

НАНОАЛМАЗЫ

детонационного синтеза

В рамках курса проф.Островского В.А.
«Молекулярный дизайн и стратегия тонкого
органического синтеза»

При поддержке группы
[Effective science.](#)

Наноалмазы

- **Наноалмаз, ультрадисперсный алмаз** — углеродная [наноструктура](#) — углеродная наноструктура. Имеет [кристаллическую решётку](#) — углеродная наноструктура. Имеет кристаллическую решётку типа [алмаза](#) — углеродная наноструктура. Имеет кристаллическую решётку типа алмаза: планаксиальный класс [кубической сингонии](#) — углеродная наноструктура. Имеет кристаллическую решётку типа алмаза: планаксиальный класс кубической сингонии, две гранецентрированных [решётки Браве](#) — углеродная наноструктура. Имеет кристаллическую решётку типа алмаза: планаксиальный класс кубической сингонии, две гранецентрированных решётки Браве, сдвинутые друг относительно друга на $1/4$ главной диагонали. Характерный размер одного нанокристалла $1 \div 10$ [нанометров](#) — углеродная наноструктура. Имеет кристаллическую решётку типа алмаза: планаксиальный класс кубической сингонии, две гранецентрированных решётки Браве, сдвинутые друг относительно друга на $1/4$ главной диагонали. Характерный размер одного нанокристалла $1 \div 10$ нанометров. Наноалмазы, или ультрадисперсные алмазы, можно рассматривать как специфический наноуглеродный материал, входящий в семейство наноуглеродных [кластеров](#) — углеродная

Методы получения наноалмазов

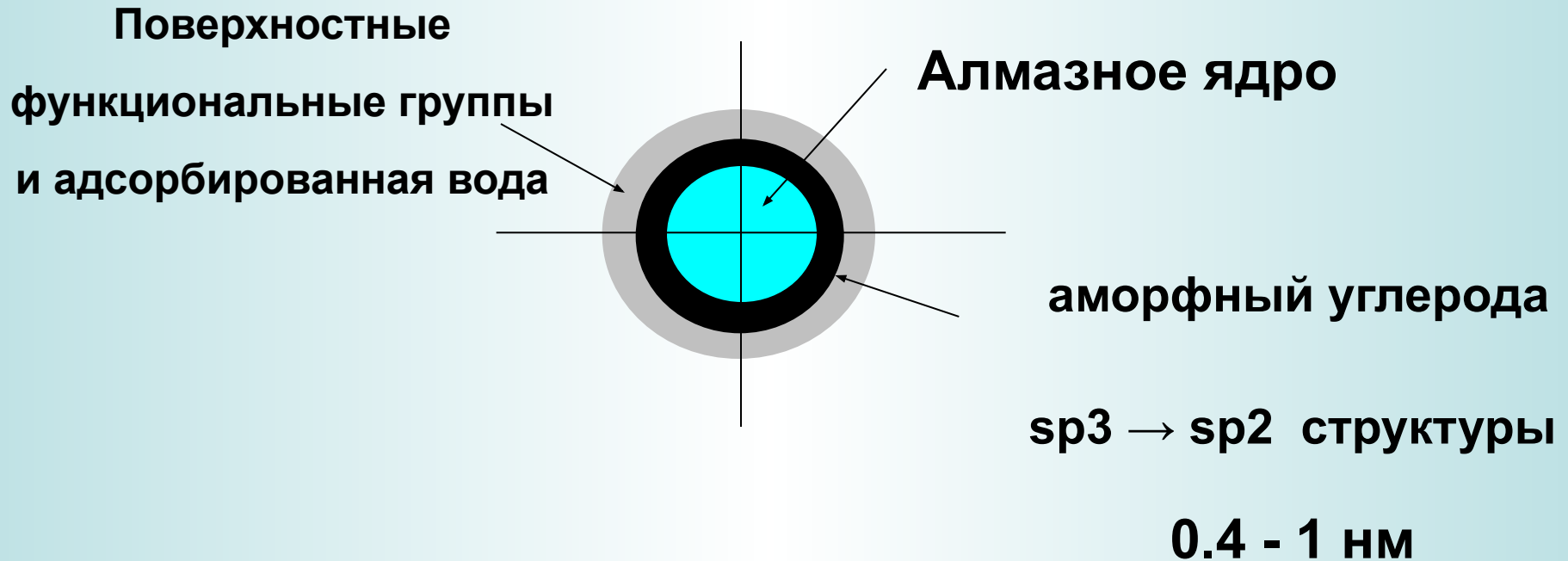
- Существует несколько способов получения алмазных наночастиц. Среди них наиболее распространены следующие:
- получение из природных алмазов физическими методами;
- синтез при сверхвысоких давлениях и температурах;
- электронно- и ионно-лучевые методы, использующие облучение углеродсодержащего материала пучками электронов и ионами аргона;
- химическое осаждение углеродсодержащего пара при высоких температурах и давлениях;
- детонационный синтез;
- электрохимическое осаждение на аноде.

