

**Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»**

УДК 530:536.75+621.762+622.232
№ гос.регистрации 20103213
Инв. №

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе

_____ Д.О.Глухов
«__»_____ 2012г.

ОТЧЕТ
о научно-исследовательской работе

**«ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ, МУЛЬТИФРАКТАЛЬНЫЙ И
МИКРОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ИХ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В
ПРОМЫШЛЕННОСТИ»
(заключительный)**

договор с БРФФИ № Ф10МН-001 от “ 01“ мая 2010 г.

Научный руководитель

д.т.н., доцент

С.Г.Ехилевский

«__»_____ 2012г.

Нормоконтролер

Л.В.Дмитриченко

«__»_____ 2012г.

**Новополоцк
2012**

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель, д.т.н., доцент	_____	С.Г.Ехилевский (общее руководство, разделы 2, 5)
	(подпись, дата)	
Ответственный исполнитель, вед. н. с., к.т.н.	_____	В.Т.Сенють (разделы 3, 4, 5)
	(подпись, дата)	
Ответственный исполнитель, ст. н.с.	_____	С.В.Кухта (разделы 1, 3)
	(подпись, дата)	
Гл.н.с., д.т.н., профессор, академик	_____	П.А.Витязь (разделы 3, 4)
	(подпись, дата)	
Гл.н.с., д.т.н., профессор	_____	М.Л.Хейфец (разделы 1, 3, 4)
	(подпись, дата)	
Вед.н.с., д.т.н., профессор	_____	В.К.Железняк (разделы 4, 5)
	(подпись, дата)	
Вед.н.с., к.п.н., доцент	_____	С.Н.Анкуда (разделы 1, 5)
	(подпись, дата)	
Ст.н.с., к.т.н.	_____	Е.А.Криштопова (раздел 5)
	(подпись, дата)	
Н.с.	_____	К.Я.Раханов (раздел 5)
	(подпись, дата)	
Н.с.	_____	Д.В.Пяткин (раздел 2)
	(подпись, дата)	
Н.с.	_____	Н.М.Позылова (разделы 1, 5)
	(подпись, дата)	
Мл.н.с.	_____	С.А.Ольшанников (раздел 2)
	(подпись, дата)	
Мл.н.с.	_____	Е.П.Потапенко (раздел 2)
	(подпись, дата)	

РЕФЕРАТ

Отчет 89 с., 23 рис., 7 табл., 90 источников

ШУНГИТОВЫЙ УГЛЕРОД, МУЛЬТИФРАКТАЛЬНЫЙ И МИКРОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, ВЫСОКИЕ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ, АППАРАТ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ, МЕХАНИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ, ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ, РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ, ФАЗОВЫЙ СОСТАВ, АТОМНО-СИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ

Объектом исследования являются композиционные углеродные материалы на основе шунгита с различным содержанием углерода.

Цель работы – разработка методологии комплексного физико-химического, мультифрактального и микроструктурного анализа минералов шунгита на микро- и макроструктурных уровнях, изучение фазового состава и структуры шунгитового углерода после комплексного термического и термобарического воздействия, выбор рациональных условий и анализ эффективности использования шунгита в промышленности.

Представлены результаты исследований влияния отжига в условиях высоких температур и давлений на структуру и фазовый состав шунгитового углерода. Показано, что при высокотемпературном отжиге в восстановительной и окислительной атмосферах и последующей термобарической обработке при высоких давлениях наблюдается трансформация исходных глобул шунгитового углерода в кристаллиты полиэдрической формы. При этом наблюдается увеличение размеров нанокристаллитов шунгитового углерода и частичное разрушение шунгитовых глобул с их графитизацией.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МИНЕРАЛОВ ШУНГИТА	7
1.1 Системное описание строения углеродных материалов	7
1.2 Методология комплексного физико-химического анализа минералов шунгита	11
1.3 Анализ топологической модели физико-химической системы	15
1.4 Исследование сингулярных элементов топологической модели	19
1.5 Самоорганизация структурных изменений и фазовых переходов	21
2 ТЕОРЕТИКО-ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ДИНАМИЧЕСКОЙ СОРБЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ	23
3 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МИНЕРАЛОВ ШУНГИТА	37
3.1 Исходные материалы, методики и аппаратура исследования	37
3.2 Методика мультифрактальной параметризации	40
3.3 Разработка методологии химического газофазного модифицирования наноструктурных углеродных материалов	41
3.4 Разработка методологии механической активации наноструктурных углеродных материалов	44
4 АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И СТРУКТУРНЫХ СВОЙСТВ МИНЕРАЛОВ ШУНГИТА	51
4.1 Исследование минералов шунгита на микро- и мезоструктурных уровнях	51
4.2 Анализ диаграмм состояния на макроструктурном уровне	56
4.3 Описание минералов шунгита на макроструктурных уровнях	59
4.4 Изучение зависимостей физико-химических свойств минералов шунгита от их микро- и мезоструктурного состояния	61
4.5 Анализ зависимостей физико-химических свойств минералов шунгита от их макроструктурного состояния	65
5 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛОВ ШУНГИТА	68
5.1 Выбор рациональных условий использования минералов шунгита в промышленности	68
5.2 Анализ эффективности использования минералов шунгита в машиностроении и радиоэлектронике. Изучение перспектив дальнейшего развития и практического использования полученных результатов	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	78
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	82

