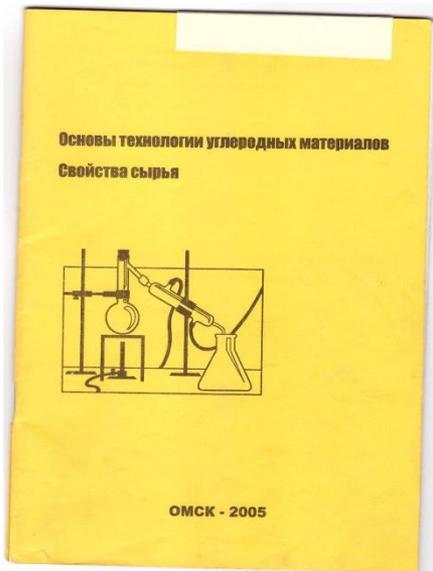


# Технология и оборудование для производства технического углерода

Рекомендуемая литература для подготовки к лекциям и экзаменам

Раздьяконова, Г. И. Получение и свойства дисперсного углерода : монография/ Г. И. Раздьяконова ; Минобрнауки России, ОмГТУ ; ИППУ СО РАН. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2014. – 236 с.

Раздьяконова Г.И. Дисперсный углерод [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ Омск: Изд-во ОмГТУ, Омск, 2013-1 эл.опт.диск (CD-ROM)



**Мозговой И.В., Шопин В.М.** Технологии улавливания продуктов технического углерода. 256 с. Монография. Издательство ОмГТУ, 2014. 256 с.

**Мозговой И.В., Шопин В.М.** Оборудование улавливания компонентов технического углерода. Монография. Издательство ОмГТУ, 2014. 224 с.

# Технология и оборудование для производства технического углерода

## Рекомендуемая литература для подготовки к лекциям и экзаменам

*Виктор Павлович Зуев,  
Владимир Владимирович Михайлов*

### **ПРОИЗВОДСТВО САЖИ**

М., Издательство «Химия», 1965 г.

328 с.

УДК 661.666.4

Ивановский В.И.

И22 Технический углерод. Процессы и аппараты: Учебное пособие. – Омск: ОАО «Техуглерод», 2004. – 228 с.

**О 66** Производство и использование технического углерода для резин / В. Ю. Орлов, А. М. Комаров, Л. А. Ляпина — Ярославль: Издательство Александр Рутман, 2002. — 512 с.

## Введение

0	H/C				0,25
графит природный и искусст- венный	углеродные материалы, кокс	угли	нефтяные и каменно- угольные пеки	нефть, синтети- ческое жидкое топливо	природные и попут- ные газы

Природные энергоносители встречаются в различных **агрегатных состояниях**:

- **твердом** (угли, сланцы),
- **жидком** (нефть),
- **газообразном** (природные и попутные газы).

В первом приближении фазовое состояние горючего ископаемого может быть сопоставлено с **соотношением водорода и углерода** в его составе (**H/C**). Примерная схема, позволяющая **сгруппировать углеродсодержащие вещества по отношению H/C** (мас. %), показана на рис. выше.

**Максимум** водорода содержат газы, **минимум** - твердые горючие ископаемые, нефти занимают **промежуточное** положение.

Углеродные материалы - исключительно твердые тела, содержащие **мало водорода**, но их физико-химические свойства закономерно меняются с изменением его доли в составе вещества.

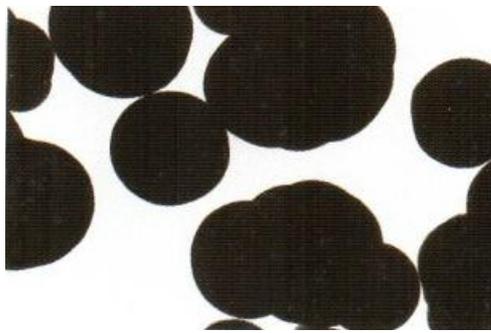
**Изменяя соотношение H/C, можно изменять агрегатные состояния углеродсодержащих веществ.** Эта возможность осуществляется процессами технологии природных энергоносителей и углеродных материалов.

В частности, углеводородные газы можно превращать в **твердый углерод** (технический углерод, пироуглерод, алмаз) и наоборот: **уголь и технический углерод превращаются в газы**;

**жидкие** нефтепродукты перерабатываются в **газообразные** (легкие углеводороды) и **твердые** (кокс, технический углерод) вещества.

## **Взаимные переходы углеродсодержащих веществ подчиняются общим закономерностям как в природных условиях, так и в промышленности.**

Например, в производстве углеродных материалов и в природных процессах углеобразования вещества **теряют гетероатомы**, водород и часть углерода в виде газообразных продуктов. При этом твердая фаза **обогащается углеродом**, который образует графитоподобные области **конденсированных ароматических ядер**. Такое сходство не случайно. Оно обусловлено **энергетической выгодностью создания высокоупорядоченных структур**, каким бы путем оно ни происходило.



1. Семейство углеродных материалов
2. Современные представления о синтезе и строении технического углерода.
3. Свойства технического углерода
4. Классификация технического углерода.
5. Разновидности промышленных процессов получения технического углерода
6. Состояние и перспективы производства и применения технического углерода.

# 1. Семейство углеродных материалов

Гибридизация орбиталей:

$sp$

$sp^2$

$sp^3$

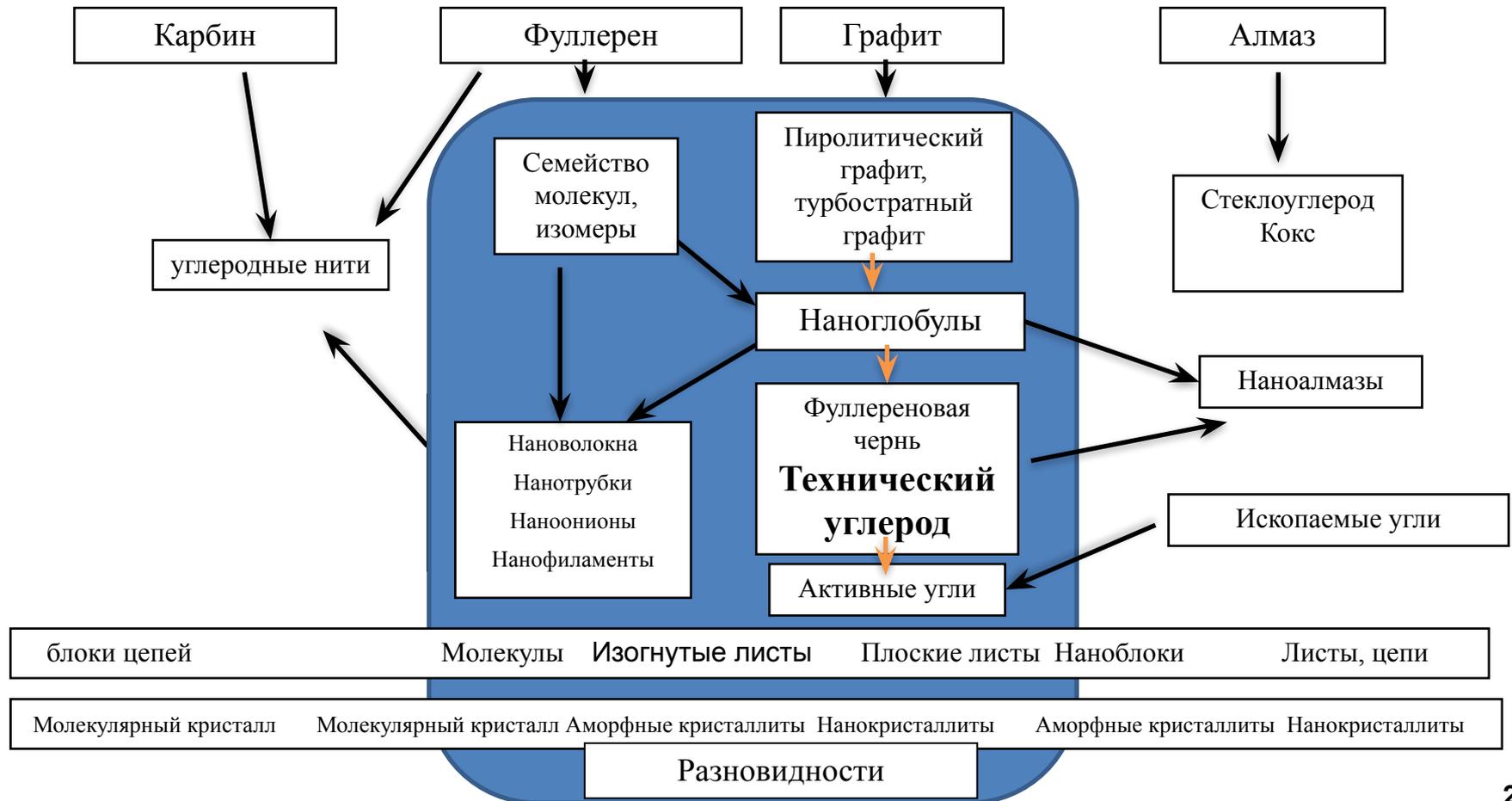
Линейная

Ориентация взаимного расположения атомов углерода:

Тригональная

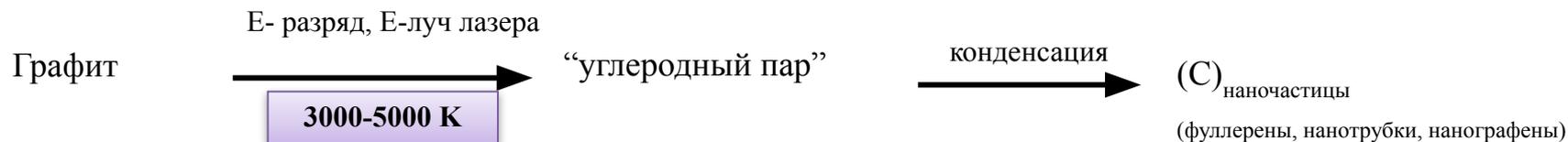
Тетраэдрическая

Кристаллическая модификация:

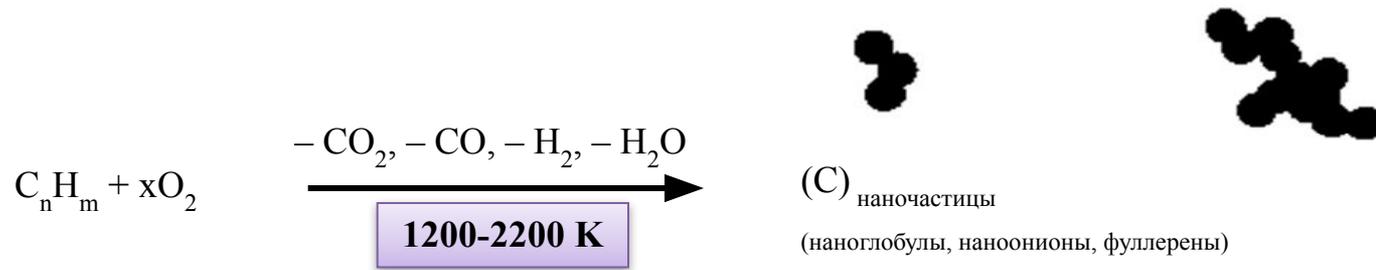


# Подходы к синтезу наноструктурированных углеродных материалов $sp^2$ –семейства

## 1. Конденсация “углеродного пара”:

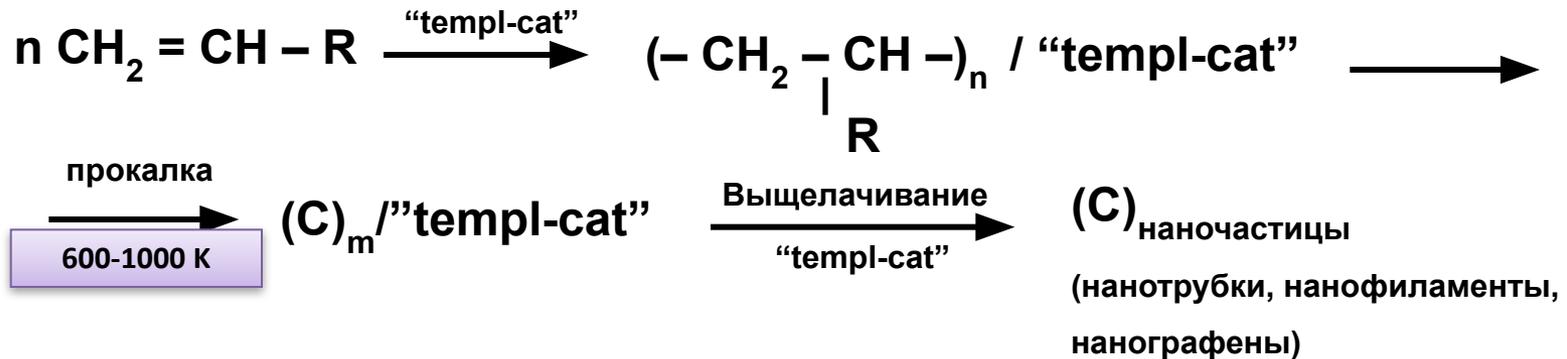


## 2. Генерация аэрозолей наночастиц углерода с последующей сборкой в наноструктуры в специфических условиях :

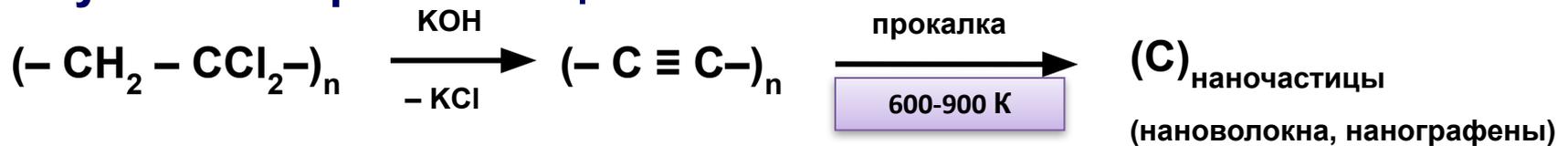


# Подходы к синтезу наноструктурированных углеродных материалов $sp^2$ – семейства

## 3. Осаждение углерода на поверхности шаблона – темплата (цеолита, глин и др.):



## 4. Трансформация полимеров с функциональными группами (хлоридов, ацетатов, нитрильных и др.) в полисопряжённые молекулы и их ароматизация :

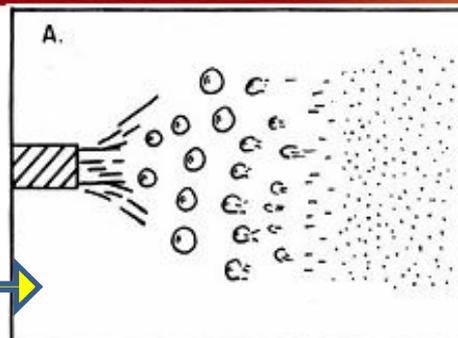


# Генерация аэрозолей наночастиц углерода с последующей их сборкой в наноструктуры

## Стадии синтеза технического углерода :

### A.) Распыление – Испарение – Пиролиз

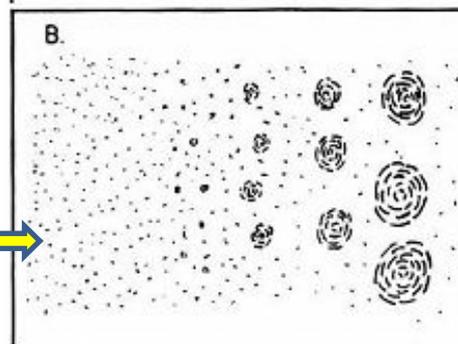
-Жидкое углеводородное сырьё испаряется с образованием углеводородов  $C_1$  и  $C_2$ .



### B.) Образование зародышей/рост поверхности

-Наименее изученная стадия

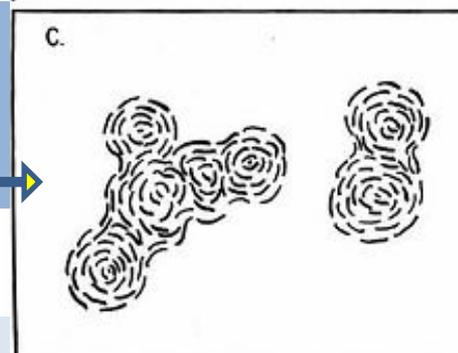
-Рост поверхности приводит к образованию ~95% массы техуглерода



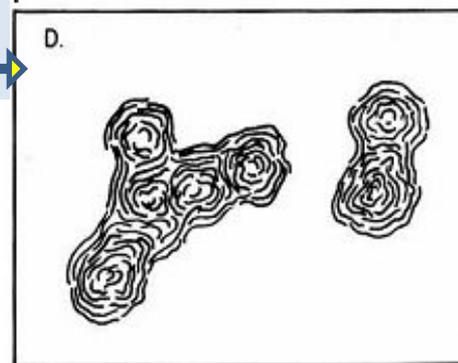
### C.) Рост агрегатов/рост поверхности

-Столкновение частиц и частичная коалесценция

-Регулирование роста агрегатов добавлением щелочных металлов



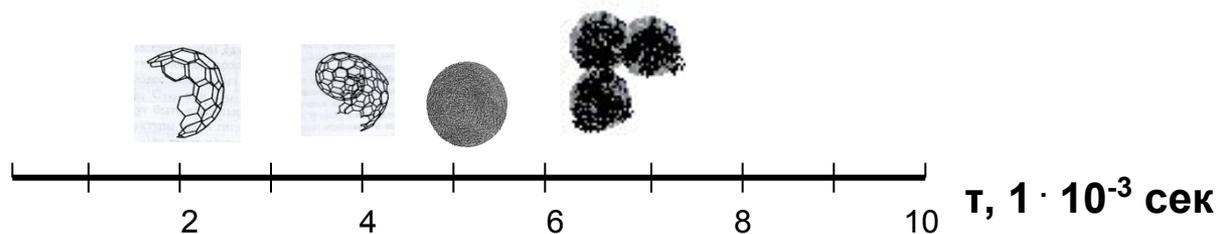
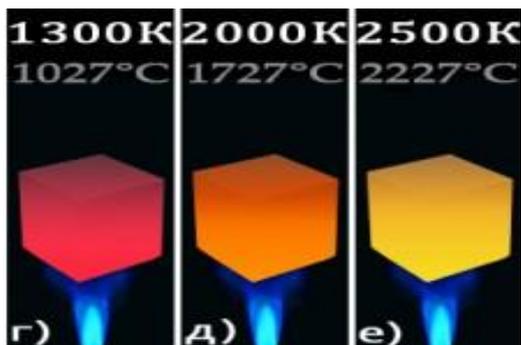
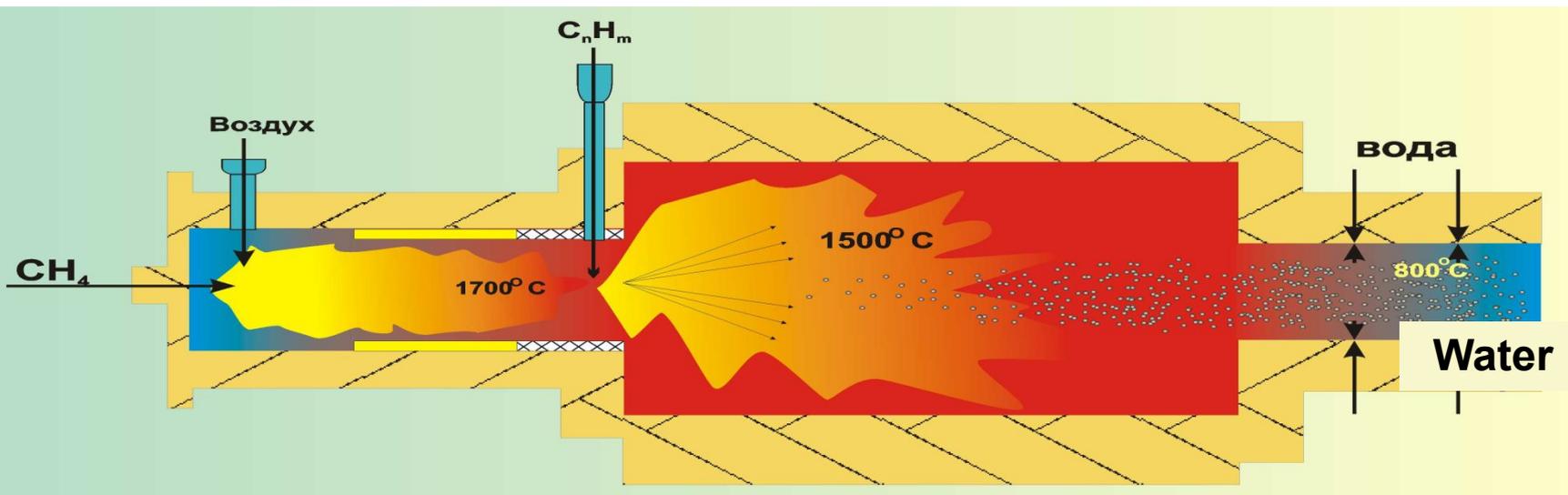
### D.) Карбонизация (дегидрогенизация)/ Вторичные реакции



### E.) Гранулирование (формование гранул)

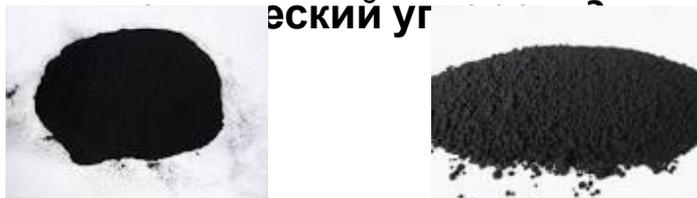


# Генерация аэрозолей наночастиц углерода с последующей сборкой в наноструктуры происходит в реакторе за время 2-8 миллисекунд



### 3. Свойства технического углерода

Из каких элементов состоит  
технический уг



- Технический углерод- это порошок черного цвета, состоящий
- 91-99% С,
- до 1% Н,
- до 1% S,
- до 8% O,
- до 1% N,
- до 0,5% минеральные примеси

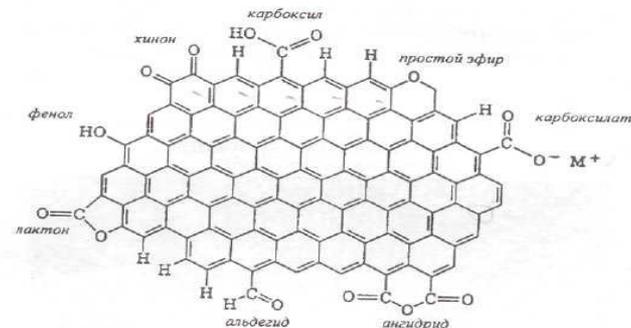


Элементный состав образца ЭТУ П 267-Э [1]

Элемент	м.м.д.	Элемент	м.м.д.
S	200	Ti	1
Ca	200	Zr	0,9
Fe	40	K	0,6
Si	30	As	0,6
Al	20	F	0,6
Mg	10	P	0,5
Cr	2	Mn	0,4
Ni	1		

1 м.м.д. = 0,0001% масс.  
Предел обнаружения 0, 1 м.м.д.

Кислород и водород находятся в виде функциональных групп



Минеральный состав ТУ пополняется, в основном, из сырья, технологической воды и продуктами коррозии аппаратуры.

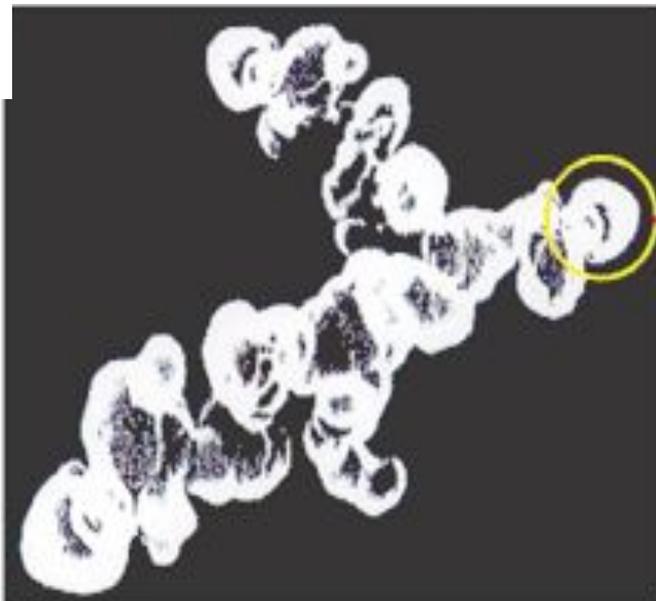
[1] Каучук и резина 2013 №3

Таблица 5. Элементный состав образцов технического углерода разных марок

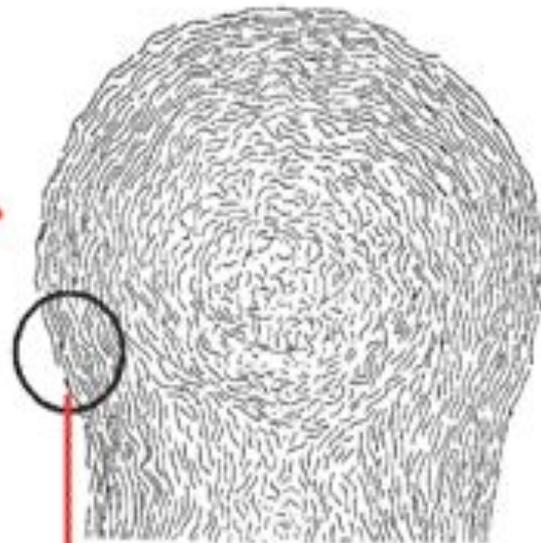
Марка, изготовитель	Содержание элементов, %						Н/С	Н/О
	С	Н	N	S	зола	О (по остатку)		
<i>марки активного типа технического углерода</i>								
N220 ОЗТУ	97,01	0,254	0,31	0,906	0,39	1,13	0,031	3,57
N234 ОЗТУ	97,23	0,282	0,4	0,471	0,43	1,187	0,035	3,77
N330 ОЗТУ	97,99	0,27	0,19	0,705	0,32	0,525	0,033	8,16
N330 НК	98,21	0,289	0,18	0,362	0,14	0,819	0,035	5,60
<i>марки среднеактивного типа технического углерода</i>								
П514 ТТ	98,53	0,233	0,21	0,892	0,15	0	0,028	0
N550 НК	98,43	0,251	0	0,229	0,1	0,99	0,030	4,02
N550 ОЗТУ	98,53	0,261	0	0,769	0,14	0,3	0,032	13,81
<i>марки полуактивного типа технического углерода</i>								
П701 ТТ	98,04	0,237	0,16	0,796	0,45	0,317	0,029	11,87
П701 ГП	98,85	0,338	0	0	0,36	0,452	0,041	11,87
N762 ОЗТУ	98,19	0,285	0	0,996	0,4	0,129	0,035	35,07
N762 ГП	98,89	0,323	0	0	0,26	0,527	0,039	9,73
N772 ОЗТУ	98,31	0,272	0	0,928	0,21	0,28	0,033	15,42
N772 ГП	98,93	0,302	0	0	0,3	0,468	0,036	10,24
N774 ОЗТУ	98,29	0,26	0	0,869	0,48	0,101	0,032	40,86
N774 ГП	98,94	0,313	0	0	0,29	0,457	0,038	10,87
<i>марки малоактивного типа технического углерода</i>								
П803 ТТ	98,91	0,17	0,28	0,54	0,1	0	0,020	0
T900 ТТ	98,7	0,248	0,18	0,779	0,1	0	0,030	0
T900 ГП	99,52	0,281	0	0	0,06	0,139	0,034	32,09
T900 г ГП	99,2	0,273	0	0	0,06	0,467	0,033	9,28
N990 ГП	99,52	0,281	0	0	0,05	0,149	0,034	29,94
N991 ГП	99,2	0,273	0	0	0,06	0,467	0,033	9,28

Примечание. Условные обозначения предприятий: ТТ – ОАО «Туймазытехуглерод», ГП – Сосногорский газоперерабатывающий завод, НК – ОАО «Нижекамский завод технического углерода», ОЗТУ – ООО «Омсктехуглерод»

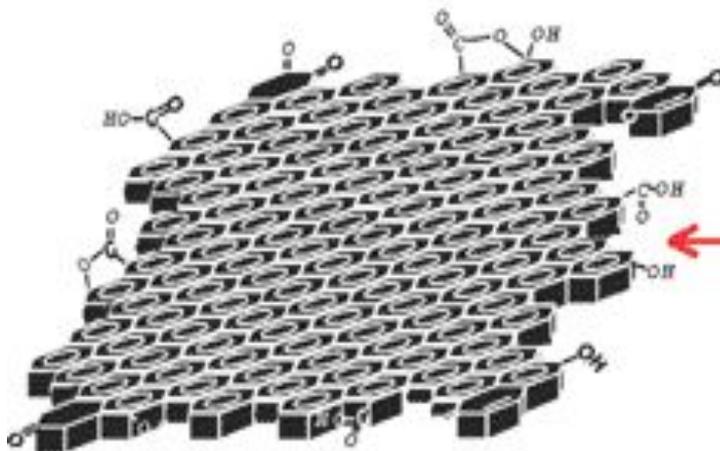
# Строение технического углерода



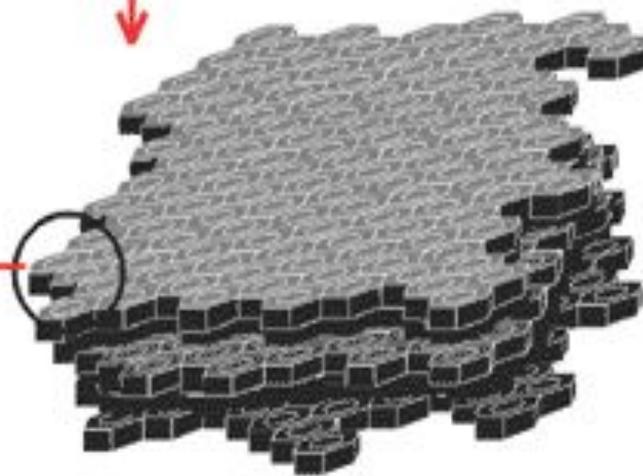
Агрегат



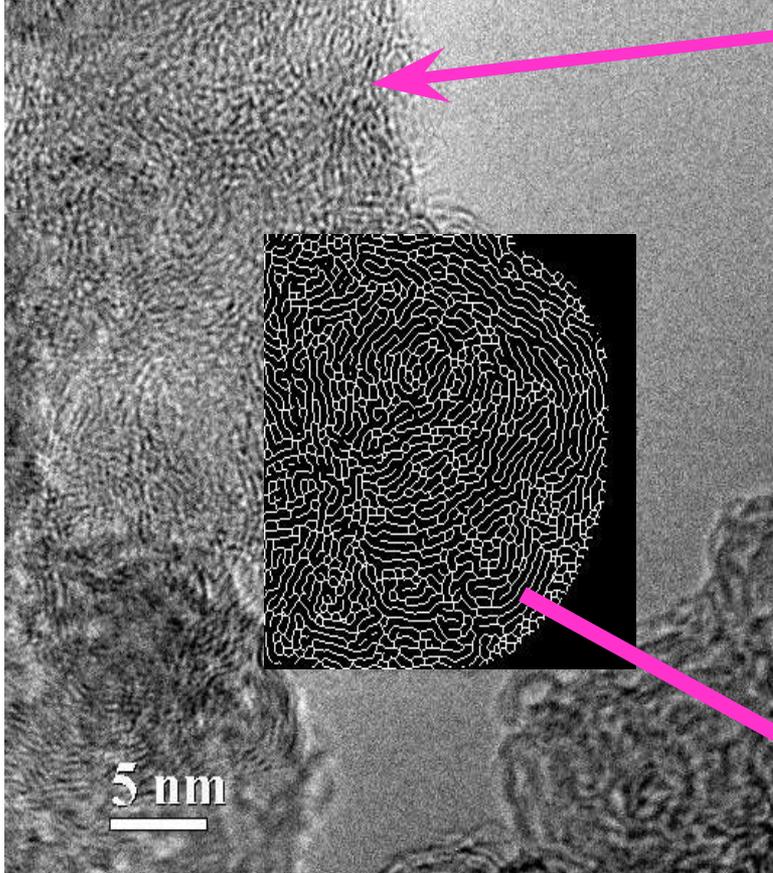
Глобула



Графен

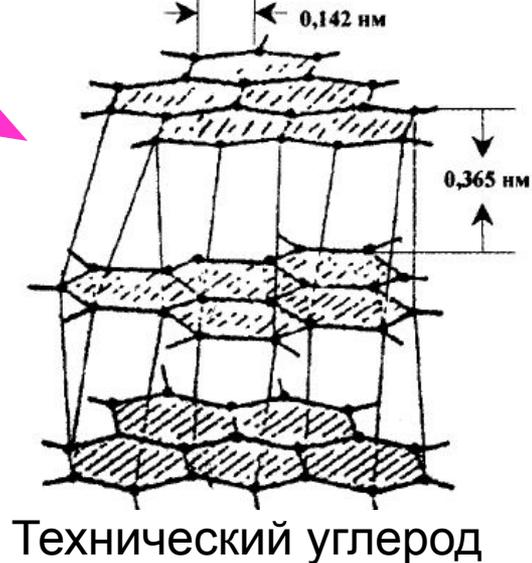
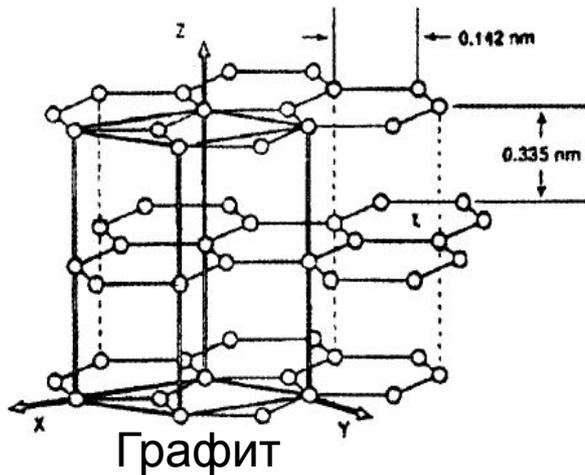


Кристаллит

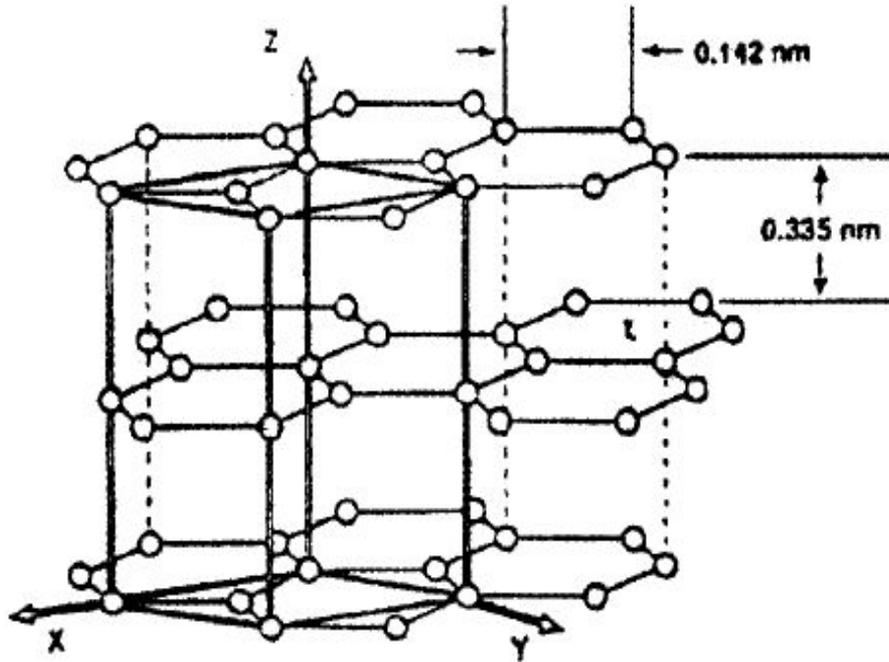


Частицы технического углерода состоят из множества **областей упорядоченности** углеродных атомов графитоподобной структуры, имеющих размеры 2-4 нм.

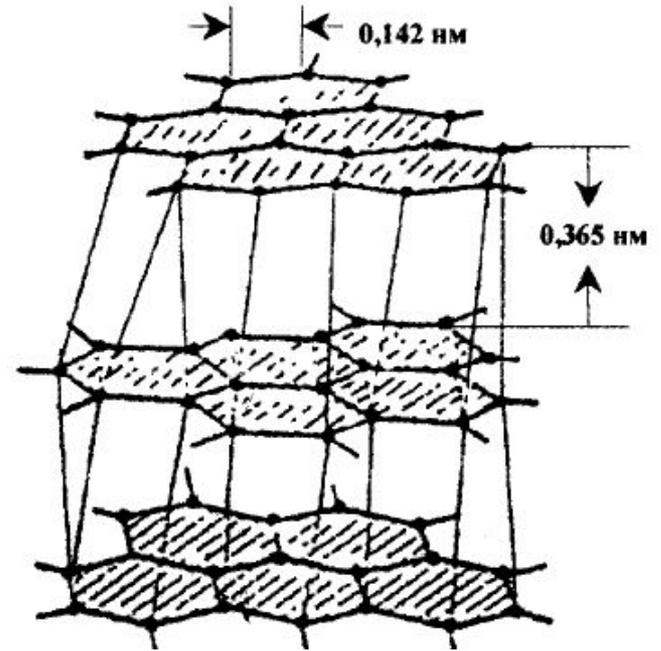
- Структура этих областей отличается от идеальной решетки графита за счет искажений как внутри слоев, так и за счет неправильностей их чередования. Такие области упорядоченности называются кристаллитами и они имеют собственные геометрические характеристики:  $L_a$ -средний диаметр,  $L_c$ -средняя высота кристаллита и  $d_{002}$  - среднее расстояние между слоями в кристаллите. Эти величины определяются с помощью рентгенографического анализа.
- Кроме того, имеется некоторое количество неупорядоченных атомов (**аморфный углерод**), занимающих пространство между кристаллитами или внедренных между слоями. Эти атомы могут находиться в  $sp$ ,  $sp^2$  или  $sp^3$  гибридном состоянии.



