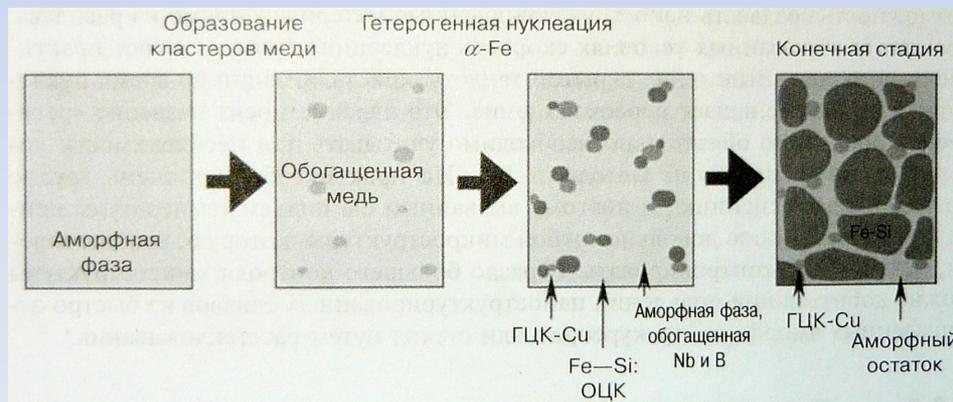


# 8. Неорганические наноматериалы



1. Области применения порошков и объёмных наноматериалов
2. Методы получения порошков и объёмных наноматериалов
3. Консолидация порошков
4. Механические свойства наноматериалов
5. Наносцинтилляторы





## Области применения порошков и объёмных наноматериалов:

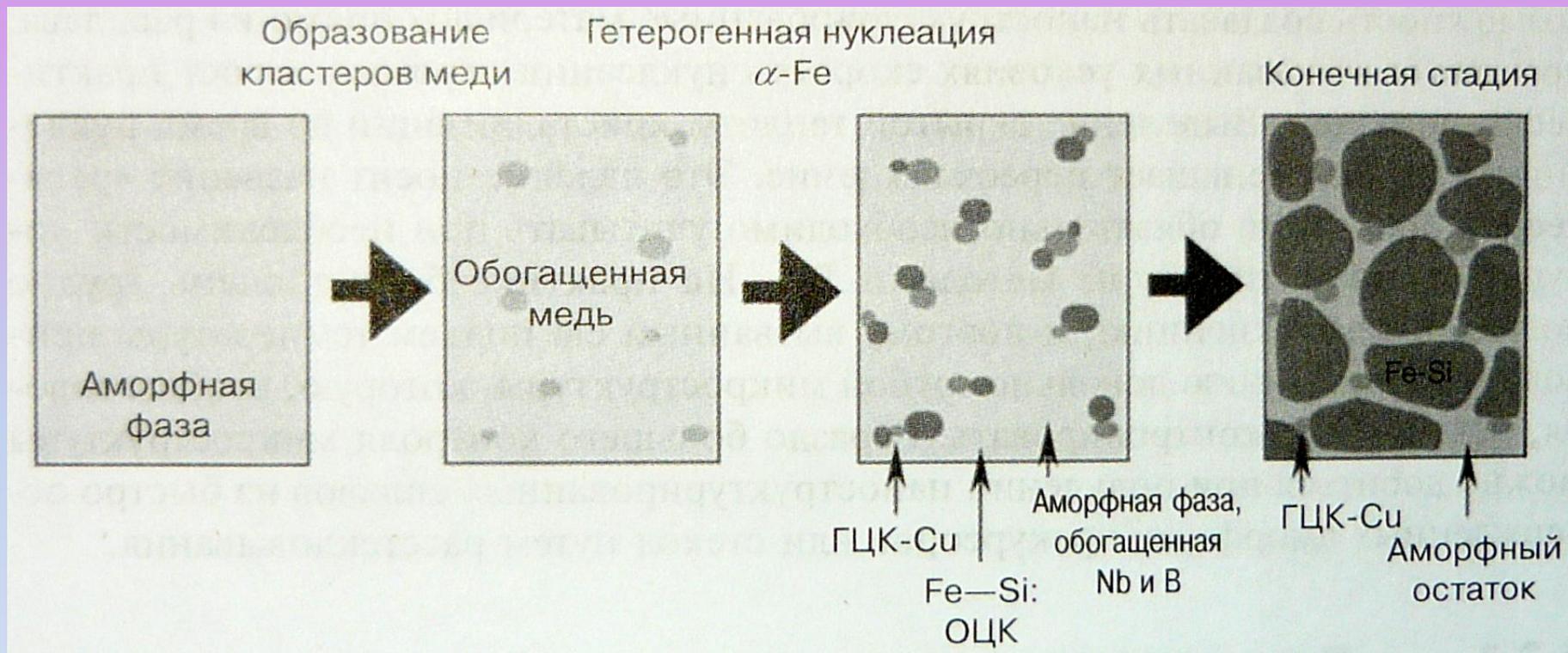
- магнитные наноматериалы;
- УФ-поглотители для косметической промышленности;
- катализаторы;
- абсорбенты;
- износостойкие и термостойкие покрытия.



