

## СИНТЕЗ НАНОСТРУКТУР НА МЕТЕОРИТЕ ЧИНГЕ

Бегунова А.С.<sup>1</sup>, Яковлев Г.А.<sup>1</sup>, Камалов Р.В.<sup>1</sup>,  
Панкрушина Е.А.<sup>2</sup>, Гроховский В.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>) Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого  
Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия  
E-mail: [n.s.begun@gmail.com](mailto:n.s.begun@gmail.com)

## SYNTHESIS OF NANOSTRUCTURES ON THE CHINGA METEORITE

Begunova A.S.<sup>1</sup>, Yakovlev G.A.<sup>1</sup>, Kamalov R.V.<sup>1</sup>,  
Pankrushina E.A.<sup>2</sup>, Grokhovsky V.I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>) Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, UB of RAS, Ekaterinburg, Russia

The synthesis of nanostructures was carried out by the CVD method using Chinga ataxite as a substrate. Chinga contains a submicron mixture of kamacite and taenite, which led to carbon nanotubes formation. The diameters was 15-32 nm. The taenite areas of meteorite led to hematite whisker formation.

В настоящее время ведётся поиск углеродных нанотрубок (УНТ) в космическом пространстве [1], для их синтеза могут быть использованы Fe-Ni подложки, содержащие зародыши для формирования УНТ [2]. Атаксит Чинге – железный метеорит с высоким содержанием Ni. Структура представляет собой субмикроскопическую смесь тэнита ( $\gamma$ ) и камасита ( $\alpha$ ). В металлической ( $\alpha+\gamma$ ) матрице встречаются рассеянные игольчатые включения камасита размером около 100x10 мкм, с тэнитовой каймой [3]. Наличие мелкодисперсной Fe-Ni структуры объясняет интерес использования Чинге в качестве подложки для синтеза наноматериалов.

Образец был подготовлен по стандартной методике приготовления металлографических шлифов, подвергнут травлению в 1% нитале в течение 5 минут для получения более развитой морфологии поверхности. Затем были исследованы с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Zeiss SIGMA VP области, содержащие включения камасита с тэнитовой каймой шириной примерно 1,5 мкм. EDS анализ показал, что после травления в металлической ( $\alpha+\gamma$ ) матрице содержалось в среднем 35 мас.% Ni, во включении камасита 7 мас.% Ni, тэнит, окружающий камасит, содержал в среднем 26 мас.% Ni. Высокое содержание Ni в ( $\alpha+\gamma$ ) матрице может объясняться низкой стойкостью  $\alpha$  – фазы к травлению.

Наноматериалы синтезировали на установке CVDomna, в реакционную зону которой подавалась парогазовая смесь ( $C_2H_5OH(95\%) +$  воздух). Процесс проводился при температуре 600 °С и давлении 15 кПа в течение 10 минут. Охлаждение образца проводилось в разреженной атмосфере воздуха.

Образцы были исследованы с помощью СЭМ и рамановского спектрометра LabRam HR Evolution. Длина волны возбуждения составила 488 нм [4]. Исследование показало, что в результате синтеза на поверхности тэнита, обрамляющего камасит, преимущественно были синтезированы гематитовые ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) нановискеры (рис. 1а), а в области ( $\alpha+\gamma$ ) в основном были выращены УНТ (рис. 1б).

