

## **ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ**

**НАНОАЛМАЗНЫЕ ДОБАВКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РТИ**

**Тема 1.3. Продукты детонационного синтеза наноалмазов: ультрадисперсные наноалмазы и ультрадисперсные алмазографиты. Зависимость структурных характеристик наноалмазов от технологических режимов их изготовления.**

*Авторы:*

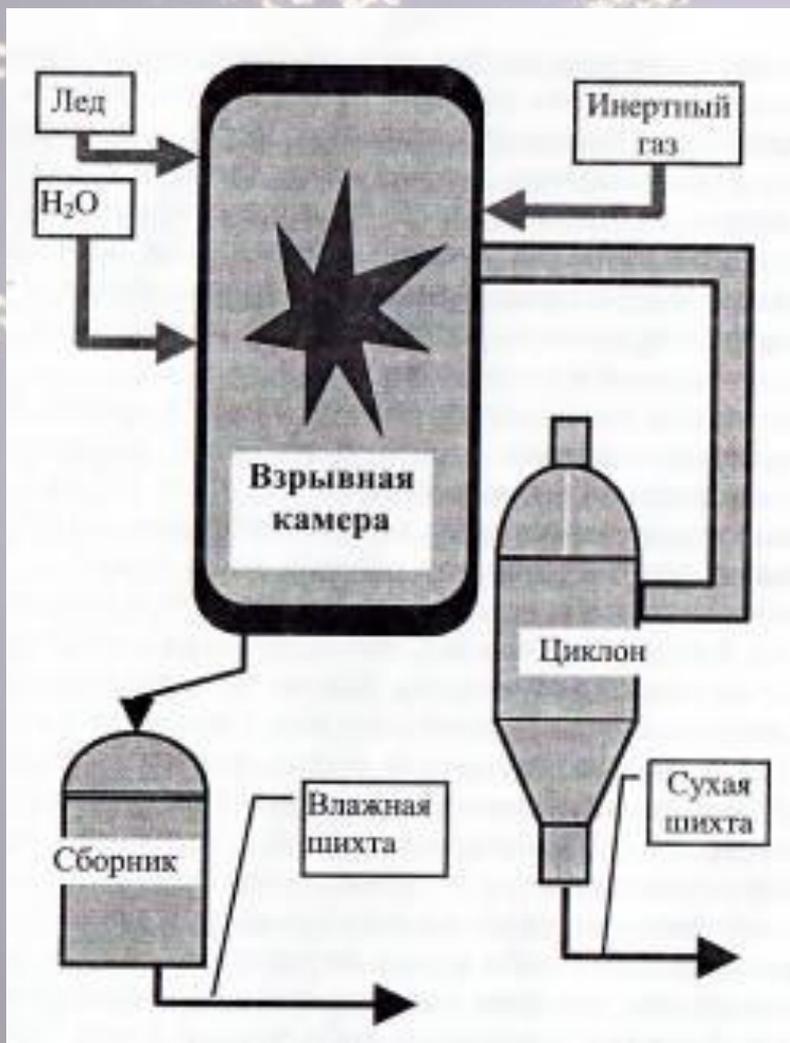
*Соколова М.Д., д.т.н., зав. лаб. материаловедения ФГБУН ИПНГ СО РАН*

*Давыдова М.Л., к.т.н., с.н.с. ФГБУН ИПНГ СО РАН*

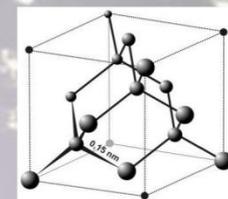
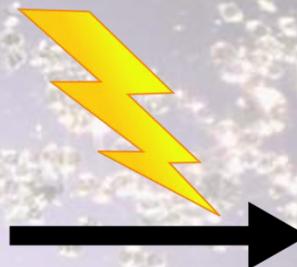
*Христофорова А.А, н.с. ФГБУН ИПНГ СО РАН*