## Методы получения порошков и объёмных наноматериалов:

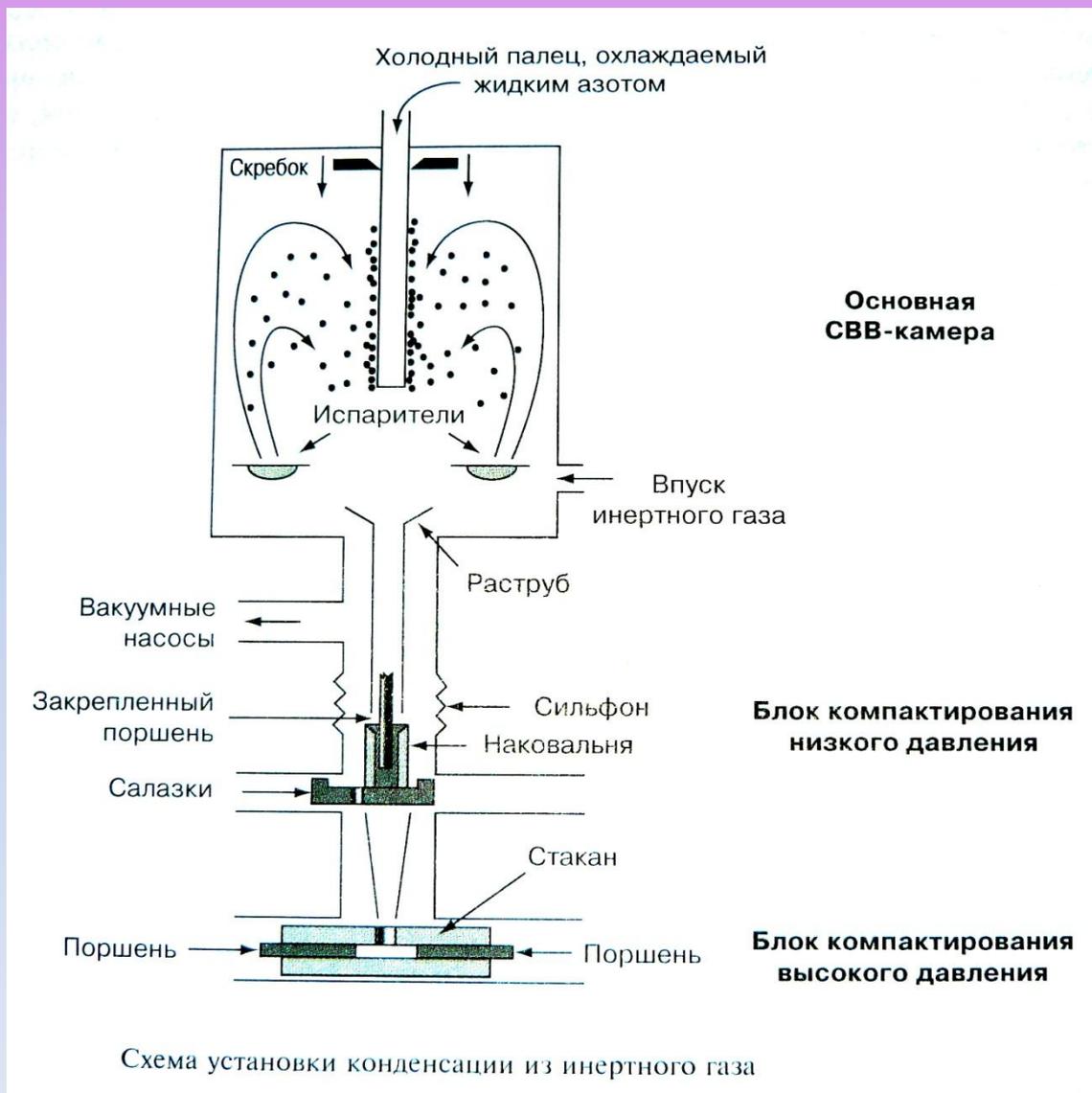
- быстрое отверждение;
- расстекловывание;
- испарение и конденсация в инертном газе;
- электроосаждение;
- механические помол и сплавление;
- механохимическая обработка.