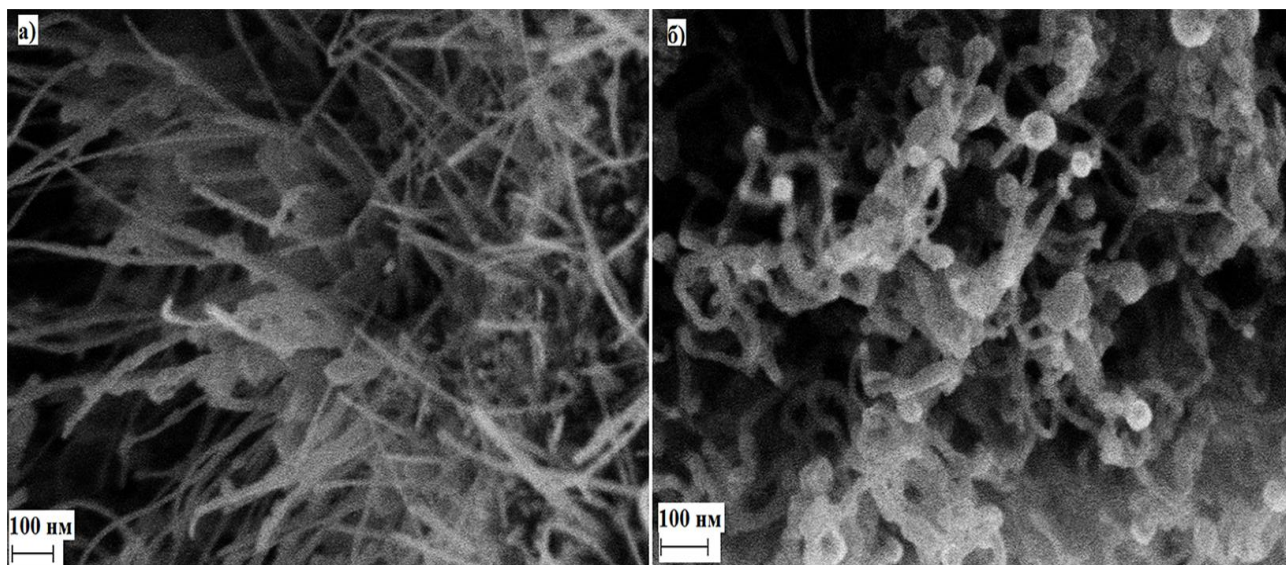


Рис. 1 – Синтезированные наноструктуры: а) – гематитовые нановискеры, б) – углеродные нанотрубки

Диапазон диаметров синтезированных УНТ – 15-32 нм, средний диаметр – 20 нм. Для оценки степени неупорядоченности массива УНТ и совпадения их по форме применялись рамановские спектры, полученные в области образца, содержащей УНТ. Они включают два основных пика: D –  $1350\text{ см}^{-1}$  и G –  $1590\text{ см}^{-1}$ . Чем меньше соотношение интенсивностей ID/IG, и чем меньше полуширина пиков, тем менее разупорядочена структура УНТ, причём полуширина пика G более чувствительна к степени неупорядоченности [5]. В исследуемом образце ID/IG=1,02, полуширина пиков: FWHM(D)= $120\text{ см}^{-1}$ , FWHM(G)= $76\text{ см}^{-1}$ , что говорит о значительной степени неупорядоченности в структуре.

Диапазон толщин нановискеров синтезированного гематита – 11-21 нм, средний диаметр – 16 нм, анализ спектров рамановского рассеяния указал на наличие углерода в области исследования.

Мелкодисперсная структура позволила синтезировать УНТ диаметром от 15 до 32 нм, средний диаметр – 20 нм, степень неупорядоченности УНТ высокая.

Области тэнита не ведут к образованию УНТ, но в предложенных условиях на них синтезируются гематитовые нановискеры.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-32-90243. Измерения рамановских спектров выполнены в ЦКП «Геоаналитик» ИГГ УрО РАН» тема № АААА-А18-118053090045-8.*

1. Chen, T., Li, A., *Astronomy & Astrophysics*, 631, A54 (2019).
2. Ding, F, *Nano Letters*, 8 (2), 463–471 (2008).
3. Buchwald, V. F. *Handbook of Iron Meteorites*, University of California Press (1975).
4. Dresselhaus, M. S., Dresselhaus, G., Satio, R., Jorio, A., *Physical Reports*, 409 (2), 27-99 (2005).
5. Antunes, E. F., Lobo, A. O., Corat, E. J., Trava-Airoldi, V. J., *Carbon*, 45 (5), 913-921 (2007).

## **МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНА УЛЬТРАЗВУКОМ И КАВИТАЦИОННЫМ ЭФФЕКТОМ**

Белоусов И.Ф.<sup>1</sup>, Капустин С.Н.<sup>1</sup>, Керимов Р.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
Архангельск, Россия  
E-mail: [hare22@yandex.ru](mailto:hare22@yandex.ru)

## **MODIFICATION OF THE TITANIUM SURFACE BY ULTRASOUND AND CAVITATION EFFECT**

Belousov I.F.<sup>1</sup>, Kapustin S.N.<sup>1</sup>, Kerimov R.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Northern (Arctic) Federal University named after M.V.Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

The formation of a hardened surface layer of titanium under the action of intense ultrasound and cavitation in an aqueous medium was studied. A change in the hardness of the surface nanolayer was detected.

Исследовано образование упрочненного поверхностного слоя титана под действием интенсивного ультразвука и кавитации в водной среде. Обнаружено изменение твердости поверхностного нанослоя, продолжено исследование [1, 2] не аддитивности процессов разрушения при одновременном воздействии электрокоррозии и кавитации. На современном производстве при исследовании стойкости материалов к этим воздействиям образцы обычно подвергаются последовательному воздействию этих факторов, что создает вероятность не заметить важные эффекты.

Исследования проводились на примере титановых сплавов ТЛ-5 и 3М. для обоих сплавов было зафиксировано замедление уноса массы (до 30-50%) при одновременном воздействии кавитации, ультразвука и электрокоррозии.

Представленный материал показывает стадии влияния электрокоррозии на образец. Вначале происходит разрушения слоя наклепа, которые обладает большей коррозионной стойкостью, чем сам сплав. Разрушение слоя происходит через рост микрошероховатостей и развитие микротрещин. Через одиночные пробои слоя происходит разрушение залегающих ниже зерен. При двухчасовом