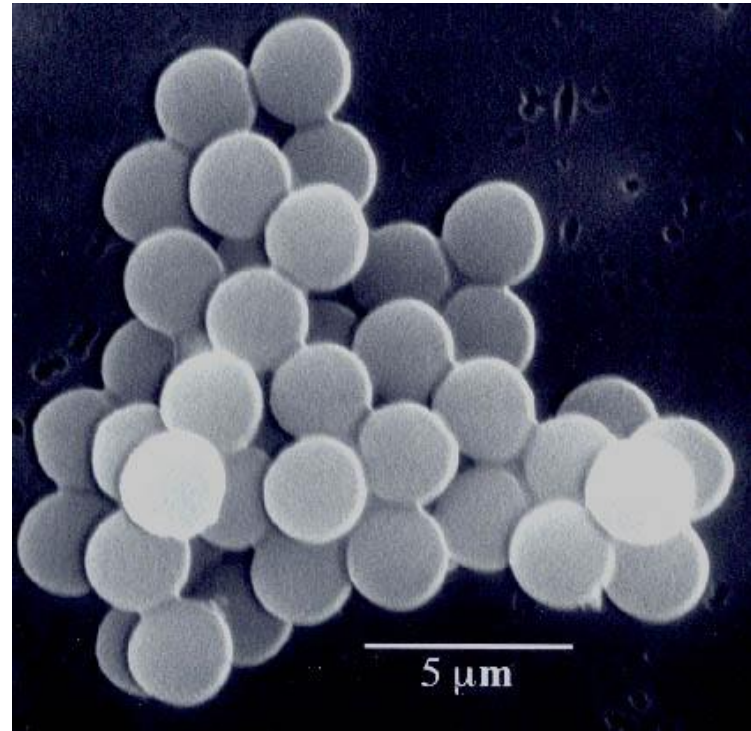
Диспергирование частиц сажи в чернилах (увеличение в 100 раз).



- Result = f (E /V)
- $E[Ws] = P[W]*t[s]$



Наножелезо 10 – 20 нм из $\text{Fe}(\text{CO})_5$

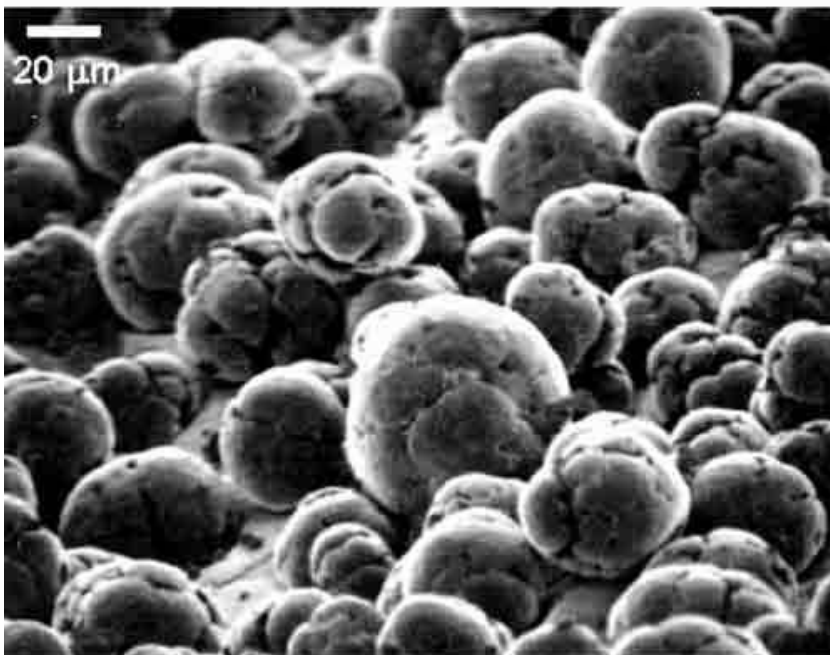


Микросферы гемоглобина из раствора белка



УЗ агрегация частиц Ni катализатора:

До УЗ



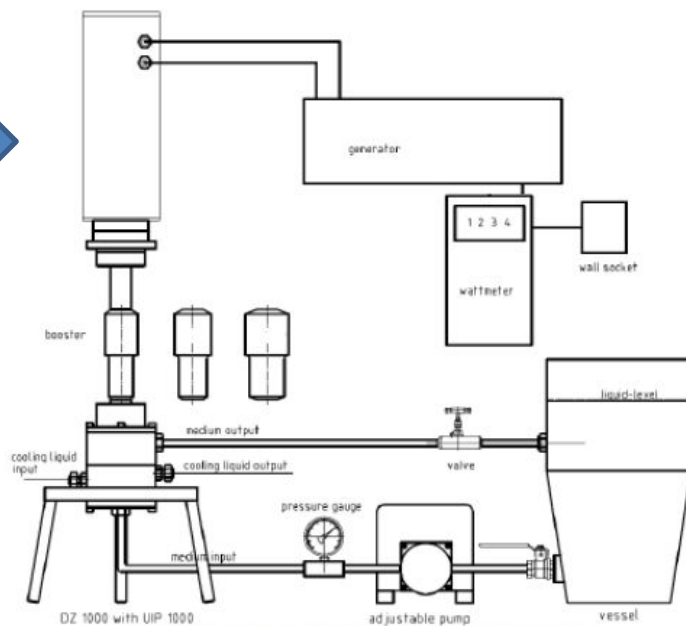
После УЗ

Масштабирование

100 W



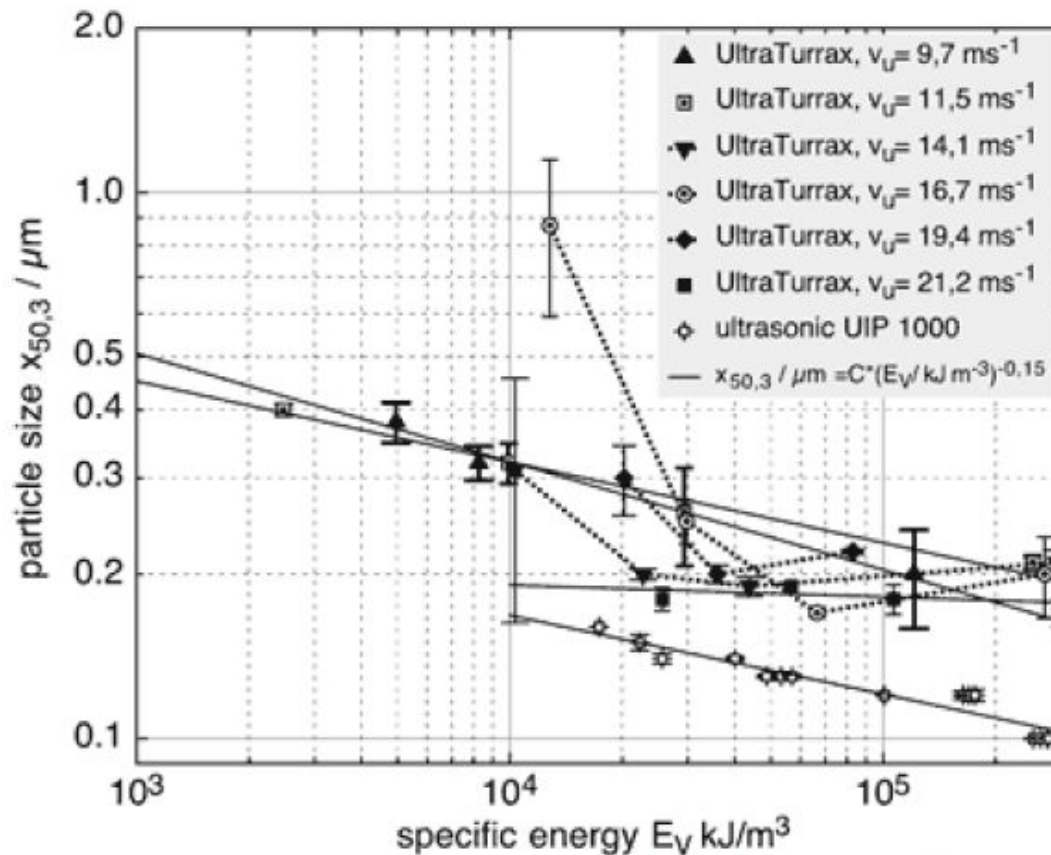
500 - 2000 W



1000 - 16000 W



Несколько
аппаратов
параллельно



· Comparison of particle size reduction of Aerosil90 (2%wt) by an Ultra-Turrax and by a Hielscher ultrasonic device (Pohl 2004)

Авторы заключают, что ультразвук постоянной специфической энергии более эффективен, чем ротор-статорная УЗ-система, а также что в диапазоне 20 – 30 кГц эффективность не зависит от частоты.