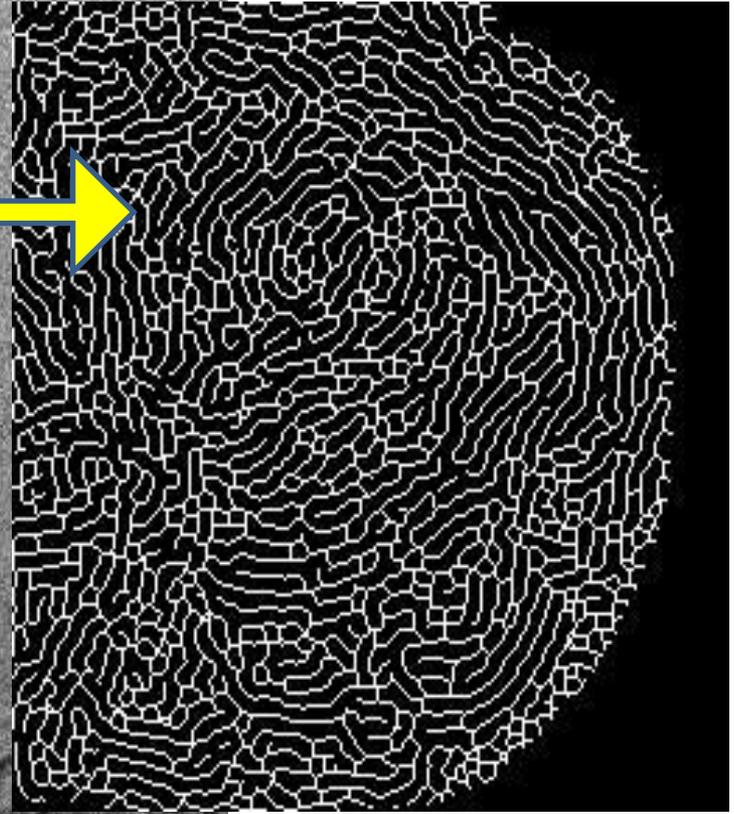
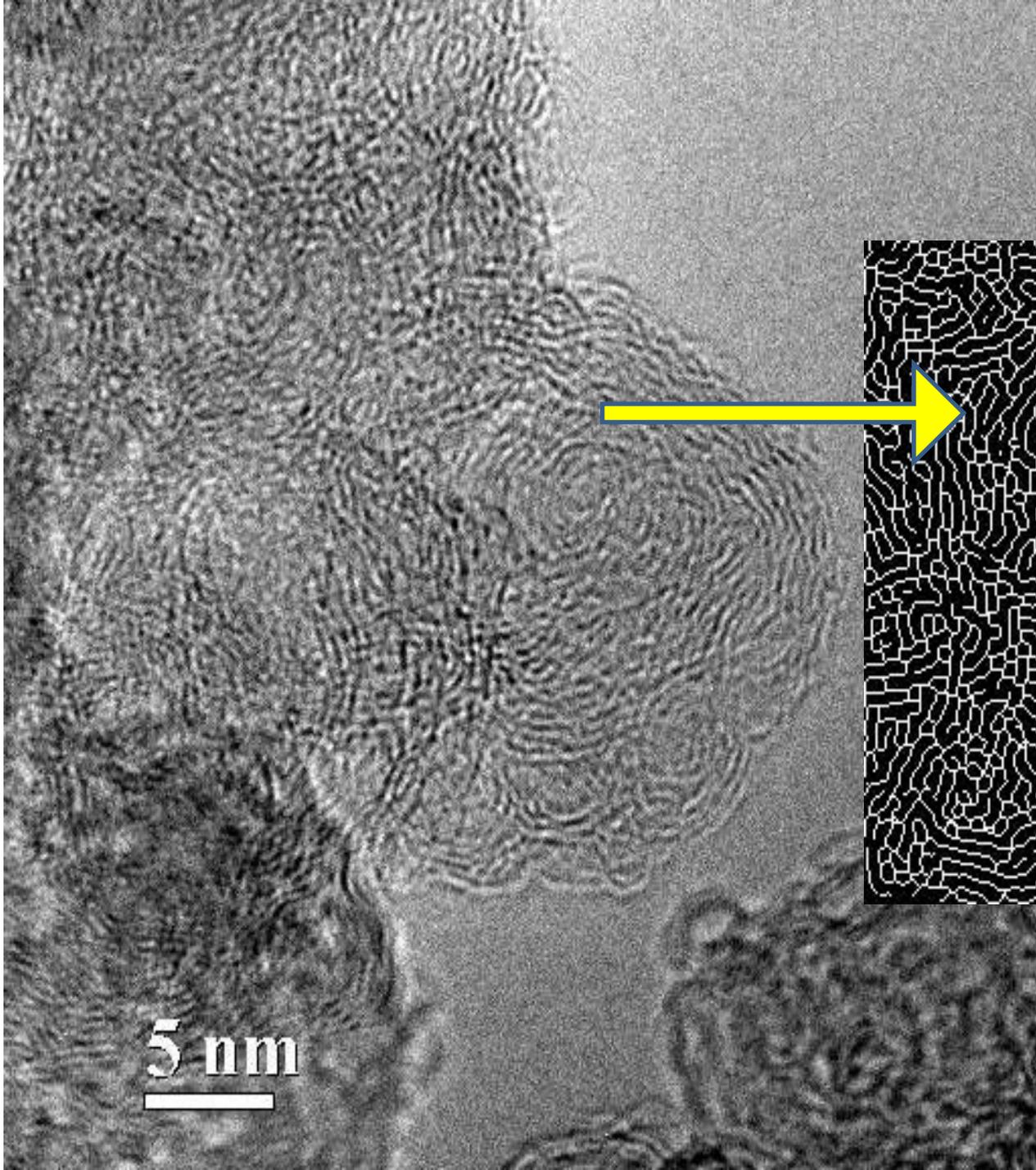
Отличие технического углерода от графита: **в упорядоченности** расположения атомов углерода в соседних слоях и межслоевом **расстоянии**.



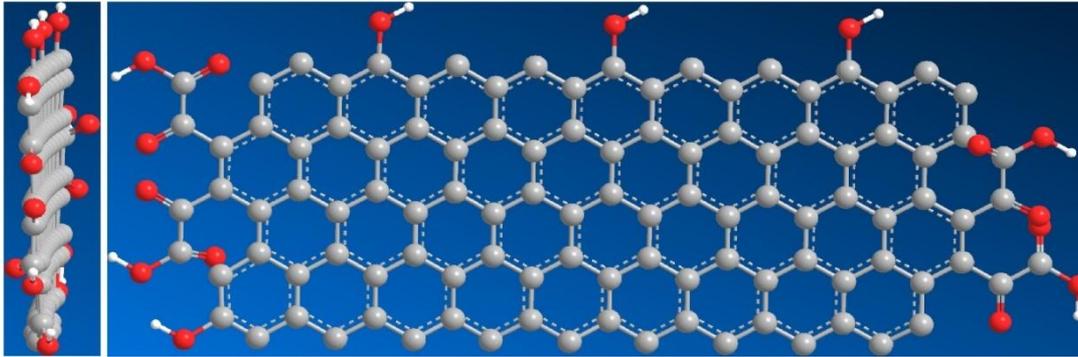
Трёхмерная  
упорядоченность атомов  
углерода в **графите**



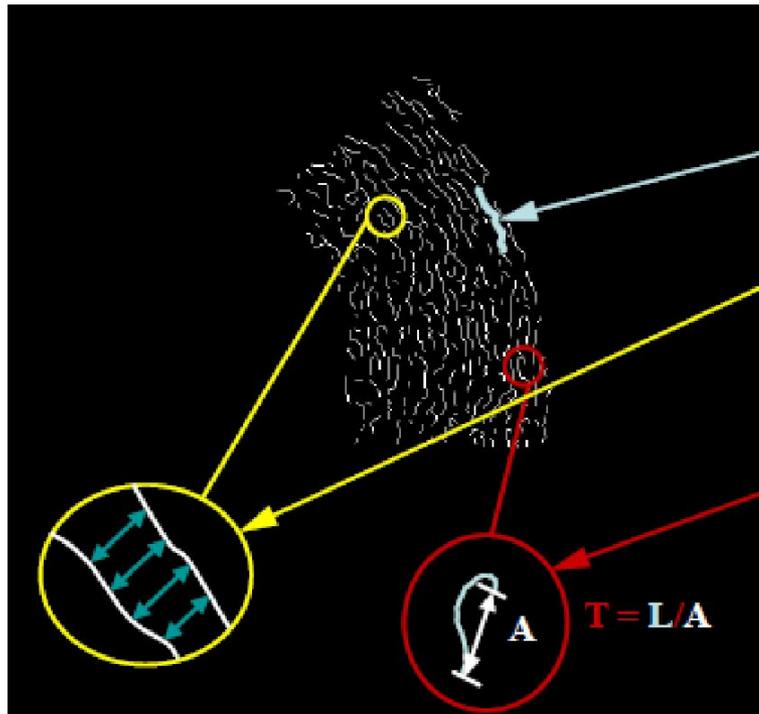
Двумерная  
упорядоченность атомов  
углерода в кристаллите  
**технического углерода**



# Наноструктура технического углерода



Модель углеродного слоя с функциональными группами кислорода (красные точки) и водорода (белые точки) на концевых углеродных атомах. Функциональные группы изгибают углеродный слой.



Position

Length

Fringe Separation

Orientation

Tortuosity

Fringe Density

Фрагмент изображения глобулы технического углерода, полученный с помощью просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения (ПЭМ ВР). Видны изгибы слоёв, их кривизна и поэтому разное межслоевое расстояние.

# Размерность технического углерода, как дисперсной системы

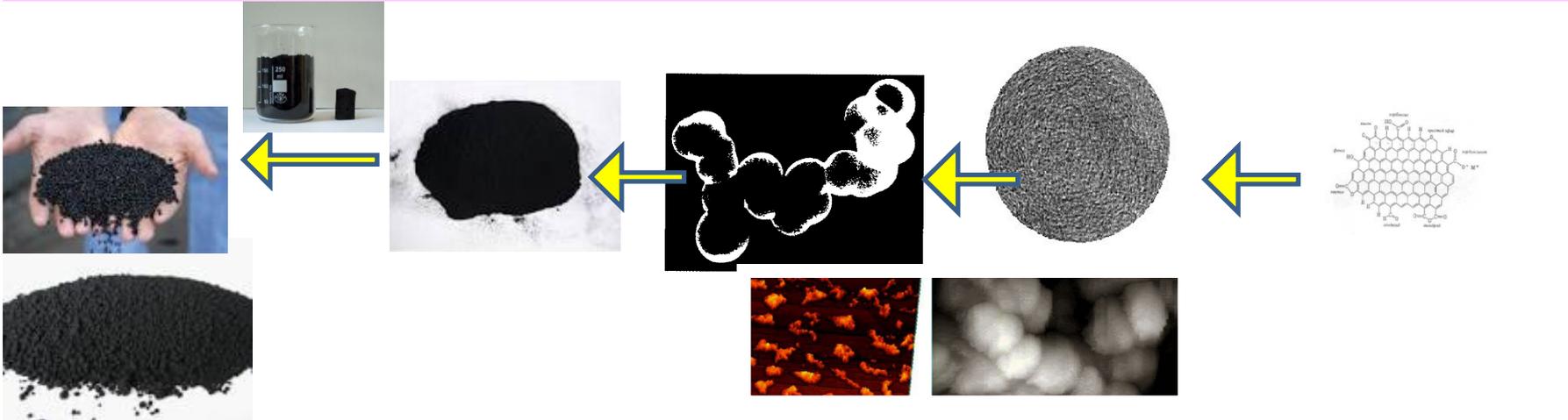
Гранула

Агломерат

Агрегат

Частица (глобула)

Графеновый слой



0,5 - 1,5 мм

< 0,1 мм

100-500 нм

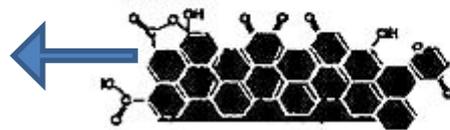
10-500 нм

2-3 нм

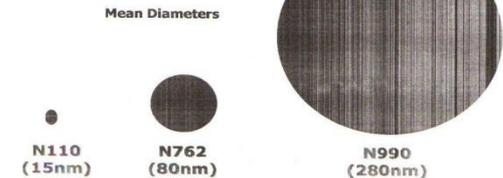
## Функциональность технического углерода

Доля поверхность и	O <sub>2</sub> , %	pH
	5	3-4
	3	6-8
	2	8-9
	0	11

- Графитовые базальные плоскости
- Функциональные группы:
  - фенол
  - кетон
  - карбоксил
  - лактол
  - хинон
  - пирон
  - лактон



Диаметр частиц технического углерода по существующим технологиям его получения можно изменять в 50 и более раз



Фундаментальные свойства ТУ	Влияние на свойства резины
<p data-bbox="241 147 954 191">Размер частиц</p> 	<p data-bbox="1164 244 1846 372">Технический углерод с небольшим размером частиц повышает предел прочности при растяжении резин, их износостойкость, имеет большую степень черноты.</p>
<p data-bbox="222 615 382 645">Структура</p> 	<p data-bbox="1164 504 1522 529"><u>Повышенная структурность</u></p> <p data-bbox="1164 539 1846 672">Высокоструктурный технический углерод повышает модуль, вязкость по Муни и электропроводность. Понижает разбухание экструдированного потока и улучшает диспергируемость.</p>
<p data-bbox="253 796 426 826">Пористость</p> 	<p data-bbox="1164 803 1499 829"><u>Более высокая пористость</u></p> <p data-bbox="1164 839 1846 1001">Высокопористый техуглерод повышает электропроводность и вязкость при равных дозировках, но позволяет понизить дозировку в электропроводных изделиях. Может улучшить обрабатываемость.</p>
<p data-bbox="479 1118 774 1148">Химия поверхности</p> 	<p data-bbox="1164 1103 1846 1129"><u>Повышенная функциональность поверхности</u></p> <p data-bbox="1164 1139 1846 1200">улучшает смачиваемость связующим веществом и понижает электропроводность резин.</p>

# Количественно дисперсность характеризуется тремя следующими показателями:

**величиной частиц** или для частиц сферической формы — **диаметром частиц**  $D$ , измеряемым в единицах длины; диаметр частиц технического углерода обычно измеряется в микронах или ангстремах;

**удельной поверхностью**  $S$ , равной сумме поверхностей частиц, составляющих 1 г или 1 см<sup>3</sup> материала;  $S$  измеряется в единицах площади, отнесенных к единице массы или объема материала;  $S$  ТУ обычно измеряется в м<sup>2</sup>/г, реже в м<sup>2</sup>/см<sup>3</sup> или см<sup>2</sup>/см<sup>3</sup>;

**удельным числом частиц**  $N$ , равным числу частиц в 1 г материала.

Технический углерод состоит из частиц разных диаметров (полидисперсный материал). Такие системы характеризуются среднеарифметическим диаметром, обозначаемым  $D_a$ .

$$D_a = \frac{\sum n_i D_i}{\sum n_i}$$

где  $n_i$  - число частиц с диаметром  $D$

Диаметр  $D_a$  используется для характеристики дисперсности полидисперсных материалов только в сочетании с другими показателями дисперсности.

$$\begin{aligned} \sum n_i D_i &= n_1 D_1 + n_2 D_2 + n_3 D_3 + \dots \\ \sum n_i &= n_1 + n_2 + n_3 + \dots \end{aligned}$$

Более того, им нельзя пользоваться при расчете  $S$  и  $N$ ; для этих целей следует применять среднеповерхностный  $D_{\Pi}$  и среднечастичный  $D_{\text{ч}}$  диаметры соответственно.

$$D_{\Pi} = \frac{\sum n_i D_i^3}{\sum n_i D_i^2}$$

$$D_{\text{ч}} = \sqrt[3]{\frac{\sum n_i D_i^3}{\sum n_i}}$$

Чтобы определить  $S_{\Gamma}$  монодисперсной системы, достаточно установить поверхность  $S$  и массу  $G$  любой частицы.

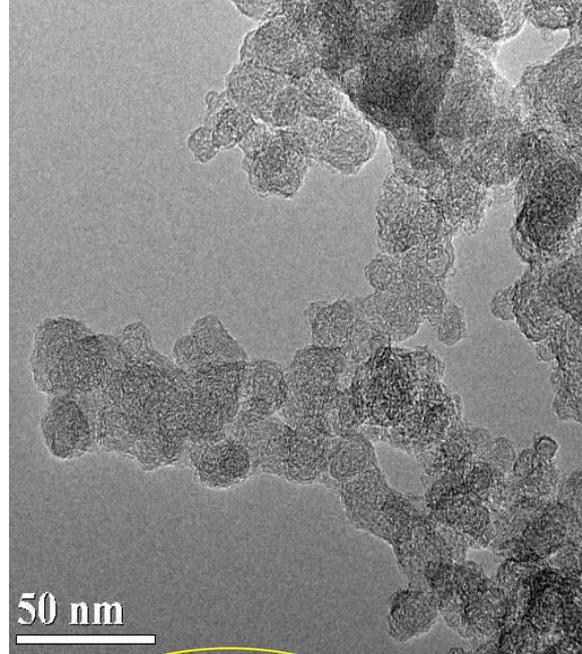
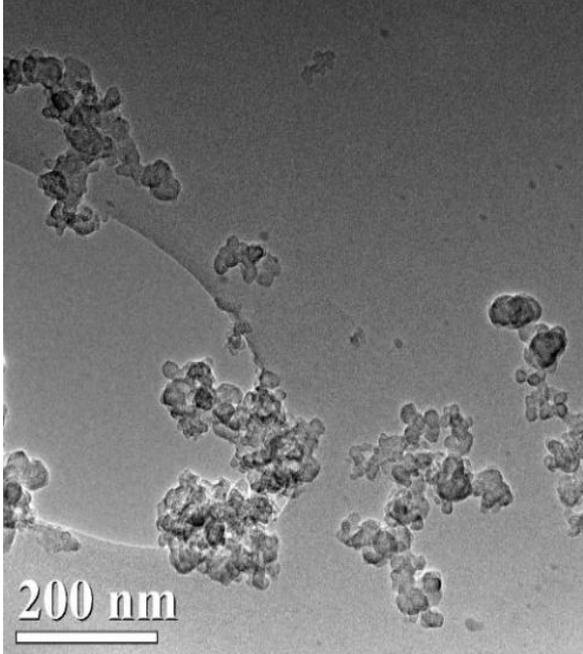
$$S_{\Gamma} = \frac{S}{G}$$

**EMSA** 
$$S_{\Gamma} = \frac{6}{\rho_{\text{ч}} D_{\Pi}}$$

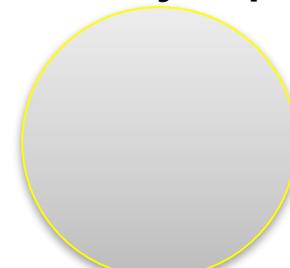
$$N = \frac{6}{\pi \rho_{\text{ч}} D_{\text{ч}}^3}$$

$$S = \pi D^2; \quad G = \frac{\pi}{6} \rho D^3$$

где  $\rho$  - плотность материала.

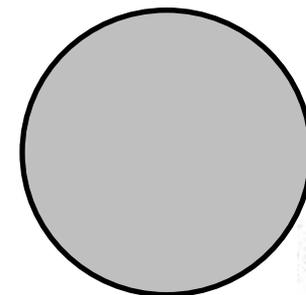
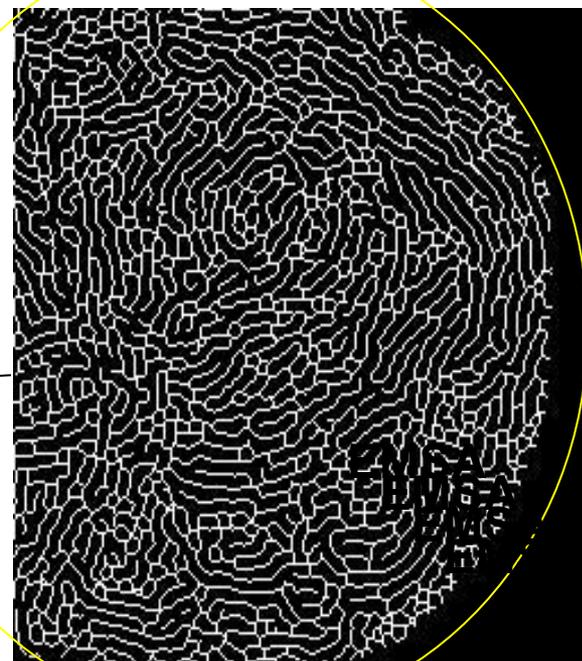
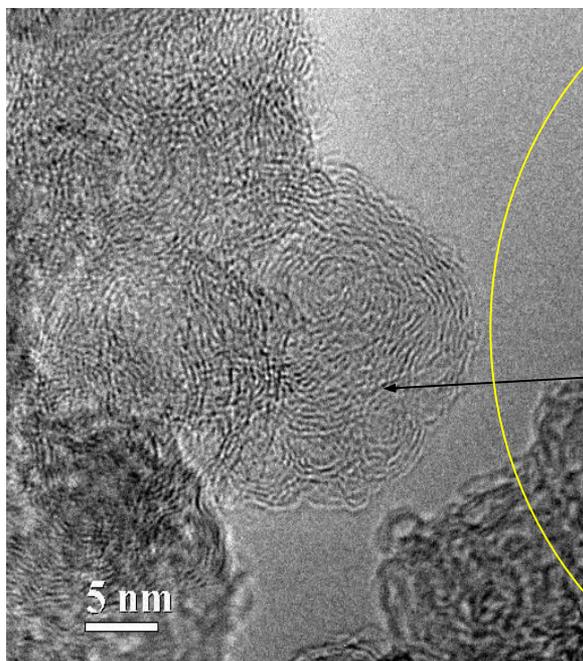


**Удельная поверхность** ( $S_{уд}$ ,  $m^2/g$ ) – это площадь поверхности одного грамма технического углерода



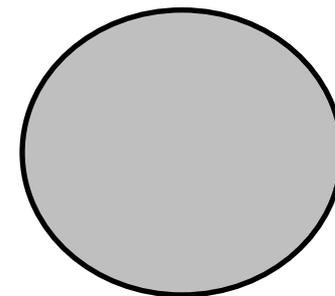
$$S_r = \frac{6}{\rho_c D_p}$$

**Геометрическая**  $S_r$  **EMSA**



$$S_A = A_M N_0 \omega_M$$

**Адсорбционная**  $S_a$  **NSA**



**Внешняя**  $S_{BH}$

**STSA**

# Удельная поверхность $S$ уд., $\text{м}^2/\text{г}$

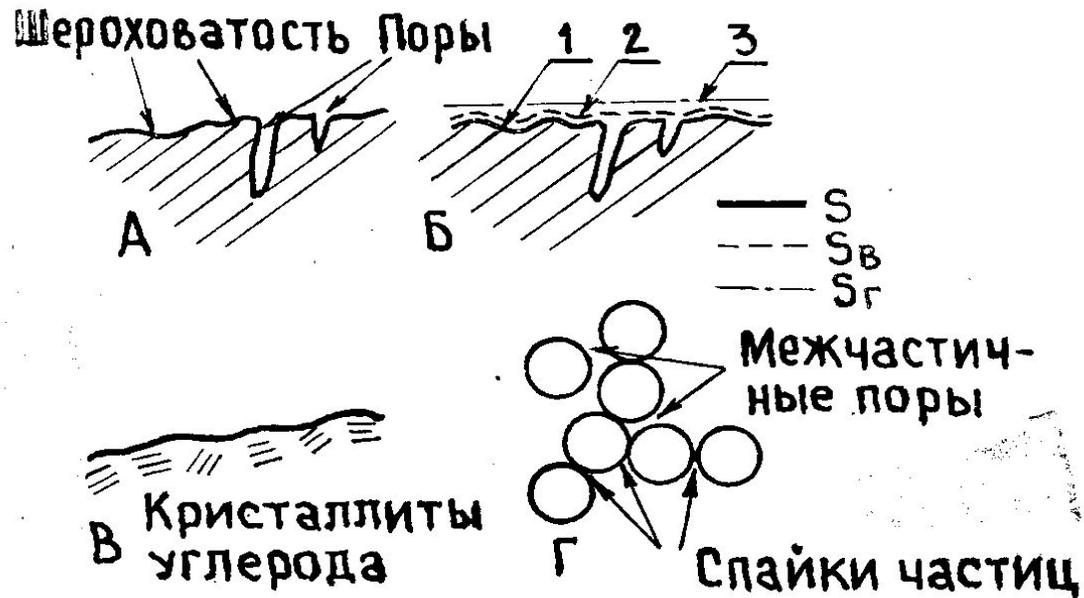


Схема понятий терминов для характеристики шероховатости и пористости технического углерода (А) и поверхностей (Б):  $S$  общей (NSA) - 1,  $S_v$  - внешней (STSA) - 2,  $S_g$  - геометрической (EMSA) - 3; происхождения шероховатости поверхности (В) и структурности как объёма межчастичных пор  $V_{\text{пор}} \text{ТУ}(\Gamma)^{[1]}$

**NSA**<sup>[2]</sup> - площадь поверхности, определяемая по уравнению Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ) из начального участка изотермы низкотемпературной адсорбции азота, полученной многоточечным методом;

**STSA** - площадь поверхности, рассчитанная по статистической толщине слоя из среднего участка изотермы низкотемпературной адсорбции азота, полученной многоточечным методом;

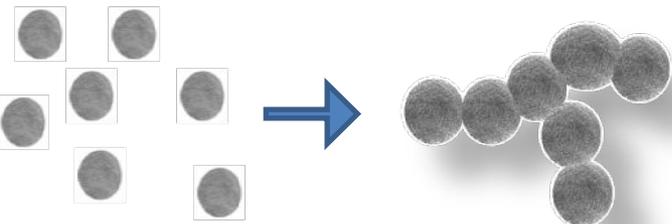
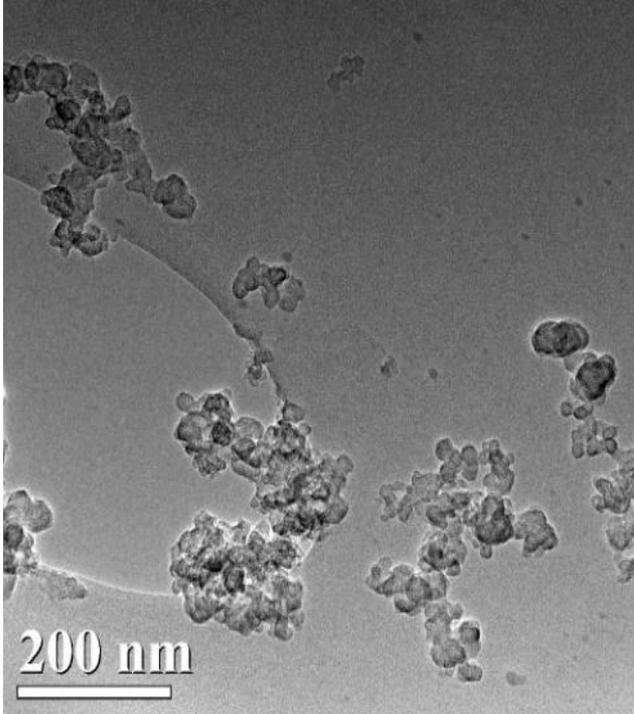
**EMSA**<sup>[3]</sup> - площадь поверхности, рассчитанная из данных среднеповерхностного диаметра  $d_{sm}$  частиц, определяемого методом электронной микроскопии.  $EMSA (\text{м}^2/\text{г}) = 6000 / (\rho \cdot d_{sm})$ , где  $\rho$  - пикнометрическая плотность технического углерода  $\sim 1,8 \text{ г}/\text{см}^3$

[1] Лежнев Н.Н., Горшкова Р.А., Аленина О.С. Об удельной поверхности технического углерода. //В кн. «Пути развития промышленности технического углерода». М.: НИИШП, 1976.С8-16

[2] ASTM D 6556 Определение общей и внешней площади поверхности технического углерода по адсорбции азота

[3] ASTM D 3849 Стандартный метод испытаний морфологических характеристик технического углерода с использованием электронного микроскопа

# Структурность технического углерода

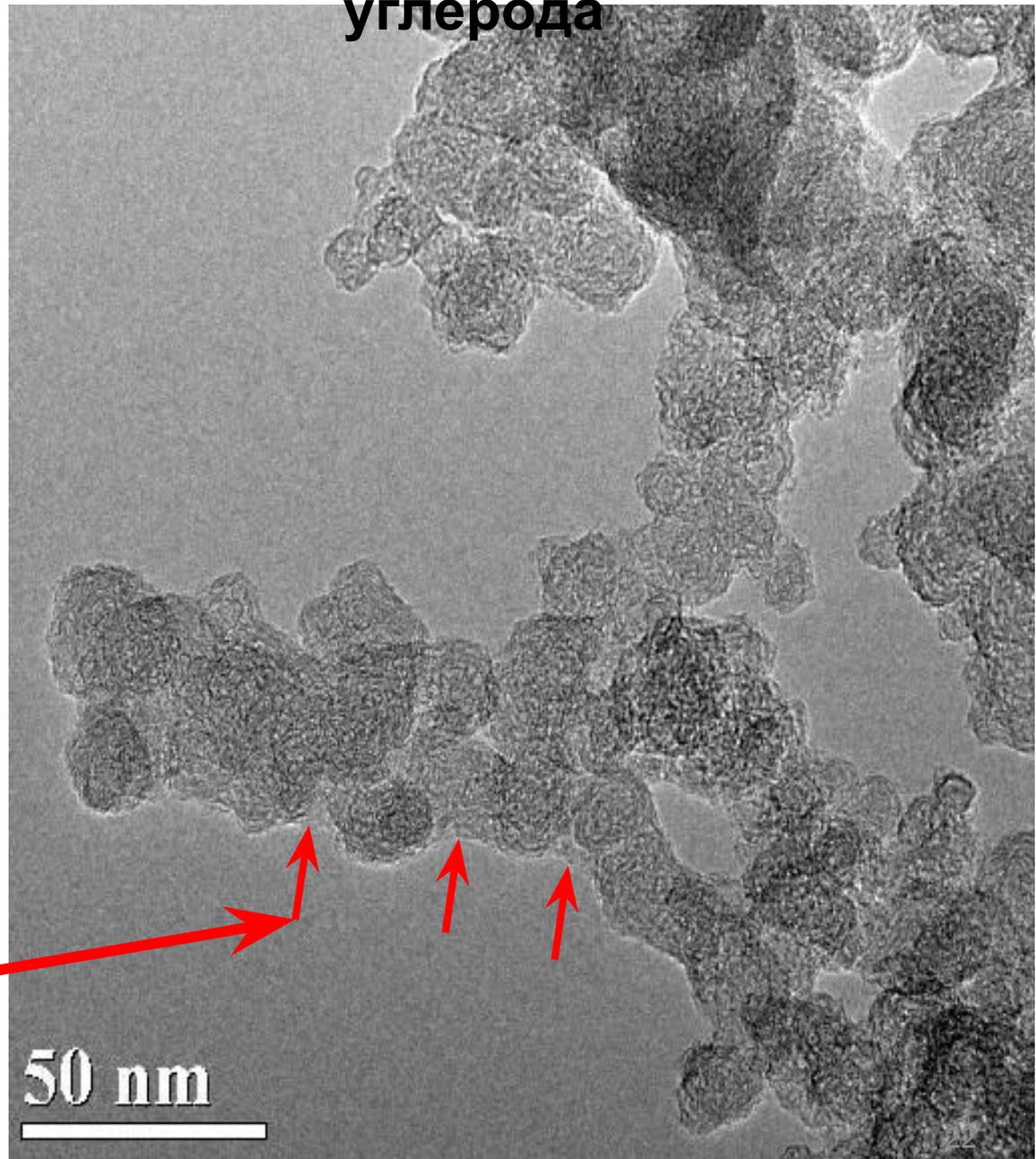


Глобулярные частицы

Агрегат частиц

При получении технического углерода глобулы в аэрозоле сближаются и места их контактов **зарастают углеродными слоями**. Образуются связнодисперсная система **первичных агрегатов** технического углерода.

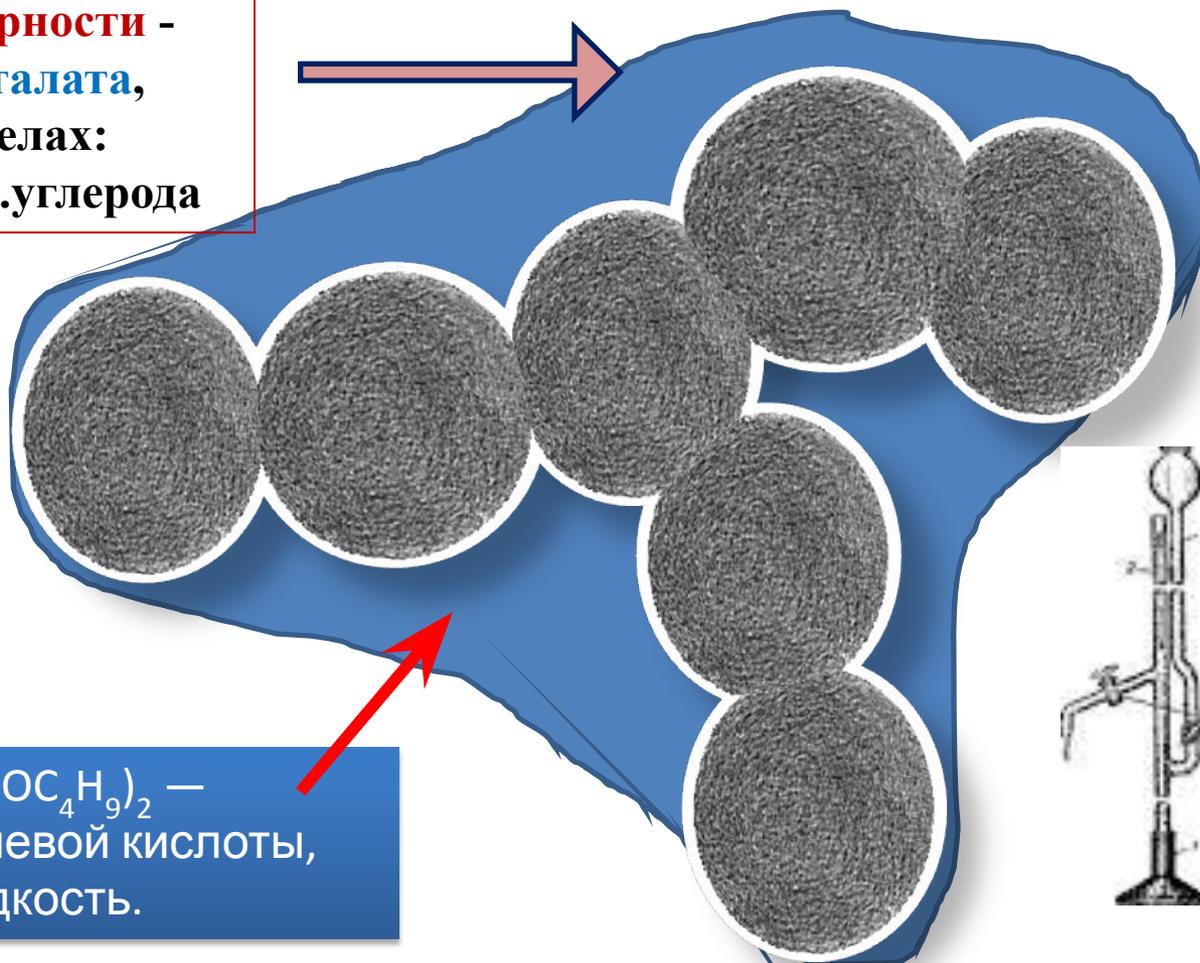
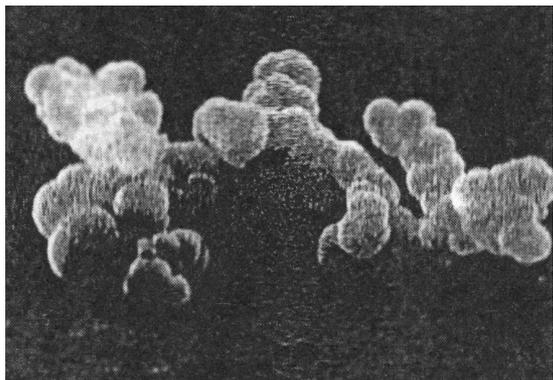
- **Наименьшей неделимой** частицей технического углерода является его **первичный агрегат**.



# Физический смысл показателя структурности - объём пустот в плотноупакованной массе ТУ

Для оценки структурности технического углерода используют абсорбцию дибутилфталата (ДБФ) – вязкую жидкость, заполняющую пустоты в техническом углероде, подобно каучуку при смешивании его с наполнителем.

