



РОСАТОМ



**Особенности получения и использования особо чистых природных графитов**

Д.т.н. Н.Ю.Бейдина<sup>1,2</sup>, А.В.Петров<sup>1</sup>, О.В.Рубинчик<sup>1</sup>,  
д.т.н. В.П. Перевезенцев<sup>1</sup>,  
к.т.н.Юдина Т.Ф.<sup>2</sup>

# Распространение графита в природе

- **ГРАФИТ** - аллотропная модификация *углерода*, наиболее устойчивая при обычных условиях.
- Графит - распространенный в природе минерал. Встречается обычно в виде отдельных чешуек, пластинок и скоплений, разных по величине и содержанию графита.
- В промышленных чешуйчатых рудах массовая доля графита составляет от 2 до 15 %; они легко обогащаются (с получением 60 %-ного флотационного концентрата).
- В плотнокристаллических рудах доля графита 35 — 40 % и более.
- Скрытокристаллические руды содержат 50 — 90 % (в среднем 70 %) углерода, они труднообогащаемы, минимальное содержание графита в них около 20 %.

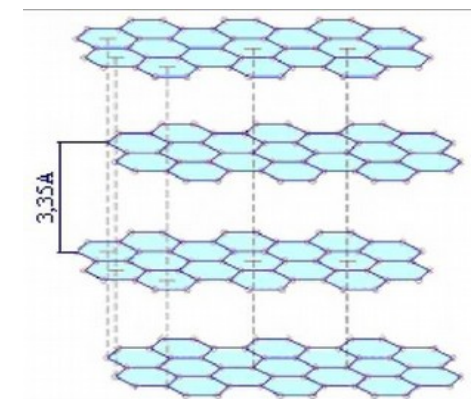


Схема кристаллической решетки графита  
(гексагонального)

**Свойства графита** — весьма высокая огнеупорность (температура плавления  $3850 \pm 50$  °С), высокая тепло- и электропроводность, химическая инертность, мягкость, пластичность, высокая кроющая способность.

Основные производители в России:

ООО «Тайгинский Карьер»

ОАО «Красноярскграфит» (только литейный)

Объем производства 14-20 тыс.т/год  
При установ. Мощности 60 тыс.т/год

Импорт 5-10 тыс.т/год

- Вновь разрабатываемые месторождения (скрытокристаллического - Союзное и чешуйчатого - Ихала) графитов требуют современных технологий добычи и переработки для наиболее квалифицированного применения минералов.
- Современная технология комплексной переработки природных графитовых руд позволит увеличить ресурс использования месторождений, расширить области применения природного графита и получить новые наукоемкие продукты на его основе.

# Марки графита

- В настоящее время регламентируются следующие типы и марки графита:
  - – порошок графитовый особой чистоты
  - – литейный ( марки ГЛ, КЛЗ, КЛТ, КЛС, СКАН )
  - – скрытокристаллический ( ГЛС -1, ГЛС -2, ГЛС -3)
  - – элементный ( ГЭ-1, ГЭ-2, ГЭ-3, ГЭ-4)
  - – электроугольный ( ЭУТ, ЭУЗ, ЭУН)
  - – аккумуляторный ( ГАК )
  - – тигельный ( ГТ-1, ГТ-2, ГТ-3)
  - – карандашный ( ГК-1, ГК-2, ГК-3)
  - – специальный малозольный ( ГСМ-1, ГСМ-2)
  - – графит для специальных сталей ( ГСС ),
  - – фрикционно-металлокерамический (МККЗ)
  - – графит измельченный
  - – смазочный ( ГС-1, ГС-2, ГС-3, ГС-4, П )

# Структура потребления, %



Страна	США		РФ	Кита й
Огнеупоры	35	42	79	40
Смазки, тормозные накладки	41	7	11	30
Литейные формы	-	-	2	-
, карандаши , батарейки	7	-	-	20
	17	46	6	5