# Расстекловывание

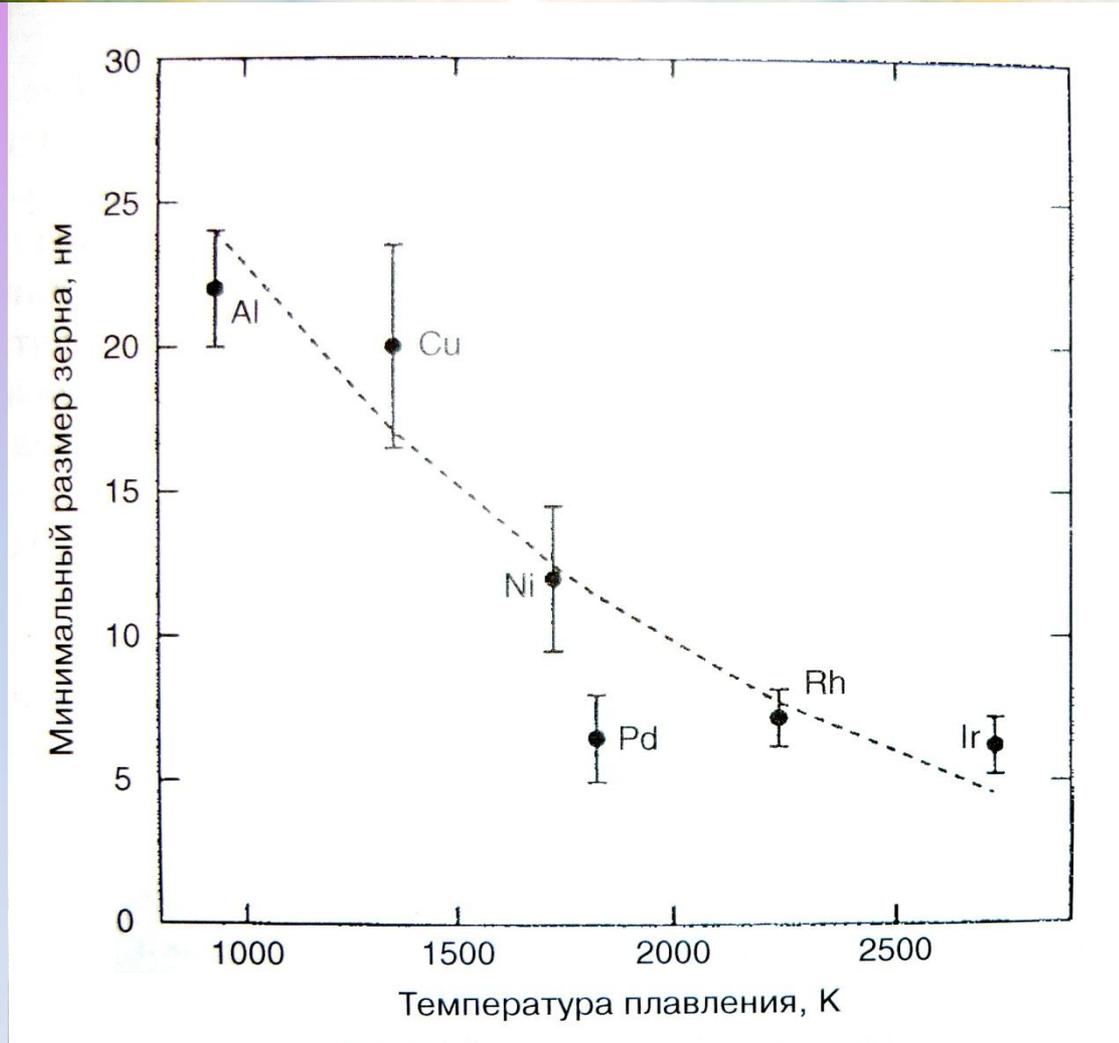


Преобразование структуры центрифугированного расплава  $\text{Fe}_{73,5}\text{Si}_{13,5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}$