Детонационные наноалмазы (ДНА)

- (ДНА Детонационные наноалмазы) – это продукт взрывного разложения углеродсодержащих ВВ с отрицательным кислородным балансом, образованный из части высвободившегося углерода в виде наноалмазов (3-10 нм) в результате химических и физических процессов за фронтом детонационной волны.
- ДНА сочетают в себе наноразмерность, химическую стойкость алмазного ядра и активность периферической оболочки.
- Первичный последетонационный продукт – алмазосодержащая шихта (АШ) содержит: ДНА, неалмазный углерод и техногенные загрязнения – металлы и их производные.

Структура наноалмазной частицы

Сферическая форма $d = 2 - 8$ нм



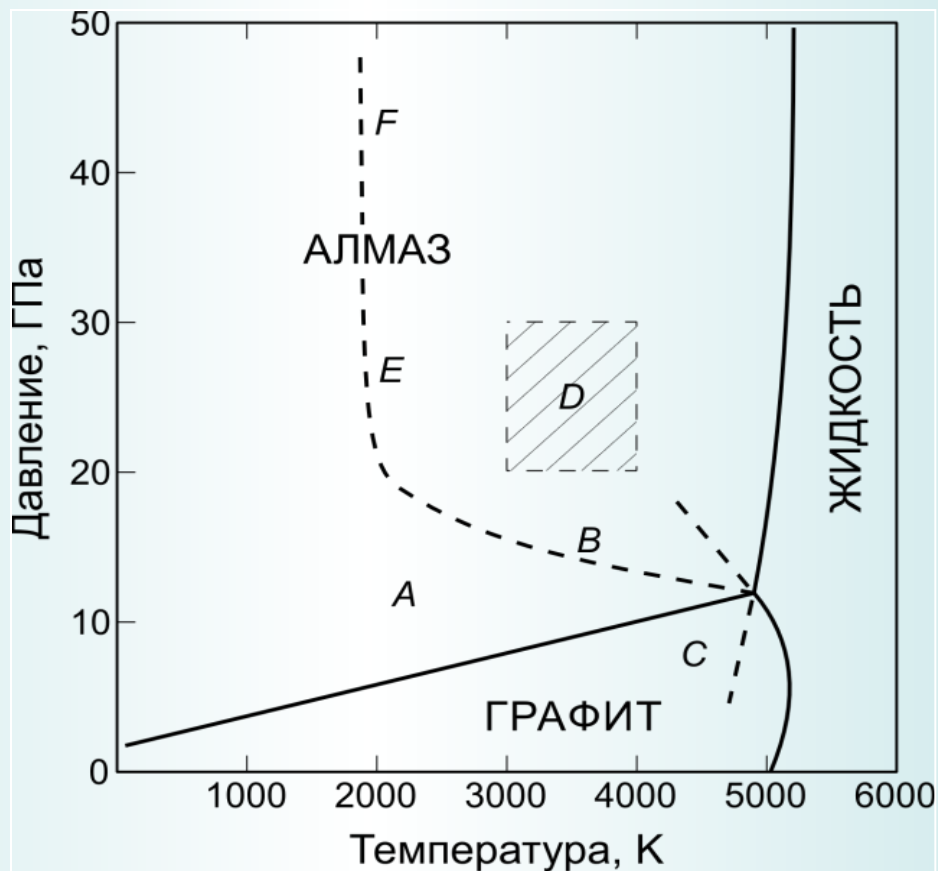
На рисунке изображена общепринятая модель