**Другое\*** электротехнические, резина,  
шумоизоляция

## Основные потребители тайгинского графита

- – металлургической ( ОАО « Комбинат « Магnezит», г . Сатка Челябинской обл . и ОАО « Динур », Свердловская обл .),
- – нефтегазовой (ОАО «Сургутнефтегаз », Тюменская обл ., « Управление производственно-технологической комплектации», Ханты -Мансийский АО, ДОО « Бургаз », Ямало - Ненецкий АО),
- – машиностроительной ( ОАО « Фритекс», г . Ярославль),
- – резино - и асбестотехнической (ОАО «За вод асбестотехнических изделий», г . Санкт- Петербург)
- Экспорт (30-1000 т/год)

## Потребители красноярского графита

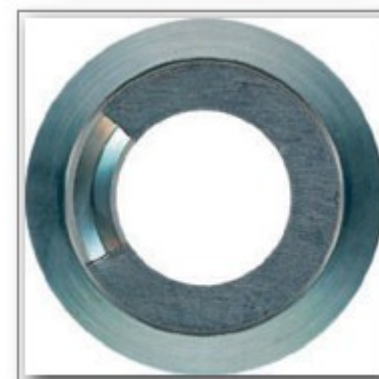
- металлургические и машиностроительные предприятия, для выпуска литейных форм и огнеупорных изделий:
  - ОАО «Северсталь», ОАО «НЛМК», Липецк;
  - ОАО «ММК», Магнитогорск, ОАО «НТМК», Нижний Тагил, «ЗСМК», Новокузнецк,
- нефтегазовые (ООО «Вальма», Самара) предприятия
- Часть продукции отправлялась предприятиям по производству технологических смазок, асбестотехнических и резинотехнических изделий.

- Основными **сопутствующими минералами** графитовых руд являются **слюды и другие алюмосиликаты, кварц, сульфиды железа, оксиды железа, рутил, апатиты, кальцит** и многие другие. Причем, чешуйки графита могут прорасти частицами слюды.
- К **примесям** относят также **адсорбированные газы:  $N_2$ ,  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $NH_3$ ,  $H_2S$ , а также  $H_2O$** . Хемосорбированный на поверхности кристаллитов графита  $O_2$  образует так называемую "окись графита".
- Многие адсорбаты достаточно сложно удалить из графита. Например,  $H_2$  может быть десорбирован при температурах выше  **$900\text{ }^\circ\text{C}$** ,  $CO_2$  - около  **$600\text{ }^\circ\text{C}$** ,  $CO$  - при более высоких температурах.
- К техногенным примесям, приносимым в процессе очистки графитовых руд, следует отнести большей частью **хлорид-ионы или фторид-ионы**.
- **Очистку природного графита** от примесей проводят: с использованием высоких температур (скорость испарения графита значительно ниже скорости испарения многих примесей), вакуума, реакций хлорирования и фторирования и т.д.
- Для получения наиболее чистых минеральных графитов используют комбинированные способы, многостадийную очистку, что, естественно, значительно сказывается на стоимости таких сортов графита.
- **Наиболее дешевым и**, следовательно, наиболее распространенным является способ, основанный на применении кислот (соляной и/или плавиковой).



## Применение природных графитов с чистотой 99,99 % С

- Расширение областей применения в технологических и производственных процессах:
  - огнеупоры (высококачественные, графито-магниевые, алюмо-графитовые),
  - литейное производство,
  - тормозные накладки, смазки,
    - тигли,
  - гальванические батареи, щелочные аккумуляторы,
  - литий-ионные батареи
    - порошковая металлургия,
    - углеграфитовые материалы (катоды алюминиевых электролизеров),
  - антифрикционные материалы,
    - производство стали,
    - производство промышленных алмазов