*Шадринов Н.В., к.т.н., с.н.с. ФГБУН ИПНГ СО РАН*

## Продукты детонационного синтеза наноалмазов: ультрадисперсные наноалмазы и ультрадисперсные алмазографиты

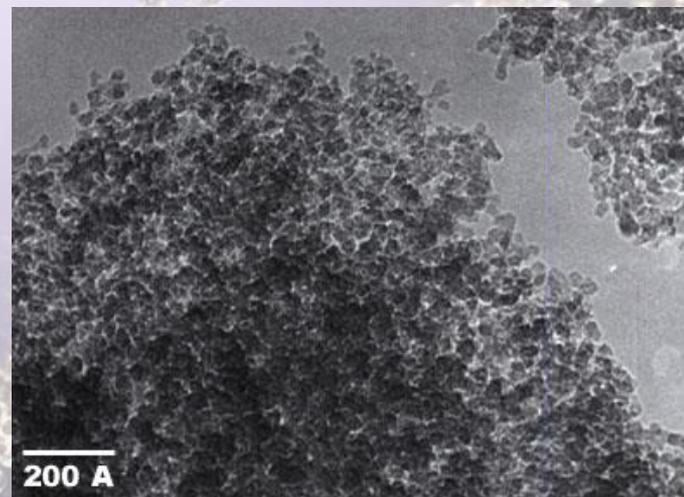


Graphite



Nanodiamonds

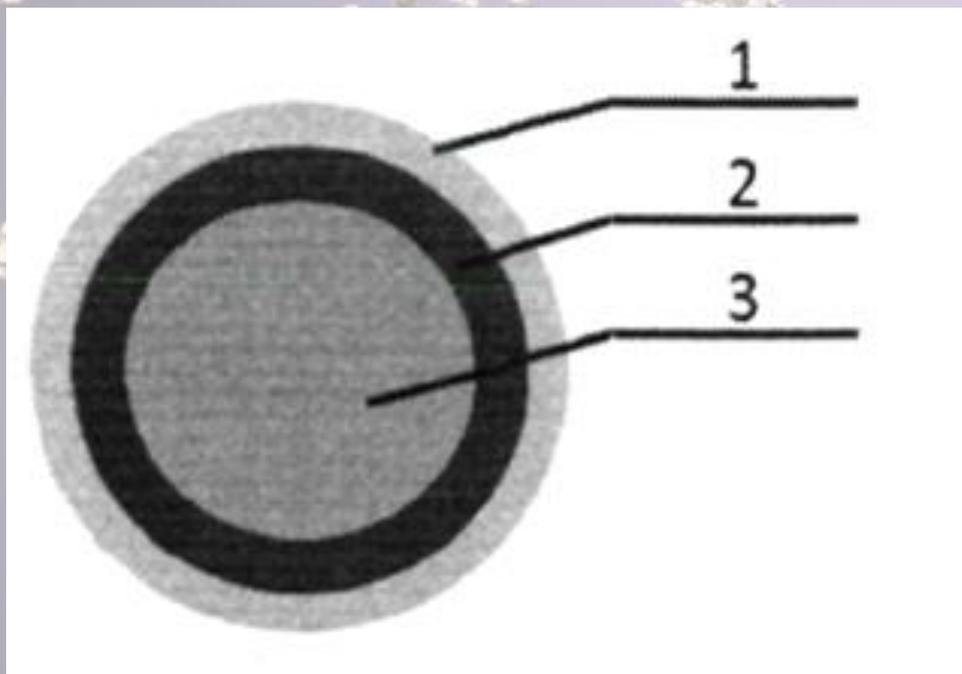
Murphy C. Two Ways to Make Nanoparticles <http://sustainable-nano.com/2014/06/10/two-ways-to-make-nanoparticles/>