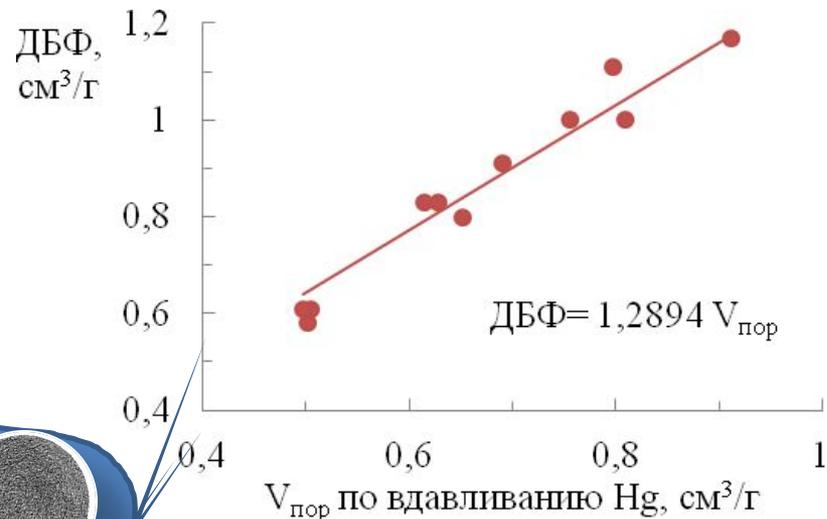
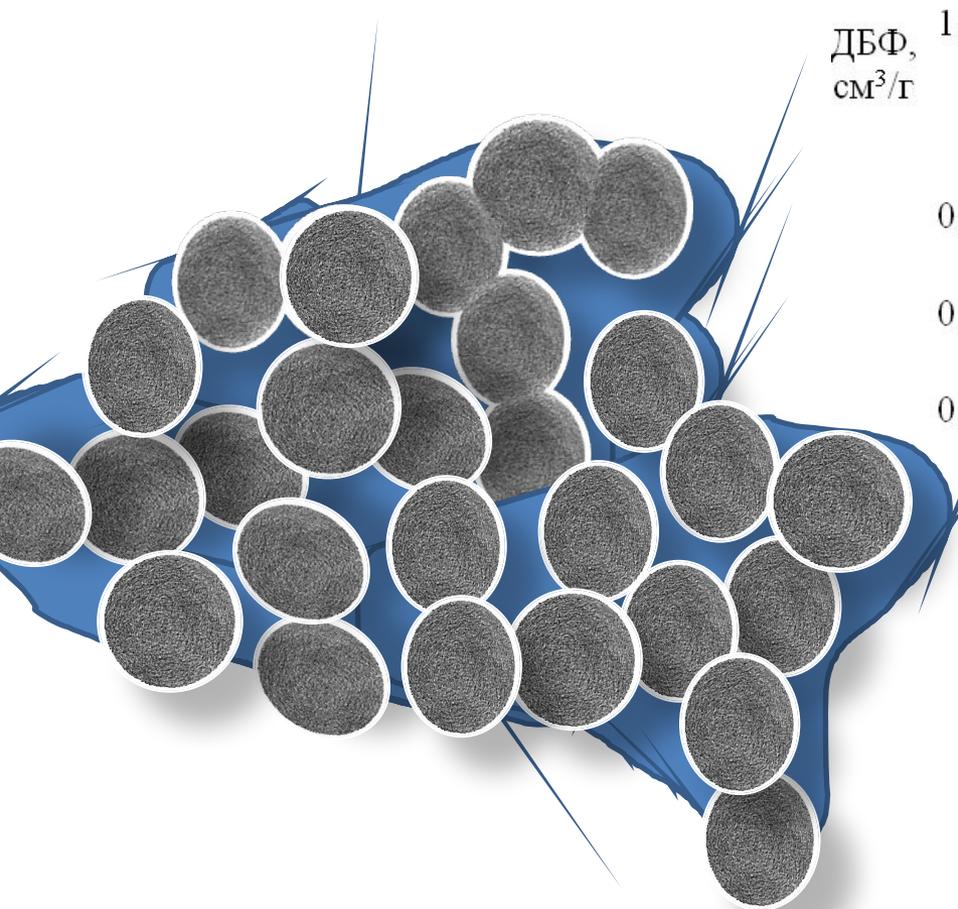
**Показатель структурности -  
Абсорбция дибутилфталата,  
находится в пределах:  
30 – 300 см<sup>3</sup>/100г техн.углерода**



**Дибутилфталат**  $C_6H_4(COOC_4H_9)_2$  — дибутиловый эфир фталевой кислоты, вязкая маслянистая жидкость.



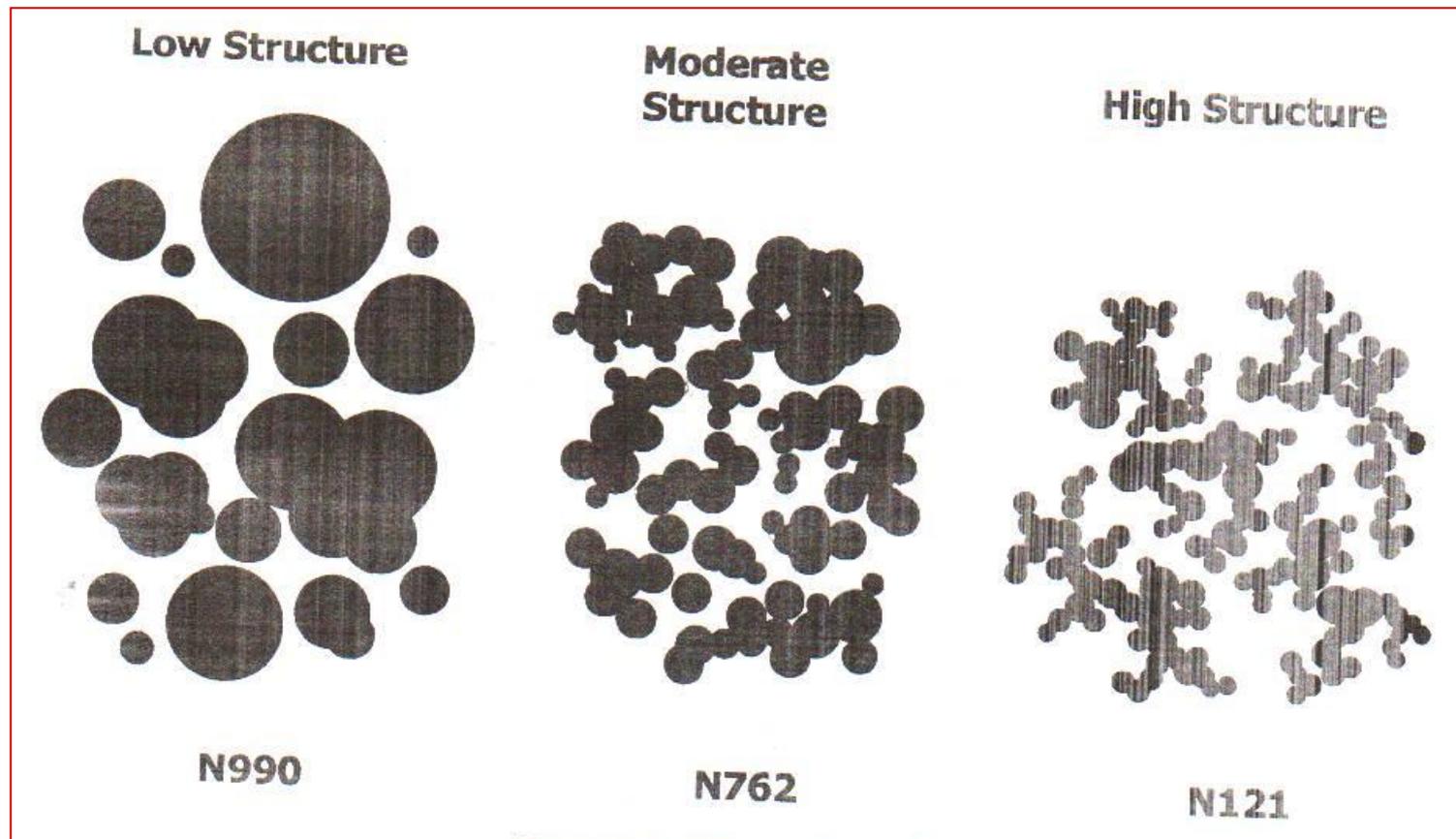
Величина абсорбции ДБФ включает действительный объём пор в ТУ(объём пор между частицами  $V_{\text{пор}}$ ) и объём пустот между первичными агрегатами, поэтому значения показателя ДБФ ~ на 30% выше, чем данные  $V_{\text{пор}}$ , полученные ртутной порометрией



Зависимость величины абсорбции ДБФ ТУ от объёма его пор  $V_{\text{пор}}$ , определенного по вдавливанию ртути [1]

[1] Эстрин Р.И., Овсянников Н.Я. Объём и размеры пор в первичных агрегатах технического углерода как факторы, влияющие на электрические характеристики вулканизатов //Вестник МИТХТ. 2008. т.3. №3. С.1-7

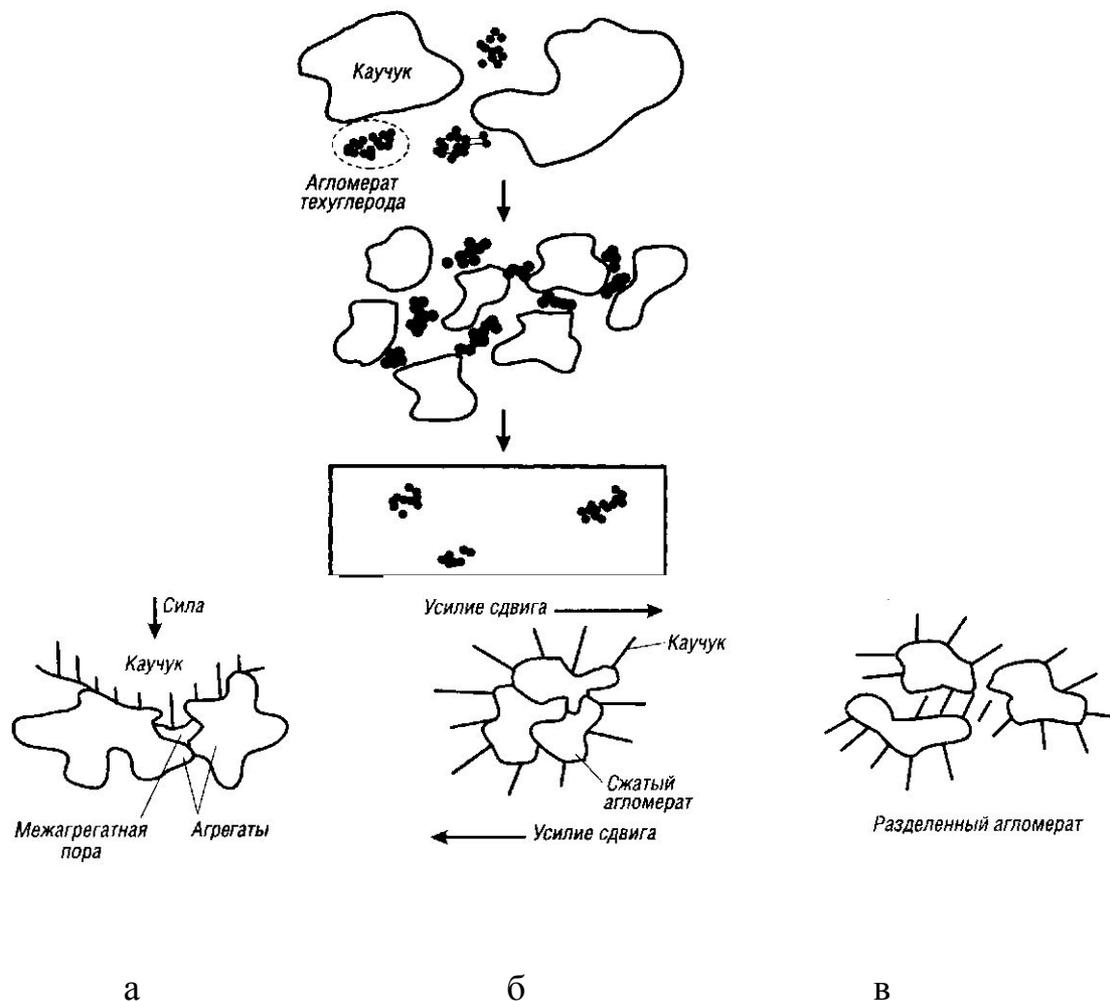
# ТУ подразделяют на типы по структурности: низкая , средняя и высокая структурность



# Высокоструктурный ТУ быстрее внедряется в каучук.

Модель процесса смешения гранул технического углерода с каучуком.

Стадия внедрения каучука в гранулу ТУ



Стадии процесса диспергирования технического углерода в эластомере: проникновение эластомера в агломерат (а), «луковичное отслаивание» агрегатов (б) и пептизация с распределением агрегатов в эластомере (в).

## 4. Классификация и типы технического углерода

# В мире создано более 120 марок технического углерода

Чтобы различать имеющиеся или унифицировать вновь предлагаемые на рынке типы технического углерода их подразделяют по следующим первичным признакам:

По **виду процесса** (печной, диффузионный, термический)

По **сырью** (из жидкого или газообразного сырья)

**По уровню свойств:**

По дисперсности (высоко-, средне-, низкодисперсный)

По активности в резине (высоко-, средне-, полу- и малоактивный)

По структурности (высоко-, средне-, низкоструктурный)

При заказе продукции используют её **ОБОЗНАЧЕНИЕ** по следующим классификационным признакам:

Марка технического углерода	Ассортимент выпускаемого технического углерода заводами				
	Кременчуг	Омск	Ярославль	Н.-Камск	Туймазы
N 121	-	■	■	■	-
N 220	■	■	■	■	-
N 234	■	■	■	■	-
N299	■	■	■	-	-
N326	-	■	-	■	-
N330	■	■	■	■	-
N339	■	■	■	■	-
N375	■	■	■	■	-
N347	-	■	■	-	-
N539	■	-	-	-	-
N550	■	■	■	■	■
N650	-	■	■	■	-
N660	-	■	■	■	-
N772	-	■		-	-
П 234	-	-	■	■	
П245	-	■	■	■	-
П324	-	■	■	■	-
П514	-	■	■	■	■
П803	-	-	-	-	■
П805S	-	-	-	-	■
П701	-	-	-	-	■
П705	-	-	-	-	■
Т 900	-	-	-	-	■
Серия УМ и др. серии Омcarb	-	■	-	-	-

# Классификационные признаки в обозначении технического углерода

- **В России:**
- - способ производства (**П**ечной, **К**анальный, **Т**ермический, **А**цетиленовый)
- - среднеарифметический диаметр частиц
- - удельная полная поверхность по адсорбции азота
- - структурность
- **ПРИМЕРЫ** П 245, К 354, Т 900, А 475

## 5-и индексное обозначение марки технического углерода в России

Индекс 1	Обозначение <i>П,Т,К,А</i>	Тип технического углерода: печной, термический, канальный, ацетиленовый	
<b>Символ группы индексов 2-4</b>	Индекс 2	Индекс 3	Индекс 4
	Среднеарифметический диаметр частиц, в нм, находится в пределах:	Удельная полная поверхность по адсорбции азота, в м <sup>2</sup> / г, находится в пределах:	Абсорбция дибутилфталата, в см <sup>3</sup> /100г, находится в пределах:
0	до 10	до 35	до 50
1	10 - 19	35 - 70	50-70
2	19 - 25	70 - 90	70-80
3	25 - 30	90-110	80-90
4	30 - 39	110-130	90-105
5	39 - 48	130-160	105-120
6	48 - 60	160-250	120-140
7	60 - 100	250-400	140-160
8	100 - 200	400-700	160-200
9	свыше 200	свыше 700	свыше 200
Индекс 5	Обозначение <i>О, ОД, ОС, Э,Т, У, ВЧ, К</i>	Дополнительная информация: окисленный, окисленный длиннотекучий, окисленный среднотекучий, высокочистый для электротехнической промышленности, улучшенный для РТИ, высокочистый для РТИ, для крашения химических волокон	

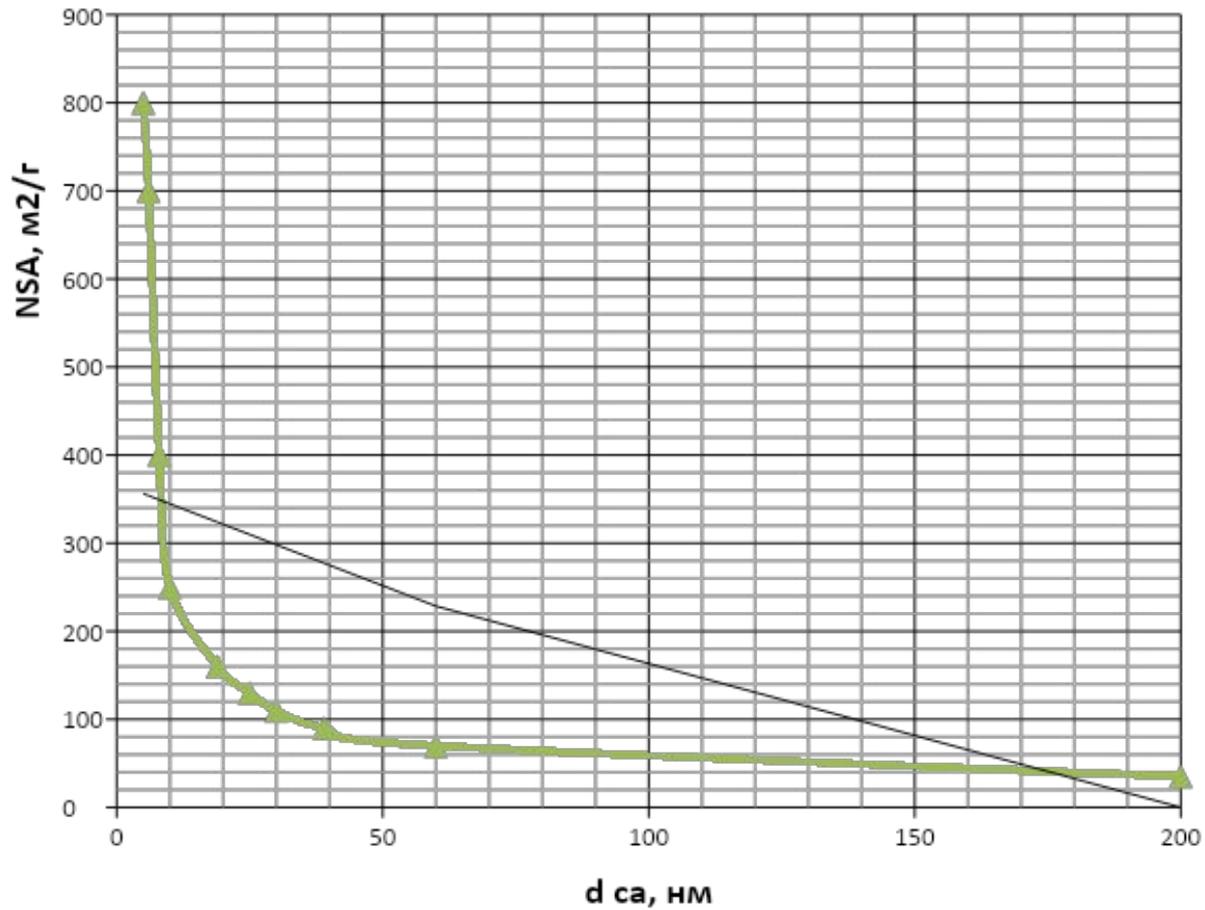
# Классификационные признаки в обозначении технического углерода

- **В США:**
- - скорость вулканизации ( **N** – нормальная, **S**-медленная)
- -удельная полная поверхность по адсорбции азота
- - уровень структурности относительно среднего уровня (100 см<sup>3</sup>/100г)
- **ПРИМЕРЫ** N 220, N 339, N 326, N 330, S 315

## Классификация технического углерода по ASTM D 1765 и ISO/TR12245:1994(E)

№ п/п	Индекс	Признак по ASTM D 1765-98 и ISO/TR12245:1994(E)
1	N	Скорость вулканизации нормальная, типичная для печных марок
1	S	Скорость вулканизации медленная, типичная для канальных марок
2	0	Удельная полная поверхность по адсорбции азота, в м <sup>2</sup> /г, находится в пределах: >150
2	1	121 - 150
2	2	100 - 120
2	3	70 - 99
2	4	50 - 69
2	5	40 - 49
2	6	33 - 39
2	7	21 - 32
2	8	11 - 20
2	9	0 - 10
3	10,20, ...90	Нормальный уровень структурированности марок индексов 1, 2,...9 соответственно
3	менее 10,20,...90	Низкий уровень структурированности марок индексов 1, 2,...9 соответственно
3	более 10,20,...90	Высокий уровень структурированности марок индексов 1, 2,...9 соответственно

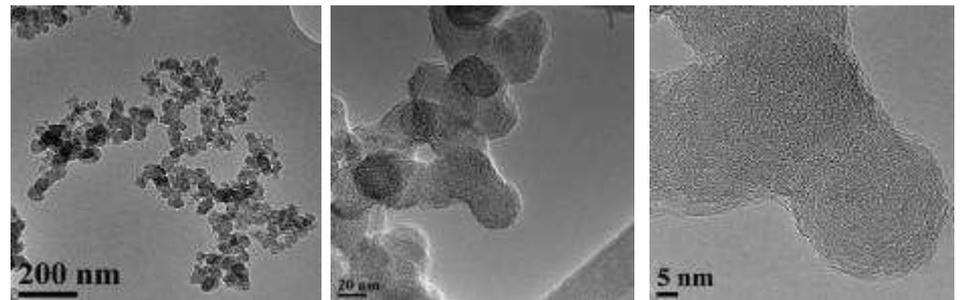
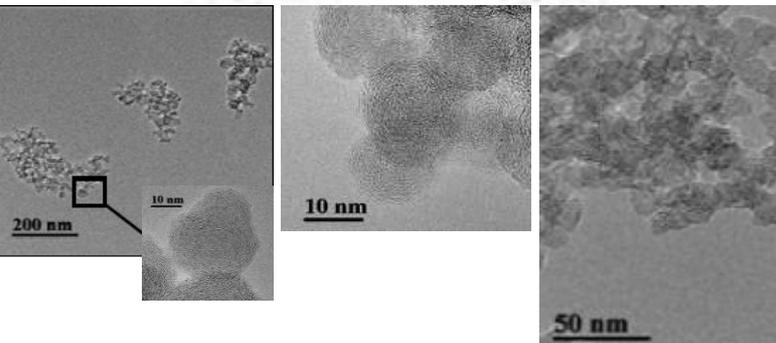
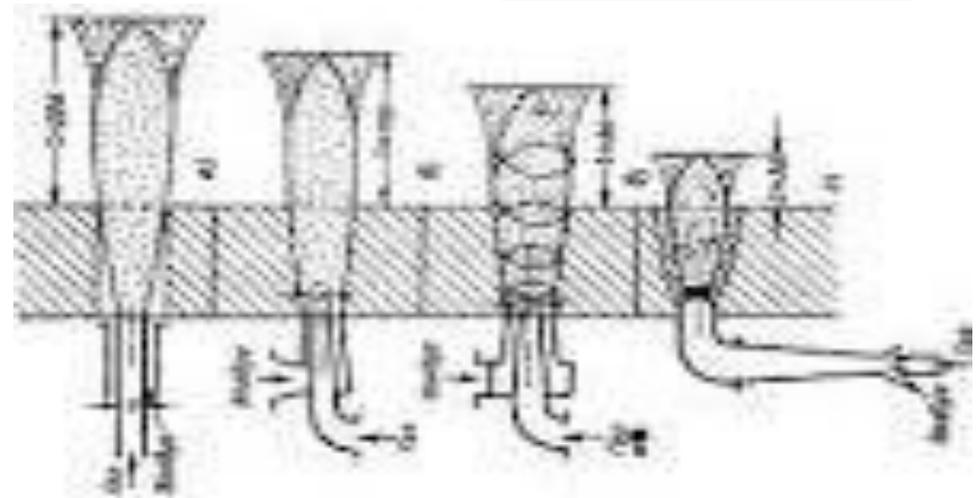
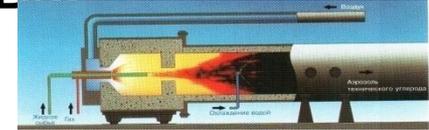
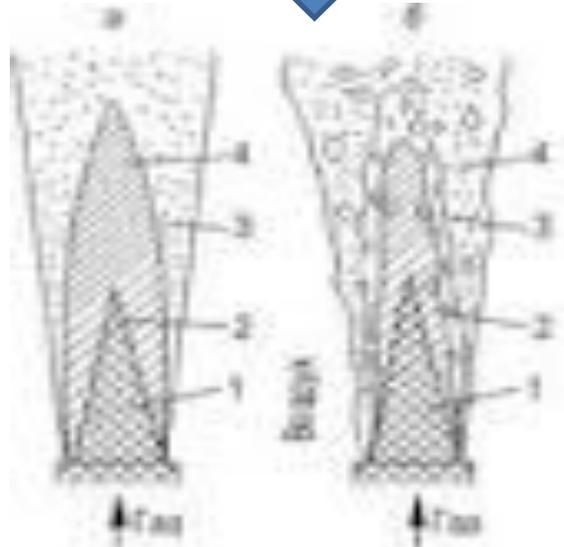
# Взаимосвязь между среднеарифметическим диаметром $d_{ca}$ частиц ТУ и удельной поверхностью по адсорбции азота (NSA)



# Разновидности промышленных процессов получения технического углерода

- Технический углерод получают при неполном горении углеводородов в пламёнах:

диффузионных или турбулентных

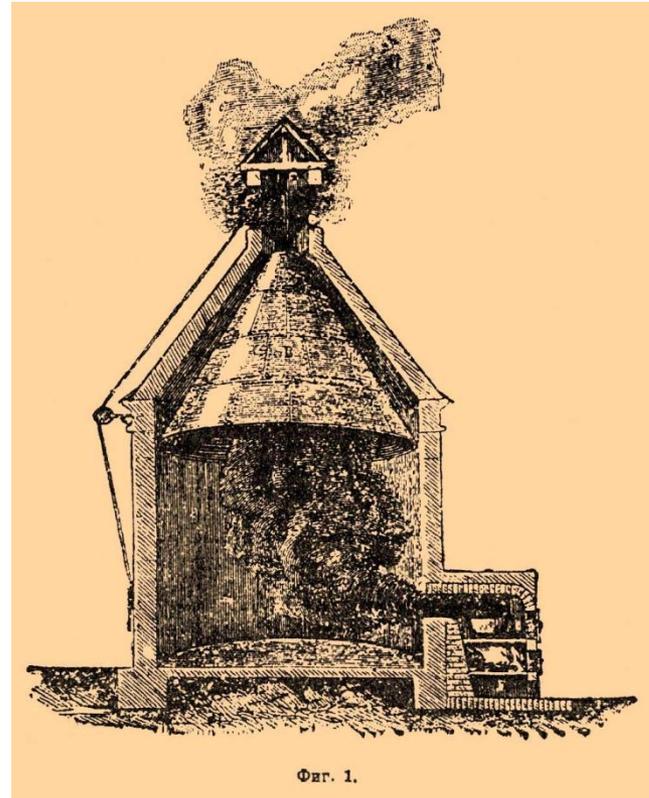


## 5. Разновидности промышленных процессов получения технического углерода

Первый в истории человечества способ получения технического углерода

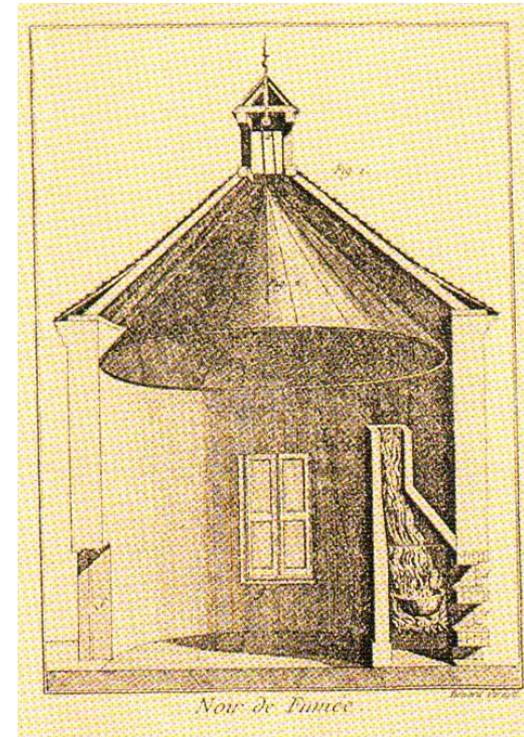
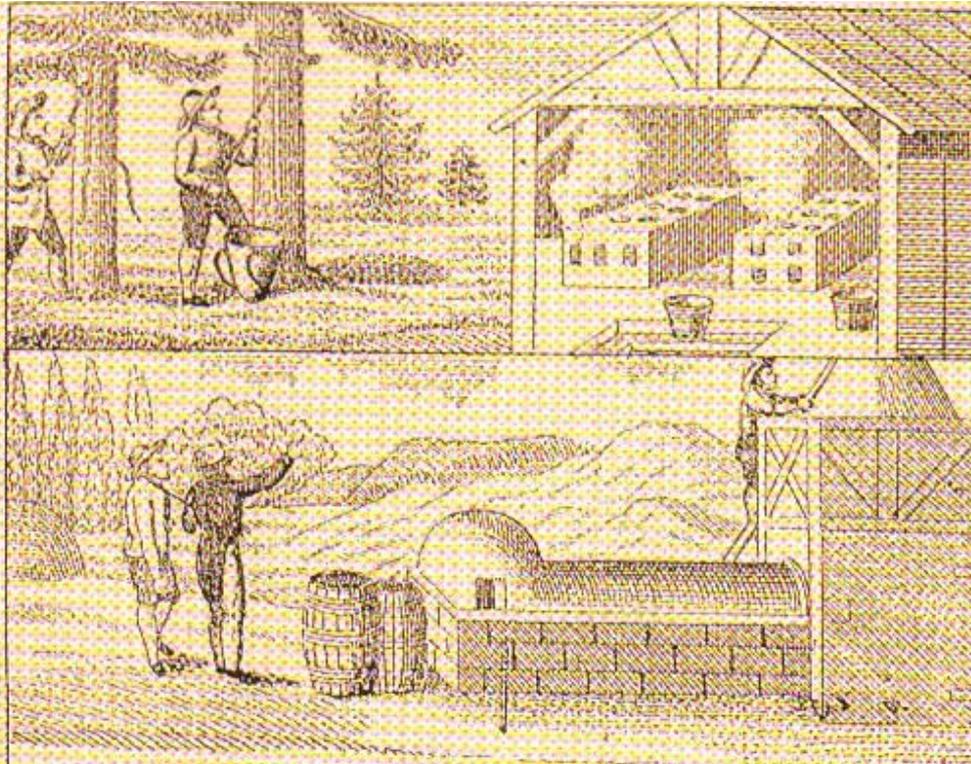


Лампада –  
небольшой сосуд с  
фитилем в слое  
лампадного масла



Ламповый

# Первые производства лампового технического углерода из живицы для печатных красок



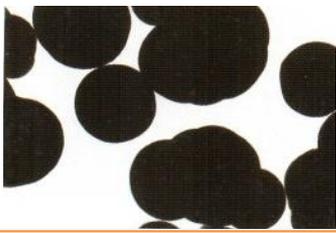
Кустарные производства ламповой сажи в Европе 17 века:  
«сажевые хижины» черного леса и «копотня».



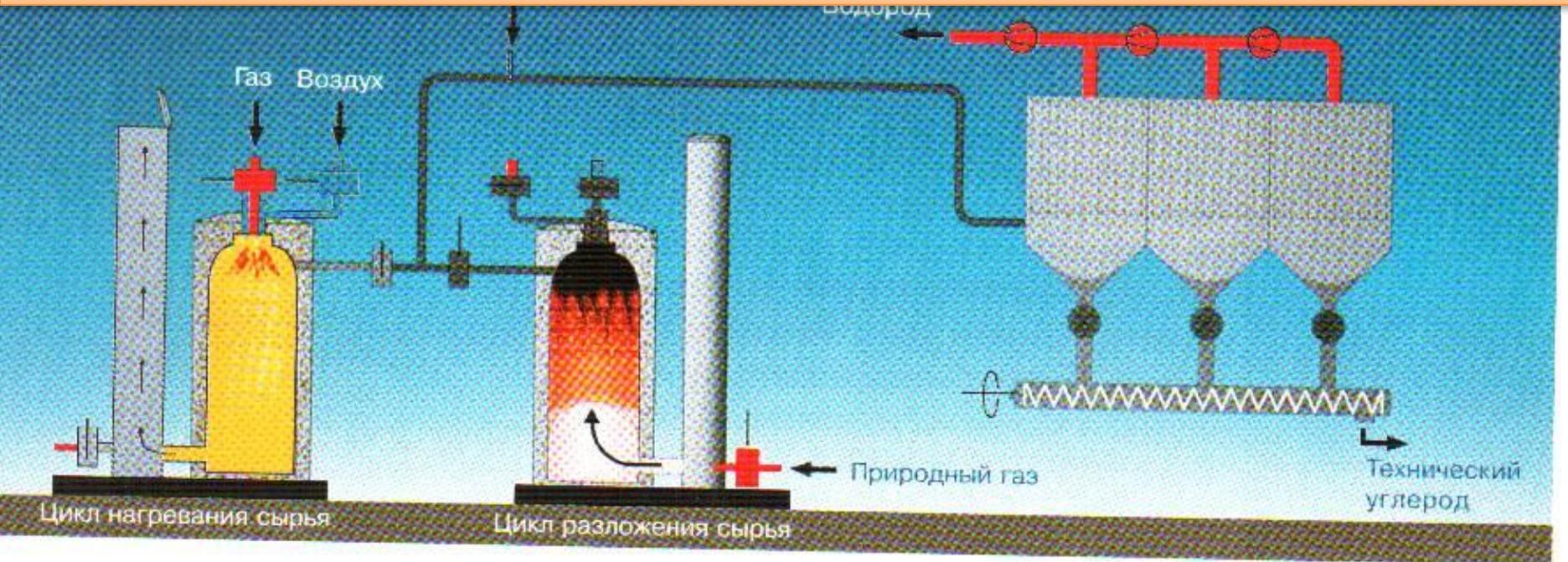
**Канальный способ получения технического углерода не отвечает современным требованиям экологии производства !**

Вид установки по производству  
технического углерода К 354 в цехе №5 Сосногорского ГПЗ





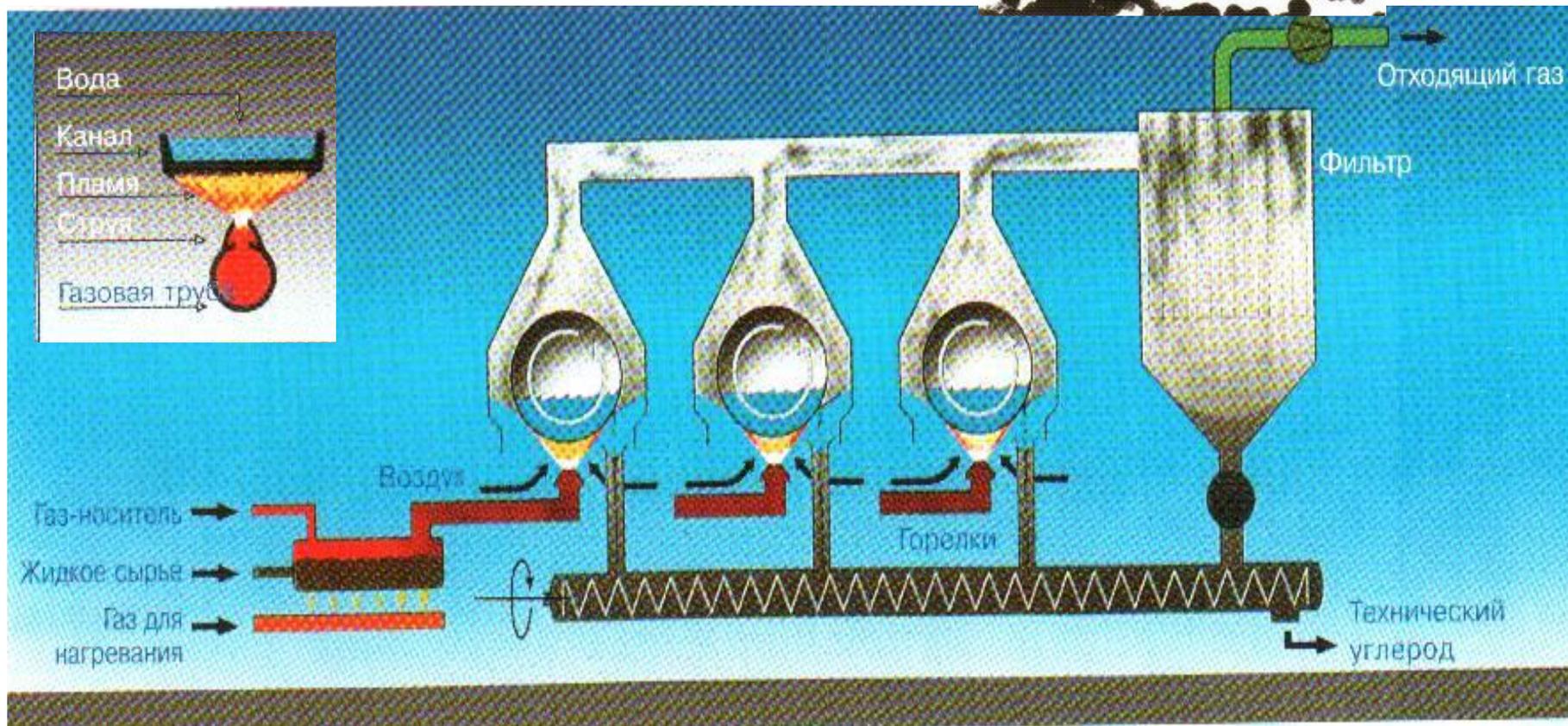
## Третий в истории человечества способ получения технического углерода из природного газа (1916 г)



## Термический

Способ получения термической сажи создан в 1916 году Браунли и Уинглером

Четвёртый в истории человечества способ получения технического углерода

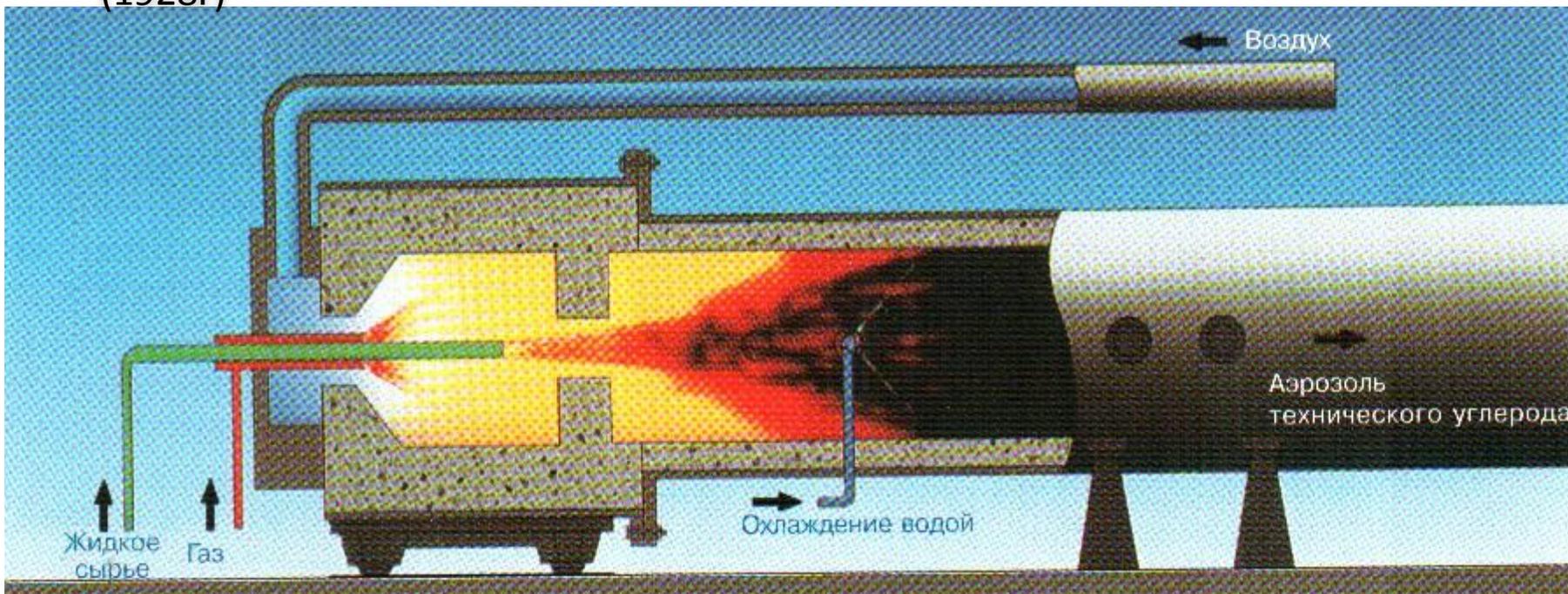


Газожидкостной

# Способы получения технического углерода



## Пятый в истории человечества способ получения технического углерода (1928г)



Газовый процесс (продукт из газового сырья, 1928 г.)