## Требования к графиту ОСЧ

<b>Наименование примеси</b>	<b>Массовая доля примеси , %, не более</b>
<b>Кремний</b>	<b><math>3 \cdot 10^{-5}</math></b>
<b>Железо</b>	<b><math>1 \cdot 10^{-5}</math></b>
<b>Алюминий</b>	<b><math>1 \cdot 10^{-5}</math></b>
<b>Магний</b>	<b><math>1 \cdot 10^{-5}</math></b>
<b>Бор</b>	<b><math>1 \cdot 10^{-5}</math></b>
<b>Медь</b>	<b><math>1 \cdot 10^{-5}</math></b>
<b>Марганец</b>	<b><math>1 \cdot 10^{-5}</math></b>
<b>Сера</b>	<b><math>2 \cdot 10^{-5}</math></b>
<b>Хлор</b>	<b><math>2 \cdot 10^{-5}</math></b>

# Разработанное оборудование

Наряду с традиционной флотацией для обогащения и тонкой очистки до стадии ОСЧ разработаны Термическая и термохимическая очистка от серы и зольных примесей



**В печах графитации высокотемпературных с процессорным управлением:**

**при температурах до 2800 °С**

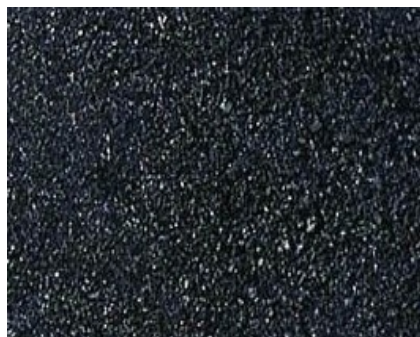


**или**

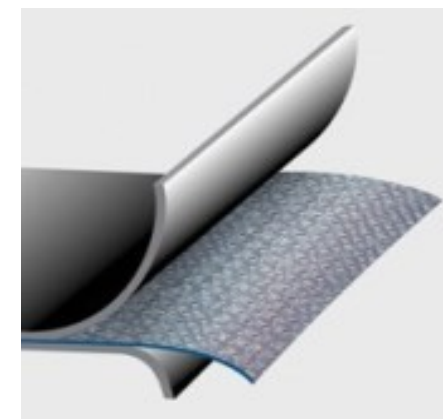
**В печах ЭВП**

**до 2200 °С с низким перепадом температур по высоте;**

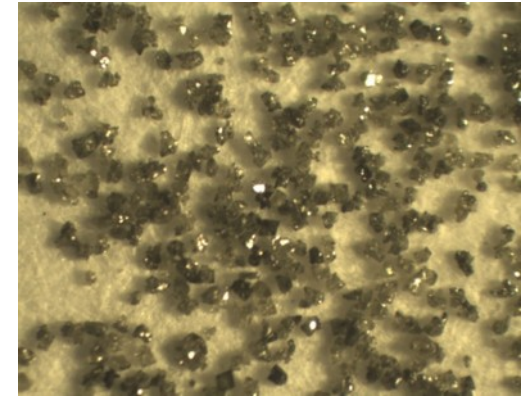
# Области применения



- терморасширенный графит,
- Краски антикоррозионные  
защитные катодные
- Краски огнестойкие
- полирующие вещества
- огнестойкие материалы и  
покрытия,
- антикоррозионные покрытия
- детали для электротехники,
- графитовая фольга и  
уплотнительные материалы
- магнитные ленты,
- суспензии охлаждающие и  
смазывающие



- Для наиболее глубокой очистки природных графитов применяют термохимическое рафинирование, разработанное институтом «НИИГрафит», которое состоит в нагревании до температуры выше  $2200^{\circ}\text{C}$  в печи Ачесона в атмосфере галогенсодержащего газа.
- При этом получают чистый природный графит с зольностью меньше  $0,01\%$  для его дальнейшего применения в специальных технологиях, требующих высокочистого (особо чистого сырья).
- Находит применение как сырье для производства алмазов, для графита как материала для ядерной физики (где общее содержание примесей не превышает  $1 \cdot 10^{-3}\%$ ).
- Для использования в полупроводниковой технике созданы графиты еще более чистые, с содержанием примесей не выше  $1 \cdot 10^{-6}\%$ .