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Витязь П.А., Жорник В.И., Кукареко В.А., Комаров А.И., Сенють В.Т. Модифицирование материалов и покрытий наноразмерными алмазосодержащими добавками /под общ. ред. Витязя П.А. – Минск, Белорусская наука, 2011.– 522 с.
2. Рожкова Н.Н., Емельянова Г.И., Горленко Л.Е., Лунин В.В. Шунгитовый углерод и его модифицирование// Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И.Менделеева. 2004. т. XLVIII. №5.–С.107–115.
3. Шунгиты новое углеродистое сырье/ под ред. В.А. Соколова, Ю.К. Калинина, Е.Ф.Дюккиева. Петрозаводск: КНЦ РАН, 1984.– 239 с.
4. Витязь П.А. Разработка новых материалов и технологий с применением наноразмерных компонентов/ В сб.науч. трудов VI МНТК «Материалы, технологии и оборудование в производстве
5. Kullback S. Information Theory and Statistics, New York: Dover Pubns, 1997, 416 p.
6. Хармут Х. Применение методов теории информации в физике. М.:Мир, 1989.
7. Frieden B.R. // Found.Phys., 1991, 21, №7, 757–771.
8. Brasher J.D. // Int.J.Theor.Phys., 1991, 30, №7, 979–984.
9. Haken H., Information and Self–Organization. A Macroscopic Approach to Complex Systems., Berlin: Springer Verlag, 1988, 196 p.
10. Haken H., Advanced Synergetics, Berlin: Springer Verlag, 1993, 356 p.
11. Nicolis J.S. and Prigogine I., Exploring Complexity. An Introduction., New York: W.H. Freeman & Co., 1989, 328 p.
12. Prigogine I., From Being to Becoming. Time and Complexity in Physical Sciences., San Francisco W.H. Freeman & Co., 1980.
13. Nicolis J.S., Dynamics of Hierarchical Systems. An Evolution Approach., Berlin: Springer Verlag, 1986, 397 p.
14. Nicolis J.S. and Prigogine I., Self–Organization in Non–Equilibrium Systems ., New York: J. Wiley & Sons, 1977, 512 p.
15. Иванова В.С., Баланкин А.С., Бунин И.Ж., Оксогоев А.А. Синергетика и фракталы в материаловедении. М.: Наука, 1994.