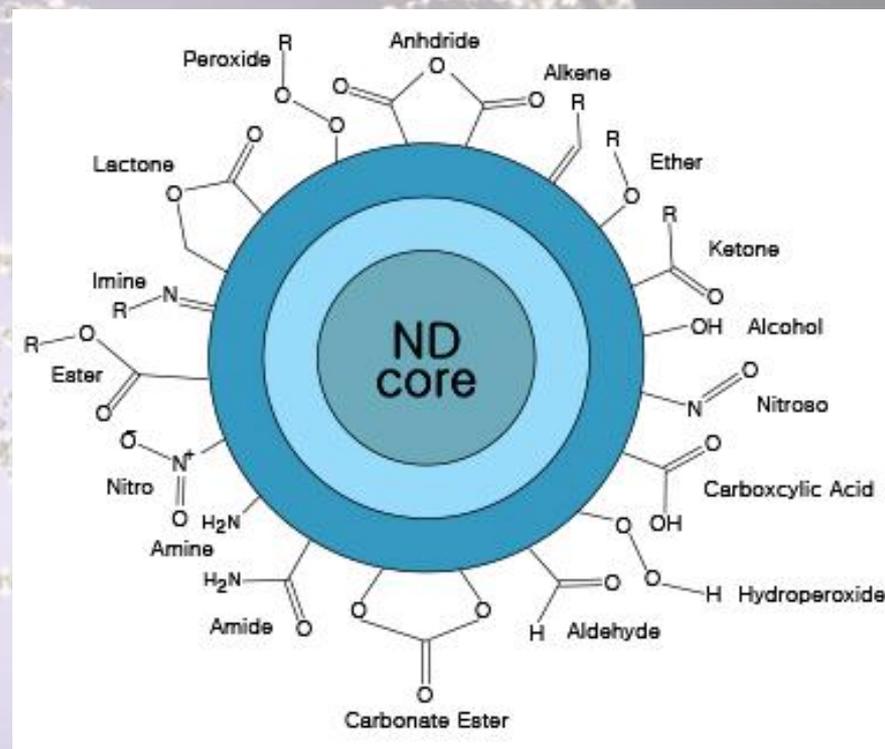
NanoDiamonds Applications

<http://www.plasmachem.com/nanodiamonds.html>

Долматов В.Ю. Ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза: свойства и применение // Успехим химии 70 (7), 2001. –С. 687-708.



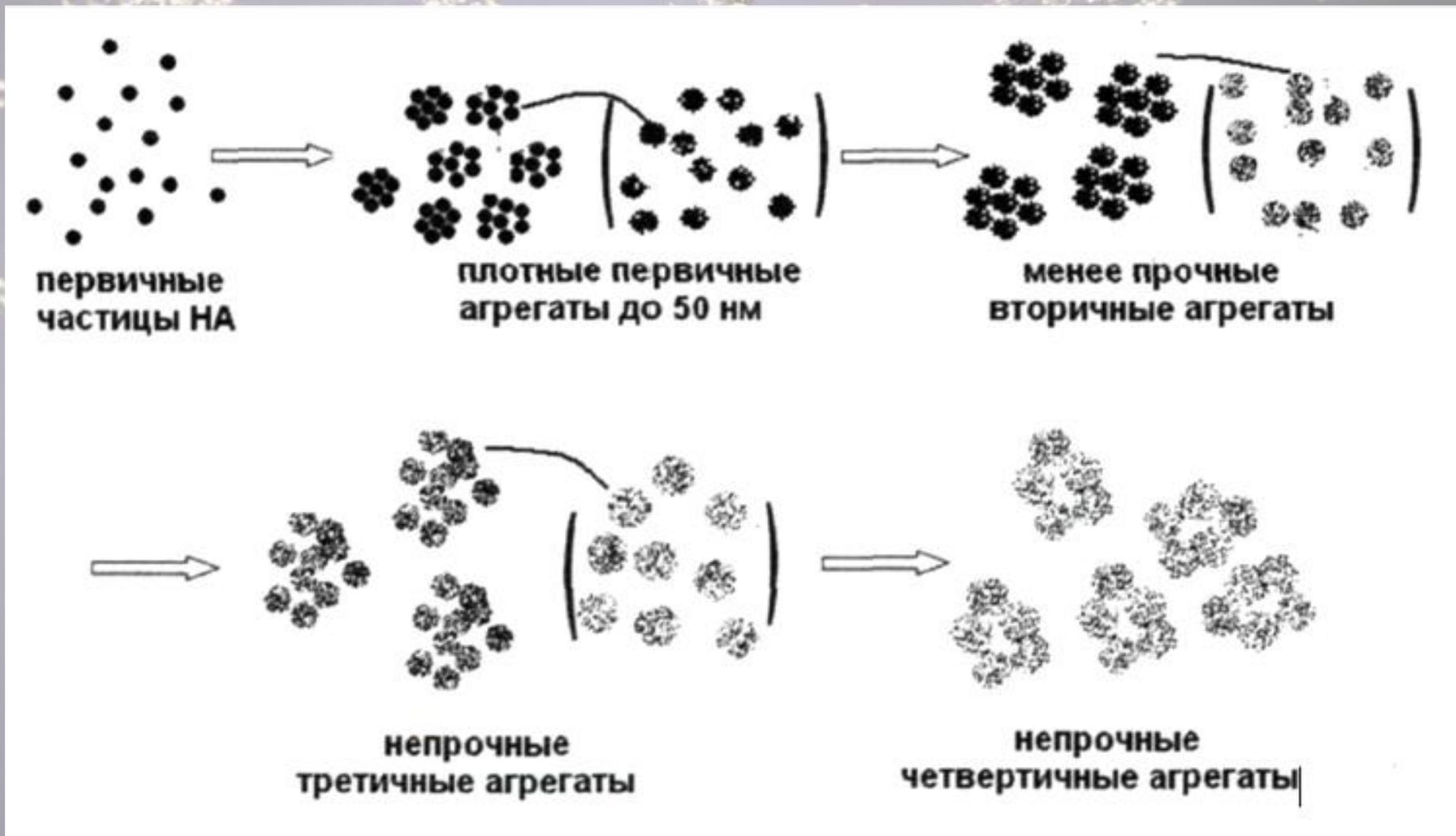
Корольков В.В. Химическое модифицирование поверхности нанодiamondов детонационного синтеза. Дисс. ... канд. хим. наук. М.: МГУ. 2008 г. 118 с.