# Конденсация в инертном газе

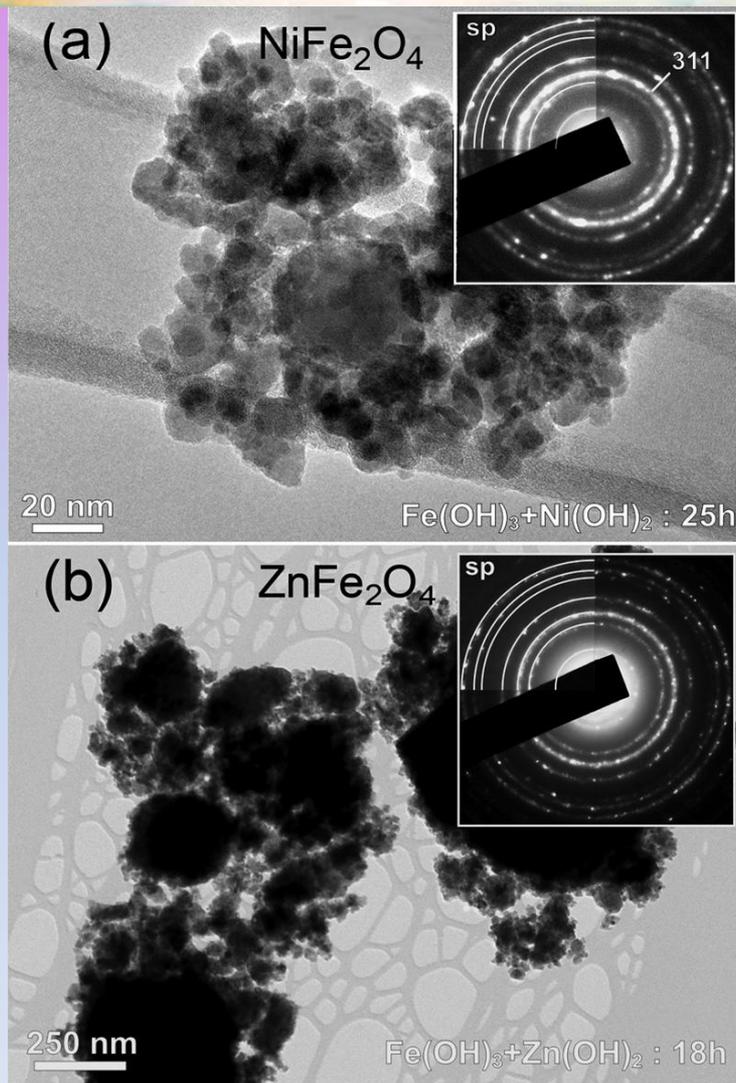


# Механический помол



**Минимальный размер зерна при механическом помолу ГЦК-металлов**

# Механохимический синтез



Lazarevic Z.Z. et al. *J. Appl. Phys.* **113** (2013) 187221.