16. Физическая мезомеханика и компьютерное моделирование материалов / Под ред. В.Е.Панина. – Новосибирск: Наука, 1995, Т1. – 298 с., Т2.– 320 с..
17. Panin V.E. // Theor. Appl. Fract. Mech. 2001. V.37. №1–3. P.261–298.
18. Панин В.Е., Панин Л.Е. // Физическая мезомеханика, 2004. Т.7. №4. С.5–23.
19. Панин В.Е., Егорушкин В.Е., Панин А.В. // Физическая мезомеханика, 2006. Т.9. №3. С.2–22.
20. Вахал А., Хебда М., // в кн.: «Справочник по триботехнике» (Под общ. ред. М. Хебды и А.В. Чичинадзе), Т.1. Теоретические основы. – М.: Машиностроение, 1989. – С. 42–45.
21. Встовский Г.В., Колмаков А.Г., Бунин И.Ж. Введение в мультифрактальную параметризацию структур материалов., Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 116 с.
22. Встовский Г.В., Колмаков А.Г. // Сб. статей «Нелинейная динамика, фракталы и нейронные сети в управлении технологическими системами» (под ред. д.т.н., проф. Ю.Г. Кабалдина), Владивосток: Дальнаука, 2001. – С. 15–31.
23. Встовский Г.В. Элементы информационной физики. М.: МГИУ, 2002.– 260с.
24. Колмаков А.Г. // Фракталы и прикладная синергетика 2005: Сб. статей под ред. Ю.К. Ковнеристого и др. М.: Издательство Интерконтакт Наука, 2005. С.8790.
25. Колмаков А.Г. // Нелинейный мир, 2006. т.4. №3. – С.126–136.
26. Kolmakov A.G. // Book of articles "Deformation & Fracture of Materials – DFM2006» (ed. by Yu.K. Kovneristiy et al.). – Moscow: Interkontakt Nauka, 2006.– P.35–42.
27. Две космогонии (под ред. члена Российского физического общества Е.Лукьянова). – Москва : «Паломник», 1999. – 160 с.
28. Vstovky G.V. //Found.Phys., 1997, 27, №10, 1413–1444.
29. Блаттер К. Вейвлет–анализ. Основы теории. – Москва, 2004. – 280 с.
30. Астафьева Н.М. //Успехи физических наук, 1996. Т.166. № 11, С.1145–1170.
31. Левкович–Маслюк Л., Переберин А. Введение в вейвлет–анализ М.: ГрафиКон’99, 1999.
32. Зверев А.А., Колмаков А.Г., Чернышова Т.А., Кобелева Л.И. // Перспективные материалы, 2007. Спец.выпуск, Сентябрь. –С.603.

33. Зверев А.А., Колмаков А.Г. // Book of articles «Deformation & Fracture of Materials and Nanomaterials DFMN 2007» ed. by O.A. Bannykh et. al. – Moscow: Interkontakt Nauka, 2007. P. 637–639.
34. Колмаков А.Г. Зверев А.А. Применение современных математических методов для системного описания структур материалов // В сб. Науч. тр. под ред. академика К.А. Солнцева «Институту металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова РАН 70 лет», М.: Интерkontakt Наука, 2008. – 736 С., с.660–675.
35. Технологические основы управления качеством машин: Справочное пособие / А.С.Васильев, А.М.Дальский, М.Л.Хейфец и др. Минск: ФТИ НАНБ, 2002.–216с.
36. Технологические основы управления качеством машин / А.С. Васильев [и др.]. М.: Машиностроение, 2003. – 256 с.
37. Технологические основы управления качеством машин: Библиотека технолога / А.С.Васильев, А.М.Дальский, М.Л.Хейфец и др. М.: Машиностроение, 2003. – 256 с.
38. Хейфец М.Л. Самоорганизация процессов при высокоэффективных методах обработки деталей.– Новополоцк: ПГУ, 1997. – 268 с
39. Хейфец М.Л., Кожуро Л.М., Мрочек Ж.А. Процессы самоорганизации при формировании поверхностей. Гомель: ИММС НАНБ, 1999. 276 с.
40. Хейфец М.Л. Проектирование процессов комбинированной обработки: Библиотека технолога. Москва: Машиностроение, 2005. – 272 с.
41. Хейфец М.Л. Формирование свойств материалов при послойном синтезе деталей. Новополоцк: ПГУ, 2001. – 156 с.
42. Технологические основы высокоэффективных методов обработки деталей: Учебное пособие / П.И. Ящерицын, М.Л. Хейфец, Б.П. Чемисов и др.– Новополоцк: ПГУ, 1996.– 136 с.
43. Синергетические аспекты физико–химических методов обработки / А.И.Гордиенко, М.Л.Хейфец, Б.П.Чемисов и др. Минск: ФТИ НАНБ, 2000. – 172 с.
44. Акулович Л.М., Ивашко В.С., Хейфец М.Л. Самоорганизация процессов упрочняющей обработки. – Минск: Народная книга, 2008. – 236 с.
45. Интеллектуальное производство: состояние и перспективы развития / Под общ. ред. М.Л.Хейфеца и Б.П.Чемисова.– Новополоцк: ПГУ, 2002.– 268 с.