Детонационный синтез ДНА имеет следующие преимущества перед статическим синтезом

1. высокая производительность, поскольку отсутствуют принципиальные ограничения на размеры и массу взрывааемых зарядов;
2. отсутствуют необходимость в дорогих и дефицитных расходоуемых материалах, т.е. твердых сплавах, легированных сталях, не нужны металлы-катализаторы (никель, марганец);
3. в результате синтеза в сильнонеравновесных условиях получаются уникальные поликристаллические порошки алмаза с нанокристаллической структурой.

К недостаткам относятся:

- наличие взрывных работ, изготовление и транспортировка зарядов являются потенциально опасными процессами.



Упрощенная фазовая диаграмма углерода

A — Область статического каталитического синтеза алмаза из графита

B — Область детонационного синтеза алмаза из графита

C — Область существования графита

D — Область детонационного синтеза наноалмазов (ДНА) из углерода взрывчатых веществ

BEF — линия перехода графита или гексагонального алмаза в алмаз кубический

Основные параметры детонационного синтеза наноалмазов

Условия:

Температура – до 4000 К, давление – до 30 ГПа;

На 1 кг взрывчатого вещества (ВВ) необходимо ~2-4 м³ объема камеры;



Заряды ТГ

Выход ДНА зависит от:

- состава заряда ВВ;
- формы заряда;
- соотношения массы заряда и объема камеры;
- бронировки заряда и среды подрыва в емкости камеры;
- места инициирования заряда

Максимальный достигается при выход ДНА :

- использовании сплава октогена или гексогена с тротилом (40-70 масс. %);
- максимально возможной плотности заряда (~1650 кг/м³);
- максимально сильном инициирующем импульсе подрыва ВВ;
- оптимальной форме заряда в виде удлиненного цилиндра ($l/d > 2$) или усеченного конуса ;
- использовании водного раствора восстановителя в качестве бронировки заряда.