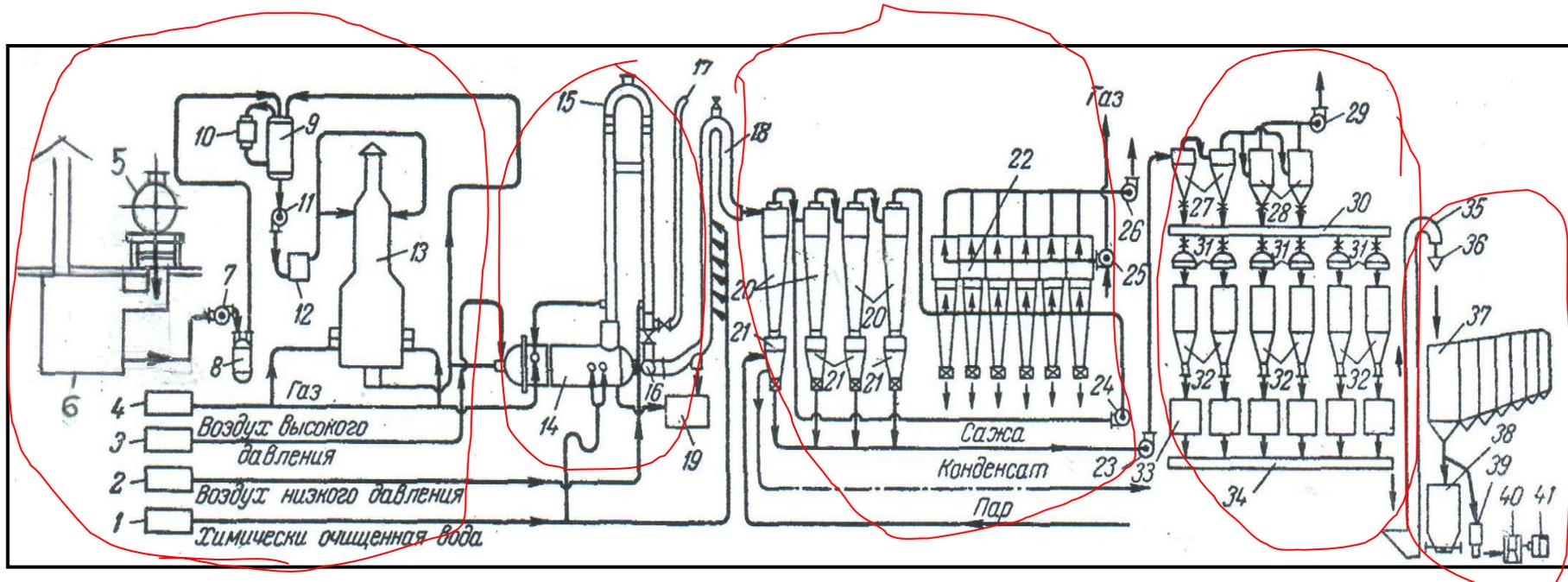


Печной процесс (продукт из жидкого сырья, 1943 г.)



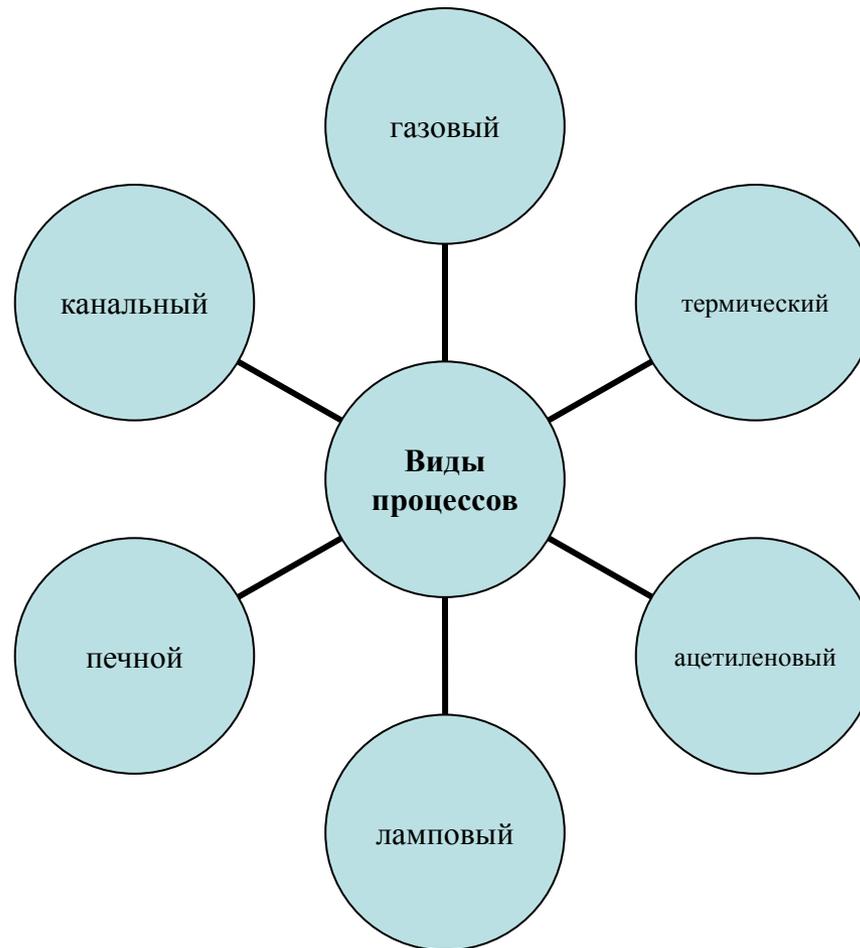
Реакторный цех ООО «Омсктехуглерод»

## Технологическая схема производства технического углерода



5 — цистерна с сырьём; 6 — резервуар сырья; 14 — реактор; 15 — воздухоподогреватель;  
16 — коллектор; 18 — холодильник; 20, 27 — циклоны; 21 — бункера циклонов; 22, 28 — рукавные  
фильтры; 23, 24, 25, 26, 29 — вентиляторы; 30 — распределительный шнек;  
31 — микроизмельчитель с магнитными сепараторами; 32 — уплотнители с мешалками;  
33 — грануляционные барабаны; 35 — элеватор; 37 — бункер готовой продукции; 38 — хоппер

# Разновидности промышленных процессов производства технического углерода



## Современные способы

производства технического углерода сводятся к следующим<sup>[1]</sup>:

### 1. Неполное сжигание углеводородов в диффузионном пламени, ограниченном охлаждающей поверхностью, в открытой системе.

Необходимый для горения кислород поступает путем диффузии воздуха через внешние слои пламени, причем количество его дозируется таким образом, чтобы часть углерода сырья осталась в виде твердого продукта — технического углерода (неполное горение), оседающего на охлаждающей поверхности. В качестве последней, применяются желоба, швеллеры, каналы и барабаны.

Полученные таким способом ТУ называют канальными

### 2. Термическое разложение углеводородов сырья в нагретой реакционной зоне без доступа воздуха

.Этот процесс называют **термическим**, и полученный при этом технический углерод — термическим. Вариантом другого термического процесса является получение технического углерода при электрокрекинге метана или разложении ацетилена в электрической дуге

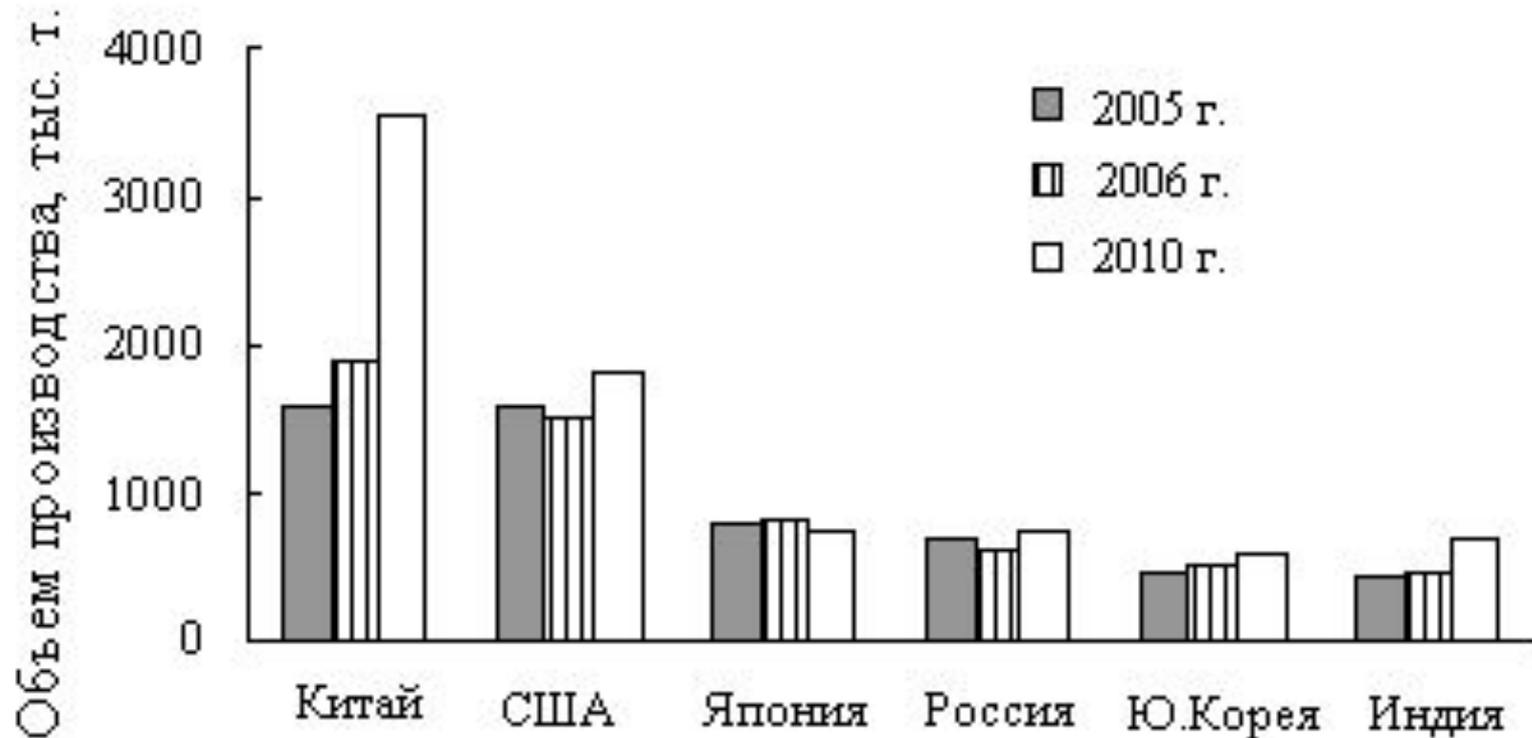
### 3. Термоокислительное разложение углеводородов в турбулентном потоке в закрытой системе, образованном продуктами неполного горения, в специальных печах или реакторах.

Технический углерод, полученный таким способом, называют **печным**.

---

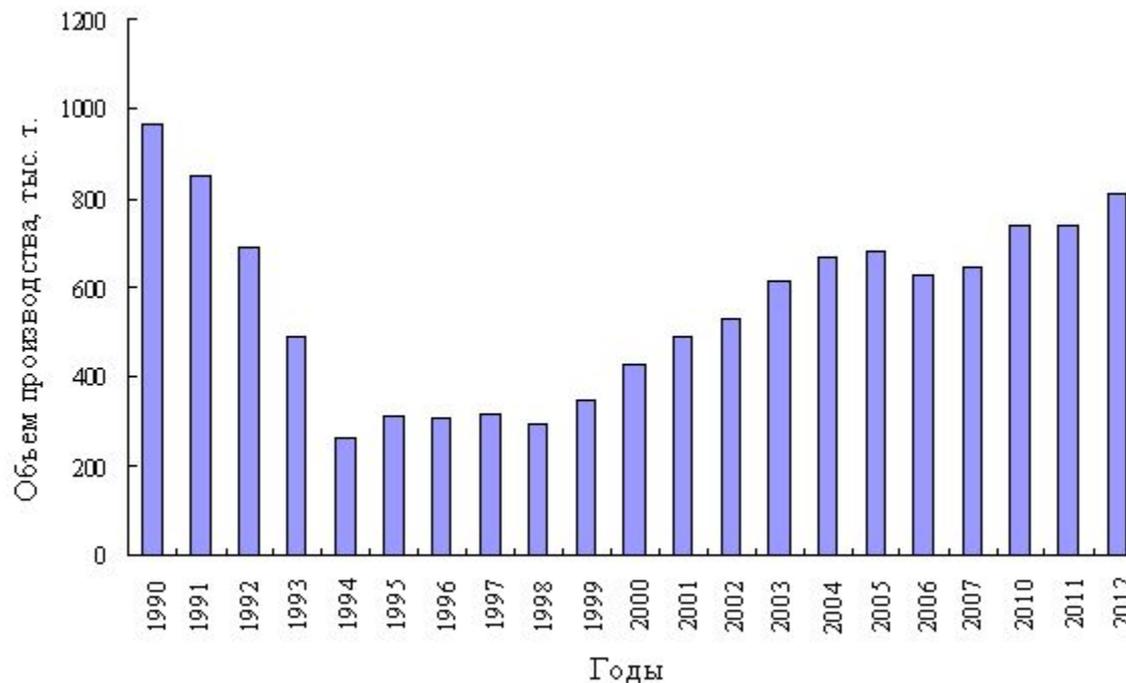
[1] Carbon Black./ed. J.-B. Donnet, R.C.Bansal, M.-J. Wang.-1993.-MARCRL DEKKER, INC, New York, ISBN 0-8247-8973-X.

# Производители технического углерода



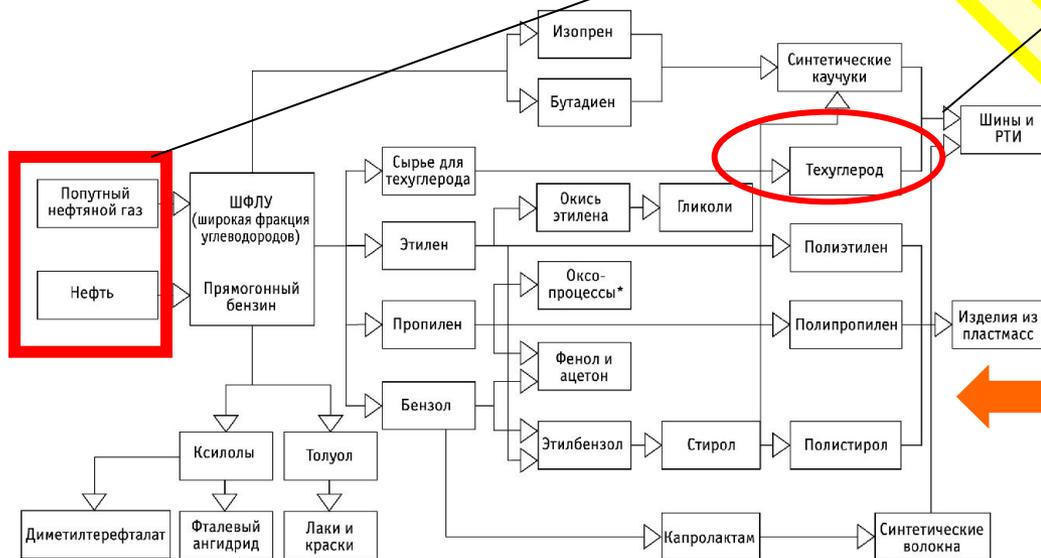
- 1 Почему выгодно получать технический углерод в стране?
- 2 Общая характеристика производства технического углерода
- 3 Области применения технического углерода
- 4. Классификация технического углерода.
- Как правильно называется марка технического углерода, о чём говорит её название?
- Разные подходы к обозначению по классификации технического углерода в России и в США

# Динамика производства ТУ в России



# Почему выгодно получать технический углерод в стране?

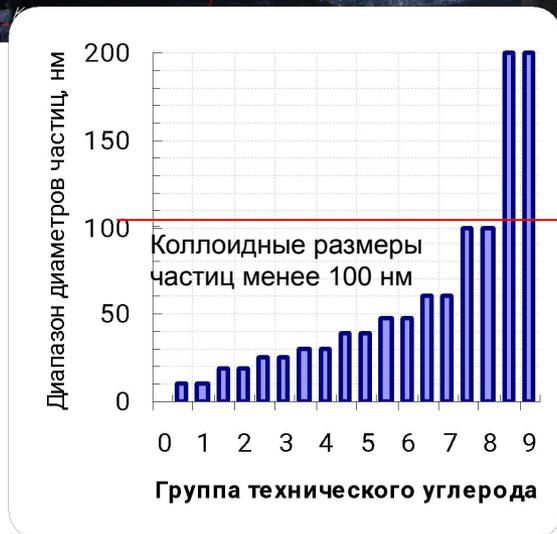
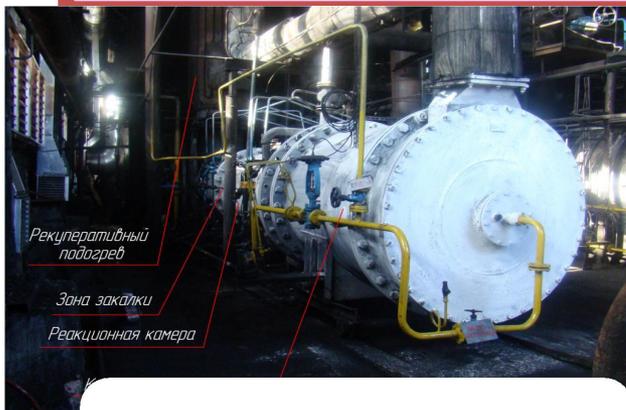
США	Индонезия	Великобритания
Канада	Вьетнам	Нидерланды
Мексика	Саудовская Аравия	Швеция
Бразилия	Иран	Норвегия
Аргентина	Египет	Чехия
Япония	Россия	Польша
Индия	Украина	Румыния
Китай	Туркменистан	Венгрия
Корея	Германия	Словения
Тайвань	Франция	Хорватия
Тайланд	Бельгия	Австралия
Малайзия	Италия	



**18% ( 35 из 194) стран в мире производят технический углерод**

**Технический углерод в схеме нефтехимического производства**

# Общая характеристика производства технического углерода



- **Многотоннажное** (мировое производство 11 млн. т)
  - **Многоассортиментное** (более 120 марок продукта)
  - **Монофункциональное** (Оборудование не может использоваться для получения других продуктов)
  - **Экологически напряженное**
- ПДК 4мг/м<sup>3</sup>

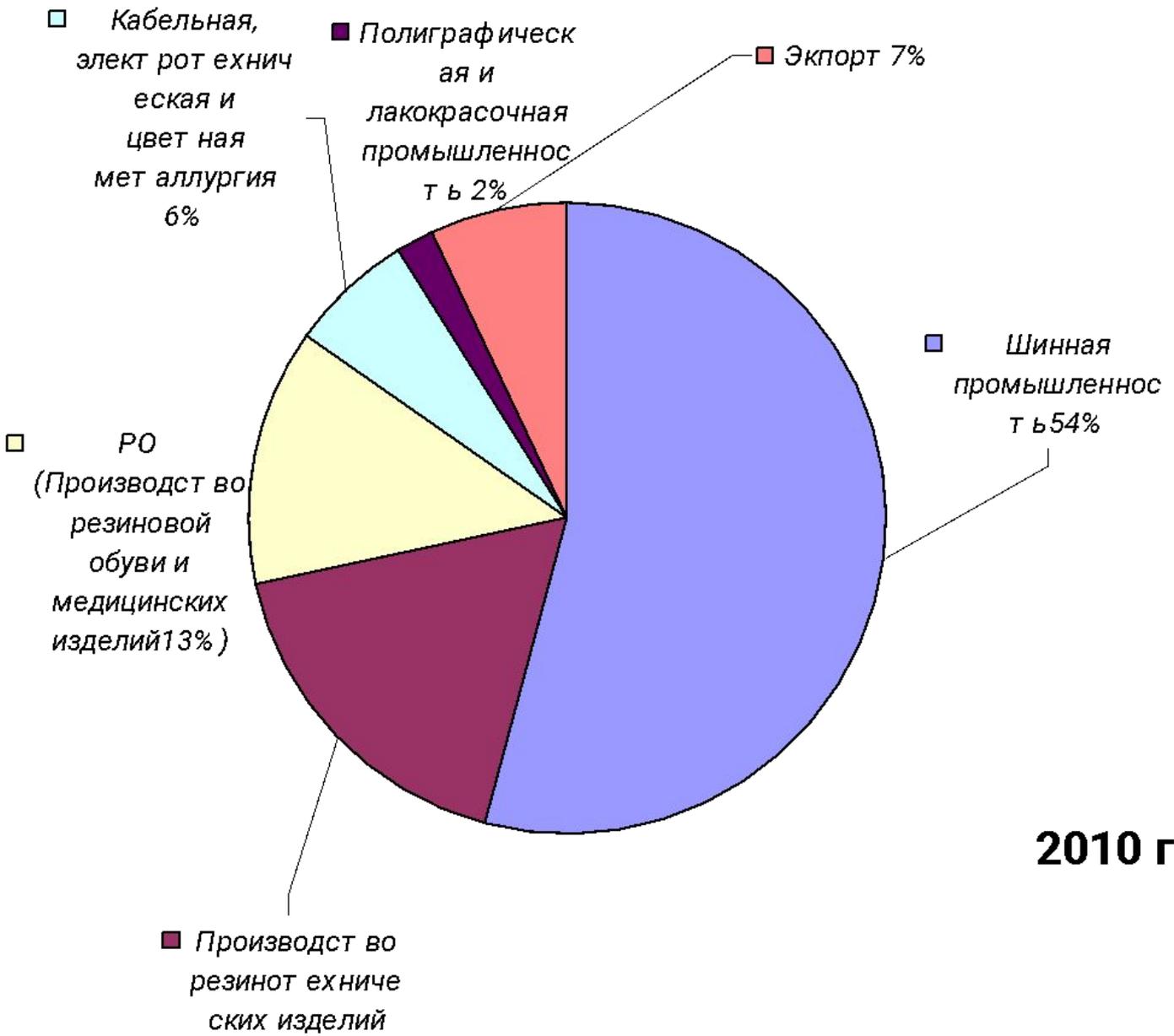


## Причины, обуславливающие изменения в производстве технического углерода

- **Унификация ассортимента** (исчезновение национальных марок)
- **Улучшение экологии производств** (дожиг отходящих газов)
- **Замена малоэкологичных процессов**
- **Снижение себестоимости продукции**

# Состояние и перспективы производства и применения технического углерода

## Области применения технического углерода



**2010 г**



## «Умная» шина (Smart Tire)

При создании «умной шины» модифицированный 1,2-СПБ может служить надежной матрицей для надежного крепления частиц «умной пыли». Синдиотактический 1,2-полибутадиен (СПБ–1,2) представляет собой высокомолекулярный полимер с высоким содержанием 1,2 – звеньев синдиотактического строения и регулируемой кристалличностью от 5 до 30 %, относится к классу

термоэластопластов. На его основе могут быть реально созданы также метаматериалы - т.н.«невидимый» оптоволоконный кабель и т.н.«невидимые» ткани.

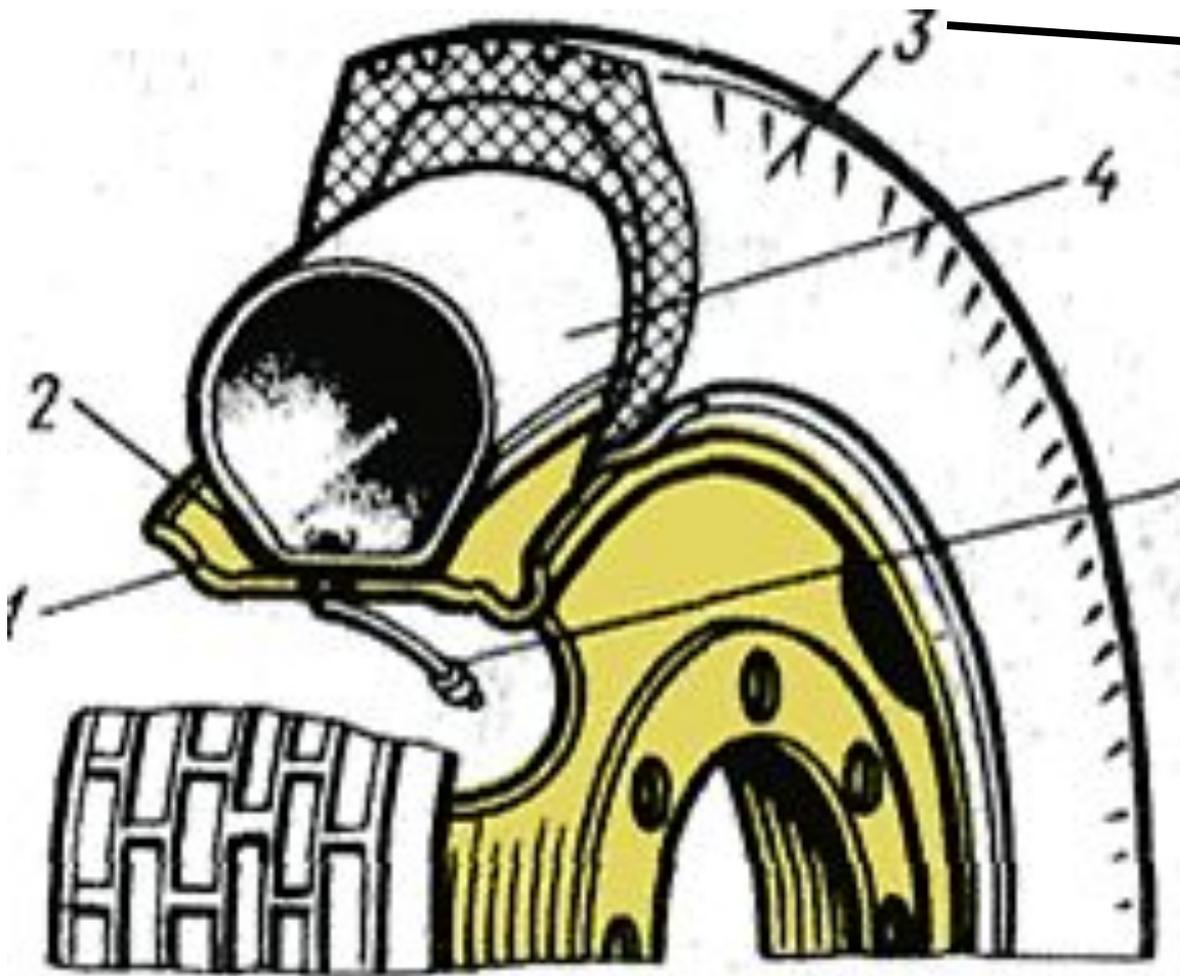
Причем это технически осуществимо в промышленных масштабах и уже сегодня.

В каждой такой пылинке - микропроцессор (чип), который поглощает направленную на него радиоволну и под ее воздействием испускает соответствующий сигнал – например, идентификационный номер. Они непрерывно измеряют и так же непрерывно передают контрольной системе данные о состоянии (вибрации, температуре, давлении) шин.

Миниатюрность этих устройств делает их незаменимыми там, где возможности контроля ограничены малостью объема. Новая технология будет служить целям безопасности.

## АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ШИНЫ

Самой ответственной частью автомобильного колеса является пневматическая шина. Она поглощает небольшие толчки и удары от неровностей дороги при движении.



*Автомобильная шина в сборе с колесом*

1 – обод, 2 – ободная лента,  
3 – шина (покрышка),  
4 – камера, 5 – вентиль

Покрышка состоит из каркаса, бортов, брекера (подушечного слоя), боковин и протектора

**Поперечный разрез  
покрышки:**



- 1 – борт,**
- 2 – проволочное бортовое кольцо,**
- 3 – каркас,**
- 4 – брекер,**
- 5 – боковина,**
- 6 - протектор**

**Протектор** ([лат.](#) *protector* — защитник) — нечто или некто, служащее защитой.

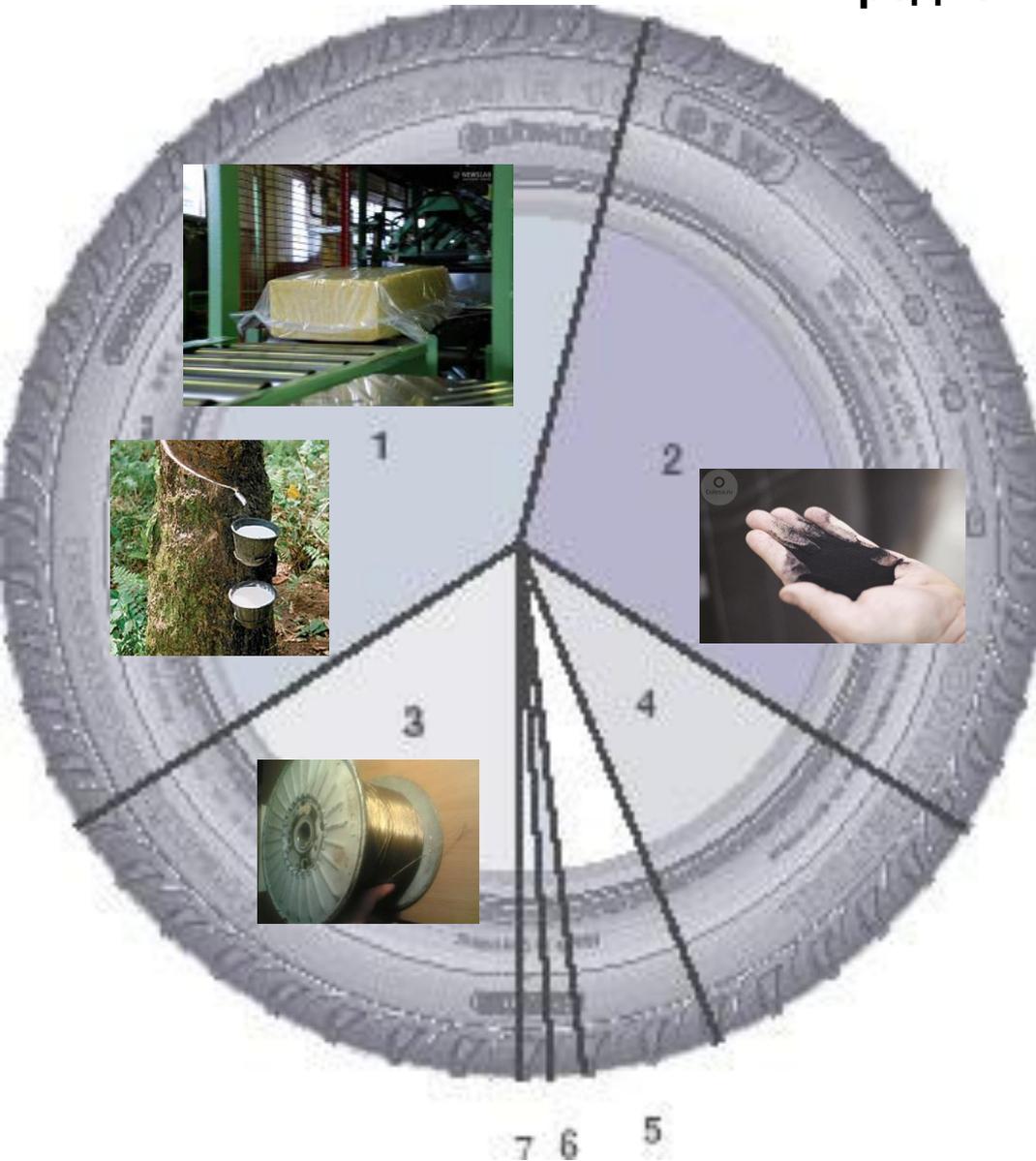
•Протектор в технике — технический элемент, служащий для защиты устройства или его частей.

•**Протектор** — элемент шины (покрышки) колеса, предназначенный для защиты внутренней части шины от проколов и повреждений, а также для формирования оптимального пятна контакта шины.

•**Протектор** — покрытие на основе каучука, защищающее топливные баки и топливопроводы боевых самолётов от результатов повреждений

## Ингредиенты шинных резин:

- 1 **Каучук** (природный и синтетический) — 41%;
- 2 **Наполнители** (силикаты, углерод, мел:) — 30%;
- 3 **Упрочнители** (сталь, нейлон) — 15%;
- 4 **Мягчители** (масла и смолы) — 6%;
- 5 **Химикаты для вулканизации** (сера, оксид цинка, различные другие химикаты) — 6%;
- 6 **Химикаты, предотвращающие старение** (против воздействия озона и усталости материала) — 1%;
- 7 **Прочие** — 1%.



# Виды мягкой, средней и жёсткой резины в автошине и их наполнители

Жесткие резины

N220  
N231  
N234  
N299



Средние резины

N358  
N351  
N347  
N343  
N339  
N330  
N326

Сверхжесткие резины

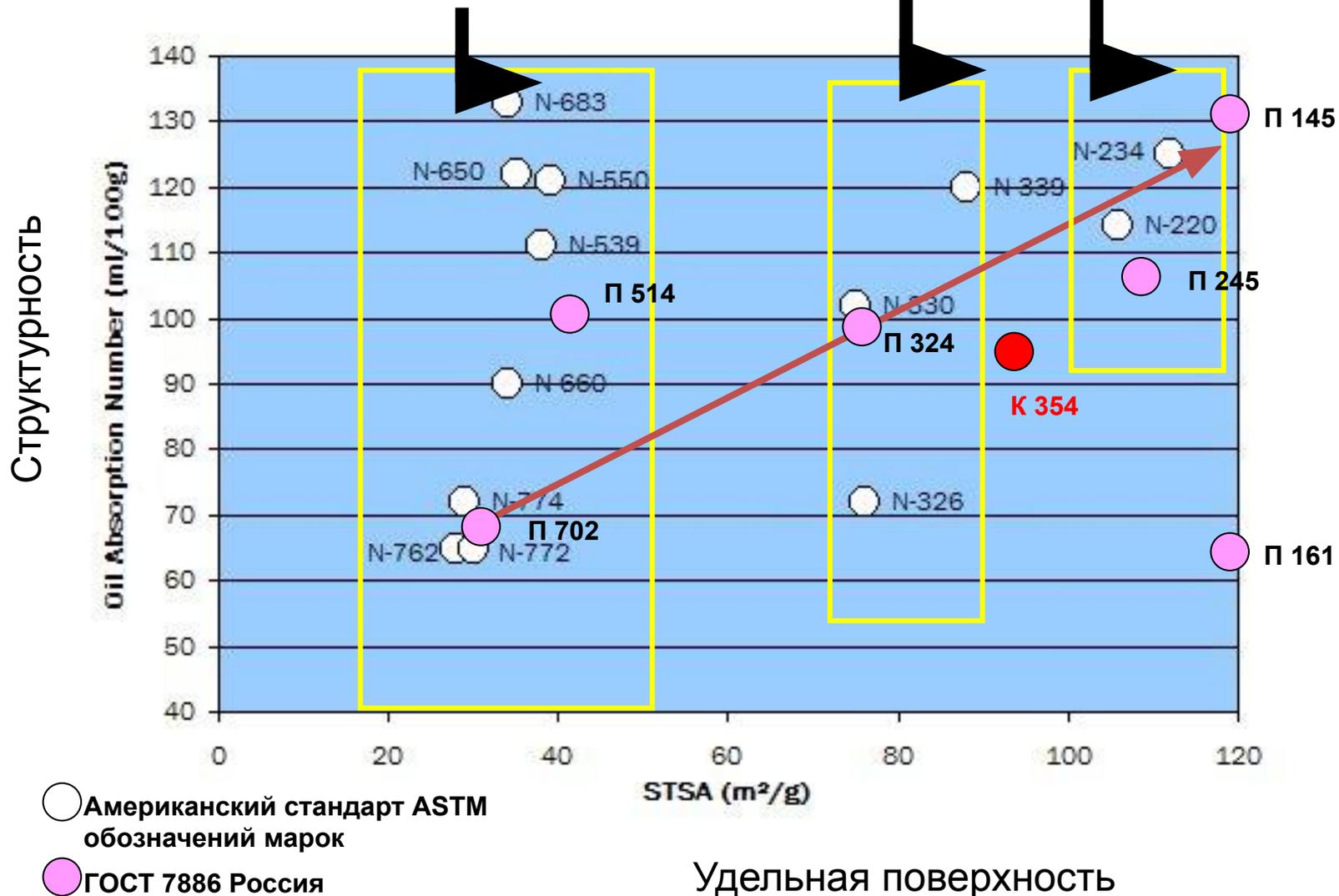
N110  
N121  
N134

Мягкие резины

N550  
N650  
N660  
N762  
N774  
N772

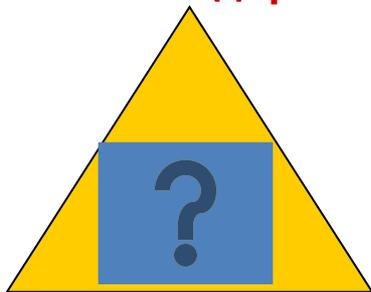
перспективы применения

# Марки технического углерода для резины мягкой, средней и жёсткой



# перспективы применения дисперсных углеродных материалов

**Безопасные**  
**Сцепление с дорогой**



**«Магический»  
треугольник  
эксплуатационных  
характеристик шин**

**Износостойкость**

**Потери на  
качение**

**Экономные**

**Экологичные**



## Характеристика дисперсности и параметров технологии получения типов технического углерода\*

Тип технического углерода	Удельная поверхность S уд., м <sup>2</sup> /г	Средний диаметр частиц d са, нм	Температура синтеза, °С	Время синтеза, с	Скорость газового потока в реакторе, м/с
<b>100</b>	143	27	1800	0,008	400-500
<b>200</b>	117	32	1650	0,010	300-500
<b>300</b>	80	46	1550	0,031	180-300
<b>500</b>	42	93	1450	1,0	30-50
<b>600</b>	34	109	1400	1,5	30-40
<b>700</b>	30	124	1350	2-5	10-20

\*Ивановский В.И. Технический углерод. Процессы и аппараты: Учебное пособие./Омск:ОАО «Техуглерод», 2004.-228с.