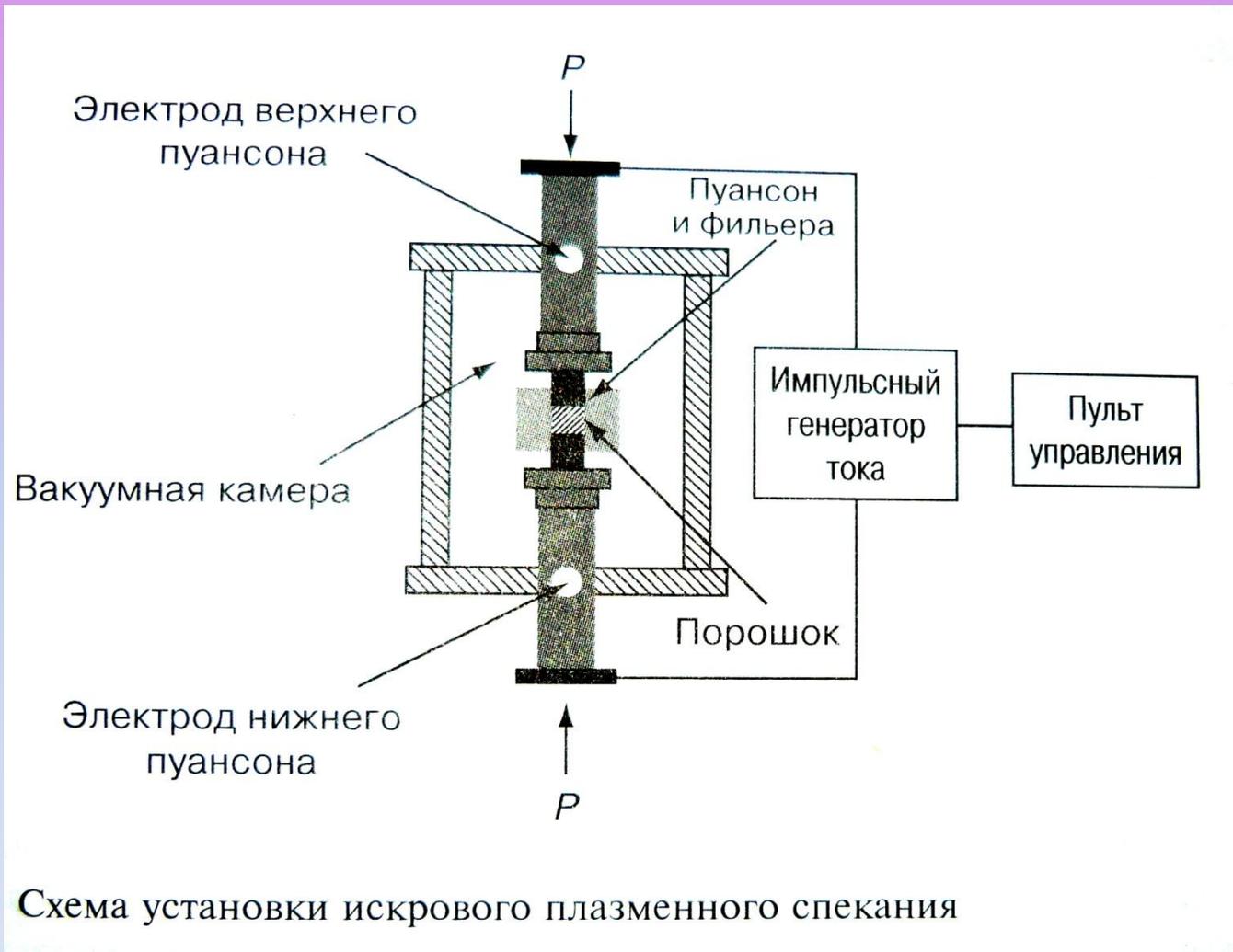
## Консолидация: компактирование + спекание