Functional Groups of Nanodiamonds  
<http://neomond.com/en/technology-2/nanodiamond-3/>

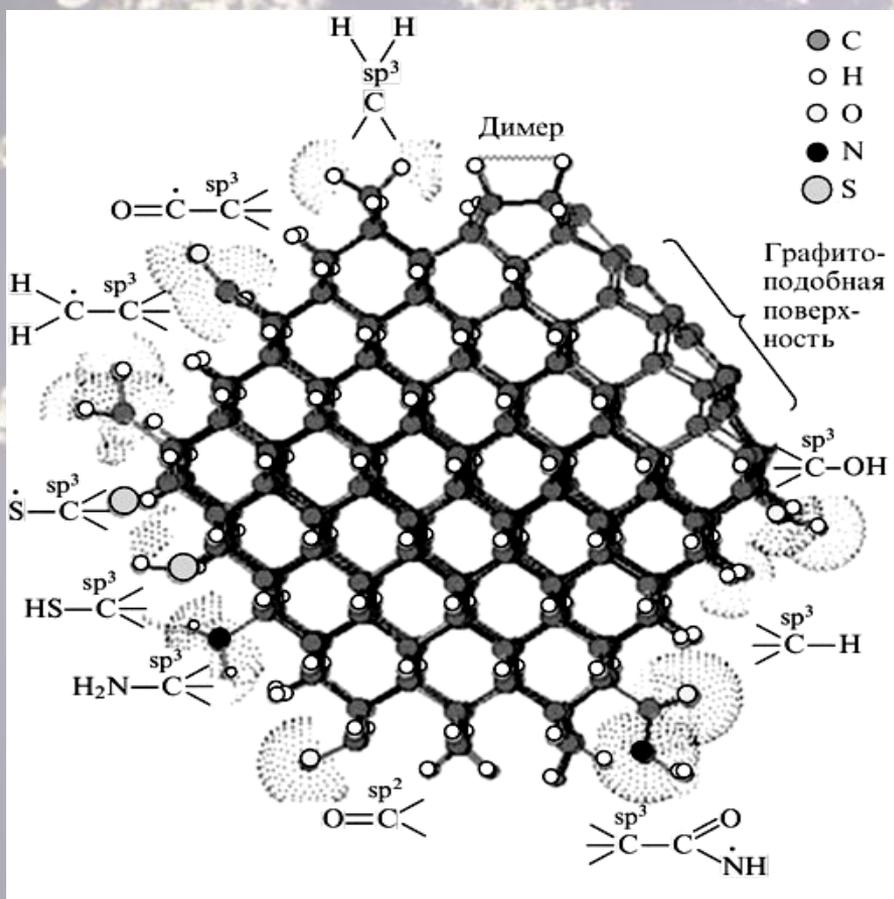
Модель первичной частицы НА: 1 – слой функциональных групп, 2 – нарушенная углеродная оболочка, 3 – алмазное ядро

## Схема образования агрегатов НА разной прочности



Образование агрегатов НА является серьезной проблемой при использовании его в ставших уже традиционными областях, а также при разработке новых

*Корольков В.В. Химическое модифицирование поверхности наноалмазов детонационного синтеза. Дисс. ... канд. хим. наук. М.: МГУ. 2008 г. 118 с.*



Схематическое изображение поверхности НА с различными функциональными группами. Разработка Шендеровой О. (International Technology Center, USA)

Состав поверхности		C <sub>алмаз</sub>	H	O	N	C — X(гетероатом)	C <sub>общ</sub>
Атом или группа	Содержание %						
H	100	98.7	1.3				
OH	100	81.9	1.0	17.1			
OH	50	89.5	1.2	9.3			
H	50						
COOH	50	77.0	1.0	16.0		6.0	83.0
H	50						
H	63.8	88.7	1.17	5.68		2.09	90.79
OH	10						
COOH	5						
CO	10						
NH2	11						
NO2	0.1						
NO3	0.1						