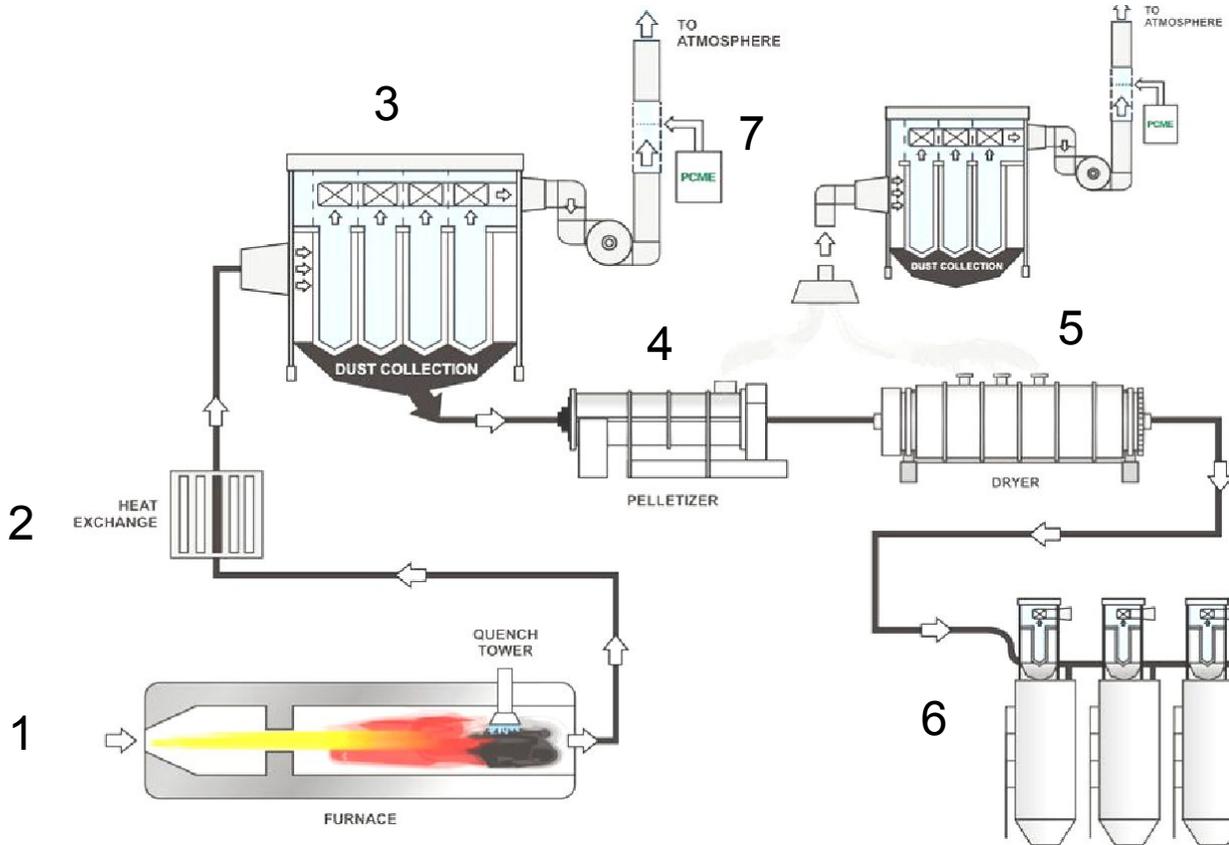
**Показатели свойств технического углерода, получаемого разными промышленными технологическими процессами**

<b>Показатели свойств техуглерода</b>	<b>Способ промышленного производства</b>				
	<b>Печной</b>	<b>Канальный</b>	<b>Термический</b>	<b>Ламповый</b>	<b>Ацетиленовый</b>
<b>Диаметр частиц, нм</b>	<b>13-70</b>	<b>10-30</b>	<b>150-500</b>	<b>50-100</b>	<b>350-500</b>
<b>Уд.поверхн по N<sub>2</sub>, м<sup>2</sup>/г</b>	<b>20-950</b>	<b>100-1125</b>	<b>6-15</b>	<b>20-100</b>	<b>60-70</b>
<b>Абсорбция ДБФ, см<sup>3</sup>/100г</b>	<b>65-200</b>	<b>100-570</b>	<b>30-50</b>	<b>100-170</b>	<b>300-350</b>
<b>Летучие, %</b>	<b>0,3-4</b>	<b>3-17</b>	<b>0,1-0,5</b>	<b>0,3-10</b>	<b>0,3-0,4</b>
<b>pH водн.сусп.</b>	<b>3-9,5</b>	<b>3-6</b>	<b>7-8</b>	<b>3-7</b>	<b>5-7</b>



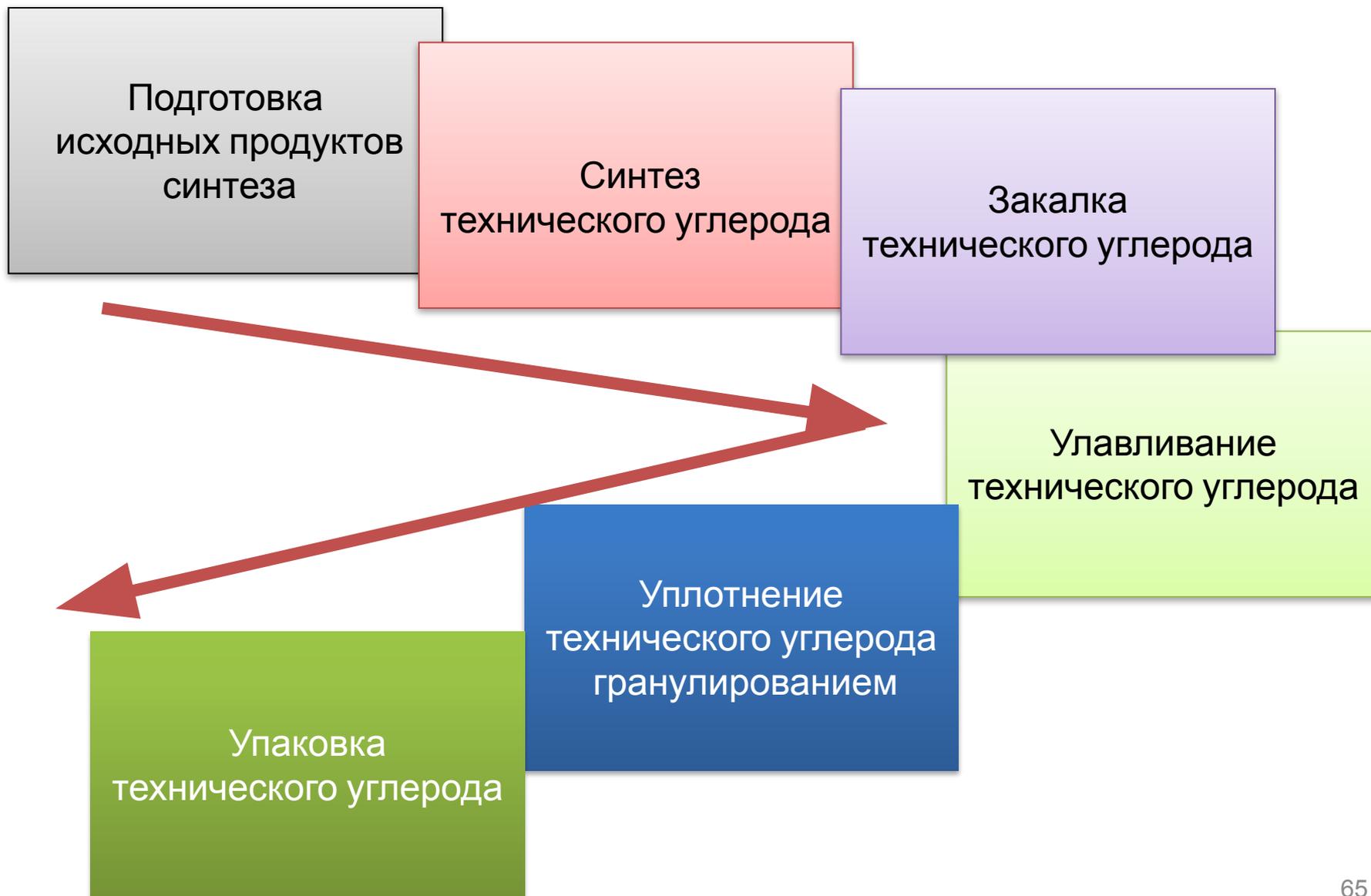
1. Технологическая схема получения технического углерода
2. Оборудование участка сырья завода технического углерода
- 3 Устройство реактора для синтеза технического углерода

# Технологическая схема получения печного технического углерода



- 1- реактор;
- 2 – подогреватель воздуха высокого давления;
- 3- фильтр рукавный;
- 4-смеситель-гранулятор;
- 5 – барабан сушильный;
- 6–бункер надрельсового склада,
- 7 - печь дожига.

# Общая технологическая схема получения технического углерода

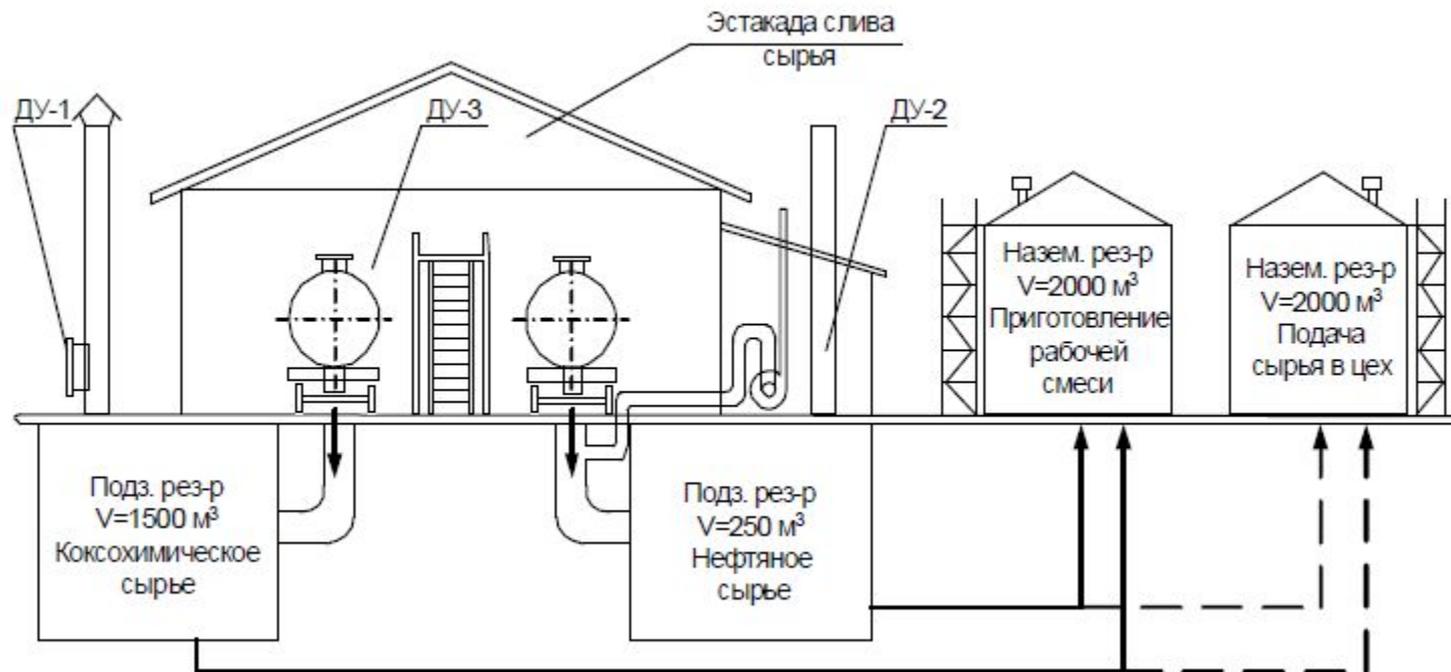


## Подготовка исходных продуктов синтеза

- Подготовка сырья
- Подготовка технологической воды (обессоливание или химическая очистка)
- Подготовка воздуха (очистка, подогрев)

№ п/п	Наименование сырья, материалов, полупродуктов	ГОСТ, ОСТ, СТП, ТУ, регламент или методика на подготовку сырья	Регламентируемый показатель	Значение показателя	
				Марка А	Марка Б
1	Антраце-новая фракция (Марка А и Б)	ГОСТ 11121-88 Сырье для производства технического углерода (с изм. 1,2,3,4)	1. Плотность при 20°C, г/см <sup>3</sup> , не менее 2. Массовая доля воды, %, не более 3. Фракционный состав, % (по объему): до 210°C, не более до 300 °С, не более до 360 °С, не менее 4. Массовая доля сырого антрацита, %, не более 5. Осадок при 70°C 6. Коксуемость (коксовое число), %, не более 7. Зольность, %, не более 8. Массовая доля иона натрия, %, не более 9. Массовая доля иона калия, %, не более 10. Массовая доля механических примесей, %, не более	1,12 1,0 1 20 не норм 20 не норм 2,0 0,05 0,001 не норм 0,02	1,10 1,0 1 25 не норм 18 не норм 1,0 0,5 0,001 не норм 0,02
2	Антраце-новое масло	ГОСТ 11126-88 Сырье коксохимическое для производства технического углерода (с изм. 1,2,3,4)	1. Плотность при 20°C, г/см <sup>3</sup> , не менее 2. Массовая доля воды, %, не более 3. Фракционный состав, % (по объему): до 210°C ,не более до 300 °С, не более до 360 °С, не менее 4. Массовая доля сырого антрацита, %, не более 5. Осадок при 70°C 6. Коксуемость (коксовое число), %, не более 7. Зольность, %, не более 8. Массовая доля иона натрия, %, не более 9. Массовая доля иона калия, %, не более 10. Массовая доля механических примесей, %, не более	1,10 1,0 1 30 не норм не норм отсутствует 1,5 0,05 0,001 не норм 0,02	
3	Тяжелая пиролиз-ная смола	ТУ 38.602-01-197-91 (с изм.1,2,3)	1. Плотность при 20°C,г/см <sup>3</sup> , не менее 2. Вязкость кинематическая при 100°C, мм <sup>2</sup> /с, не более 3. Температура отгона 3%-го объема, °С, не менее 4. Коксуемость, %, не более 5. Индекс корреляции по вязкости, не менее 6. Массовая доля воды, %, не более 7. Массовая доля механических примесей, %, не более 8. Вязкость кинематическая при 50°C, мм <sup>3</sup> /с, не более	1,005-1,065 5 180 12 125 0,2 0,08 40	

## Оборудование участка сырья завода технического углерода



**Смещение** сырья в определенном соотношении осуществляется для обеспечения стабильности процесса и однородности качества технического углерода. Для приготовления смесей в резервуар, предназначенный для смешения, подают в заданных количествах различные компоненты и затем насосом перемешивают содержимое в течение 18 – 24 часов по схеме: резервуар – насос – теплообменник – резервуар.

В настоящее время крупные заводы по производству технического углерода используют для **обезвоживания** сырья специальные аппараты – влагоиспарители.

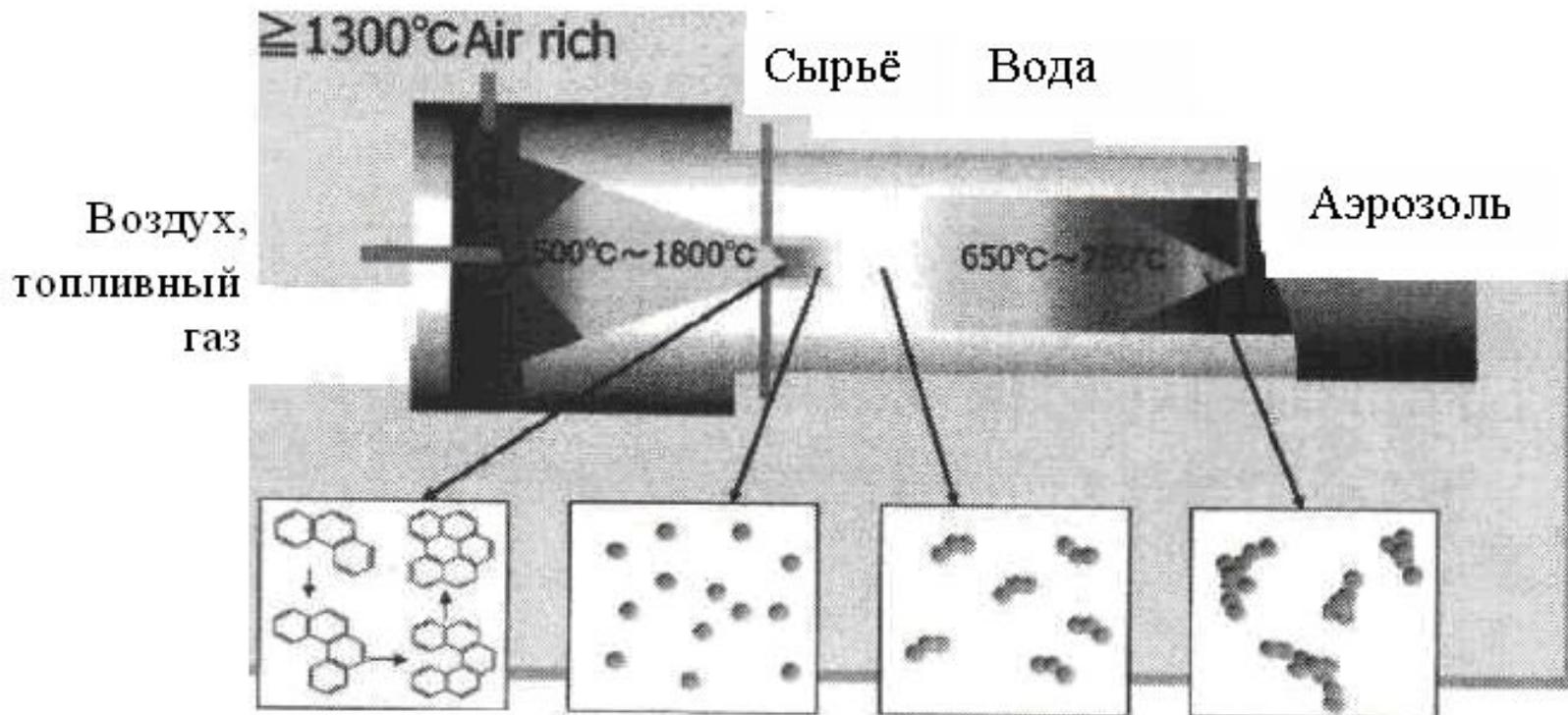
Сырье очищается от механических примесей в цилиндрических фильтрах. Перед поступлением сырья во влагоиспаритель проводится **грубая очистка** через сетку 0,63 мм. При нагреве сырья в нём повышается содержание механических примесей, преимущественно частиц кокса.

**Тонкую очистку** сырья производят на фильтрах периодического действия с сеткой 0,15 мм.

При получении высокодисперсного технического углерода сырьё с температурой 110-120<sup>0</sup>С после влагоиспарителя поступает в печь для **подогрева** сырья, где нагревается до температуры 220-320<sup>0</sup>С, и затем направляется в реакторное отделение

### 3 Устройство реактора для синтеза технического углерода

## Схема процесса получения технического углерода



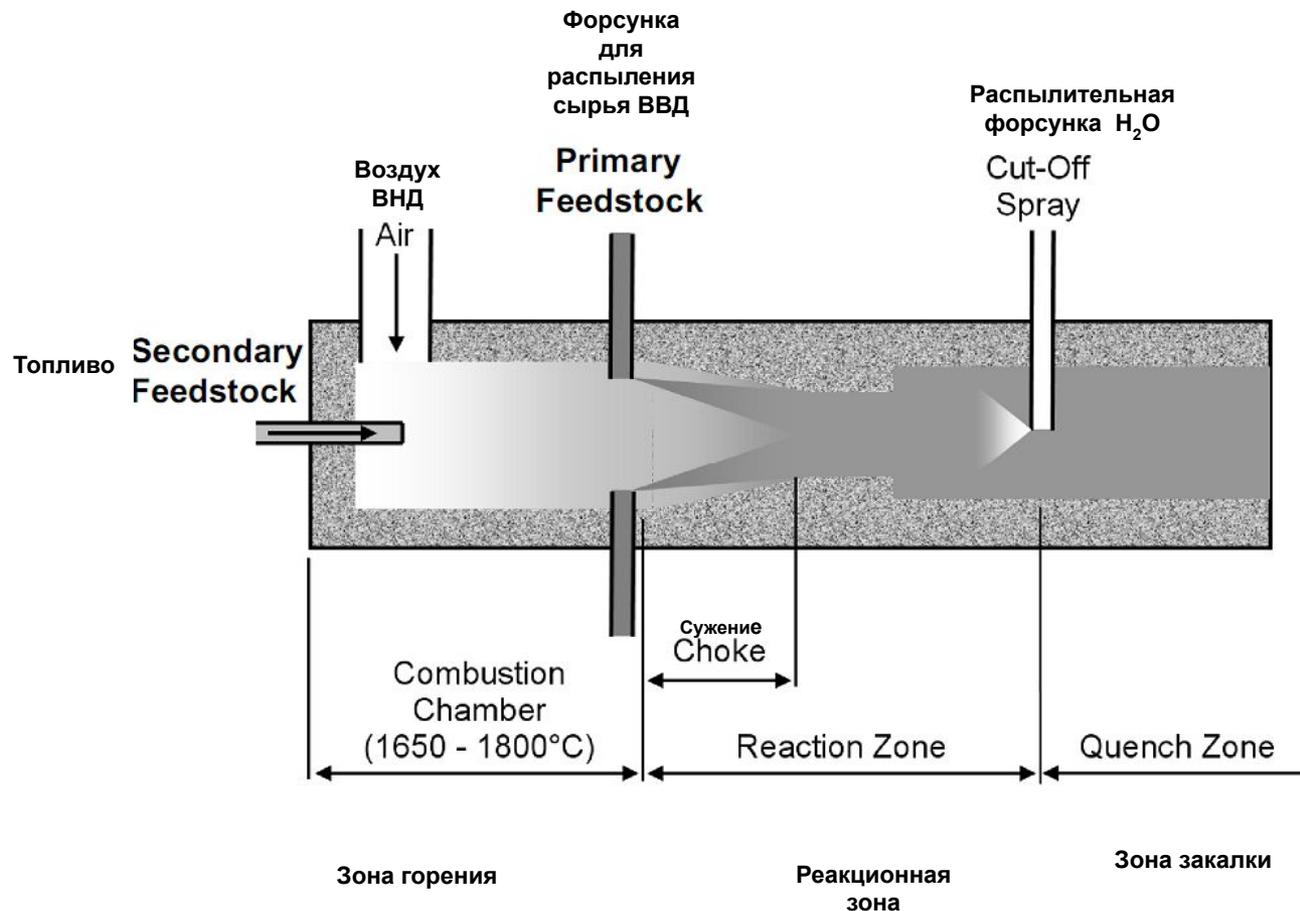
Воздух низкого давления (ВНД) на горение, подогретый в подогревателе до температуры от  $350$  до  $550^{\circ}\text{C}$ , поступает в камеру смешения, где смешиваясь с топливным газом, образует топливно-воздушную смесь, сгорающую в камере горения реактора.

В продукты сгорания топливно-воздушной смеси подается углеводородное сырье с ВНД для диспергирования и формирования факела сырья.

За счет интенсивного тепло- и массообмена с продуктами сгорания топливного газа при температуре в зоне реакции  $1480 - 1570^{\circ}\text{C}$  происходит термическое разложение углеводородов сырья с образованием аэрозоля технического углерода.

Для прекращения реакций газификации и сохранения необходимых свойств технического углерода производится охлаждение аэрозоля технического углерода до температуры от  $700$  до  $750^{\circ}\text{C}$  водой, впрыскиваемой механическими форсунками, установленными в конце реактора.

# Схема процесса получения технического углерода печным способом



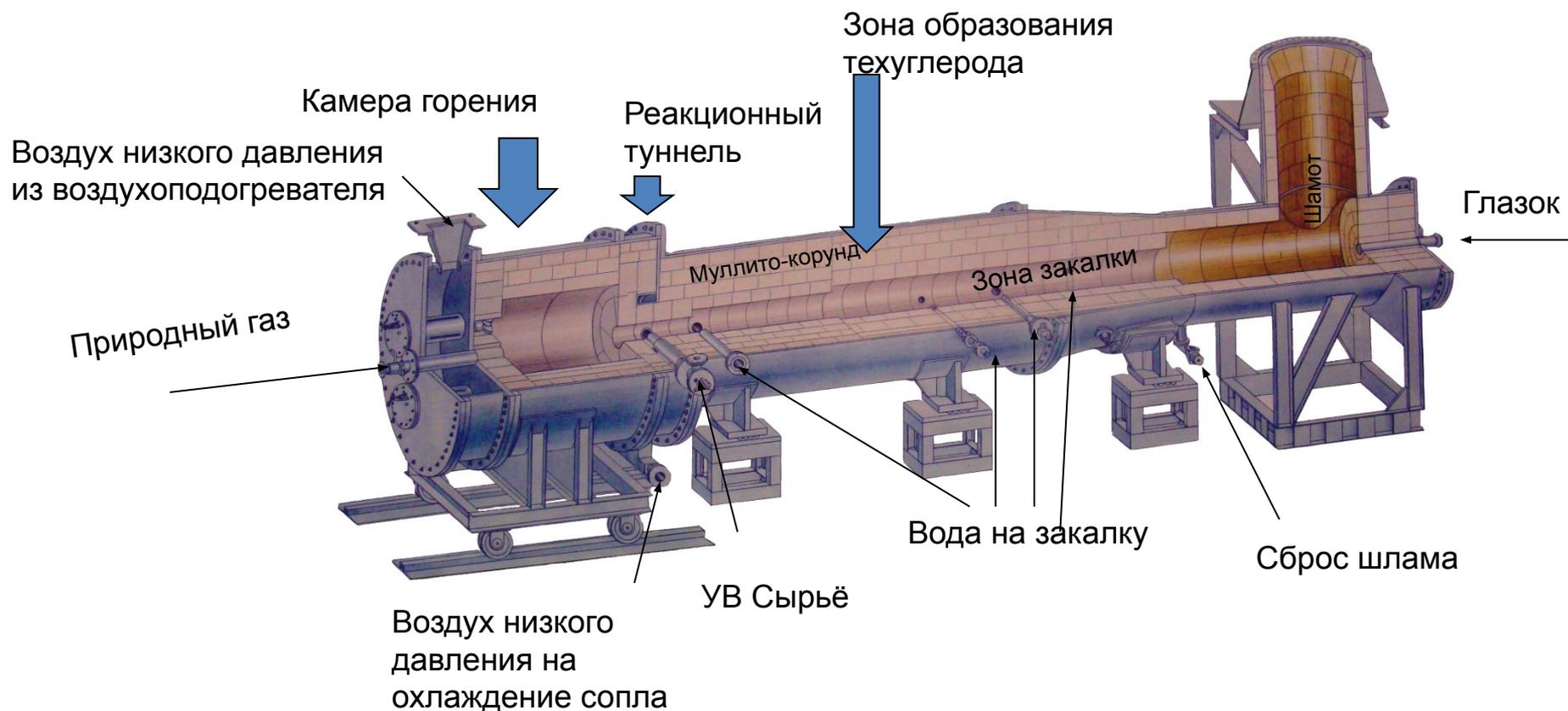
**В реакторе осуществляются следующие три процесса:**

- сгорание топлива (или части сырья) и создание требуемой температуры;
- разложение сырья с образованием технического углерода;
- охлаждение аэрозольной смеси с предотвращением побочных процессов.

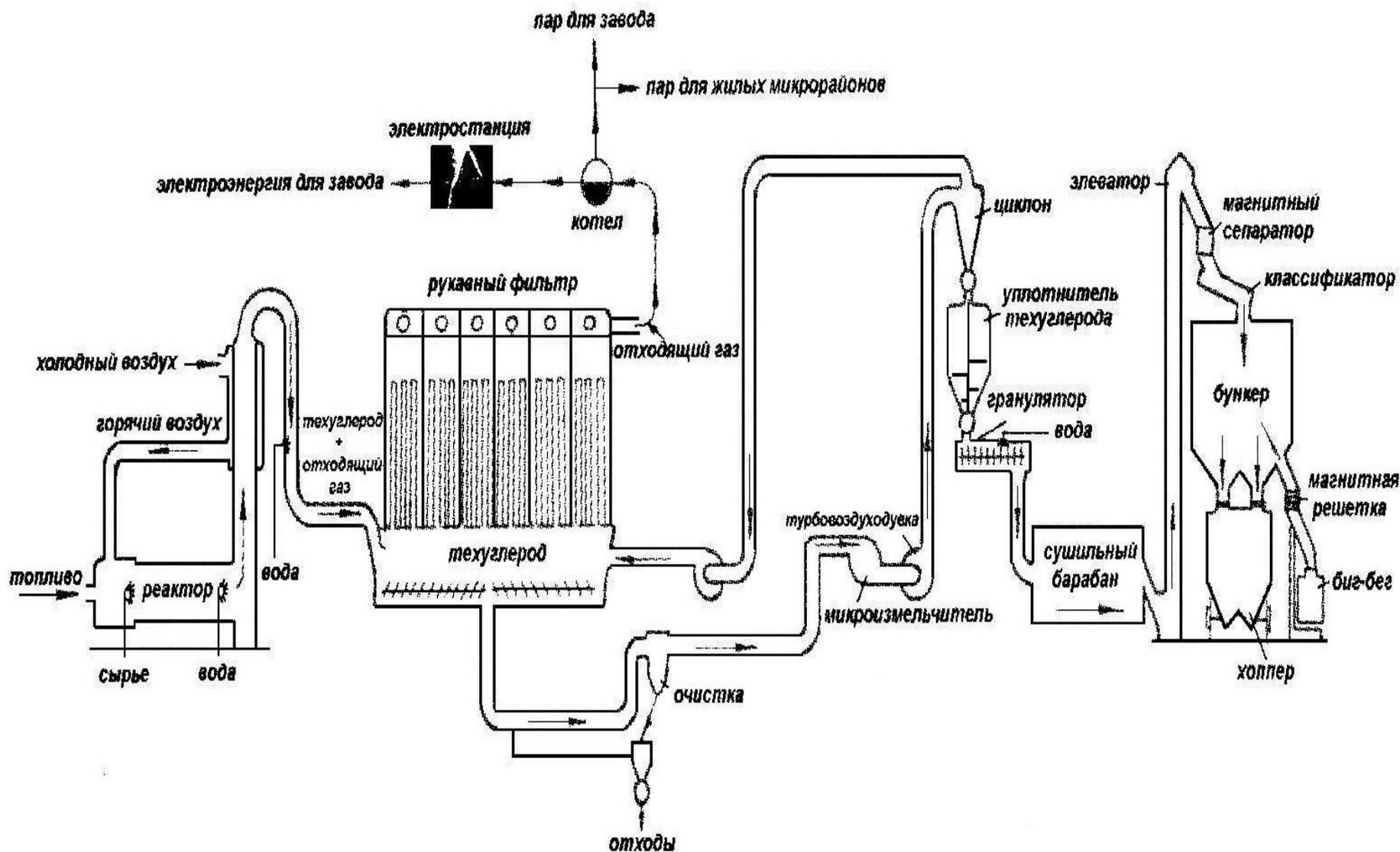
## Устройство реактора для синтеза технического углерода

### Состав реактора

- **корпус** - предназначен для размещения футеровки, топки, зоны реакции, зоны закалки
- **стакан** - предназначен для испарения воды, идущей на закалку
- **крышка** - закрывает корпус реактора, к ней крепится горелка со встроенной форсункой
- **горелка** со встроенной сырьевой форсункой; для сжигания топлива с воздухом и ввода сырья в реактор в распыленном состоянии
- водяные **форсунки** - для ввода воды с целью охлаждения продуктов реакции

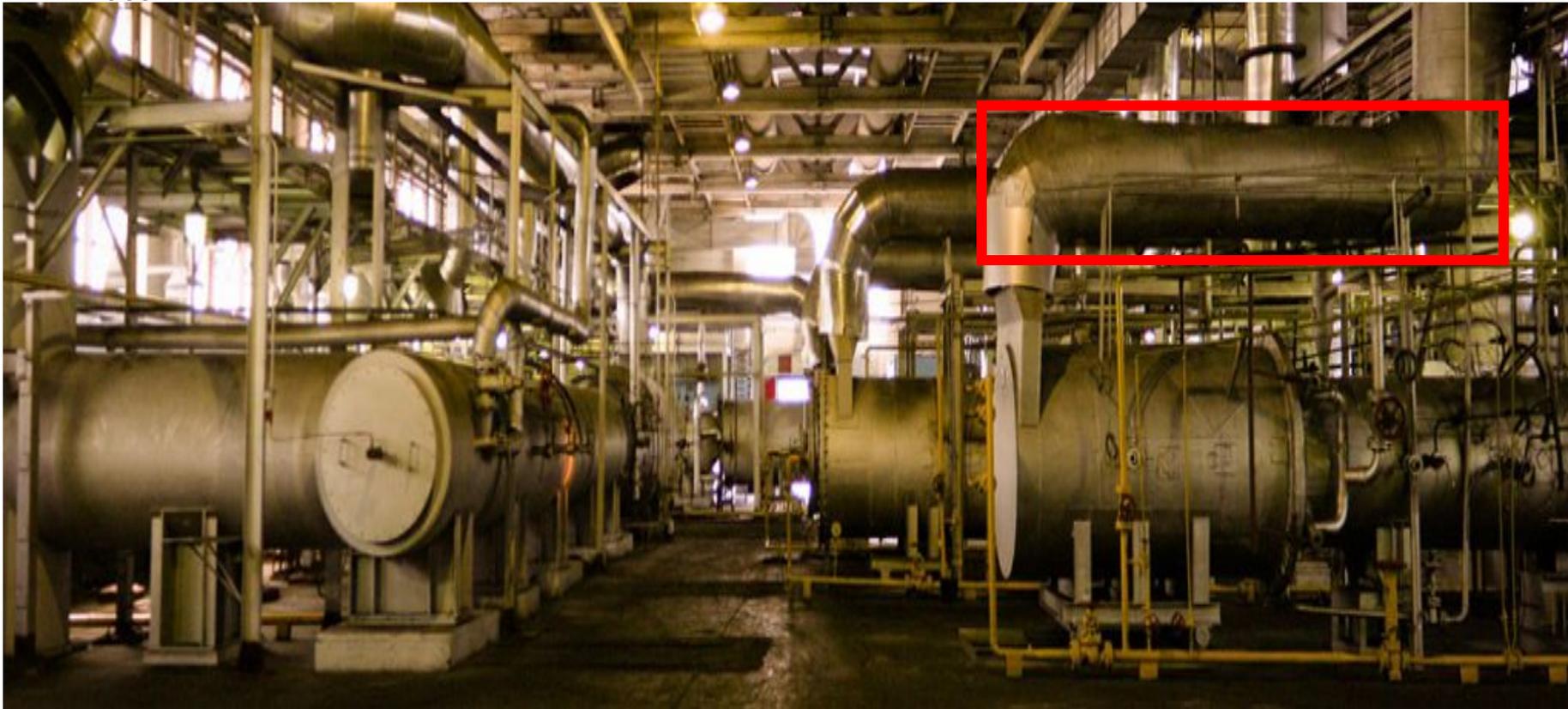


# Функциональная схема получения технического углерода

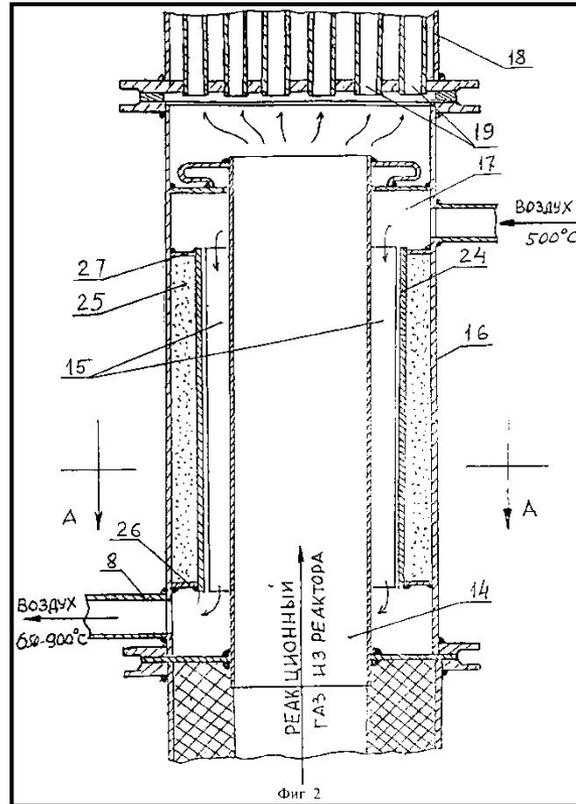


## Воздухоподогреватель

- Аэрозоль, состоящий из сажевых агрегатов и газов, проходя через воздухоподогреватель отдаёт своё тепло, остывая с 900 до 550<sup>0</sup>С, и нагревает воздух до температуры 700-800<sup>0</sup>С. Дополнительно охлаждаясь впрыском воды, углеродогазовая смесь поступает в рукавный фильтр, где происходит отделение сажевых агрегатов от газов.

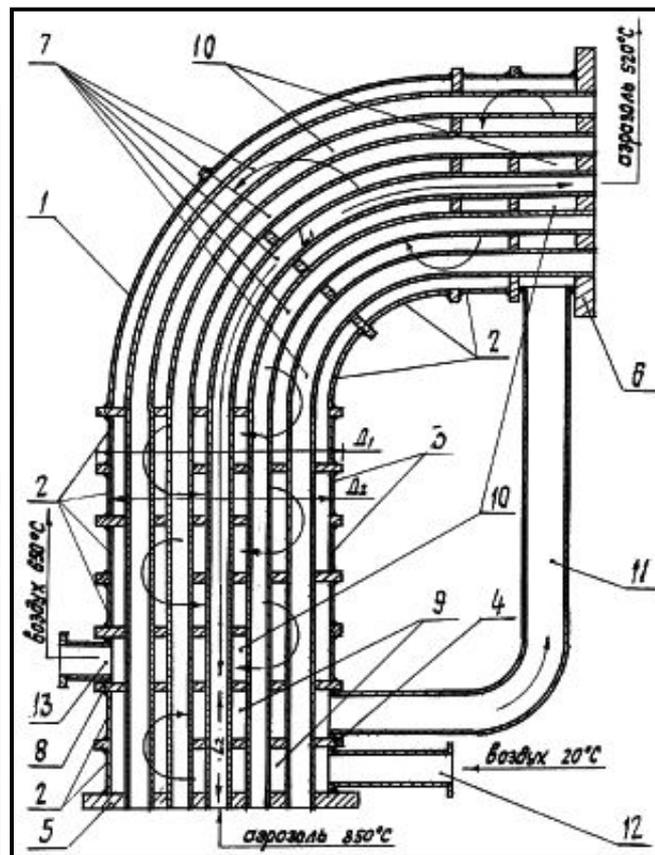


# подогреватель технологического воздуха



1 – реактор; 2 – выходной патрубок; 3 – устройство из двух коаксиально расположенных труб; 4 – **рекуперативный теплообменник**; 5 – рукавный фильтр; 6 – затвор шлюзовой; 7 – топка; 8- патрубок для подачи подогретого воздуха; 9 – средства для подачи топлива; 10 – реакционная камера; 11- средства для подачи сырья; 12 – камера закалки; 13 – Средства для подачи воды; 14 – внутренняя жаропрочная труба; 15 – продольные рёбра; 16 – внешняя труба; 17 - герметичная полость; 18 – кожух рекуперативного теплообменника; 19 – трубный пучок; 20 –патрубок для ввода воздуха; 21 – межтрубное пространство; 22 и 23 – патрубки; 24 – стальной цилиндр; 25 – теплоизоляция; 26 и 27 – крышки.

# Рекуперативный подогреватель технологического воздуха



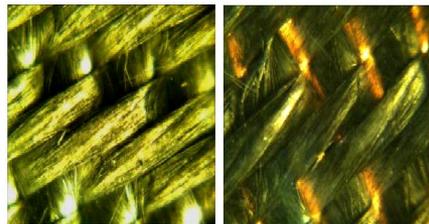
- 1- корпус;
- 2 – секция;
- 3 - фрагмент корпуса;
- 4 – перегородка;
- 5 и 6 – трубные решётки;
- 7 – пучок из труб;
- 8 – диафрагма;
- 9 – зона прямотока;
- 10 - зона противотока;
- 11 - воздуховод

# Технология выделения продукта.

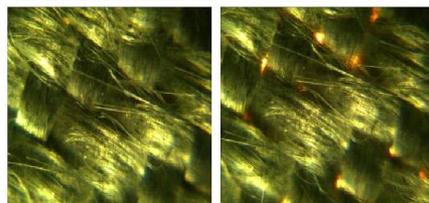
- Для регулирования температуры аэрозоля технического углерода на входе в систему улавливания предусмотрена подача воды через механическую форсунку, установленную в газоходе после механического затвора перед сепаратором. Вода предварительно проходит через фильтр тонкой очистки.
- Аэрозоль, содержащий до  $120 \text{ мг/м}^3$  технического углерода поступает в фильтр, где происходит его выделение.
- Фильтр рукавный ФР-6000. Аппарат предназначен для отделения от углеродогазовой смеси реакторных газов. Представляет собой разделенный на секции аппарат, регенерация осуществляется поочередно по одной секции.
- Укомплектовывается специальными рукавами из модифицированной стеклоткани (покрытие политетрафторэтиленом или другой специально подобранной пропиткой). Модифицированная стеклоткань позволяет улавливать техуглерод с размером частиц 10 нм и более, а также увеличивает межремонтный пробег рукавного фильтра.