### Скорость спекания

$$\frac{d\rho}{dt} \propto \rho_p(t)[1 - \rho_p(t)] \frac{1}{r_p(t) \langle D \rangle^n} e^{-\frac{Q}{RT}} \propto \frac{1}{\langle D \rangle^n} e^{-\frac{Q}{RT}},$$

где  $n \sim 3$ ,  $\rho$  – плотность,  $\langle D \rangle$  - средний диаметр частиц,  $r_p$  – радиус пор,  $Q$  – энергия активации спекания.

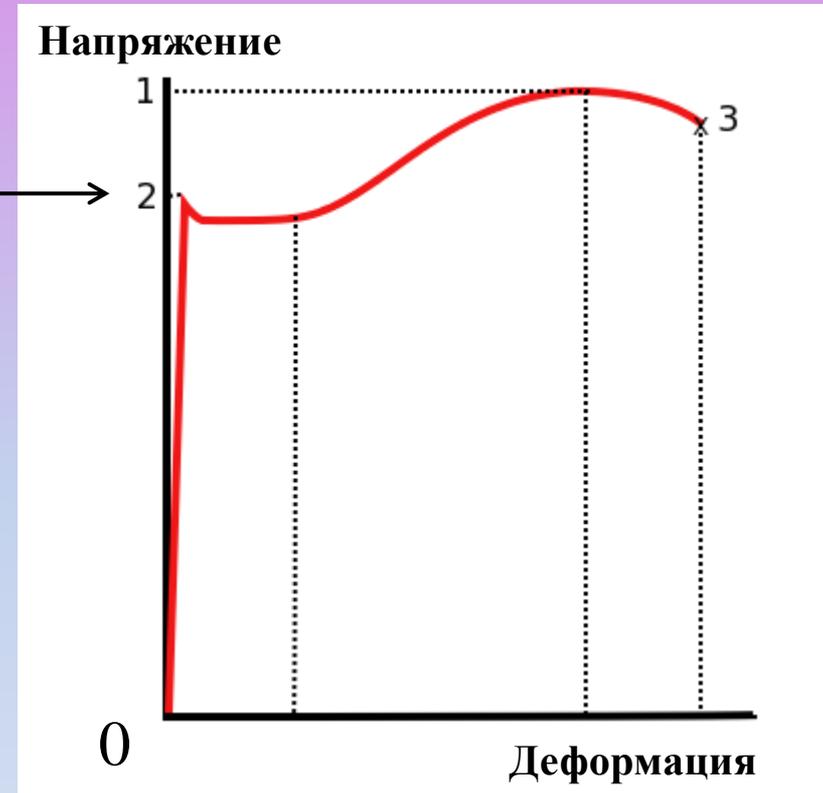
# Консолидация порошков





## Закон Холла-Петча для предела текучести

$$\sigma = \frac{k}{\sqrt{\langle D \rangle}} + \sigma_0$$



# Наносцинтилляторы



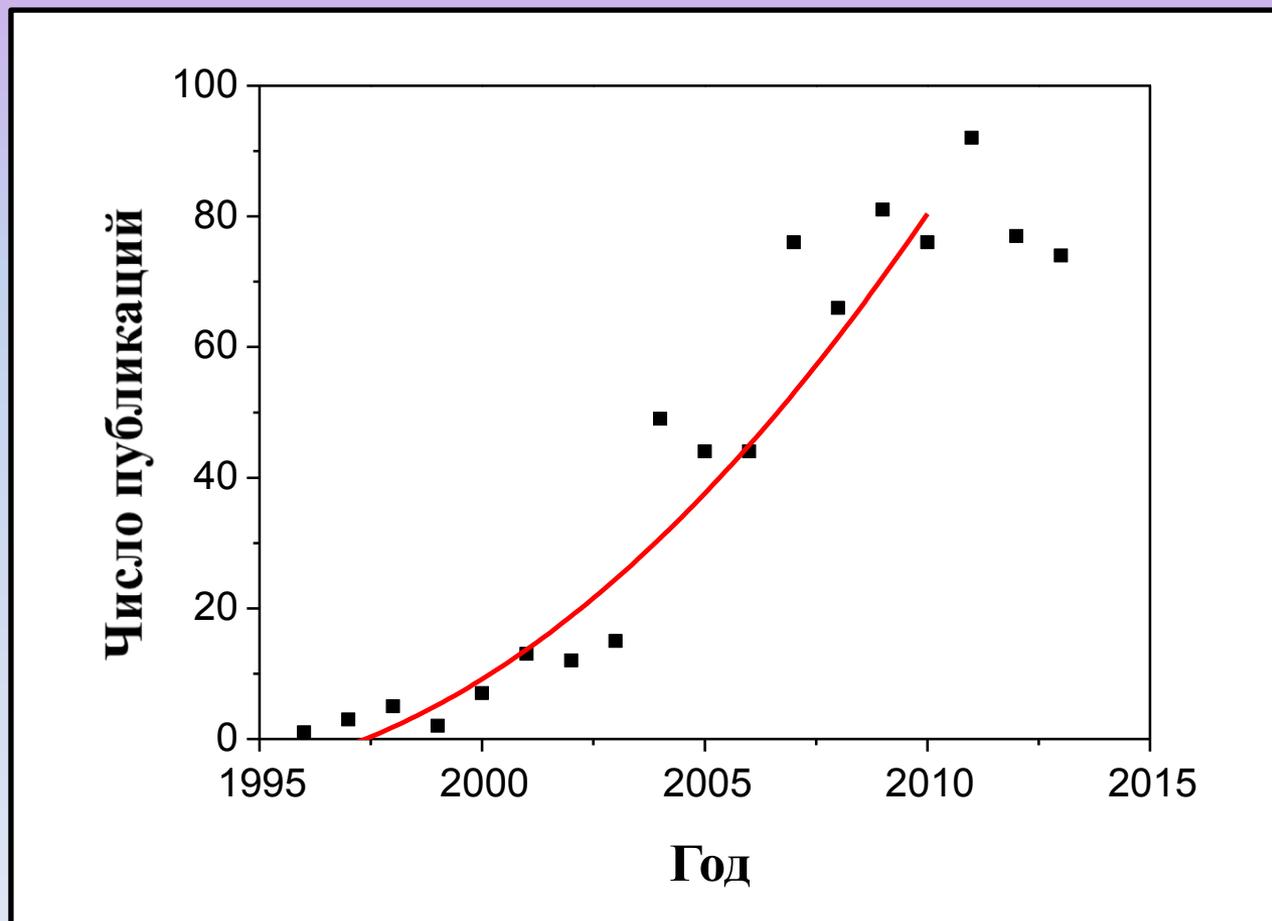
**Table : Some inorganic scintillators**

	density	$\lambda$ nm	yield ph/MeV	$\tau$ ns
NaI:Tl	3.67	410	40'000	230
BGO	7.14	480	4'000	300
BaF2(fast)	4.88	215	1'500	<1
BaF2(slow)	4.88	310	10'000	700
CsI:Tl	4.51	565	65'000	600
CsF	4.11	390	2'000	3
PbWO4	8.28	480	200	10
LSO:Ce	7.4	420	28'000	40
LuAP:Ce	8.3	360	10'000	18
GSO:Ce	6.71	440	7'500	60
LuPO4:Ce	6.6	360	13'000	24
YAP:Ce	5.37	370	16'000	25
LaBr:Ce	5.3	360	60'000	35

BGO= $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ , GSO= $\text{Gd}_2\text{SiO}_5$ , LSO= $\text{Lu}_2\text{SiO}_5$ , LuAP= $\text{LuAlO}_3$ , YAP= $\text{YAlO}_3$



## Number of publications on nanocrystalline phosphors according to Web of Knowledge data





**Отличительные особенности наносцинтилляторов связаны с:**

- влиянием размерных эффектов на электронный и фононный спектры,
- рассеянием и релаксацией носителей заряда на поверхности,
- аннигиляцией радиационных дефектов на поверхности.