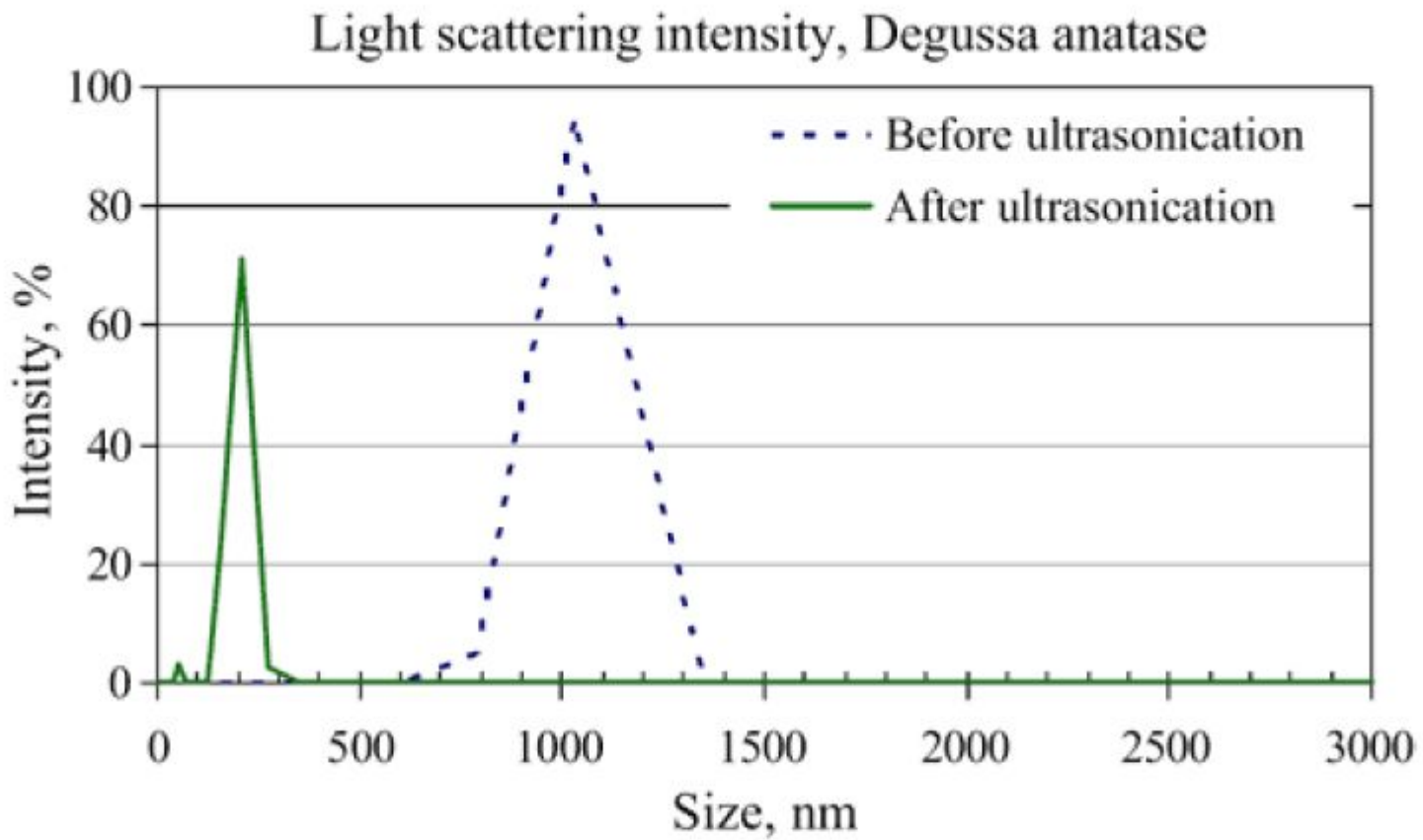


Table 7 - Results achieved by ultrasonic processing of Degussa anatase titanium

Промышленное применение УЗ

- Дегазация жидкостей
- Эмульсификация
- Кристаллизация
- Очистка поверхностей
- Агрегация частиц
- Ускоренная коагуляция
- Ускорение химических процессов
- Можно избежать очистки и активации реагентов
- Заменяет кат межфазного переноса
- Использование опасных реагентов при более мягких условиях
- Изменение течения хим реакций (УЗ переключение)
- Приготовление нано- и микропорошков металлов
- Использование в синтезе и разложении полимеров
- Повышение продуктивности организмов?
- Разрушение клеток

Technical characteristics of the ground generator MUG 10/20-27.