Параметр	Значение
Производительность по газу (не менее), кг/ч	54000
Площадь фильтрования, м <sup>2</sup>	6000
Материал фильтровальных рукавов	стеклоткань
Температура газов на входе в ФР-6000, °С	400-450

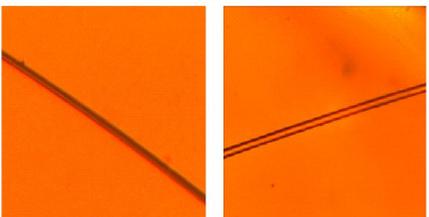
# Фильтрация аэрозоля частиц технического углерода



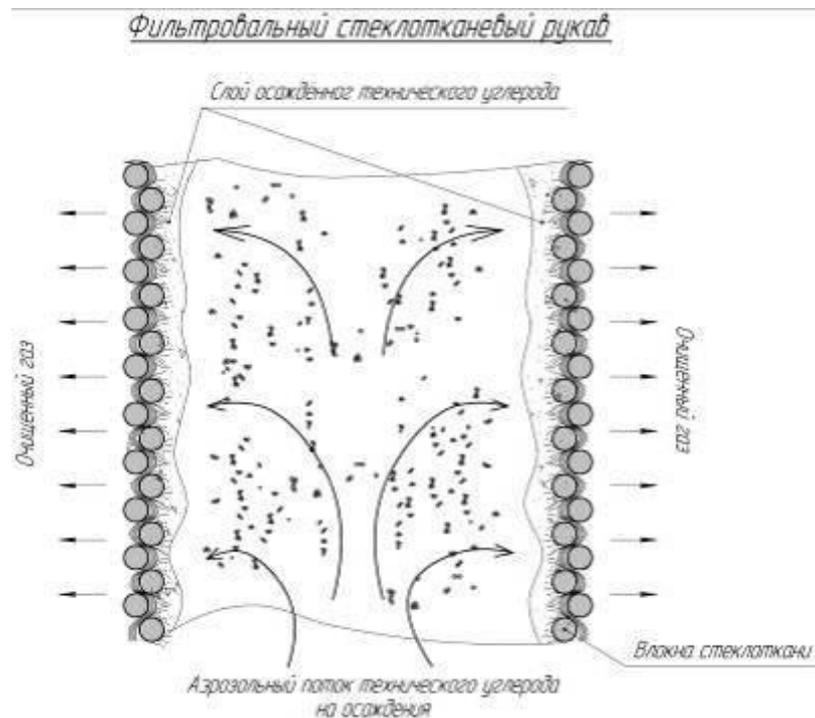
Стеклоткань ТСФТ-2-СГФ  
в отражённом и проходящем свете



Стеклоткань ТСФТ-4П-СФБМ в  
отражённом и проходящем свете

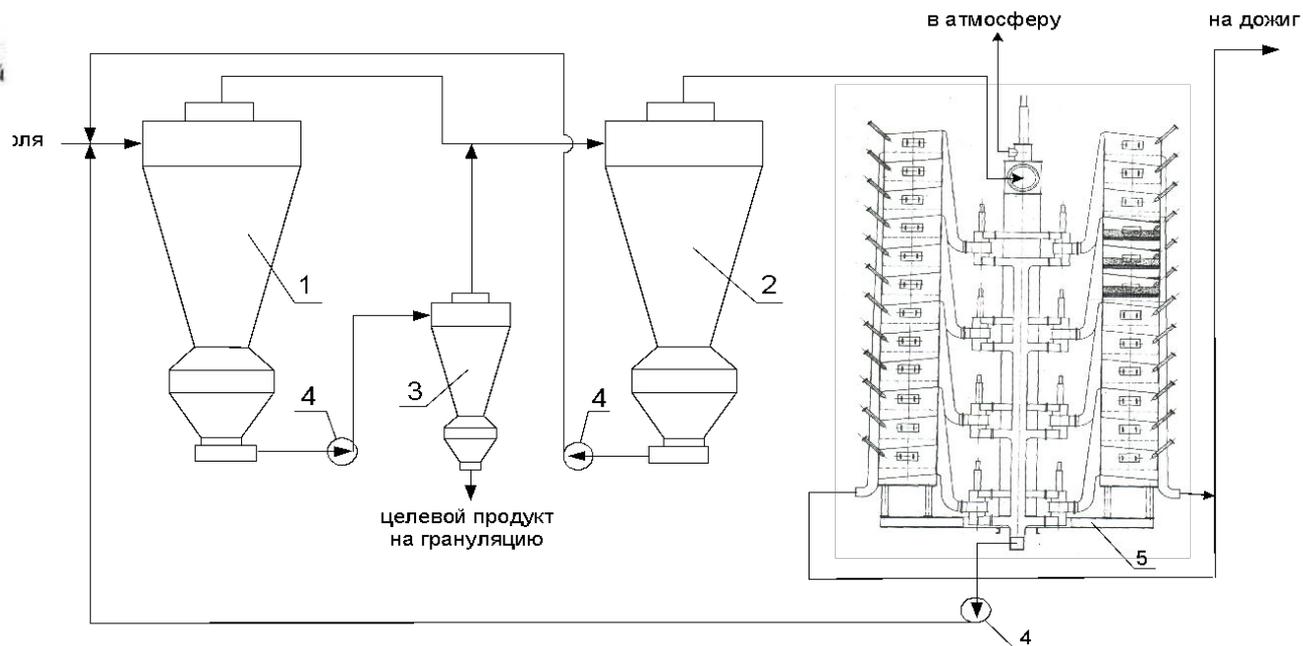
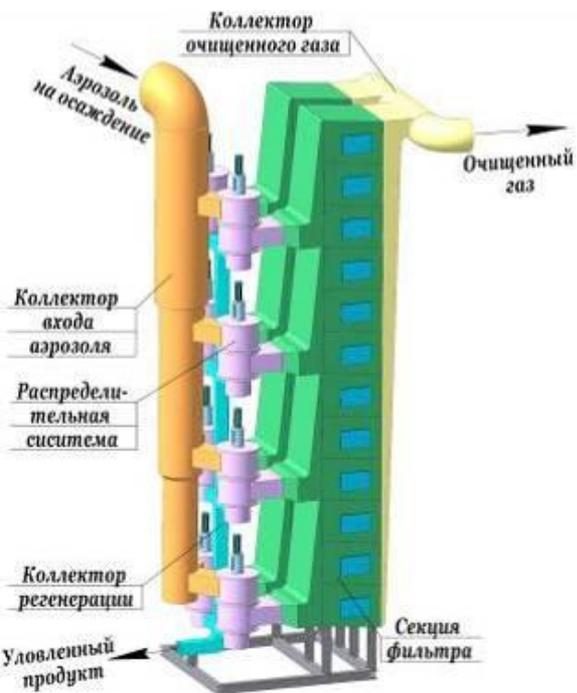


Стекловолокно нитей стеклотканей:  
А – ТСФТ-2-СГФ, диаметр 9 мкм;  
Б – ТСФТ-4П-СФБМ, диаметр 7 мкм



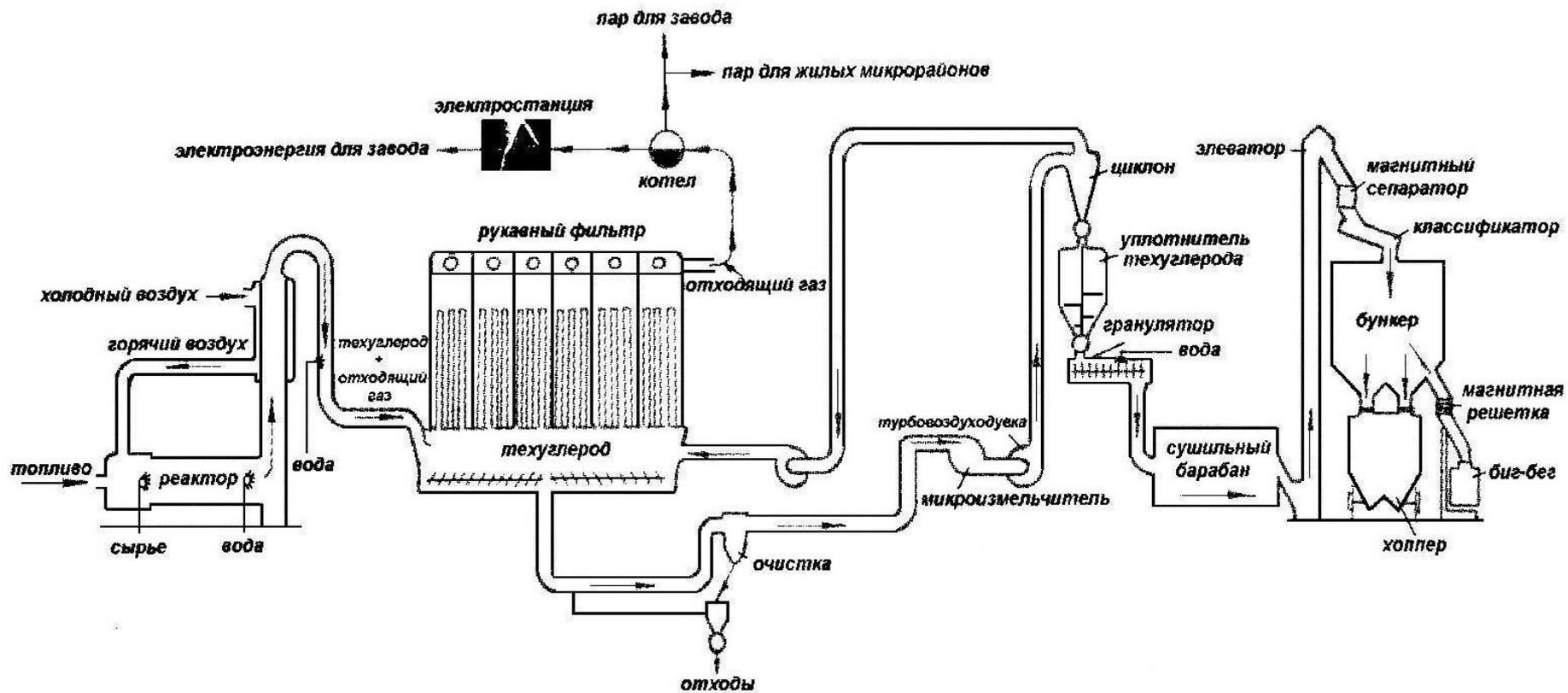
Материал

## Фильтры насыпного слоя



**Принципиальная технологическая схема опытной установки выделения дисперсного углерода с использованием зернистого фильтра: 1,2 – циклоны-концентраторы; 3 – циклон; 4 – газодувки; 5 – фильтр зернистый.**

Технология формования и упаковки продукта. Выделенный технический углерод подают в циклон-уплотнитель, далее – в смеситель-гранулятор, откуда влажные гранулы поступают в сушильный барабан на сушку до влажности не более 1%. Готовый гранулированный продукт отводится элеватором в бункер упаковочного агрегата.

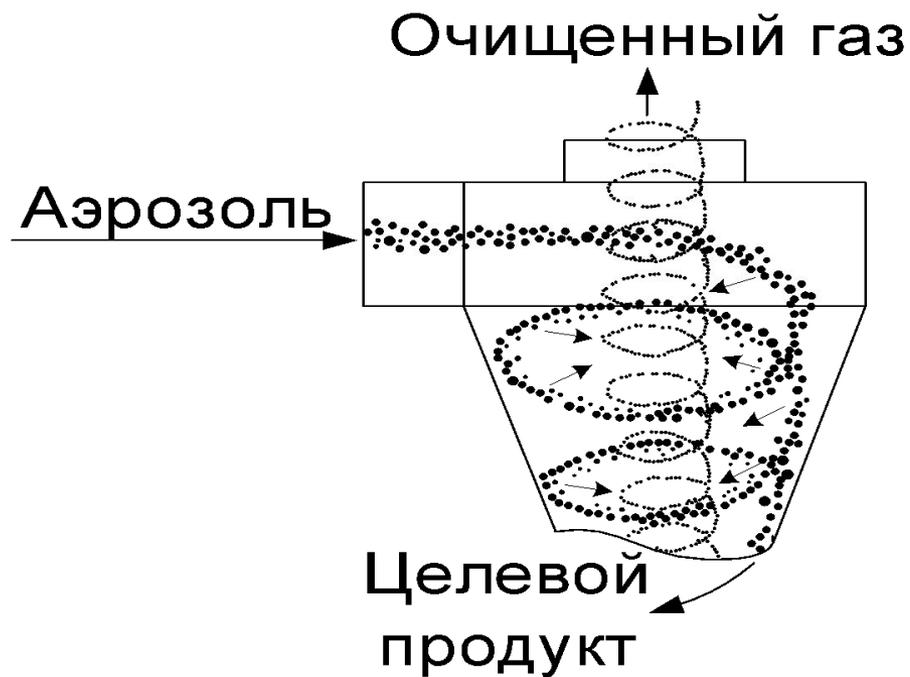


Функциональная схема получения технического углерода

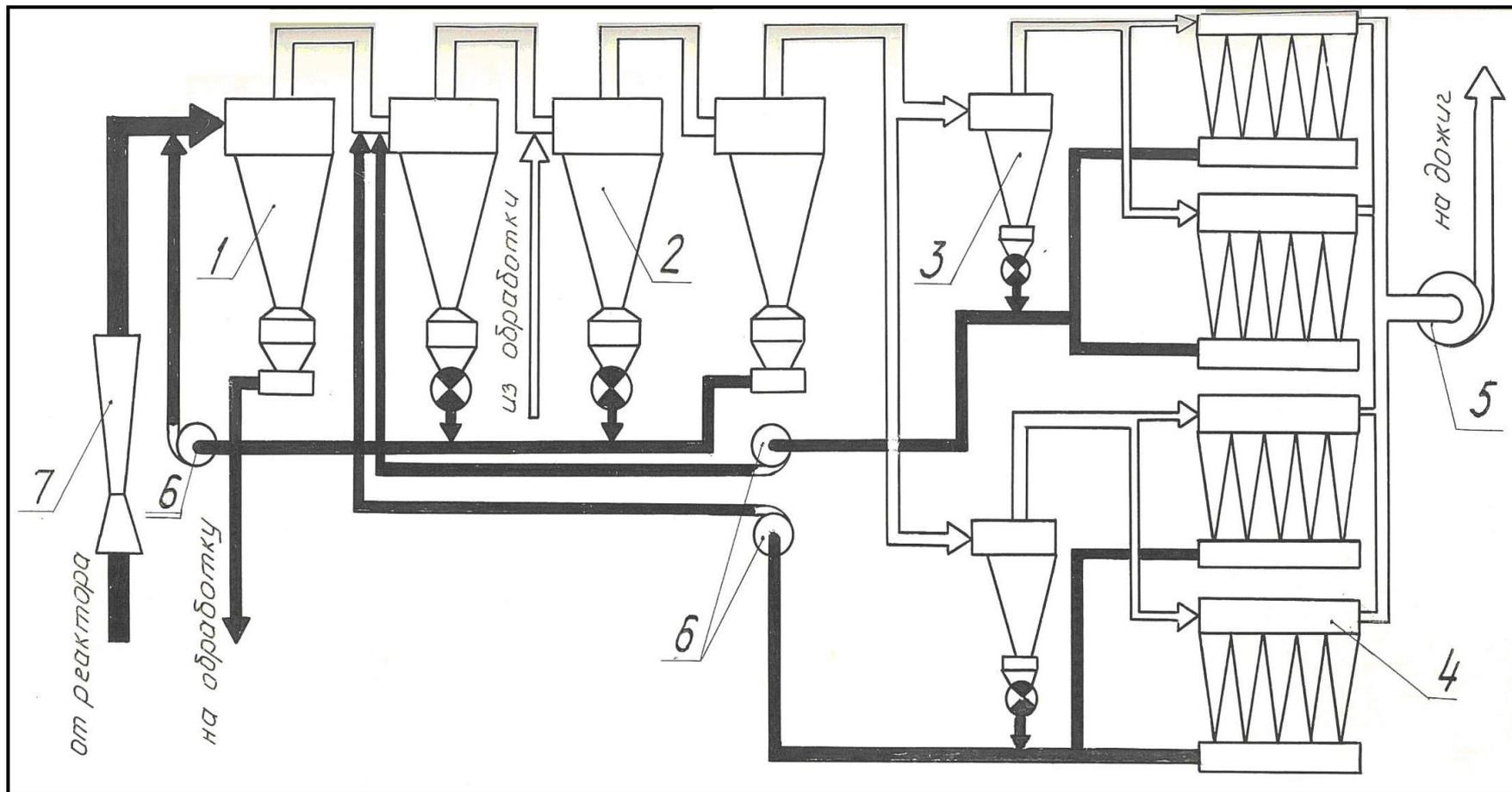
# **Воздухоподогреватель устанавливают за реактором, служит подогреву ВНД и вводу физического тепла в процесс горения топлива.**

Воздухоподогреватель. Аэрозоль, состоящий из сажевых агрегатов и газов, проходя через воздухоподогреватель отдаёт своё тепло, остывая с 900 до 550<sup>0</sup>С, и нагревает воздух до температуры 700-800<sup>0</sup>С. Дополнительно охлаждаясь впрыском воды, углеродогазовая смесь поступает в рукавный фильтр, где происходит отделение сажевых агрегатов от газов.

# Схема циклона



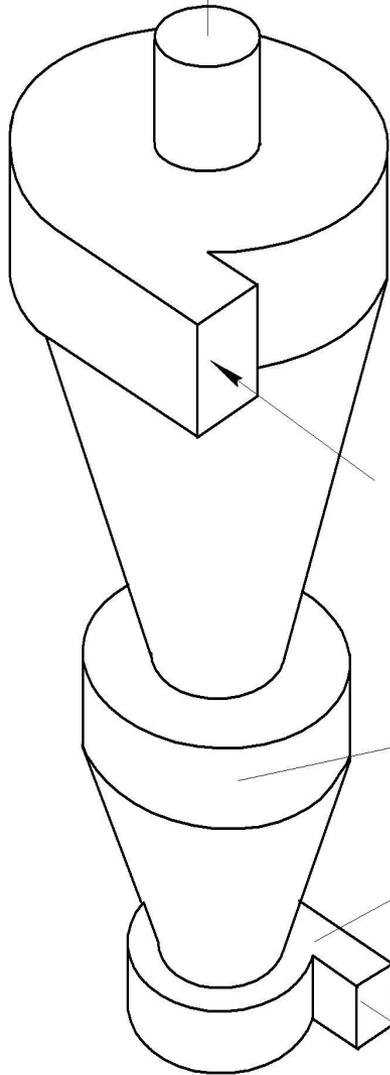
*Принципиальная технологическая схема промышленной системы осаждения аэрозоля дисперсного углерода в циклонах и циклонах – концентраторах*



1 – циклон-концентратор; 2, 3 - циклон СК-ЦН-34 со шлюзовым затвором; 4 – групповой циклон ЦН-11; 5 – вентилятор мельничный; 6 – вентилятор газового транспорта целевого продукта; 7 – труба Вентури.

# Схема циклона-концентратора

↑ Выход очищенного  
газа



Вход газов на осаждение

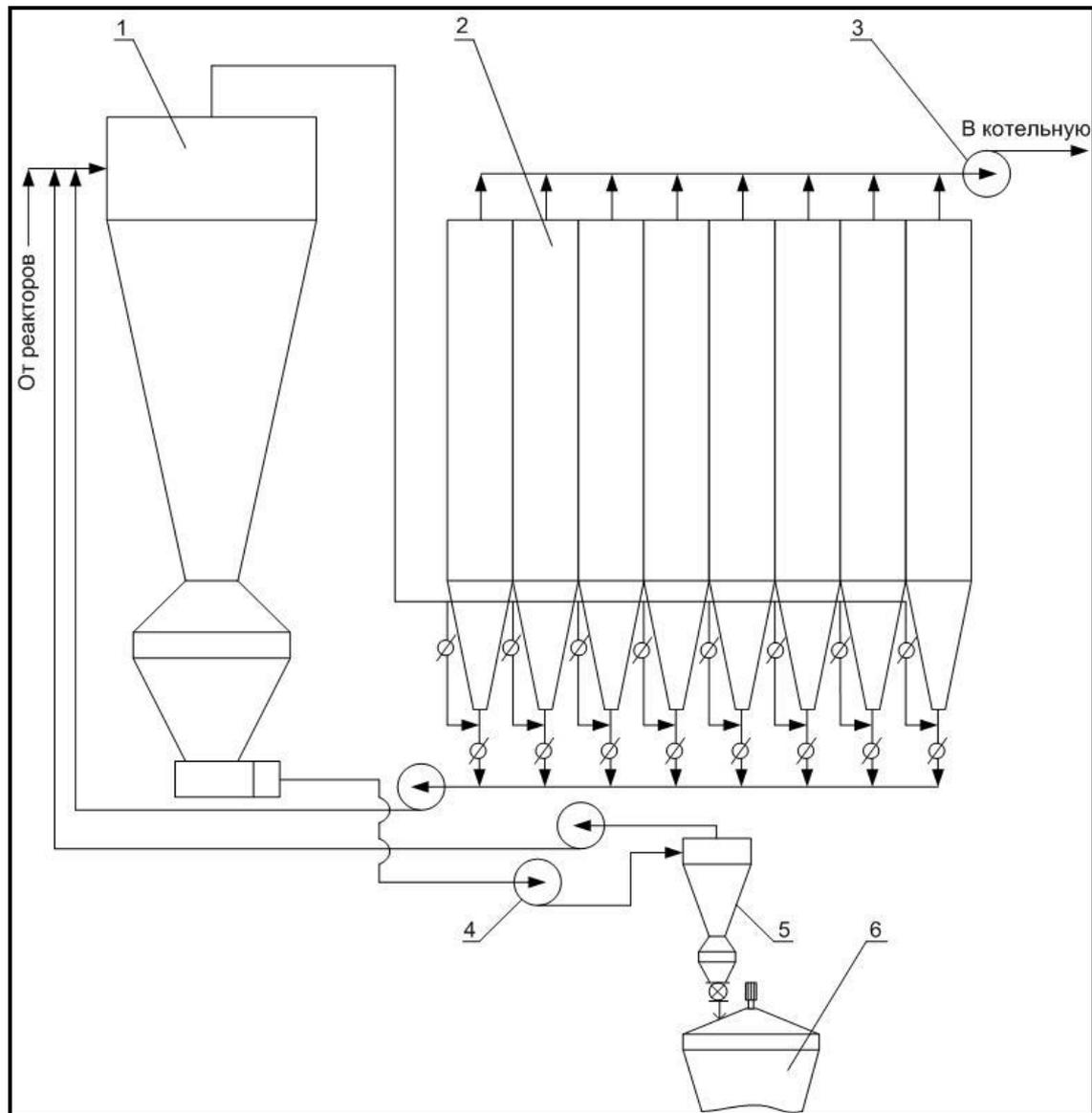
Циклон СК-ЦН-34

+

Раскручивающая улитка

Выход уловленного  
продукта

## Принципиальная технологическая схема установки фильтрации аэрозоля с предварительным осаждением в циклоне-концентраторе



- 1 – циклон-концентратор;
- 2 – рукавный фильтр;
- 3,4 – тягодутьевые машины;
- 5 – циклон;
- 6 – мешалка-уплотнитель

Циклон ЦУС-40. Аппарат предназначен для уплотнения пылящего техуглерода и удаления из него газов. Улавливание происходит за счет центробежных сил, уплотнение – за счет перемешивания слоя техуглерода специальной мешалкой.

Таблица 9 - Параметры циклона-уплотнителя ЦУС-40

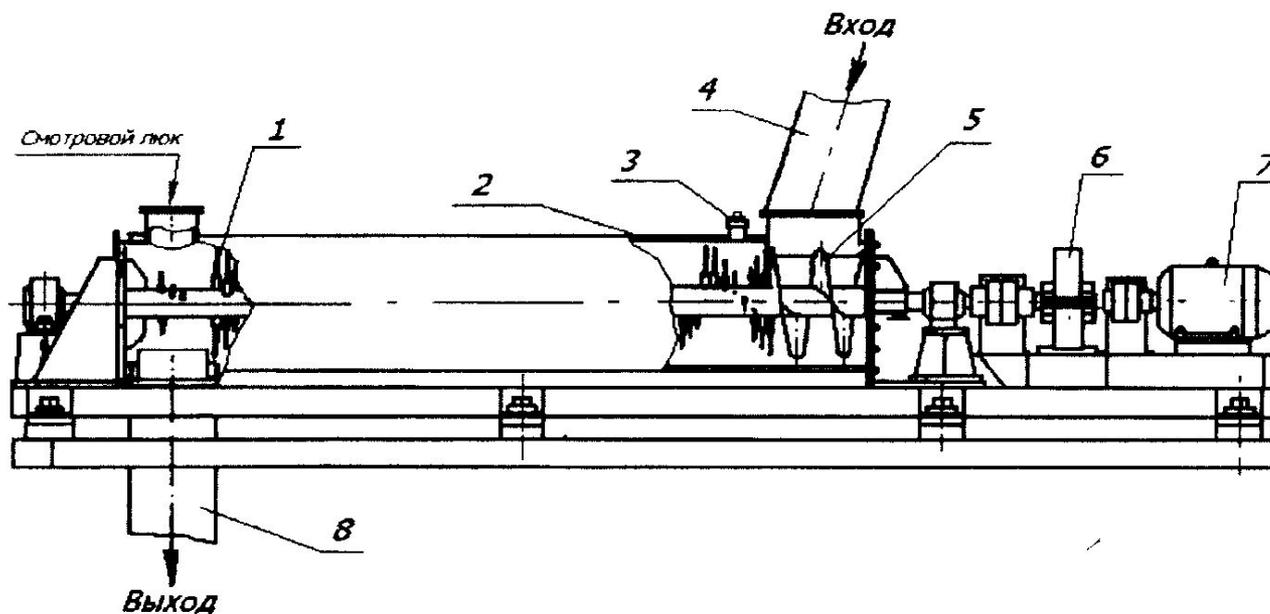
Параметр	Значение
Температура углеродогазовой смеси, °С	200-250
Разрежение в аппарате, Па	-2000 - +2000
Производительность, кг/ч	3500

По пути из фильтра в циклон-уплотнитель пылящий техуглерод проходит ряд очисток: в инерционных ловушках – от частиц футеровки и кокса, в микроизмельчителе – от посторонних включений крупного размера (более 500 мкм.).

Смеситель СГС-40. Аппарат предназначен для гранулирования техуглерода мокрым способом.

В циклоне-уплотнителе пылящий техуглерод уплотняется мешалкой и поступает на грануляцию в смеситель-гранулятор, где при помощи химически очищенной воды и связующего вещества происходит формирование гранул.

Параметр	Значение
Производительность, кг/ч	1500-5000
Частота вращения ротора, об/мин	350-600
Диаметр пальцев ротора, мм	16
Количество пальцев на валу ротора, шт	112
Габариты	
- Длина	3000 мм
- Внутренний диаметр	610 мм



# Барабан сушильный БСК-40М

предназначен для сушки влажного гранулированного техуглерода. Сушка происходит как за счет непосредственно передачи тепла от камеры обогрева через стенку барабана, так и за счет прососа дымовых газов через полость барабана. Вращение барабана происходит в обогреваемой за счет сжигания природного газа камере.

Таблица 11 – Параметры сушильного барабана БСК-40М

Параметр	Значение
Расход природного газа, м <sup>3</sup> /ч	150-900
Давление природного газа, МПа	0,08-0,14
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	1500-9000
Давление воздуха, кПа	6-12
Температура в камере по длине барабана, °С	300-900
Температура техуглерода на выходе из БСК-40М, °С	120-180
Производительность по влаге, кг/ч	3000
Габариты	
- Длина	21300 мм
- Диаметр	2200 мм
- Рабочий объем	66,5 м <sup>3</sup>

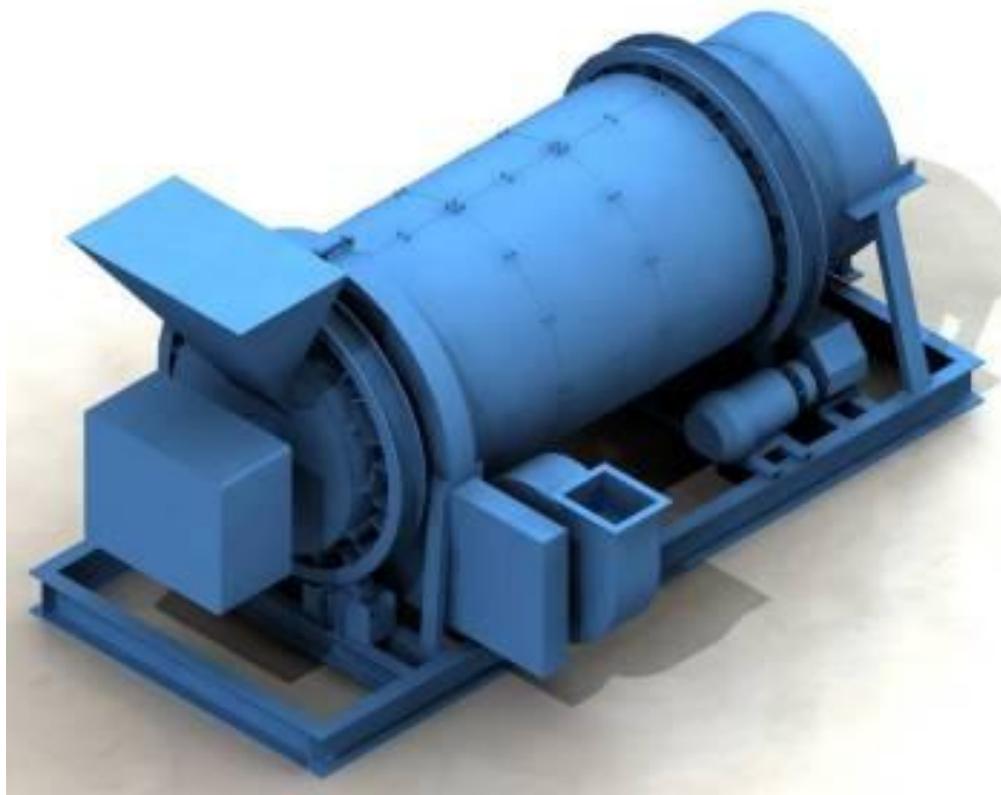
Мокрые гранулы направляются на сушку в сушильный барабан, после чего элеватором высушенные гранулы доставляются в упаковочный аппарат или в бункер готовой продукции.

Элеватор ковшовый. Аппарат предназначен для транспортировки гранулированного техуглерода.

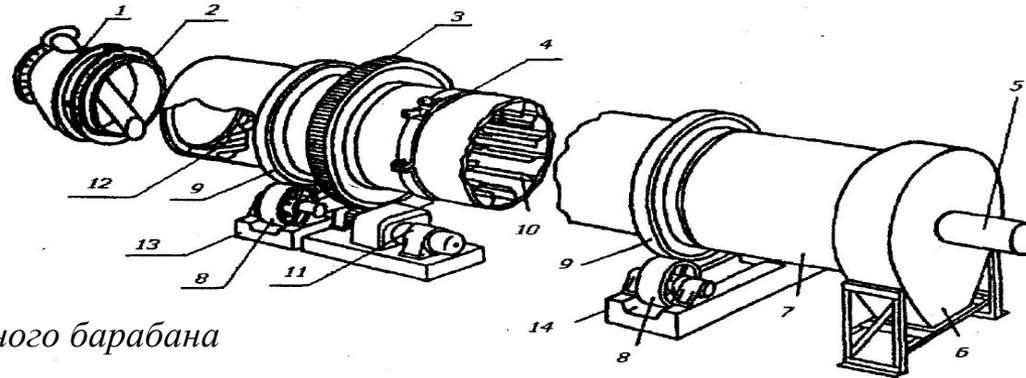
## Параметры ковшового элеватора

Параметр	Значение
Производительность (не менее), кг/ч	4500
Габаритные размеры	
Высота, мм	24000
Длина, мм	1300
Ширина, мм	1000

**Сушильные барабаны БСК-40М, БСК-100** для сушки влажного гранулированного технического углерода контактным способом с производительностью соответственно 40, 100 т/сутки. Материал, соприкасающийся с продуктом – коррозионностойкая сталь.

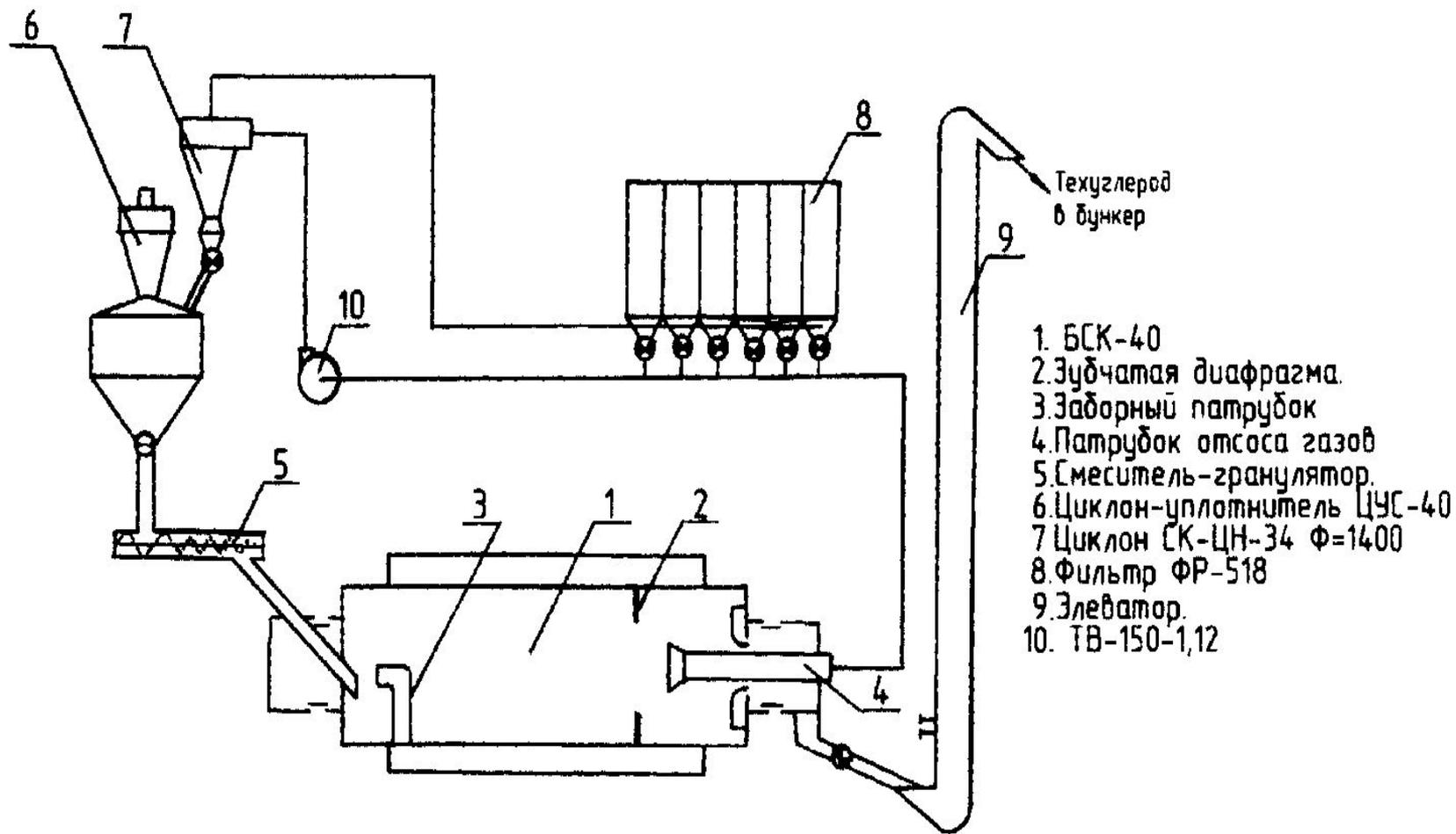


# Сушильный барабан для сушки технического углерода БСК 100



*Элементы сушильного барабана*

- Загрузочная коробка с течкой для подачи высушиваемого материала 1 Для лучшей наглядности загрузочная коробка условно показана отдельно от барабана.
- Уплотнение 2 между вращающимся цилиндром барабана, и. неподвижной загрузочной коробкой.
- Зубчатый венец 3 привода.
- Моторно-редукторная группа 11, включающая электродвигатель, редуктор и подвенцовую шестерню. Барабан вращается от моторно-редукторной группы через зубчатый венец.
- Корпус барабана 7, на который надеты два бандаж 9. Аппарат опирается бандажми на свободно вращающиеся ролики (катки), закрепленные на опорной раме 13 и опорно-упорной станции 14. Два упорных ролика, установленных на раме опорно-упорной станции ограничивают осевое смещение барабана.
- Приемно-винтовая (распределительная) насадка 12. Иногда лопасти этой насадки называют загрузочными или отбрасывающими лопастями. Основное назначение - предотвратить образование большого слоя сыпучего материала в зоне загрузки и исключить его просыпание через уплотнение.
- Подъемно-лопастная насадка 10 для перемешивания материала и обеспечения контакта с сушильными газами всех слоев материала.
- Неподвижная разгрузочная коробка 6 с уплотнением, патрубком 5 для удаления газов и течкой для выгрузки высушенного материала



# классификатор

- Для удаления посторонних включений металлического характера после сушильного барабана и перед бункером готовой продукции установлены магнитные сепараторы. Для охлаждения и классификации гранул ЭТУ по размерам (отделяет крупные гранулы и комки) установлен классификатор.
- Из бункеров гранулированный ЭТУ засыпается в хопперы или в приобретаемую линию упаковки в мешки для отправки потребителям.
- Нагнетатель ЦНВ-800 предназначен для сжатия и перемещения атмосферного воздуха
- Таблица 13 – Параметры нагнетателя ЦНВ-800

Параметр	Значение
Конечное абсолютное давление, кг/см <sup>2</sup>	1.69
Объёмная производительность, м <sup>3</sup> /ч	800
Потребляемая мощность, кВт.	960
Габариты	6400 мм
- Длина	5600 мм
- Ширина	3300 мм.
- Высота	
-Масса (без двигателя)	12,8 т.

# Турбовоздуходувка

## ЗТВ-150-1,12

- Аппарат, предназначенный для транспортировки углеродогазовой смеси по газовому транспорту. Применяется в системах улавливания, доулавливания, аспирации.