46. Научные основы материаловедения / Б.Н. Арзамазцев [и др.]. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1994. – 366 с.
47. Аносов, В.Я. Основы физико-химического анализа / В.Я. Аносов, М.И. Озерова, Ю.Я. Фиалков. М: Наука, 1976. – 504 с.
48. Курнаков, Н.С. Введение в физико-химический анализ / Н.С. Курнаков. М.–Л.: АН СССР, 1940. – 562 с.
49. Курнаков, Н.С. Избранные труды. Т. 1 / Н.С. Курнаков. М.: Изд. АН СССР, 1960. – 595 с.
50. Гиббс, Дж.В. Термодинамические работы / Дж.В. Гиббс. М.–Л.: Гостехтеориздат, 1950. – 492 с.
51. Гленсдорф, П. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуации / П. Гленсдорф, И. Пригожин. М: Мир, 1973. – 280 с.
52. Понтрягин, Л.С. Основы комбинаторной топологии / Л.С. Понтрягин. М.: Наука, 1986. – 118 с.
53. Cauchy, A. Recherches sur les polyedres / A. Cauchy // Journal de l'Ecole polytechnique. 1813. V. IX. P. 68 86.
54. Stringham, W.J. Regular figures in n-dimensional space / W.J. Stringham // American journal of mathematics. 1880. V. III. P. 1 14.
55. Берже, П. Порядок в хаосе: О детерминистическом подходе к турбулентности / П. Берже, И. Помо, К. Видаль. М.: Мир, 1991. – 368 с.
56. Менделеев, Д.И. Исследование водных растворов по удельному весу / Д.И. Менделеев // Избр. произв. Л.: Госхимтехиздат, 1934. Т. III. – 497 с.
57. Витязь, П.А. Синтез и применение сверхтвердых материалов / П.А. Витязь, В.Д. Грицук, В.Т. Сенють. Мн.: Бел. наука, 2005. – 359 с.
58. Колмаков А.Г. Анализ связи структурных изменений и механических свойств металлических материалов при модификации поверхности с использованием мультифрактальных представлений.... Дисс. на соиск. уч. степ. д-ра техн. наук.– Москва: ИМЕТ им.А.А.Байкова РАН, 2005.– 376 с.
59. Инструменты из сверхтвердых материалов / Под ред. Н.В. Новикова. М.: Машиностроение, 2005. – 555 с.

60. Пак В.В., Ехилевский С.Г., Ильинский А.Э. Математическая модель рабочего процесса изолирующего шахтного респиратора // Изв. вузов. Горный журнал. 1994, В.1. – с.54–57.
61. Ехилевский С.Г. Динамика сорбции активированными углями и закон возрастания энтропии/ Вес. Полоцкого госуд. ун-та. Сер. С, Фундаментальные науки. – 2006. - №10. – С. 174-180.
62. Ехилевский С.Г., Пяткин Д.В. Вклад высших моментов случайной величины в асимптотику функции распределения // Вестник Полоцкого государственного университета. – 2009. – №3. – С. 100-108.
63. Исследования микропримесного состава ультрадисперсного алмаза /Т.М. Губаревич, Н.М. Костюкова, Р.Р. Сатаев, Л.В. Фомина //Сверхтвердые материалы.–1991.– № 5.–С. 30–34.
64. Химические свойства ультрадисперсных детонационных алмазов /Кулакова И.И., Долматов В.Ю., Губаревич Т.М., Руденко А.П.//Сверхтвердые материалы.–2000.–№ 1.–С. 46–53.
65. Кулакова И.И. Химия поверхности наноалмазов //ФТТ.–2004.–Т. 46.–№ 4.–С. 621–628.
66. Витязь П.А. Состояние и перспективы использования наноалмазов детонационного синтеза в Беларуси // ФТТ.–2004.–Т. 46.–№. 4.–С. 591–595.
67. Губаревич Т.М., Кулагина Ю.В., Полева Л.И. Окисление ультрадисперсных алмазов в жидких средах //Сверхтвердые материалы, 1993, № 3.–С. 34–40.
68. Витязь П.А., Ловшенко Ф.Г., Ловшенко Г.Ф. Механические легированные сплавы на основе алюминия и меди.– Мн.: Беларуская навука, 1998.–351 с.
69. Коледов Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок. – М.: Радио и связь, 1989. – 400 с.
70. Okotrub A. V. et al. Field emission from products of nanodiamond annealing // Carbon. – 2004. – Vol. 42, №. 5–6. – P. 1099–1102.
71. Vul A.Ya. Detonation nanodiamonds. Structure, phase transition and applications // VIII Int. Conf. "Hydrogen Materials Science and Chemistry of carbon Nanomaterials". –Sudak, Ukraine.–Kiev.–2003.–P. 506.