Output power (kW)	10
Operating frequency (kHz)	18 – 27
Efficiency (%)	Not less than 85



(a)



(b)

Fig. 1. Photographs of the downhole tools (a) SP-42/1300 and (b) SP-102/1270.

Ultrasonics Sonochemistry 20 (2013) 1289–1295

УЗ для стимуляции нефтяных скважин.

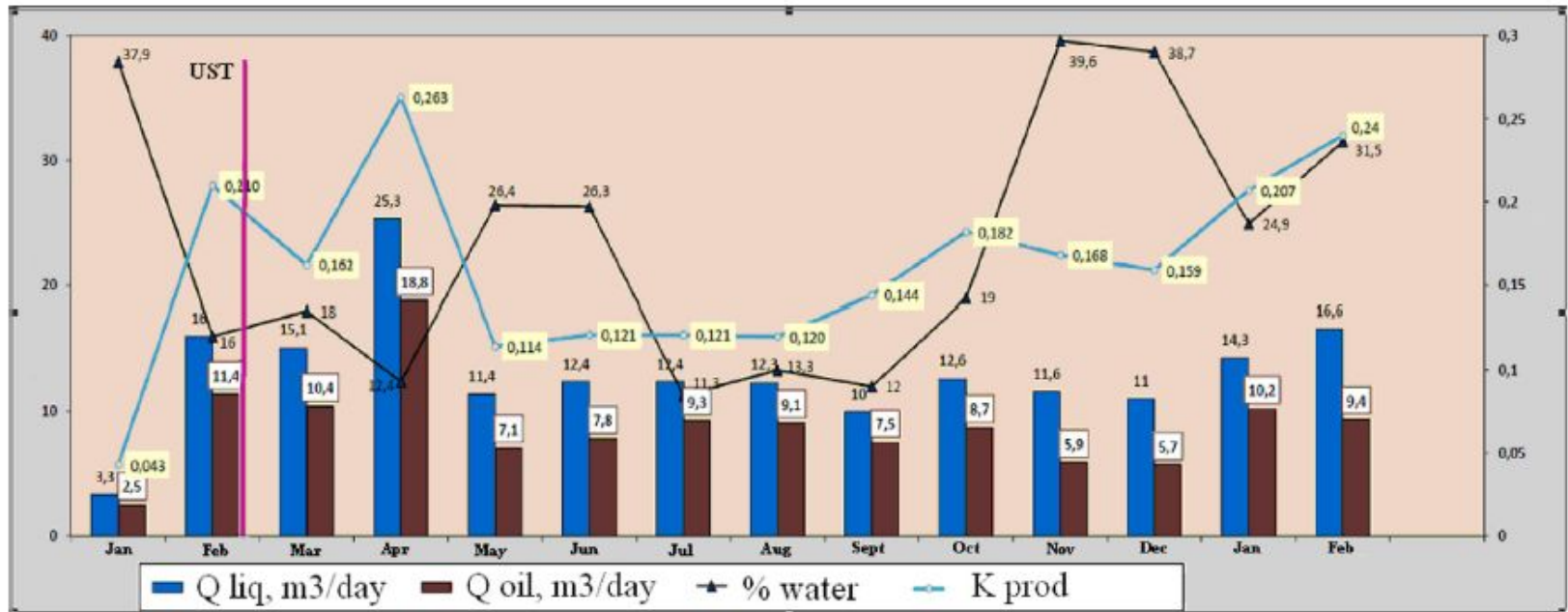


Fig. 2. Dynamics of flow rates before and after the ultrasonic treatment of well no. 34686: Q_{liq} – the daily production rate of fluid, Q_{oil} – the daily oil production rate, % water – percent water cut, K_{prod} – productivity coefficient.