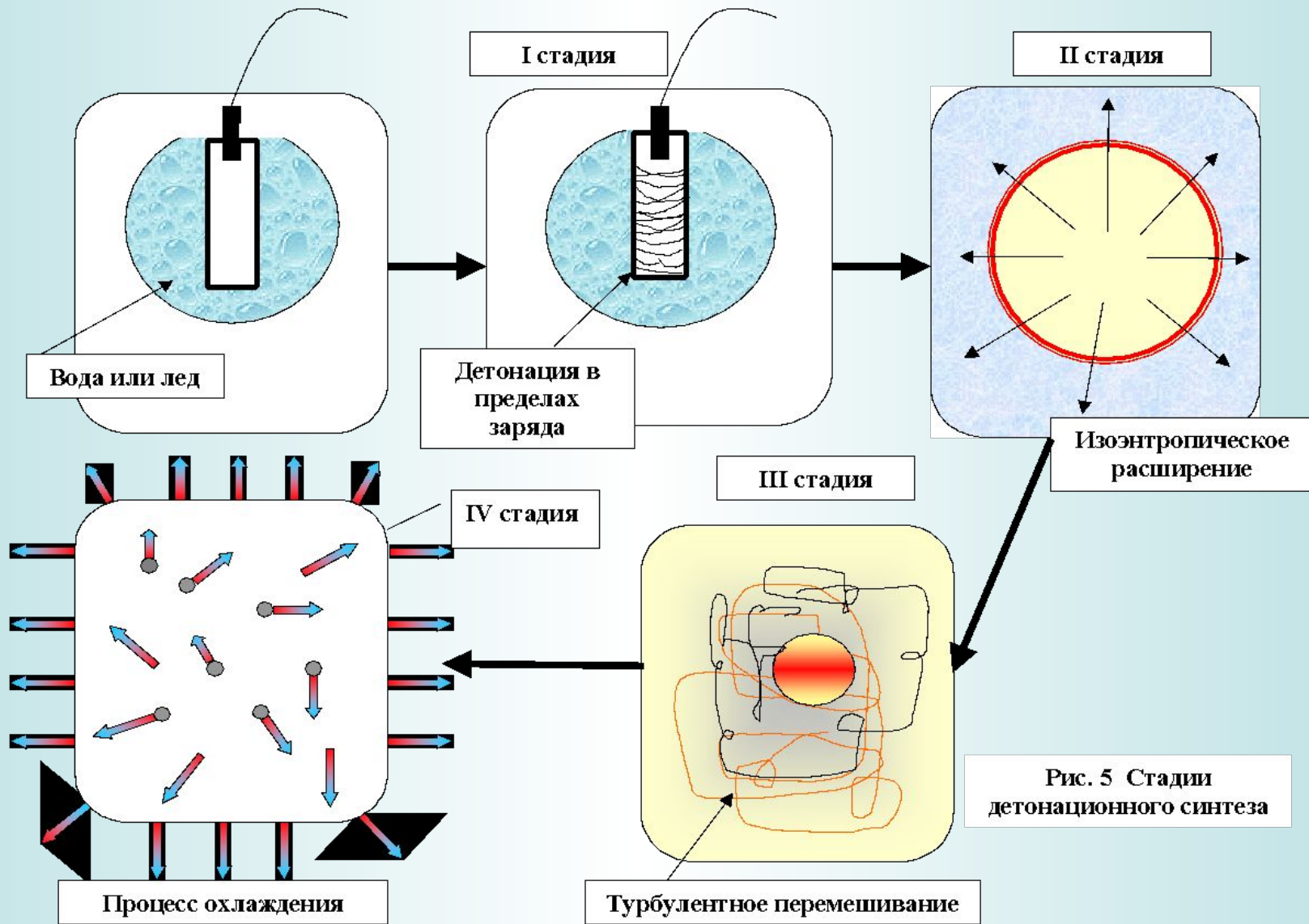
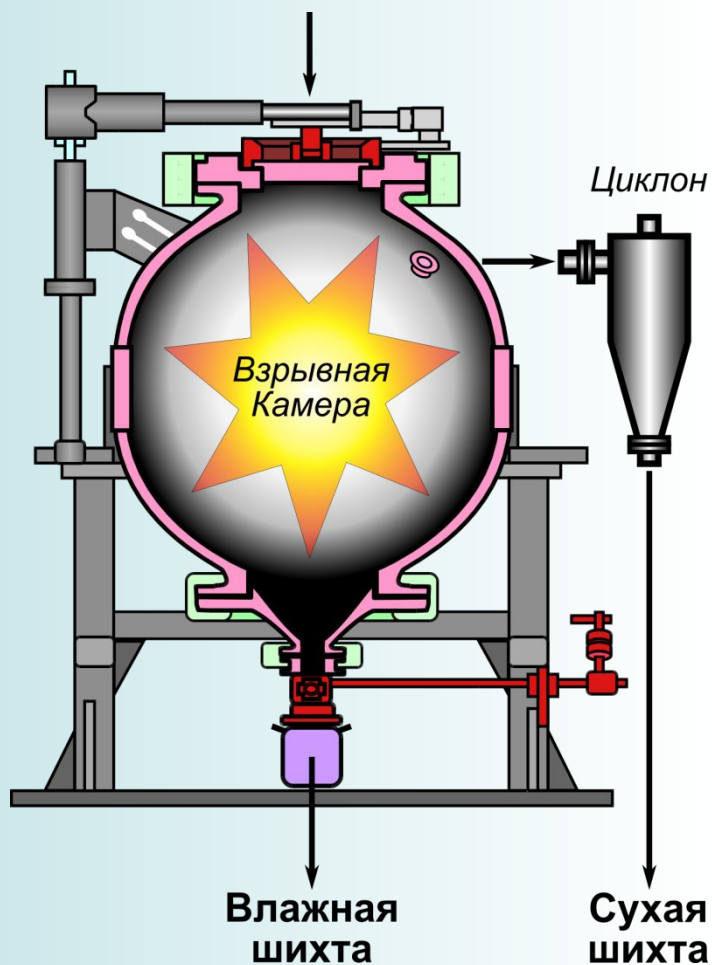