**В результате наблюдаются:**

- изменения спектров возбуждения,
- изменения световыхода,
- подавление свечения автолокализованных экситонов,
- изменения кинетики затухания люминесценции,
- различные специфические эффекты, связанные с поведением активаторов.

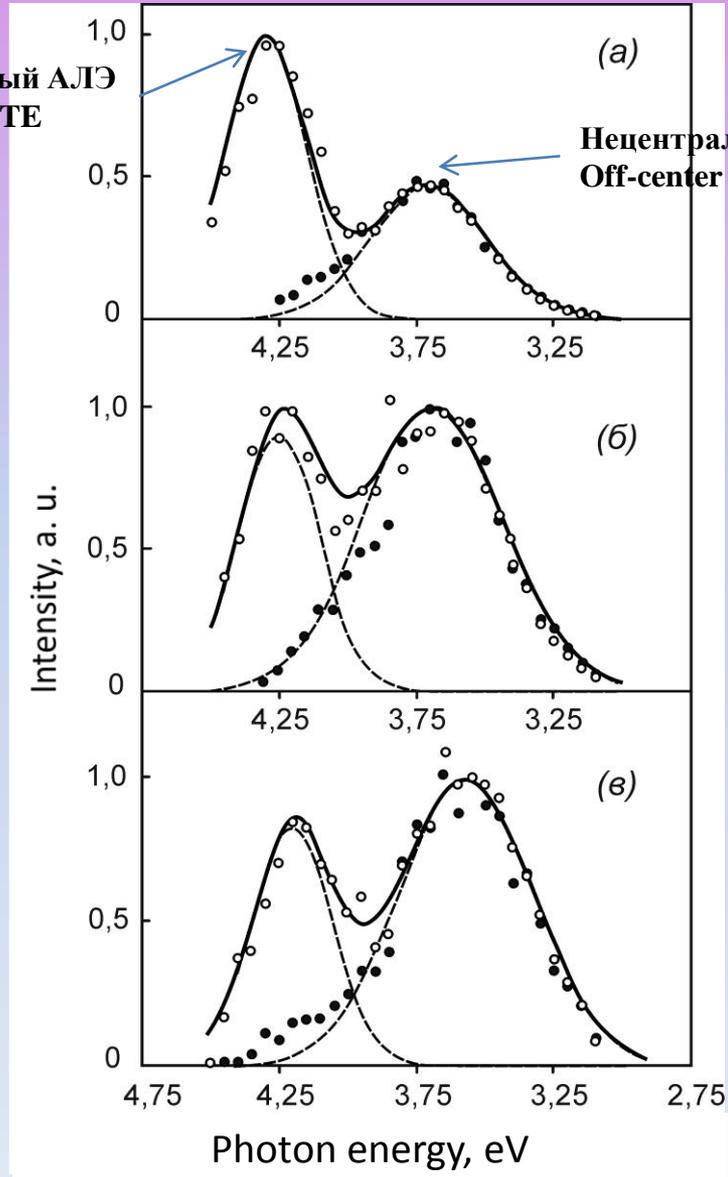
# Спектры катодолюминесценции CsI



Монокристалл

Порошок ( $t_s = 600 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Композит опал-CsI



Bulk  
crystal

Powder

Composite

$T = 80 \text{ K}$



- 1. Какие наночастицы используются для поглощения ультрафиолетового излучения в косметической промышленности?**
- 2. Что такое рекалесценция?**
- 3. Как скорость спекания зависит от среднего диаметра частиц?**
- 4. О чем идет речь в законе Холла-Петча, как он формулируется?**