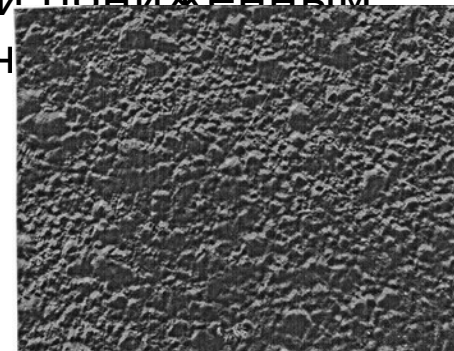
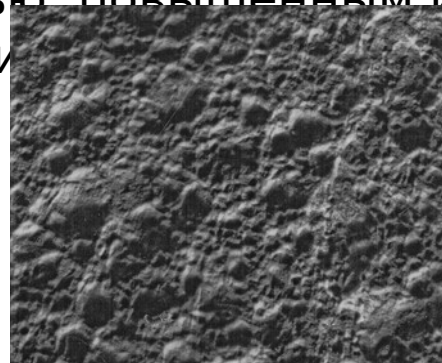
# Покрyтия с графитовой фазой

Композиционные покрытия, химические (КХП) и электрохимические (КЭП), перспективное направление современной гальванотехники.

Композиционные электролитически осажденные слои металлов, включающие частицы из неметаллических материалов, могут обладать новыми уникальными свойствами – повышенной твердостью или пластичностью, износостойкостью, повышенным или пониженным коэффициентом трения, специфическими свойствами.

В сотрудничестве с ИГХТУ (Сибирского) создан композиционный никелевый покрытие, содержащий высокодисперсную графитовую фазу (ТРГ), с повышенной стойкостью к коррозии. Для разработанного композиционного покрытия токи коррозии снижаются на порядок в сравнении с защитным покрытием без графитовой фазы.

- На фото микроструктура никелевого покрытия без добавки и с добавкой графитовой фазы оксида графена



Для разработанного композиционного покрытия токи коррозии снижаются на порядок в сравнении с защитным покрытием без графитовой фазы

# Адсорбенты-поглотители нефти и нефтепродуктов



- В настоящее время в России потребление нефтесорбентов недостаточно и даже с учетом импорта составляет только 6-7,5 тыс. т в год.

- В результате собирается только около 1,5-1,8% от общего объема попавшей в природную среду нефти.

- Нефтесорбенты из ТРГ поглощают от 40 до 80 г/г нефтепродукта



- 1 Наполнитель
- 2 Сорбирующий мат
- 3 Сорбирующее нетканое полотно

# Благодарю за



# внимание!

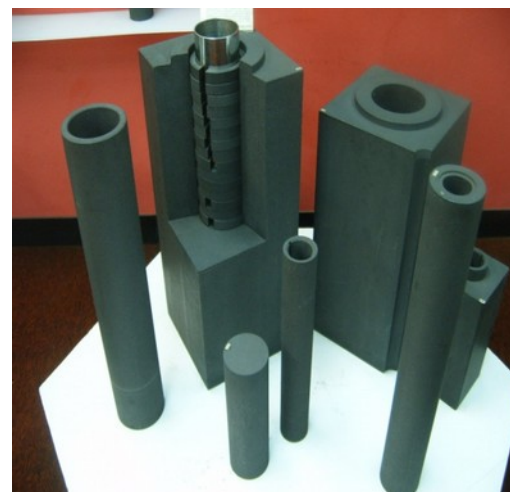
**Бейлина**

**Наталия**

**Юрьевна**

доктор технических  
наук

Начальник управления  
НТР



• Научно-исследовательский институт конструкционных материалов на основе графита **ОАО «НИИграфит»**