Рис. 5 Стадии детонационного синтеза

Схема взрывной камеры используемой в ФГУП «СКТБ«Технолог»

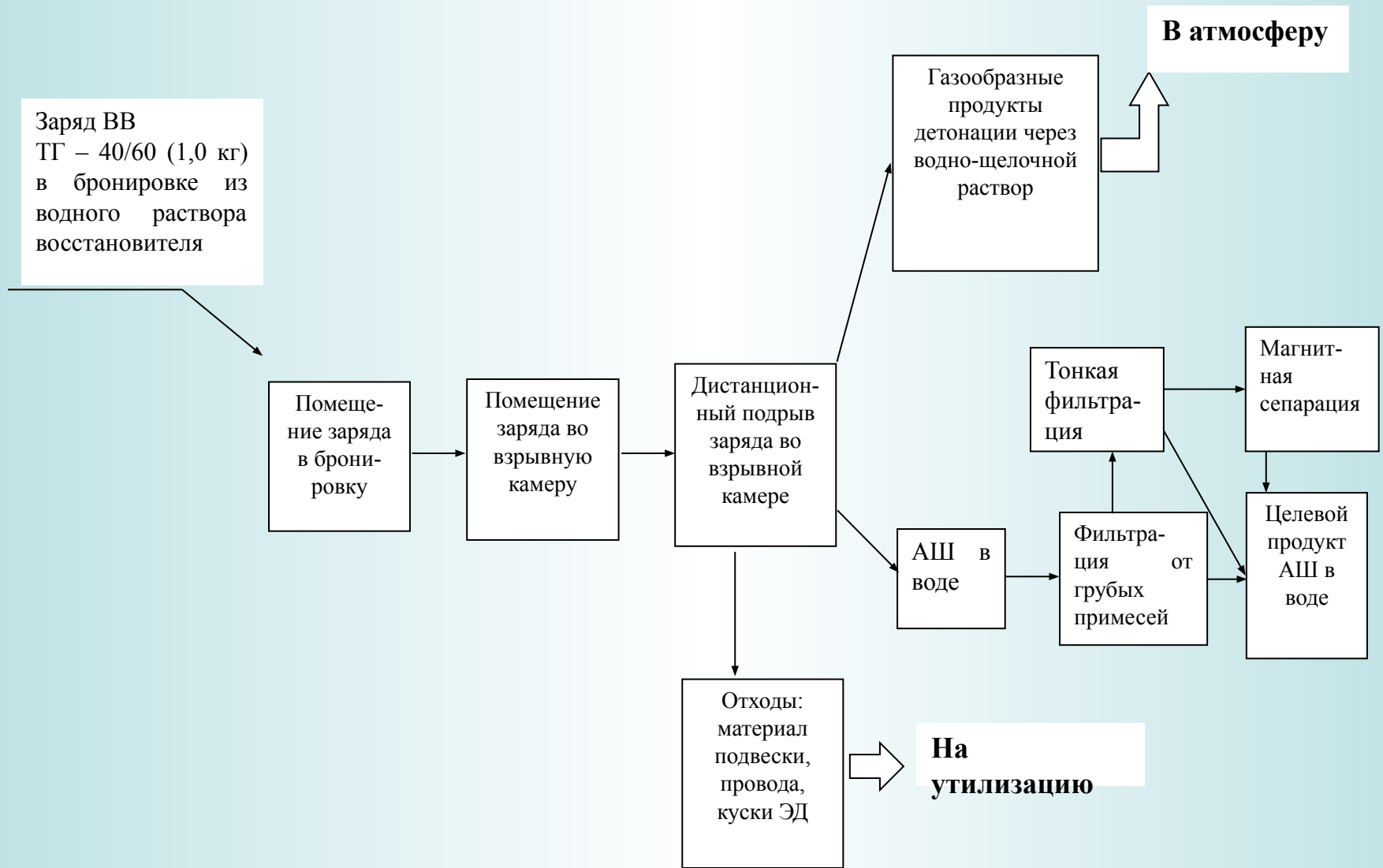


Взрывная камера
Влажный синтез:
тротил:гексоген = 2:3,
заряд бронируют водным
раствором
восстановителя.

Подрыв производят в
инертной атмосфере

Индустриальный синтез ДНА включает в себя следующие стадии

- Детонационный синтез
- Химическая очистка
- Отмывка ДНА от кислот
- Модификация продукта
- Кондиционирование продукта
- Система улова и утилизации кислых паров и газов
- Подготовка и рецикл HNO_3
- Водоподготовка



Блок-схема стадии детонационного синтеза ДНА

Фотографии стадии детонационного синтеза



Фотографии оборудования для очистки ДНА



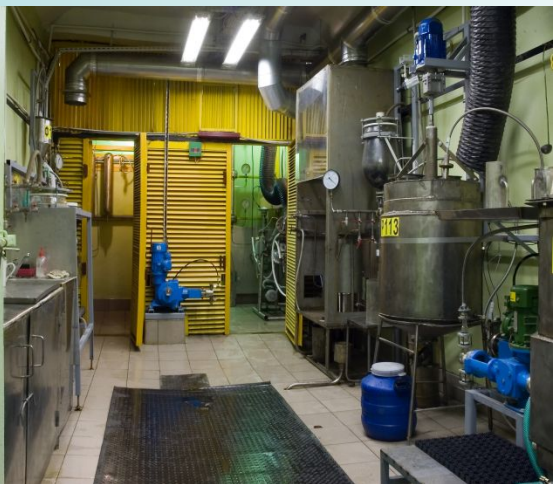
1 – реакторный блок для термо-окислительной обработки АШ под давлением

2 – узел гомогенизации

3 – узел отмывки гидрозольа от кислот в каскаде противоточных отстойников

4 – пульт управления

5 – узел очистки газовых выбросов от окислов азота



Отделение получения нанопорошков ДНА



а



б



в

Отделение получения нанопорошков включает в себя установки получения стабилизированных водных гидрозолей ДНА с использованием ультразвуковой обработки в присутствии ПАВ (а) и установки распылительной неравновесной сушки (б), а также узел подготовки очищенной воды методом обратного осмоса (в).

- **Детонационные наноалмазы** – это мощный структурообразующий компонент различных композиционных материалов, таких как: металл-алмазные покрытия;
 - алмазные спеки;
 - мембраны;
 - резины и пластмассы;
 - полировальные системы;
 - масляные композиции.
- **ДНА – это также основа для:**
 - селективных адсорбентов и катализаторов;
 - нового поколения необычных по эффективности лекарств и биологических объектов.

Спасибо за внимание