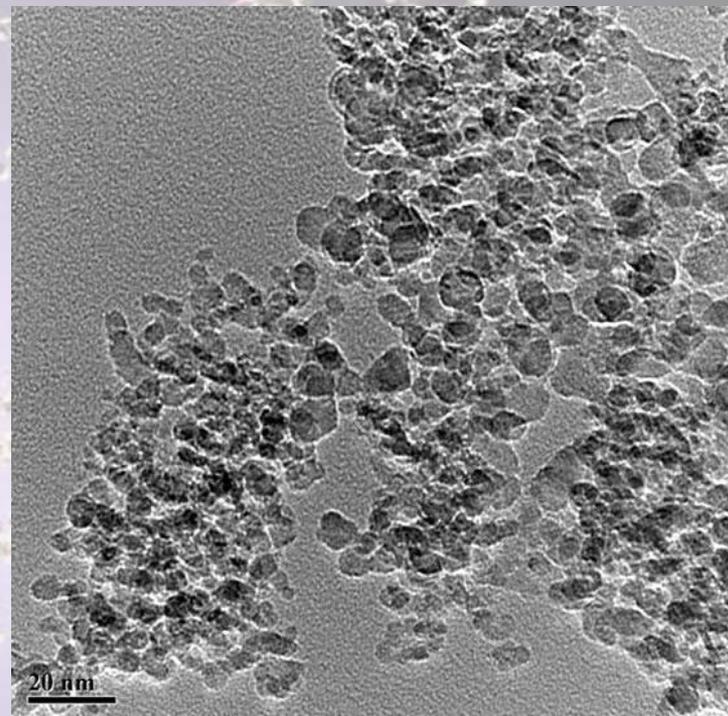
Содержание химических элементов (%) с учетом различных функциональных групп на поверхности сферической алмазной частицы размером 4.2 нм.

V. Yu. Dolmatov UP-TO-DATE COMMERCIAL PRODUCTION TECHNOLOGY FOR DETONATION NANODIAMONDS AND THEIR MAIN APPLICATIONS // CJSC Almazny Tsentr (Diamond Center), St. Petersburg, Russia

## Зависимость структурных характеристик наноалмазов от технологических режимов их изготовления

### Наиболее распространенные и эффективные способы синтеза НА:

1. Ударное высокоскоростное воздействие на систему металл–графит (сажа) в литом (чугун) или порошкообразном состоянии с применением различных схем нагружения .
2. Детонационный способ воздействия на графит (сажу), находящихся в смеси со взрывчатым веществом (ВВ).
3. Получение алмаза при детонации ВВ с отрицательным кислородным балансом (т. е. с меньшим, чем стехиометрическое, содержанием кислорода) в неокислительной среде.



NANOMETER DIAMOND POWDERS

[http://union-diamond.com/html/en/article\\_list\\_71.html](http://union-diamond.com/html/en/article_list_71.html)

## Технологические параметры и свойства образцов, полученных на основных предприятиях по производству детонационных НА на территории СНГ

Показатель	ФГУП СКТБ «Технолог», Санкт-Петербург, Россия	ЗАО «Алит», г. Киев, Украина	НПО «Алтай», г. Бийск, Россия
Условия взрыва в камере	Водная оболочка (3 кг) сложного состава	Водяной душ/душ + ледяная оболочка (100 кг)	Газовая атмосфера
Масса заряда ВВ, кг	0.6	10.0	0.6
Состав заряда ВВ (смесь тротила с 40% гексогеном), мас,% тротила	40%	40%	60%
Выход НА относительно массы заряда ВВ, %	10 — 14	5 — 7/8 — 12	4 — 5
Содержание НА в алмазной шихте, мас.%	55 — 75	50 — 60/ ~ 70	30 — 40
Содержание несгораемых примесей в АШ, мас.%	1.5 — 3.0	16 — 26	5 — 12
Способ химической очистки и ее параметры	55 — 60% — ная HNO <sub>3</sub> , 513 К, ~ 8МПа	1) HCl (кипение) 2) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +H <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (кипение) 3) HCl+HNO <sub>3</sub> (кипение)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +SO <sub>3</sub> +HNO <sub>3</sub> , 523 К
Размер НА (область когерентного рассеяния), нм	4 — 5	6 — 8	4 — 6
Удельная поверхность НА, м <sup>2</sup> * г <sup>-1</sup>	330	200	250 — 350
Содержание нссгораемого остатка в НА, мас.%	0.1 — 0.6	2.5 — 3.0	4 — 5
Содержание окисляемого углерода в НА, мас.%	0.5 — 0.8	0.8 — 1.5	4 — 5