• Таблица 14. Параметры турбовоздуходувки ЗТВ-150-1,12 с двигателем 75 кВт

Параметр	Значение
Напор, кПа	12
Температура транспортируемых газов, °С	150-300
Число оборотов, об/мин	2940
Масса, кг	1970

# Мельничный вентилятор

## ВМН-17.

- Аппарат предназначен для перемещения больших объемов газовых потоков (очищенного от теуглерода отходящего газа).
- 
- Таблица 15 - Параметры мельничного вентилятора ВМН-17

Параметр	Значение
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	54000
Температура транспортируемых газов, °С	150-250
Число оборотов, об/мин	2940
Масса, кг	1970



## Упаковка технического углерода

- **Применяемые способы (технологии)**

- **FS** (FS- «Factory Sealed» - упаковка производителя по технологии наполнения и укупоривания)
- **FFS** (FFS (Form Fill Seal) технология группирования упаковок  
"формовка - наполнение – запечатывание»)

- **Применяемые аппараты**

- **Полуавтоматические упаковочные линии**
- **Автоматические упаковочные линии пеллетирования**
- **Отгрузка насыпью (хопперная)**

# Технологии упаковки технического углерода: 1) с расфасовкой 2) без расфасовки



Мелкотарная фасовка в бумажные и полиэтиленовые клапанные мешки, мягкие полипропиленовые контейнеры типа «биг-бег».



технология типа FS  
Безподдонная



Технология типа FFS\*  
с паллетированием на поддонах



•FFS технология (Form Fill Seal)  
•"формовка - наполнение - запечатывание"

# Полуавтоматическая линия фасовки и упаковки технического углерода компании ENCE GmbH (Швейцария)



## Технические характеристики линии

*Максимальная производительность  
Фасовка*

*100 мешков/час  
от 5 до 10кг*

*Давление сжатого воздуха  
Расход воздуха*

*6 бар  
150 нл/мин*

*Потребляемая мощность  
Напряжение*

*4.5 кВт  
380В*

# Система möllers gmbh (Германия) автоматического пакетирования на поддон мешков



Формование упаковки



Паллетирование на поддоне



Защита паллетов  
термоусадочной пленкой



Складирование паллетов



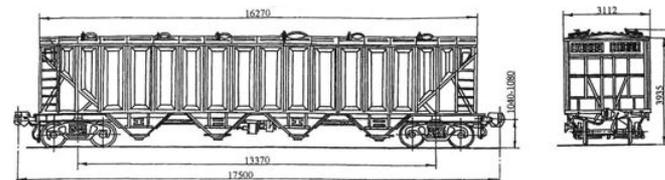
## Общий вид установки möllers для автоматической фасовки, упаковки и пакетирования ТУ



# Технологии транспортировки технического углерода



Модель 20-403  
4-осный крытый вагон-хopper для гранулированного ТУ



Грузоподъемность — Масса вагона  
60 т (тара) — 24 т

Объем кузова — 130 м<sup>3</sup>



## Вторичные процессы в реакторе

- агрегация агрегатов
- газификация

## Вторичные процессы

- Для снижения вторичной агрегации агрегатов ТУ и регулирования показателя рН сформировавшиеся агрегаты частиц после выхода из реактора окисляют. В результате окисления некоторая часть (до 10%) углеродной поверхности покрывается кислородными атомами, входящими в состав функциональных групп - карбоксильной, фенольной, хинонной и др.
- 
- В качестве окислительного агента обычно используют атмосферный воздух или водяной пар. Воздух предварительно пропускают через фильтры для его очистки, а затем подвергают сжатию приблизительно до 0,15 МПа с помощью воздуходувок.
- 
- Разработаны реакторы специальных типов, рассчитанные на использование обогащенного кислородом воздуха и проведение процесса при более высоком давлении. В зависимости от способа распыления сырья может быть использован дополнительный воздух под давлением или пар.

## Вторичные процессы

Структурность обычно понижают введением солей щелочных и щелочно-земельных металлов в **парообразной** форме, которые подавляют агрегирование частиц ТУ.

Точный механизм действия этих веществ неизвестен, но предполагают, что происходит **добавление положительных ионов металлов к зародышам ТУ**, что создаёт электростатическое отталкивание, предотвращающее срастание частиц ТУ.

Этот эффект, по-видимому, связан с энергией ионизации. Соли щелочных металлов наиболее эффективны. **Эффективность их действия возрастает с увеличением атомной массы от лития до цезия.**

С экономической точки зрения предпочтительно использовать соли калия, водные растворы карбоната калия, нитрата калия и гидроокиси калия. С УВ-сырьём хорошо совмещаются соли щелочных металлов жирных кислот. **Природа анионов практически не имеет значения.**

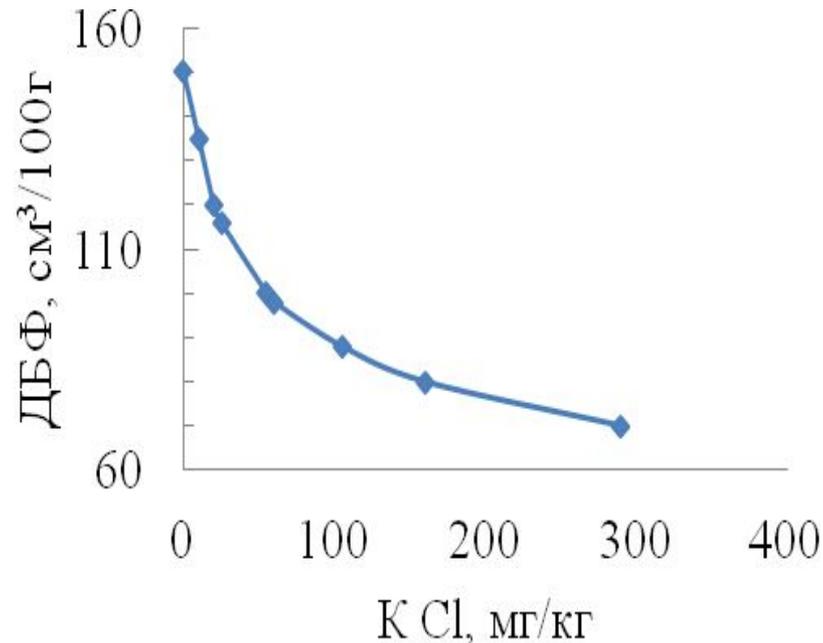
**Присадку распыляют в камере горения или вводят вместе с сырьём.** Важно, чтобы соли присутствовали в зоне образования ТУ в парообразной форме.

**Дозировка калия** может быть разной. Для получения ТУ со **средней и высокой структурами**, имеющими значения абсорбции ДБФ выше  $100 \text{ см}^3/100\text{г}$ , обычно требуется 10-100 частей калия на миллион частей сырья. Дозировка зависит от типа и количества сырья.

Для специальных марок техуглерода с **очень низкими структурами**, т.е. марок, состоящих почти из одних небольших агрегатов, дозировка калия может быть доведена до 1000-2000 частей/миллион.

## Вторичные процессы

- Регулирование “структурности” ТУ осуществляют вводом присадок солей щелочных металлов. Ионы этих присадок влияют на степень агрегирования первичных частиц в пламени. Их эффективность зависит только от катионов щелочного металла.

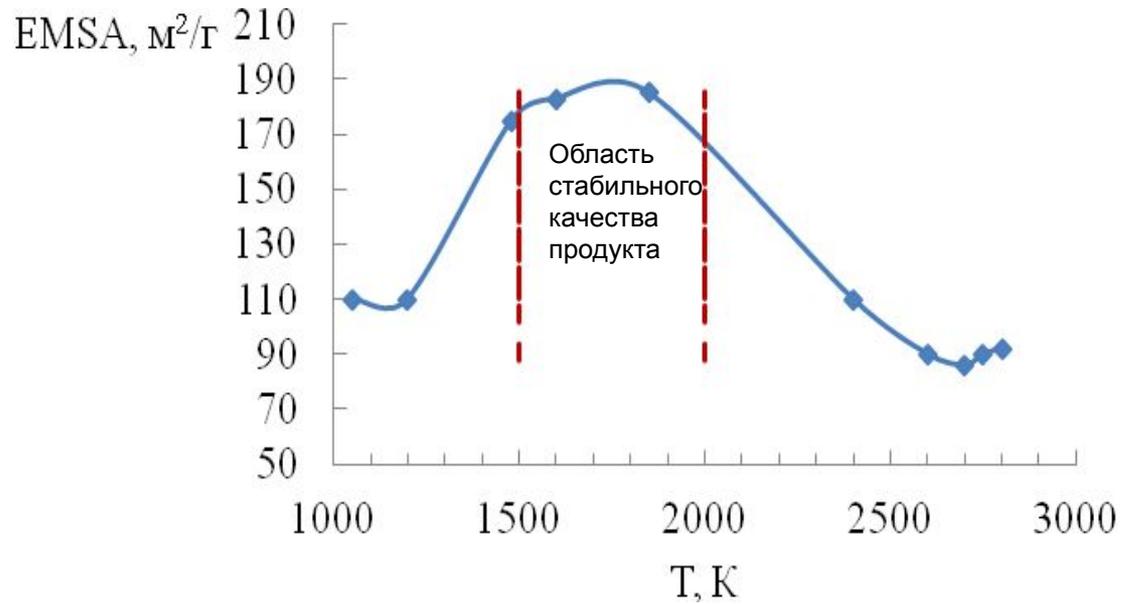


Влияние концентрации хлористого калия в сырье на структурность ТУ

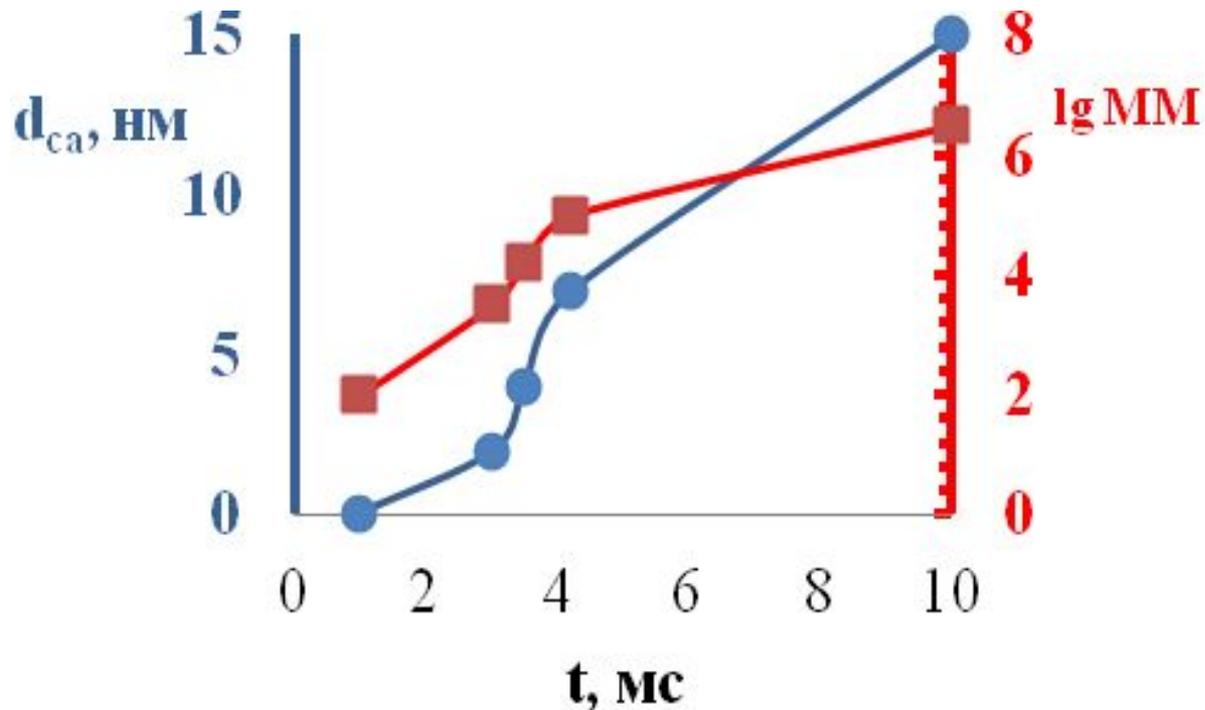


1. Кинетика образования технического углерода в реакторе
2. Улавливание и разделение аэрозольных частиц технического углерода. Теория коагуляции

## Температурные границы образования ТУ

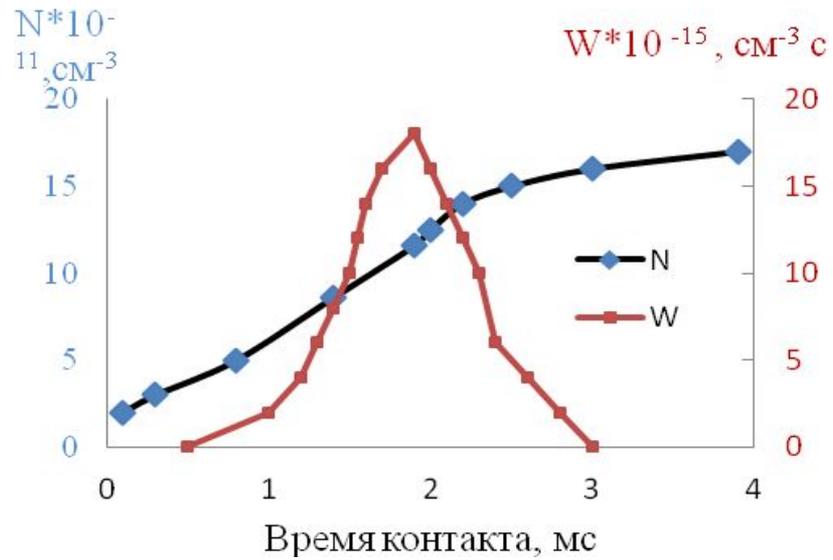


## Время процесса



Временной профиль набора массы и размера углеродных частиц при синтезе ТУ.

# Время процесса



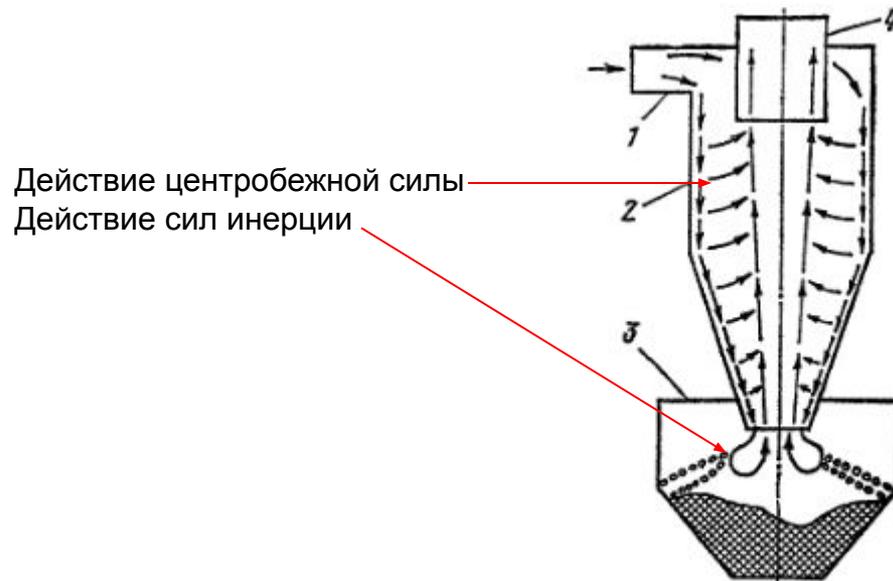
Динамика изменения концентрации (N) частиц ТУ в объёме реактора и скорости образования частиц (W)

# Улавливание технического углерода

- Аппараты для улавливания ТУ:
  - Механические пылеуловители, в которых взвешенные частицы отделяются от газа, при помощи внешней механической силы.
  - Мокрые пылеуловители, в которых взвешенные частицы отделяются от газа за счет промывки его жидкостью (как правило, водой).
  - Фильтры (пористые перегородки, слои материала), задерживающие при пропускании через них запыленного газа взвешенные в нем частицы.
  - Электрофильтры, в которых взвешенные частицы отделяются от газа под действием электрических сил.

## Улавливание технического углерода

# • Механические пылеуловители - Циклоны



Действие центробежной силы  
Действие сил инерции

Рис. 6.1. Схема осевых и радиальных течений в корпусе и бункере циклона.  
1—входной патрубок; 2—корпус циклона; 3—пылевой бункер; 4—отводящий патрубок.

Эффективность отделения твердых частиц от газов в циклонах зависит от скорости очищаемых в циклоне газов и от диаметра самого циклона. Это объясняется тем, что центробежная сила, под действием которой происходит отделение твердых частиц, возрастает с увеличением окружной скорости и уменьшением радиуса вращения:

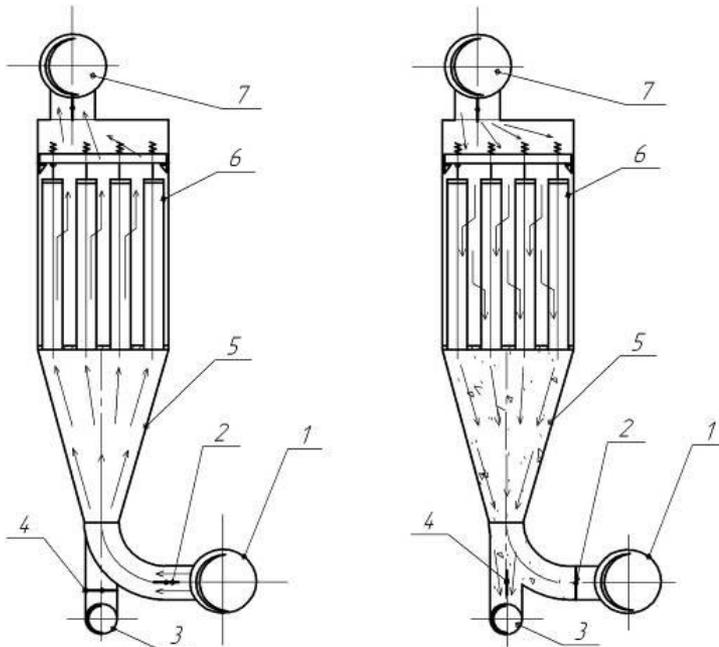
$$F_{ц} = \frac{M \times U_c^2}{r}, \text{ где}$$

$M$  — масса материала, кг.

$U_c$  — окружная скорость, м/сек.

$r$  — радиус вращения (кривизны траектории), м.

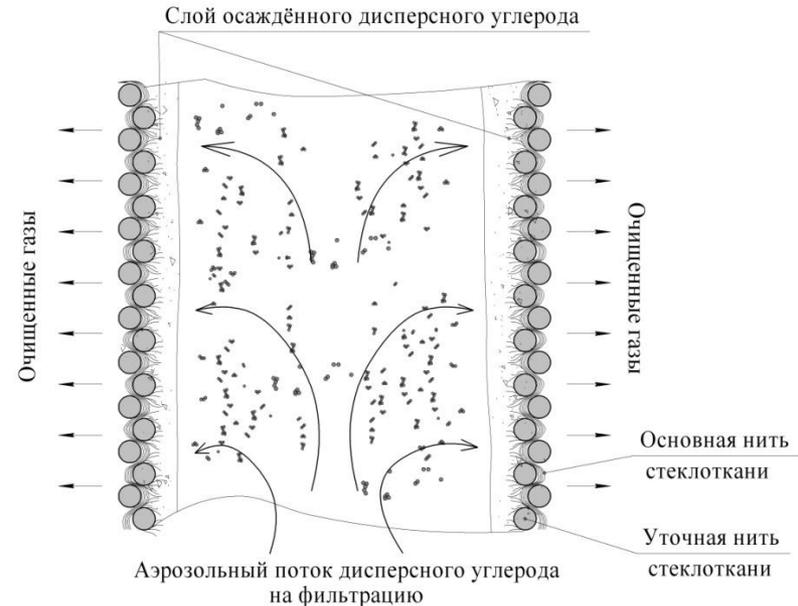
# фильтрация ТУ



Фильтрация

Регенерация

Секция рукавного фильтра ФРО – 5000 и ФРО – 650 при фильтрации аэрозоля (а) и регенерации рукавов (б): 1-коллектор аэрозоля; 2, 4 - клапан с пневмоприводом; 3-коллектор регенерации рукавов; 5- конфузор секции; 6- рукава; 7- коллектор



Качественная картина  
фильтрации аэрозоля в  
тканевом рукаве

# Механизмы коагуляции аэрозоля дисперсного углерода

- **тепловая** (броуновская) коагуляция эффективна под действием броуновского движения частиц **в реакторе и зоне заковки**, когда в тепловое движение вовлекаются нанодисперсные частицы аэрозольного потока с размером менее  $10^{-7}$  м;

**0,2 мкм → 1 мкм**

- **градиентная коагуляция** обусловлена наличием градиента скорости аэрозольного потока в пристенном слое **теплообменника**

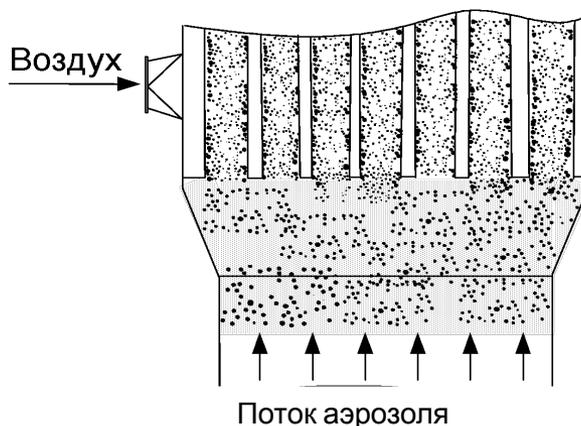
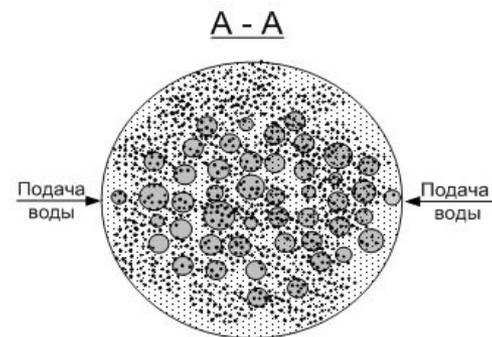
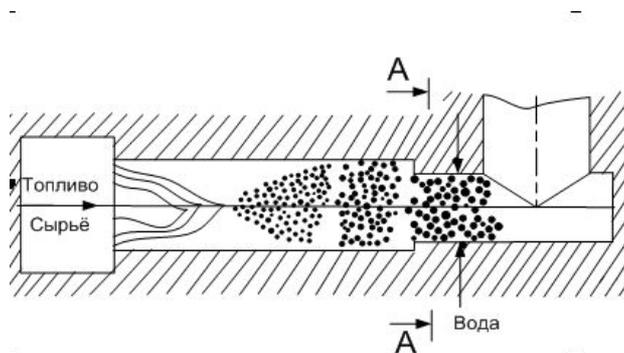
**1 мкм → 5 мкм**

- **кинематическая коагуляция** эффективна в полидисперсном аэрозоле при наличии относительных скоростей движения аэрозольных частиц **в холодильнике**

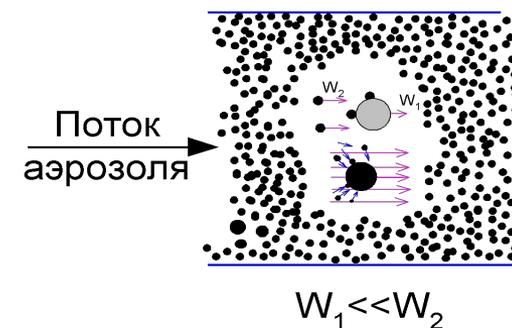
**5 мкм → 10 мкм**

- **турбулентная коагуляция** обусловлена наличием в аэрозольном потоке **в холодильнике-испарителе** турбулентных пульсаций и эффективна для аэрозольных частиц с размерами  $d > 10^{-6}$  м

**10 мкм → 15 мкм**  
Стадия процесса



а.



б.

Стадия процесса	Уравнение для константы скорости коагуляции аэрозоля	Константа скорости коагуляции, м <sup>3</sup> /с	Время жизни, с	Значения медианного размера агрегата, м
Броуновская (тепловая) Реактор, зона заковки	$K_o = 8\pi\gamma_a D_a$	$10^{-16}$	$10^{-2}$	$(25-70)10^{-9}$ $(70-300)10^{-9}$
Градиентная Теплообменник	$K_r = 5,33\Gamma_o r_a^3; \Gamma_o = W_o^2/\nu$	$10^{-15}$	$10^{-1}$	$(3-8)10^{-7}$
Кинематическая Холодильник	$K_k = 3\eta W_s z_k d_a^3 \rho_a / 16z_a r_k \rho_k$	$10^{-12} - 10^{-13}$	0,2	$(0,8-5)10^{-6}$
Турбулентная Холодильник Коагулятор	$K_{TB} = \pi\eta\rho_k W_o^{9/4} r_k^4 / \rho_r v^{5/4} D_r$	$10^{-8} - 10^{-10}$	0,2	$(7-10)10^{-6}$ $(10-60)10^{-6}$



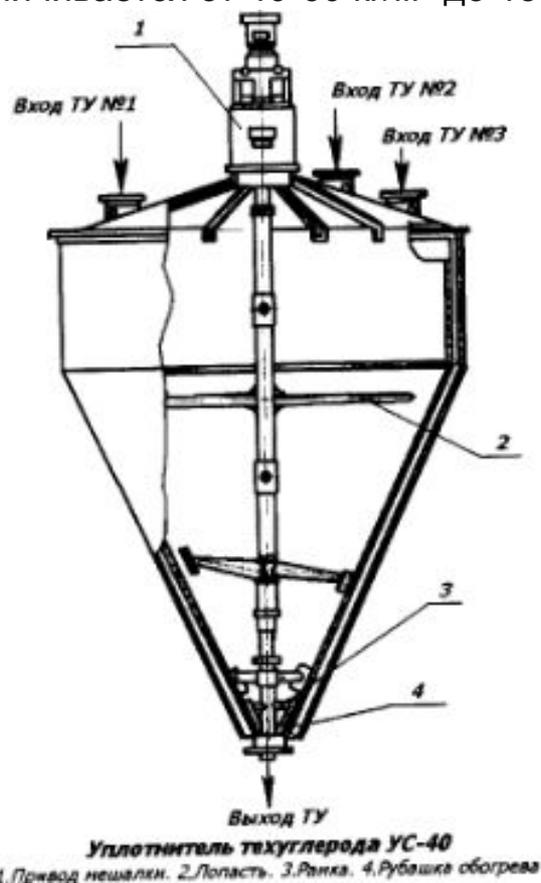
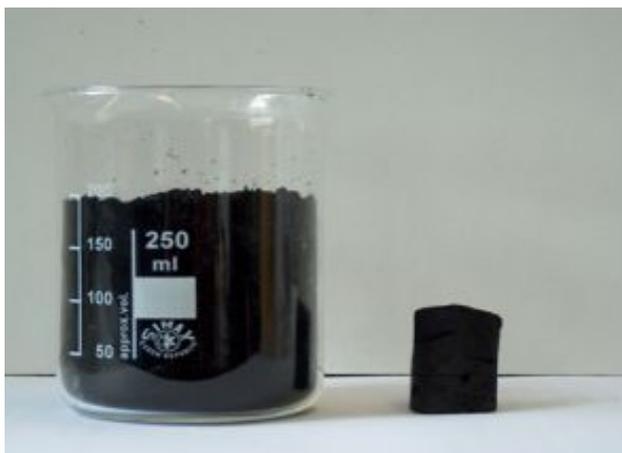
# 1. Гранулирование технического

**углерода**  
Для потребителей технического углерода гранулированный ТУ позволяет обеспечить хорошую его разгрузку, точную дозировку при подаче в смесители, хорошее смешение с каучуком

Гранулирование – процесс принудительного объединения частиц (агрегатов) ТУ в новые плотные образования сферической формы определенного размера (предпочтительно диаметром 0,5-2,0 мм).

## Уплотнение

Полученный ТУ после улавливания в рукавных фильтрах подвергают уплотнению. Уплотнение необходимо для улучшения обрабатываемости ТУ. Такая обработка должна быть осторожной, т.к. **избыточное уплотнение ухудшает диспергируемость ТУ в резиновой смеси** и требует **затрат энергии** на преодоление сил сцепления между агрегатами в грануле. Наиболее перспективным способом является **вакуумное уплотнение пылящего ТУ в мешалках-уплотнителях**, где в результате механического воздействия удаляется часть воздуха, находящегося между агрегатами, и адсорбированных на поверхности частиц газов процесса. Насыпная плотность при этом увеличивается от 40-60 кг/м<sup>3</sup> до 150-170 кг/м<sup>3</sup>.



# Гранулирование

После гранулирования насыпная плотность возрастает до значений 320-500 кг/м<sup>3</sup> в зависимости от способа гранулирования и марки ТУ



## • 1. Сухой способ грануляции

- Сухим способом можно гранулировать ТУ с низкой и средней структурностью и уд. поверхностью выше 70 м<sup>2</sup>/г. Гранулят характеризуется очень мелкими гранулами и содержит относительно большое количество “микрогранул” диаметром менее 0,1 мм - пыли.
- Параметры процесса оказывают сравнительно небольшое влияние на размер гранул и распределение гранул по размерам. Не все марки подходят для сухой грануляции. Для такого типа грануляции **особенно подходят низкоструктурные марки.**

## • 2. Мокрый способ грануляции

- Мокрым способом гранулируют практически все марки ТУ любой дисперсности и структурности, размер гранул зависит от **отношения ТУ /вода**. Для высокоструктурного ТУ требуется больше воды, чем для низкоструктурного. В среднем используют 1 литр воды на 1 кг ТУ. При этом получают гранулы размером 0,5 – 2,0 мм.
- **Скорость вращения вала** в пальцевом смесителе может оказывать определённое влияние на твёрдость гранул. Однако, чаще при гранулировании мокрым способом используют гранулирующие агенты или связующие вещества, например, мелассу или лигносульфонаты. В зависимости от дозировки этих веществ, прочность отдельных гранул при раздавливании составляет 20-80 г, а массовая прочность гранул может быть в пределах 10-50 кг.

Гранулообразование включает **два этапа**:

- 1 - формование – придание исходному гранулируемому ТУ формы. Формование идет под действием капиллярных сил сцепления, действующих по поверхности гранул.
- 2 - структурирование – окончательное формирование связей между агрегатами ТУ внутри гранулы.

Данные этапы могут протекать последовательно, параллельно или реализовываться совместно в различных комбинациях.

**Технология окатывания** и соответствующая аппаратура являются **универсальными** для проведения процессов гранулирования

Гранулирование окатыванием осуществляется при послойном нанесении частиц порошка ТУ на гранулы в присутствии жидкой фазы - связующего. Процесс проводится обычно в барабанных грануляторах . Их применение экономически обосновано для производительностей 10-30 т/ч.

Механизм гранулообразования и качество продукта зависят от **соотношения** твердой и жидкой фаз .

При малом количестве связующего агломерация затруднена, и преобладает процесс разрушения частиц с их последующим наслоением.

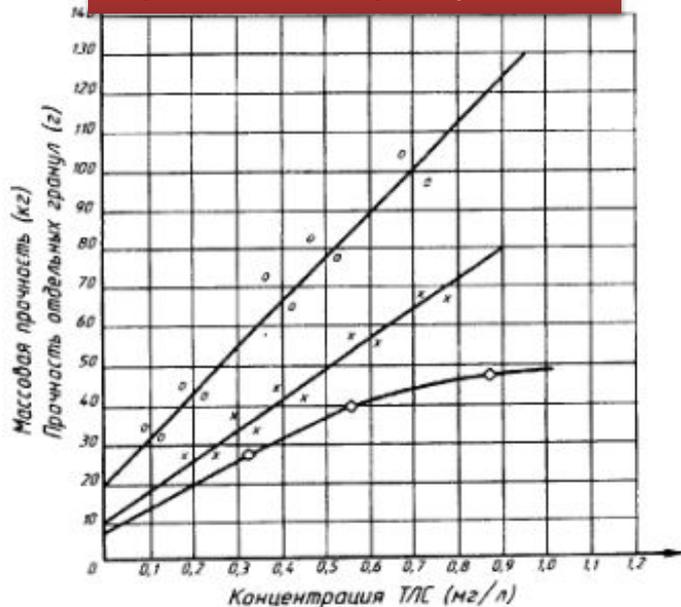
С увеличением количества жидкой фазы заполняются трещины и поры, образуется жидкостная сетка в агломерате ТУ.

Важен и **температурный** режим проведения процесса .

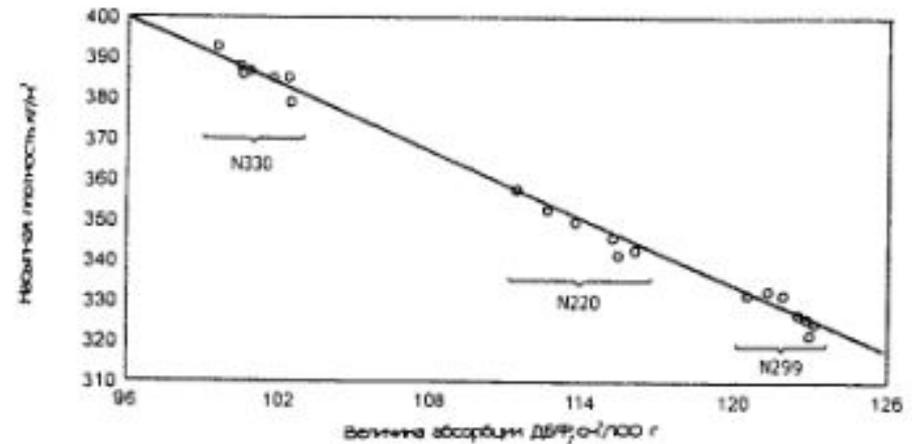
# Условия гранулирования ТУ

Гранулирование технического углерода происходит при интенсивном смешивании его в заданном соотношении со смачивателем в смесителе-грануляторе. Смачивателем является **вода** или водные растворы (грануляционные растворы) **связующих добавок**. В качестве связующих добавок наиболее широко используются меласса или лигносульфонаты технические (ТЛС)

## Прочность гранул



## Плотность гранул



## Размер гранул

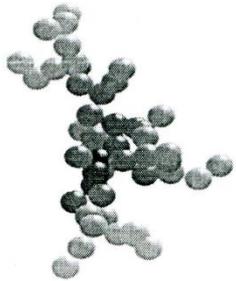
Укрупнение гранул происходит при их

- переувлажнении,
- повышении степени структурности ТУ,
- снижении скорости вращения ротора

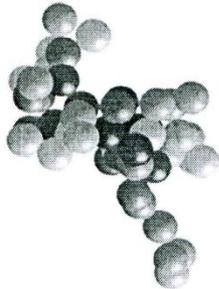
Лигносульфонаты - побочный продукт переработки древесины. ТЛС выпускают на целлюлозно-бумажных комбинатах в жидкой и порошкообразной форме, они представляют собой смесь различных солей (Na, NH<sub>4</sub>, Ca) лигносульфоновых кислот



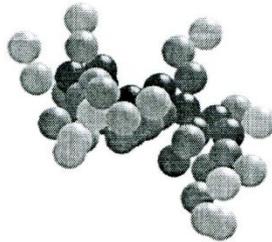
## Разная морфология первичных агрегатов



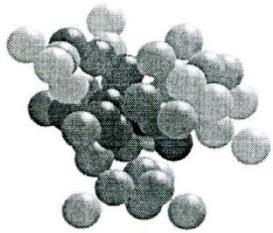
$$D_f = 1,5$$



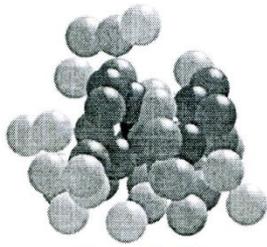
$$D_f = 1,75$$



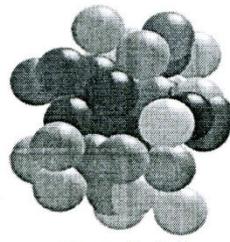
$$D_f = 2,00$$



$$D_f = 2,25$$



$$D_f = 2,50$$



$$D_f = 3,00$$

$$N_p = k_f \cdot \left( \frac{D_g}{D_{pp}} \right)^{D_f}$$

1. При гранулировании высокоструктурных марок ТУ, имеющих более разветвленные первичные агрегаты, **потребность в смачивателе** возрастает

2. **Этап смачивания** заканчивается, когда на агрегате образуется по внешней поверхности пленка жидкости и он может слипаться с такими же другими агрегатами. Однако эта пленка образуется тогда, когда под действием сил капиллярного всасывания пустоты агрегата заполнены жидкостью.

**Этап 1. Смачивание** ТУ является индукционным периодом в процессе мокрого гранулирования

**Этап 2. Слипание** Рост диаметра гранул до предельного

$$\frac{dD}{d\tau} = K \cdot (D_{np} - D),$$

где  $D$  – текущий диаметр гранулы,  $D_{np}$  – предельный диаметр гранулы,  $K$  – константа скорости слипания агрегатов

**Этап 3. Обкатка (шлифовка) гранул**

# Теоретические основы сушки ТУ

- **Список литературы.**

- 1. Ивановский В.И. Технический углерод. Процессы и аппараты: Учебное пособие. – Омск: ОАО «Техуглерод», 2004 – 228 с.
- 2. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник, 2002 – 1017 с.
- 3. Лебедев П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. «Энергия», М-Л., 1966
- 4. А.В. Лыков. Теория сушки. «Энергия», М., 1968

# Формы связи влаги с материалами

- Химическая связь – связь в строго определенных количественных соотношениях как, например, в кристаллогидратах.
- Физико-химическая связь - адсорбционно и осмотически связанная влага.
- Физико-механическая связь – поверхностная и капиллярная влага. Капиллярная влага занимает капилляры и открытые поры твердых тел.

# Особенности ТУ

- Во влажных гранулах ТУ преобладает капиллярно связанная влага при наличии также поверхностной влаги. ТУ относят к капиллярно-пористым материалам.
- адсорбционно связанная влага молекулярными силами – гигроскопическая влажность.

Марка ТУ	Массовая доля потерь при 125°С, %	Гигроскопическая влажность при 100% влажности воздуха, %
N234	0,19	5,57
N220	0,17	4,36
N326	0,19	2,8
N330	0,23	2,8
N550	0,26	1,77
N660	0,25	1,77
N650	0,30	1,57
Электропроводный техуглерод УМ-85	0,30	15,6

**Скорость сушки** характеризуется **двумя периодами**. В первом периоде, когда удаляется влага главным образом поверхностная влага, скорость постоянна и максимальна; во втором периоде, когда удаляется влага, перемещающаяся из внутренних слоев за счет диффузии, скорость убывает по мере высушивания материала.



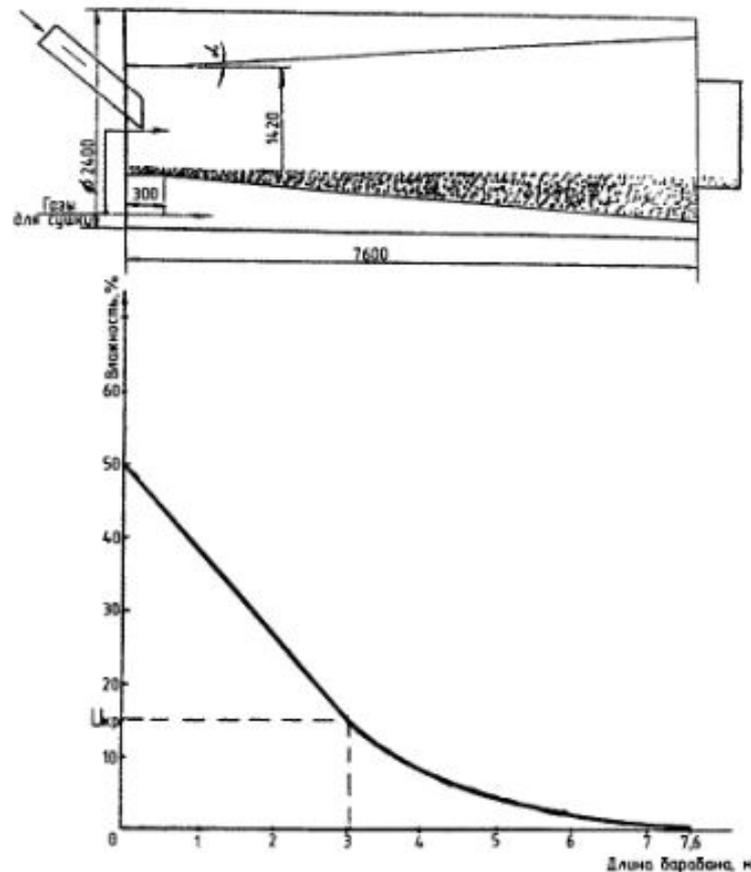
### Зависимость содержания влаги в ТУ и его температуры от времени сушки

1- период постоянной скорости сушки

2 - период падающей скорости сушки

C - Точка критической влажности.

- прогрев материала (кривая 3)
- первый период сушки (прямая 4)
- достижение конечной влажности на поверхности ТУ (кривая 5)
- достижение конечной влажности в центре гранул (кривая 6)



### Изменение влажности ТУ по длине сушильного барабана



Техническая документация для  
производства технического углерода.

Регламент

Инструкции

Паспорт безопасности

# ПАСПОРТ БЕЗОПАСНОСТИ ВЕЩЕСТВА

(ISO 11014-1/ANSI Z 400.1-1998/2001/58/EC)

## Технический углерод

Дата пересмотра: 25/11/10 Заменяет паспорт от: 15/05/09

### 1 СВЕДЕНИЯ О ВЕЩЕСТВЕ И КОМПАНИИ

#### ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРОДУКЦИИ

ТОРГОВОЕ НАИМЕНОВАНИЕ

Технический углерод марок:

N121 N299 N339 N539

N220 N326 N347

N234 N330 N375

N660

N772

N550

N650

РЕГИСТРАЦИОННЫЙ НОМЕР (РЕГЛАМЕНТ REACH (EC) №1907/2006)

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ:**

01-2119384822-32-0038

Применяется в качестве наполнителя в производстве шинных и технических резин, пластических масс, в качестве черного пигмента при производстве полимеров, печатных и малярных красок.

ООО «ОМСКТЕХУГЛЕРОД»

Россия, 644049, г.Омск, ул. Барабинская, д. 20

#### 1.3 ПРОИЗВОДИТЕЛЬ:

1.3.1. АДРЕС:

+7 (3812) 42-02-64

1.3.2. ТЕЛЕФОН/ФАКС:

[main@carbonblack.ru](mailto:main@carbonblack.ru) **Techuglerod Kft**

1.3.3. E-MAIL:

1.3.4. СПЕЦИАЛЬНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ (НАЗНАЧЕННЫЙ 1013 Budapest В СООТВЕТСТВИИ СО СТАТЬЕЙ 8 РЕГЛАМЕНТА (EC) №1907/2006)

Pauler utca, 12. 3/1 Hungary

тел./факс: +36-1-217-68-02

+7 (3812) 42-72-78 (пн.-пят. с 8<sup>00</sup>-17<sup>00</sup>)

Производитель осуществляет выпуск продукции на двух промышленных площадках: по адресу, указанному в п.1.3.1 и по адресу: Россия, 400029, г.Волгоград, ул.40 лет ВЛКСМ, д.61.

ТЕЛЕФОН ДЛЯ ЭКСТРЕННОЙ СВЯЗИ:

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

### 2 СВЕДЕНИЯ ОБ ОПАСНОСТИ

Умеренно опасное вещество по воздействию на организм человека. Вызывает обратимое механическое раздражение глаз и дыхательных путей при концентрациях, превышающих предельно допустимые. Отнесен к группе трудногорючих материалов

#### 2.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОПАСНОСТИ

(температура разложения 300°C). Опасные продукты разложения: моноокись углерода, диоксид углерода и оксиды серы.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ВЕЩЕСТВА

EU:

WHIMS:

OSHA:

### НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

ПУТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ Не классифицирован как опасное вещество согласно Директиве Совета №67/548/ЕЕС, Регламенту (ЕС) 1272/2008 и различным поправкам к ним.

D2A Классифицирован как опасное вещество

ОСТРЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ:

ПРИ ВДЫХАНИИ Ингаляционный, через органы зрения и кожу. Механическое раздражения верхних дыхательных путей.

Краткосрочное воздействие техуглерода при повышенных концентрациях пыли может вызвать временный дискомфорт в области верхних дыхательных путей, сопровождающийся кашлем и стерторозным дыханием.

ПРИ ПРОГЛАТЫВАНИИ Проглатывание техуглерода не считается возможным путем воздействия.

ПРИ ПОПАДАНИИ В ГЛАЗА Высокие концентрации пыли могут вызвать механическое раздражение глаз.

ПРИ ПОПАДАНИИ НА КОЖУ Длительный и многократный контакт с техуглеродом может вызвать механическое раздражение, сухость кожи.

Данных о вредном воздействии нет.

СЕНСИБИЛИЗИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ Не оказывает.

ДОЛГОСРОЧНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ Длительное воздействие техуглерода (более 40 лет) при концентрации пыли в воздухе рабочей зоны  $1,0 \text{ мг/м}^3$ , может привести к клинически незначительному снижению функции легких, определяемой как объем форсированного дыхания ( $FEV_1$ ) в процессе трудовой жизни.

Международная организация по исследованию рака (IARC) классифицировала техуглерод как *материал, потенциально канцерогенный для человека (группа 2B)*.

Техуглерод не внесён в реестры канцерогенных веществ Американской национальной токсикологической программы (NTP), Американской конференции правительственных промышленных санитарных врачей (ACGIH), Управления охраны труда (OSHA) или стран Европейского сообщества.

Нет данных по канцерогенному воздействию техуглерода, обусловленному содержанием полициклических ароматических углеводородов (PAHs). Исследования показали, что PAHs не выделяются из техуглерода в биологические жидкости и по этой причине не обладают биологической активностью.

## 2.4 НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Техуглерод чрезвычайно стабилен и не трансформируется в окружающей среде.

При попадании продукта в водоемы и при сбросе на рельеф оказывает механическое загрязнение. Пыль техуглерода загрязняет атмосферный воздух.

См. раздел 12.

## 3 СОСТАВ/СВЕДЕНИЯ ОБ ИНГРЕДИЕНТАХ

### 3.1. СОСТАВ ВЕЩЕСТВА:

**Техуглерод является односоставным веществом (>97% углерода)**

### 3.2 ХИМИЧЕСКАЯ ФОРМУЛА **C**

### 3.3 ХИМИЧЕСКОЕ НАИМЕНОВАНИЕ ПО IUPAC

**Коллоидный углерод**

### 3.4 РЕГИСТРАЦИОННЫЙ НОМЕР В СЛУЖБЕ «Chemical Abstract» (CAS):

1333-86-4

### 3.5 РЕГИСТРАЦИОННЫЙ НОМЕР EINECS

215-609-9

## 4 МЕРЫ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ

### 4.1 НЕОБХОДИМОСТЬ В ОКАЗАНИИ ЭКСТРЕННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

**Не требуется**

### 4.2 НАБЛЮДАЕМЫЕ СИМПТОМЫ

#### 4.2.1 ПРИ ИНГАЛЯЦИОННОМ ОТРАВЛЕНИИ

**Кашель, стертородное дыхание**

#### 4.2.2 ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА КОЖУ

**Раздражение, сухость**

#### 4.2.3 ПРИ ПОПАДАНИИ В ГЛАЗА

**Раздражение, чрезмерное слезоотделение**

#### 4.2.4 ПРИ ОТРАВЛЕНИИ ПЕРОРАЛЬНЫМ ПУТЕМ

**Специфический эффект не известен**

### 4.3 МЕРЫ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ ПО ВИДАМ ВОЗДЕЙСТВИЯ:

#### 4.3.1 ПРИ ВДЫХАНИИ

**Вывести пострадавшего на свежий воздух, организовать покой, тепло.**

В случае необходимости восстановить дыхание, прибегнув к стандартным мерам оказания первой помощи.

#### 4.3.2 ПРИ ПОПАДАНИИ НА КОЖУ

**Промыть кожу проточной водой с мылом. При появлении симптомов раздражения обратиться к медицинскому персоналу.**

#### 4.3.3 ПРИ ПОПАДАНИИ В ГЛАЗА

**Промыть глаза большим количеством проточной воды. При появлении симптомов воспаления, чрезмерного слезоотделения обратиться к врачу-окулисту.**

#### 4.3.4 ПОПАДАНИЕ ВНУТРЬ ОРГАНИЗМА ЧЕРЕЗ РОТ

**Не вызывать рвоту. Если человек в сознании промыть ротовую полость водой. Ничего не давать через ротовую полость человеку, находящемуся без сознания.**

### 4.4 НЕОБХОДИМОСТЬ НА МЕСТЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОКАЗАНИЯ НЕМЕДЛЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ПОМОЩИ

**Стандартный набор аптечки первой помощи.**

## 5 МЕРЫ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

### 5.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТИ

Техуглерод относится к группе трудногорючих материалов. Горит без пламени (тлеет). Горение может происходить незаметно и обнаружится только по искрам при перемешивании продукта. Температура разложения продукта 300°C.

После тушения загоревшего продукта следует наблюдать за его состоянием не менее 48 часов для предупреждения тления.

Техуглерод, содержащий >8% летучих веществ, может привести к образованию взрывоопасной смеси из пыли и воздуха.

Содержание летучих веществ в промышленном техуглероде не превышает 8%.

### РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СРЕДСТВА ТУШЕНИЯ

**Огнегасящая пена, диоксид углерода (CO<sub>2</sub>), сухое химическое вещество или тонко распылённая вода.**

### ЗАПРЕЩЕННЫЕ СРЕДСТВА ТУШЕНИЯ

**Избегать применения воды под высоким давлением, поскольку это может способствовать распространению горящего продукта (тлеющий техуглерод всплывает на поверхности воды).**

### ОСОБАЯ ОПАСНОСТЬ, ВЫЗЫВАЕМАЯ САМИМ ВЕЩЕСТВОМ, ПРОДУКТАМИ ЕГО СГОРАНИЯ

**Особую опасность представляют выделяющиеся при горении технического углерода окись углерода (CO), диоксид углерода (CO<sub>2</sub>) и оксиды серы.**

### СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ПОЖАРНЫХ

**Противогазы, предохраняющие от действия окиси углерода, диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) и окисей серы; огнезащитный костюм.**

## 6 МЕРЫ ПО ЛИКВИДАЦИИ НЕПРЕДНАМЕРЕННЫХ ВЫБРОСОВ

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛА

#### 6.3 ДЕЙСТВИЯ ПРИ ПРОСЫПАНИИ ПРОДУКТА

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Предохранять продукт от контакта с открытыми источниками огня, попадания искр, контакта с раскаленными предметами, сильными окислителями (хлораты, броматы, нитраты). Не нагревать продукт выше 300°C.

Обеспечить контроль за содержанием вещества в воздухе рабочей зоны.

Использовать средства индивидуальной защиты (противошумные респираторы; противогазы, предохраняющие от действия CO, CO<sub>2</sub>; спец.одежду для защиты от механических воздействий).

(См. раздел 8 ПБ).

Техуглерод не представляет значительной опасности для окружающей среды, но следует свести до минимума попадание в сточные воды, почву, грунтовые воды, дренажные системы, водоемы во избежание их загрязнения.

Техуглерод не считается опасным веществом согласно Общему закону о воздействии на окружающую среду, компенсациях и ответственности (CERCLA, 40 CFR 302, USA), Закону о чистой воде (40 CFR 116, USA). Он также не является опасным загрязняющим веществом для воздуха согласно Поправкам к Закону о чистой воде от 1990 года (CAAA-90, 40 CFR 63).

(См. раздел 12 ПБ).

Продукт, просыпанный в небольшом количестве, лучше собрать с помощью пылесоса, если есть такая возможность. Предпочтительно использовать пылесос, оборудованный высокоэффективным фильтром для улавливания частиц, взвешенных в воздухе (HEPA). Сухое подметание избегать, но в случае необходимости предварять небольшим распылением воды для уменьшения пыли. Избыточное количество воды делает поверхность пола скользкой.

Просыпания большого объема собрать совком в контейнеры.

ООО «Омсктехуглерод»

ПАСПОРТ БЕЗОПАСНОСТИ ВЕЩЕСТВА Углерод технический для производства резины

(См. раздел 13 ПБ).

При работе использовать средства защиты органов дыхания и средства защиты кожи от механических воздействий (См. раздел 8 ПБ).

## 7 ПРАВИЛА ОБРАЩЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ

### 7.1 ПРАВИЛА ОБРАЩЕНИЯ

Обеспечить функционирование местной вытяжной вентиляции в местах интенсивного пыления (например при распаковке/упаковке мешков), использовать герметичные системы для приготовления смесей, обработки и транспортировки продукта, проводить регулярную пневмоуборку пыли техуглерода.

Предохранять продукт от контакта с открытыми источниками огня, попадания искр, контакта с раскаленными предметами, сильными окислителями.

Не нагревать продукт выше 300°C.

Обеспечить герметизацию электрооборудования во избежание проникания пыли внутрь него и возникновения короткого замыкания.

### 7.2 ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ

Некоторые марки техуглерода обладают низкой электропроводностью, что способствует образованию электростатических зарядов. В некоторых случаях требуется заземление оборудования и конвейерных систем.

Технический углерод должен храниться в условиях, исключающих возможность увлажнения и загрязнения.

Неупакованный технический углерод должен храниться в специальных бункерных складах.

Особых требований к конструкции хранилищ не предъявляется.

Продукт хранить при температуре и влажности окружающей среды.

По уровню освещенности особых требований нет.

Электрическое оборудование на складах необходимо взрывобезопасного исполнения.

Электрооборудование, для которого существует риск попадания пыли техуглерода, должно быть снабжено герметичным уплотнением или периодически продуваться чистым воздухом.

Ограничений по количеству хранения вещества нет.

## НЕСОВМЕСТИМЫЕ ПРИ ХРАНЕНИИ ВЕЩЕСТВА И МАТЕРИАЛЫ МАТЕРИАЛЫ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДЛЯ УПАКОВКИ

Срок годности технического углерода - 12 месяцев со дня изготовления.

Перед входом в бункеры, железнодорожные цистерны, автоцистерны и в другие ёмкости, используемые для хранения/отгрузки продукта необходимо провести анализ воздуха на содержание кислорода, горючих газов и потенциальных токсических веществ, загрязняющих воздух (CO, SO<sub>2</sub>). Соблюдать правила техники безопасности при входе в такие помещения.

Недопустимо хранение с окислителями (хлораты, броматы и нитраты).

Бумажные и полиэтиленовые клапанные мешки, мягкие полипропиленовые контейнеры типа «биг-бег».

Допускается применение другой тары и упаковки, исключающей увлажнение продукции и обеспечивающей её сохранность при транспортировке и хранении.

## 8 МЕРЫ ПО КОНТРОЛЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ/ МЕРЫ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

### ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

Концентрация пыли технического углерода Аргентина- 3,5 мг/м<sup>3</sup> TWA (ACGIH-TLV)

Бразилия - 3,5 мг/ м<sup>3</sup> TWA

Бельгия - 3,5 мг/ м<sup>3</sup> TWA

Болгария- 3,5 мг/м<sup>3</sup> TWA (ACGIH-TLV)

Вьетнам- 3,5 мг/м<sup>3</sup> TWA (ACGIH-TLV)

Великобритания - 3,5 мг/ м<sup>3</sup> TWA OES

- 7,0 мг/ м<sup>3</sup> STEL (10 мин)

Германия: МАК: 1,0 мг/м<sup>3</sup> (при вдыхании годовое среднее значение)

4,0 мг/м<sup>3</sup> (при ингаляции, годовое среднее значение)

TRGS 900: 6,0 мг/м<sup>3</sup> при вдыхании

мг/м<sup>3</sup> при ингаляции, аналогично TWA

Италия - 3,5 мг/ м<sup>3</sup> TWA

Испания - 3,5 мг/м<sup>3</sup> TWA

Корея - 3,5 мг/м<sup>3</sup> TWA

Китай -4,0 мг/м<sup>3</sup> TWA

- 8,0 мг/м<sup>3</sup> TWA STEL (15 мин)

Канада - 3,5 мг/м<sup>3</sup> TWA

Норвегия - 3,5 мг/м<sup>3</sup> TWA

Нидерланды - 3,5 мг/ м<sup>3</sup> MAC-TGG

**Россия - 4,0 мг/м<sup>3</sup> TWA**

США - 3,5 мг/м<sup>3</sup> TWA (ACGIH-TLV)

3,5 мг/м<sup>3</sup> TWA (NIOSH-REL)

3,5 мг/м<sup>3</sup> TWA (OSHA-PEL)

Финляндия - 3,5 мг/ м<sup>3</sup> TWA;

мг/м<sup>3</sup> TWA STEL

Франция - 3,5 мг/ м<sup>3</sup> TWA

Швеция - 3,0 мг/ м<sup>3</sup> TWA

Япония: OEL - 1,0 мг/ м<sup>3</sup> (вдыхание)

- 4,0 мг/м<sup>3</sup> (общая)

TWA - усредненное по времени взвешенное среднее значение при 8-часовом воздействии МАК/MAC - предельно допустимая концентрация пыли в производственных условиях

STEL - предельная концентрация при кратковременном воздействии

OES - норматив по воздействию в производственных условиях

OEL - предельная концентрация при воздействии в производственных условиях

PEL - допустимая концентрация пыли при воздействии тегуглерода

TLV - предельное пороговое значение концентрации. REL - рекомендуемая концентрация пыли при воздействии тегуглерода

TRGS - нормативные предельные концентрации пыли

ACGIH - Американская конференция государственных инспекторов по промышленной гигиене NIOSH - Национальный институт по технике безопасности и гигиене труда

### 8.2. КОНТРОЛЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ

OSHA - Управление по технике безопасности и гигиене труда

Периодический контроль за содержанием пыли тегуглерода и оксида углерода в воздухе рабочей зоны.

Использование вытяжных шкафов при подготовке проб тегуглерода для анализа.

Использование конструкций для выполнения технологического процесса и/или вытяжной вентиляции обеспечивающих, концентрацию вредных веществ в воздухе рабочей зоны в пределах, не превышающих значение ПДК.

### 8.3. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛА

#### ЗАЩИТА ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

При концентрации пыли выше ПДК использовать **противопылевые респираторы**, отвечающие требованиям по защите органов дыхания, установленным национальными стандартами.

При загорании продукта использовать **противогазы**, защищающие от действия **оксида углерода**.

ЗАЩИТА ГЛАЗ                      Рекомендуется надевать **защитные очки**

с боковыми экранами.

ЗАЩИТА КОЖИ                    Рекомендуется использовать обычную

**защитную одежду** от механических воздействий и общих производственных загрязнений, **защитные рукавицы**.

Наносить **защитный крем** на открытые участки кожи для предотвращения сухости.

МЕРЫ ЛИЧНОЙ ГИГИЕНЫ    Прием пищи в специально отведенных местах. Тщательное мытье рук перед приемом пищи и напитков.

По окончании рабочей смены прием душа.

Ежедневная смена рабочей одежды.

В экстренных случаях использование средств для промывания глаз.

## 9 ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

### ФИЗИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ

АГРЕГАТНОЕ СОСТОЯНИЕ    **Твердое вещество**

ЦВЕТ    **Черный**

ЗАПАХ    **Без запаха**

### ПАРАМЕТРЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ОСНОВНЫЕ ОПАСНЫЕ СВОЙСТВА ПРОДУКЦИИ

рН ВОДНОГО РАСТВОРА (при концентрации 50г/ дм<sup>3</sup>)    **6-9**

ТЕМПЕРАТУРА КИПЕНИЯ/ДИАПАЗОН ТЕМПЕРАТУРЫ КИПЕНИЯ    **Не применимо**

ТЕМПЕРАТУРА ПЛАВЛЕНИЯ/ДИАПАЗОН ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ    **Не применимо**

ТЕМПЕРАТУРА ВСПЫШКИ    **Не применимо**

ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТЬ    **>140°C**

ТЕМПЕРАТУРА САМОВОСПЛАМЕНЕНИЯ    **>500°C**

МИНИМАЛЬНАЯ ТЕМПЕРАТУРА ВОСПЛАМЕНЕНИЯ (VDI 2263) ПЕЧЬ ВАМ    **>315°C**

ПЕЧЬ GODBERT-GREENWALD МИНИМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ СКОРОСТЬ ГОРЕНИЯ (VDI 2263, EC 84/449)    **>10 Дж**

ВЗРЫВЧАТЫЕ СВОЙСТВА    **>45 секунд (не классифицируется как легковоспламеняющееся вещество)**

НИЖНИЙ ПРЕДЕЛ ВЗРЫВАЕМОСТИ ПЫЛИ (VDI 2263)    **50 гм / м<sup>3</sup> ST 1 10 бар**

КЛАСС ВЗРЫВАЕМОСТИ ПЫЛИ (VDI 2263, EC 84/449) МАКСИМАЛЬНОЕ АБСОЛЮТНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРИ ВЗРЫВЕ МАКСИМАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ    **30-100 бар/сек**

### 9.2.7 ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА

**Не обладает**

### 9.2.8 ДАВЛЕНИЕ ПАРОВ

**Не применимо**

9.2.9 ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ (при 20°C)

**1,7-2,1 г/см<sup>3</sup>**

### 9.2.10 РАСТВОРИМОСТЬ

**Не растворим в воде и жирах**

9.2.11 КОЭФФИЦИЕНТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ (н-октанол / вода)

Не применимо

9.2.12 ВЯЗКОСТЬ

Не применимо

9.2.13 ПЛОТНОСТЬ ПАРОВ

Не применимо

9.2.14 КОЭФФИЦИЕНТ ИСПАРЕНИЯ

Не применимо

## 10 СТАБИЛЬНОСТЬ И ХИМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

10.1 СТАБИЛЬНОСТЬ

Продукт стабилен при нормальных условиях окружающей среды.

10.2 УСЛОВИЯ, КОТОРЫХ СЛЕДУЕТ ИЗБЕГАТЬ

Избегать воздействия высоких температур (>300°C) и открытых пламен.

10.3 ВЕЩЕСТВА, КОНТАКТ С КОТОРЫМИ СЛЕДУЕТ ИЗБЕГАТЬ

Сильные окислители (хлораты, нитраты, броматы).

10.4 ОПАСНЫЕ ПРОДУКТЫ РАЗЛОЖЕНИЯ

Оксид углерода, диоксид углерода, органические продукты разложения, оксиды серы (сульфоксиды) образуются при нагреве тегуллерода до температуры, превышающей температуру разложения (>300°C).

10.5 ОПАСНАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ

Не происходит

## 11 ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ПОКАЗАТЕЛИ ОСТРОЙ ТОКСИЧНОСТИ

ПРИ ПЕРОРАЛЬНОМ ВВЕДЕНИИ

LD50 >8000 мг/ кг (крысы)

11.1.2 ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА КОЖУ

Кролики: Не вызывает раздражение при индексе воздействия 0,6/8 (4,0=сильный отек).

11.1.3 ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ГЛАЗА

11.2 ПОКАЗАТЕЛИ ПОДОСТРОЙ ТОКСИЧНОСТИ

11.2.1 ИНГАЛЯЦИОННЫЙ ПУТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Кролики: Не вызывает раздражение, показатель по шкале Дрейза 10-17/110 (100=максимальное раздражение).

NOAEL (90 дней) = 1,0 мг/м<sup>3</sup>, (крысы) Исследуемые органы: легкие.

Последствия: воспаление, гиперплазия, фиброз.

11.3 ХРОНИЧЕСКАЯ ТОКСИЧНОСТЬ

ПРИ ПЕРОРАЛЬНОМ ВВЕДЕНИИ Крысы: в течение 2-х лет.

Последствия: образование опухолей не происходило.

ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА КОЖУ Мыши: в течение 18 месяцев.

Последствия: образование опухолей кожи не происходило.

ИНГАЛЯЦИОННЫЙ ПУТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ Крысы: в течение 2-х лет.

Исследуемые органы: легкие.

Последствия: воспаление, фиброз и образование опухолей.\*

\*Считают, что развитие опухолей в лёгких крыс связано с явлением перегрузки лёгких частицами пыли, а не со специфическим химическим действием самого продукта.

Результаты исследований воздействия на крыс других плохо растворимых неорганических частиц показали развитие аналогичных заболеваний, что, по-видимому, характерно для них. При проведении экспериментов на мышах и хомяках с воздействием пыли тегуллерода и других плохо растворимых частиц в аналогичных условиях, образование опухолей не происходило.

Тегуллерод не пригоден для проведения испытаний на бактериях (Ames test: тест Эймса, заключающийся в методе быстрого исследования канцерогенного действия вещества) и других системах In Vitro, т.к. он нерастворим. Когда же всё-таки такое тестирование проводилось, то какие-либо мутагенные действия не были выявлены. Вещества, экстрагируемые из тегуллерода, могут содержать незначительные количества (следы) полициклических ароматических углеводородов (PAHs). Исследования показали, что (PAHs) очень прочно связаны с тегуллеродом и не обладают биологической активностью.

МУТАГЕННЫЙ ЭФФЕКТ

IN VITRO

## СЕНСИБИЛИЗИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ КАНЦЕРОГЕННОСТЬ

Нет данных, свидетельствующих о повышении чувствительности животных и человека к воздействию тегуглерада.

В 2006 году IARC повторно утвердило классификацию тегуглерада, которую она предложила в 1996 году: *группа 2B (потенциально канцерогенное вещество для человека)*.

В 1996 году IARC сделало заключение, что "Существует недостаточное доказательство канцерогенного воздействия тегуглерада на организм человека". На основе результатов исследований воздействия вдыхания тегуглерада крысами IARC сделало вывод, что "В экспериментах на животных получено достаточное доказательство канцерогенности тегуглерада". Общая оценка тегуглерада со стороны IARC: **"Тегуглерад - потенциально канцерогенное вещество для организма человека (группа 2B)"**.

## IN VIVO

### ВОЗДЕЙСТВИЕ НА РЕПРОДУКТИВНУЮ СИСТЕМУ

#### ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

В экспериментах с ингаляцией пыли тегуглерада, проводившихся на крысах, обнаружили мутационные изменения гена *hprt* в эпителиальных клетках лёгочных альвеол. Полагают, что такие изменения специфичны для крыс и являются следствием перегрузки лёгких, которая ведёт к их воспалению и выделению кислородсодержащих веществ (см. раздел по хронической токсичности). Подобные изменения рассматривают как вторичный генотоксичный эффект. Считают, что сам тегуглерад не приводит к мутагенным последствиям. Длительные эксперименты на животных не показали никакого влияния тегуглерада на функцию размножения.

По результатам эпидемиологических исследований, проводившихся с участием рабочих, занятых в производстве тегуглерада, пришли к заключению, что кумулятивное воздействие тегуглерада может приводить к небольшому снижению функции лёгких. Недавнее изучение развития заболеваний органов дыхания у рабочих, занятых в промышленности тегуглерада США, при воздействии пыли тегуглерада концентрацией 1 мг/м<sup>3</sup> (вдыхание) в течение 40 лет трудовой жизни показало снижение форсированного дыхательного объёма в 1 секунду (FEV1) на 27 мл. Результаты ранее проведённого европейского исследования с воздействием пыли тегуглерада концентрацией 1 мг/м<sup>3</sup> (вдыхание) позволило предположить, что после 40 лет трудовой жизни может произойти понижение FEV1 на 48 мл. Однако данные, полученные при проведении этих двух исследований, носили только пограничную статистическую значимость. Обычное возрастное понижение FEV1 в течение аналогичного периода времени составило бы ~1200мл.

Ещё менее ясна зависимость между симптомами и воздействием тегуглерада. В американском исследовании для 9% участников эксперимента из группы, подвергавшейся воздействию пыли тегуглерада, были установлены симптомы хронического бронхита. В группе, не подвергавшейся воздействию, такие симптомы были определены для 5% участников. В европейском исследовании методологические недостатки в проведении анкетирования позволили сделать только ограниченные заключения относительно сообщённых симптомов.

Обследование рабочих на британских заводах (Sorahan и другие, 2001) показало повышенный риск развития рака лёгких на двух из 5 заводов. Однако этот повышенный риск не был связан с концентрацией тегуглерада в воздухе. При обследовании рабочих на одном немецком заводе (Wellman и другие, 2006; Morfeld и другие, 2006 (в)) обнаружили аналогичное повышение риска заболевания раком лёгких, но подобно британским исследователям (2001) не нашли связи заболевания с воздействием тегуглерада. В противоположность этим данным, расширенные исследования, проводившиеся на 18 американских заводах, показали снижение риска развития рака лёгких среди рабочих, занятых в производстве тегуглерада. На основании результатов этих исследований рабочая группа IARC в 2006 году сделало заключение относительно недостаточного доказательства канцерогенности тегуглерада для организма человека (Ваан и другие, 2006).

## ПУТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ

### ИНГАЛЯЦИОННЫЙ

Краткосрочное воздействие тегуглерада при повышенных концентрациях пыли может вызвать временные неприятные ощущения в верхних дыхательных путях, сопровождающиеся кашлем и стерторозным дыханием.

### 11.9.2 ПЕРОРАЛЬНЫЙ

Не считается возможным путем воздействия.

Длительный и многократный контакт с тегуглерадом вызывает механическое раздражение и сухость кожи.

Тегуглерад не является химически раздражающим веществом, но может вызвать механическое раздражение глаз, характерное и для воздействия любой другой пыли.

### 11.9.3 ПРИ ПОПАДАНИИ НА КОЖУ

### 11.9.4 ПРИ ПОПАДАНИИ В ГЛАЗА

## 12 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ  
ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОТОКСИЧНОСТИ  
ОСТРАЯ ТОКСИЧНОСТЬ ДЛЯ РЫБ  
ОСТРАЯ ТОКСИЧНОСТЬ ДЛЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ  
ОСТРАЯ ТОКСИЧНОСТЬ ДЛЯ ВОДОРОСЛЕЙ

При попадании теуглерода в окружающую природную среду оказывает механическое загрязнение.  
LC50 (96 часов) > 1000 мг/л *Brachydario regio* (аквариумная рыбка). Метод: Руководство 203 OECD  
EC<sub>50</sub> (24 часа) >5600 мг/л *Daphnia magna* (водяная блоха) Метод: Руководство 202 OECD  
EC<sub>50</sub> (72 часа) >10000 мг/л  
NOEC50 >10000 мг/л *Scenedesmus subspicatus* Метод: Руководство 201 OECD

### 12.2.4 ПОВЕДЕНИЕ НА УСТАНОВКАХ ПО ОЧИСТКЕ ВОДЫ

EC0 (3 часа) >800 мг/л

Activated sludge (активированный шлам)

Метод: DEV L3 (TTC test)

МИГРАЦИЯ

ПОДВИЖНОСТЬ

Не растворим в воде. Миграция не предполагается.

Не растворим в воде. Предполагается, что продукт остается на поверхности почвы.

### 12.5 СПОСОБНОСТЬ К БИОНАКОПЛЕНИЮ

Потенциальное бионакопление не предполагается в виду физико-химических свойств вещества.

### 12.6 ПРОЧИЕ НЕБЛАГОПЯТНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Теуглерод не содержит компоненты, способные к разрушению озонового слоя.

## 13 УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ

### 13.1 СВЕДЕНИЯ О МЕСТАХ И МЕТОДАХ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ, УТИЛИЗАЦИИ ИЛИ ЛИКВИДАЦИИ ОТХОДОВ ВЕЩЕСТВА, ВКЛЮЧАЯ ТАРУ, (УПАКОВКУ)

Отходы продукта могут сжигаться в подходящих утилизационных установках или подвергаться захоронению в отведённых местах согласно постановлениям федеральных, региональных или местных органов власти.

Контейнеры многократного использования подлежат возврату производителю. Бумажные мешки могут сжигаться или повторно использоваться, либо подвергаться захоронению в отведённых местах согласно положениям национальных/местных законов.

### 13.2 ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ АКТЫ

#### 13.2.1 ЕС

Отходы теуглерода значатся под номером 61303 согласно Директиве Совета 75/442/ЕЕС.

#### 13.2.2 США

Отходы теуглерода не классифицируются как опасные согласно US RCRA, 40 CFR 261.

#### 13.2.3 Канада

Отходы теуглерода не классифицируются как опасные согласно нормам, действующим в провинциях.

#### 13.2.4 ООН

Нет номера ООН.

## 14 СВЕДЕНИЯ О ТРАНСПОРТИРОВКЕ

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО БЕЗОПАСНОМУ ПЕРЕМЕЩЕНИЮ И ПЕРЕВОЗКЕ

Соблюдать условия по сохранению герметичности тары при транспортировке продукции.

Упакованный технический углерод транспортировать в универсальных контейнерах или транспортными пакетами в крытых транспортных средствах в соответствии с Правилами перевозок грузов, действующими на соответствующем виде транспорта.

Гранулированный технический углерод без упаковки транспортировать в крытых вагонах-хопперах и в автоцистернах. Температура загружаемого материала не должна превышать 60°C.

### ТРАНСПОРТНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ

На техуглерод не распространяются какие-либо ограничения, связанные с транспортировкой, согласно нижеуказанным правилам:

Европейские правила перевозки опасных веществ по железной дороге (RID), автомобильным транспортом (ADR), по реке Рейн (ADNR);

Правила Международной ассоциации авиатранспорта (IATA);

Международная организация гражданской авиации - Технические инструкции (ICAO-IT);

Международные правила морской транспортировки опасных веществ (IMDG);

Правила перевозки опасных веществ, установленные Министерством транспорта США (DOT);

Рекомендации ООН по перевозке опасных веществ;

Правила транспортировки опасных веществ в Канаде (TDG).

КЛАССИФИКАЦИОННЫЙ НОМЕР ООН Отсутствует

КЛАССИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТИ ГРУЗА Не классифицируется

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ **Технический углерод, неактивированный, неорганического происхождения**

## 15 НОРМАТИВНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНАЯ МАРКИРОВКА, ДЕЙСТВУЮЩАЯ В СТРАНАХ ЕС

Согласно классификационным критериям Директивы Совета 67/548<sup>^</sup>ЕС и Регламента (ЕС) 1272/2008, касающихся классификации/упаковки/маркировки опасных веществ, а также согласно разным поправкам к ним, технический углерод не является опасным веществом.

Обозначение не требуется.

### КЛАССИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ВОДЫ

Техуглерод внесен в список веществ (WGK) ГЕРМАНИЯ, не представляющих опасность для воды, под номером WGK: 1742.

### КЛАССИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТИ МАТЕРИАЛА D2A

(WHMIS) КАНАДА

США

Американская конференция государственных инспекторов по промышленной гигиене (ACGIH) относит техуглерод к классу A4 (*материал, не оказывающий канцерогенное действие на человека*).

Техуглерод, соответствующий трём критериям - *переносимые по воздуху несвязанные частицы размером, позволяющим их вдыхать* - 21 февраля 2003 года внесен в реестр Proposition 65 (Калифорнийское законоприменение по обеспечению безопасности питьевой воды и контролю токсических веществ, 1986г.)

Технический углерод (регистрационный номер в службе «Chemical Abstract» (CAS) - 1333-86-4) включен в следующие реестры:

>ОКП - Общероссийский классификатор продукции (№21 6600);

>TSCA - Закон США о контроле над токсичными веществами;

>EINECS - Европейский реестр существующих промышленных химических веществ (№215-609-9); >CEPA - Канадский Закон об охране окружающей среды;

>AICS - Австралийский реестр химических веществ;

>MITI - Реестр существующих химических веществ Министерства Международной торговли и промышленности Японии (№10-3074/5-3328 и №10-3073/5-5222);

>TCC-ECL - Перечень существующих химических веществ, в корейском законе о контроле над токсичными веществами (KE-04882);

>FICCS - Филиппинский реестр химических веществ;

>ECS - Китайский реестр существующих химических веществ.

## 16 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### СОДЕРЖАНИЕ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ (ПАУ)

Американский национальный институт по технике безопасности и гигиене труда (NIOSH) в своей нормативной документации (1978) рекомендует при содержании в техуг- лероде ПАУ в количестве >0,1%, производить измерение ПАУ в воздухе.

Промышленный техуглерод обычно содержит <0,1% ПАУ, экстрагируемых растворителем. Содержание экстрагируемых растворителем ПАУ в техуглероде зависит от ряда факторов, включающих способ производства, требуемые технические характеристики продукта, методы определения и идентификации веществ, экстрагируемых растворителем и пр.

### ФРАЗЫ РИСКА И БЕЗОПАСНОСТИ

S22 (не вдыхать пыль)

S33\* (принимать меры предосторожности относительно статических зарядов).

\*фраза S33 применяется лишь к тем маркам техуглерода, которые обладают непроводимостью, достаточной для образования электростатического заряда, при работе с ними.

### ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ СОГЛАСНО ТРЕБОВАНИЯМ НАЦИОНАЛЬНОЙ АССОЦИАЦИИ ПО ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЕ (NFPA)

Воздействие на организм человека: **0**

Воспламеняемость: **1**

Химическая активность: **0**

### ОЦЕНКА ПО СИСТЕМЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОПАСНЫХ МАТЕРИАЛОВ (HMIS)

Воздействие на организм человека: **1\***

Воспламеняемость: **1**

Физическая опасность: **0**

0= минимальная опасность; 1=слабая опасность.

\*Воздействие на организм человека оценено как «1\*». Звездочка указывает на то, что была принята во внимание опасность хронического воздействия (классификация техуглерода согласно IARC).

### 16.5 ИНФОРМАЦИЯ ОБЩЕГО ХАРАКТЕРА

Данные, изложенные в паспорте безопасности, базируются на основе объема информации и опыта, которыми располагает компания на данный момент. Потребитель продукта несет ответственность за последствия его применения в специфических целях.

Потребители должны провести собственные исследования, чтобы определить объективность приведенных данных и пригодность технического углерода для специфических целей применения.

Никакие из приведенных здесь данных не следует рассматривать как разрешение, предложение или рекомендацию к нарушению каких либо законов и установленных нормативов.

Обновление Паспорта Безопасности будет производиться по мере получения новых данных по безопасности техуглерода и его влиянию на здоровье человека.

# ПДК ТУ в воздухе