72. Сенюць В.Т. Получение сверхтвердых материалов инструментального назначения с использованием наноалмазов в условиях высоких давлений и температур. Автореф. дисс. канд. техн. наук. – Минск, 2006. –26 с.
73. Блантер М.Е. Теория термической обработки. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1984. – 328 с.
74. Facilitated synthesis of cubic boron nitride by a mechanochemical effect. Horiuchi S., Huang J.Y., He L.L. et al // Phil. Mag. A. 1998. Vol. 78, N 5. PP.1065–1072 .
75. Грицук В.Д. Сенюць В.Т., Стефанович А.А. Изучение влияния глубокой пластической деформации в условиях интенсивного сдвигового воздействия на процесс получения СТМ. В сб. мат. докл. Межд. научн.–техн. конф. «Порошковая металлургия: достижения и проблемы», Минск, Беларусь, 2005.– С.98–100.
76. Молчанов В. И., Селезнева О. Г., Жирнов Е. Н. Активация минералов в процессе измельчения. – М.: Недра, 1988. – 208 с.
77. Исследование воздействия атриторной и термобарической обработки на структуру и свойства материала на основе нитрида бора. Витязь П.А., Сенюць В.Т., Гамеза Л.М., Стефанович А.А., Мосунов Е.И., Ковалева С.А. В сб. трудов III Международн. семинара «Наноструктурные материалы 2004: Беларусь Россия», Минск, Беларусь, 2004.– С.154–155.
78. Ковалевский В.В. Структурное состояние шунгитового углерода // Журн. неорг. химии. – 1994.– Т.39.–№1.– С.31–35
79. Витязь П.А., Ильющенко А.Ф., Хейфец М.Л., Чижик С.А., Солнцев К.А., Колмаков А.Г., Алымов М.И., Баринов С.М. Технологии конструкционных наноструктурных материалов и покрытий / Под общ. ред. П.А. Витязя и К.А. Солнцева. Минск: Беларус. навука, 2011. – 283 с.
80. Витязь П.А., Хейфец М.Л., Сенюць В.Т., Колмаков А.Г., Антипов В.И., Виноградов Л.В. Многоуровневый системный физико–химический, мультифрактальный и вейвлет–анализ изображений структур наноматериалов и их свойств // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С. Фундаментальные науки, 2011, № 4. – С. 14–25.
81. Колмаков А.Г., Зверев А.А., Антипов В.И., Виноградов Л.В., Хейфец М.Л., Кухта С.В. Описание структуры наноматериалов с использованием

- мультифрактального и вейвлет-анализа // Фуллерены и наноструктуры в конденсированных средах: сб. науч. ст. / редкол.: П.А.Витязь (отв. ред.) и [др.]. Минск: Изд. Центр БГУ, 2011. – С. 135–140.
82. Витязь П.А., Хейфец М.Л., Сеньют В.Т., Ковалева С.А., Лхамсурен Э., Цоохуу Х., Железняк В.К. Микроструктурный анализ шунгитового углерода после его обработки в условиях высоких давлений и температур // Фуллерены и наноструктуры в конденсированных средах: сб. науч. ст. / редкол.: П.А.Витязь (отв. ред.) и [др.]. Минск: Изд. Центр БГУ, 2011. С. 354–360.
83. Витязь П.А., Хейфец М.Л., Цоохуу Х., Энхтур Л. Анализ неравновесных процессов синтеза алмазных инструментальных материалов по диаграмме состояния углерода // Перспективные направления развития технологии машиностроения и металлообработки: тезисы докладов Международной научно-технической конференции. Минск: Бизнесофсет, 2011 – С. 48–50.
84. Севостьянов М.А., Колмаков А.Г., Молоканов В.В., Заболотный В.Т., Умнов П.П., Куракова Н.В. Особенности деформации и разрушения композиционного материала на основе высокопрочной мартенситно-старееющей стали с быстрозакаленным поверхностным слоем из сплава $Co_{69}Fe_4Cr_4Si_{12}B_{11}$ // Деформация и разрушение материалов, 2010. №3. – С.28–35.
85. Колмаков А.Г., Геров В.В, Баранов Е.Е., Краснобаев Н.Н., Терентьев В.Ф. Влияние магнетронного покрытия из стали 12Х18Н10Т на деформацию и разрушение мартенситно-старееющей стали при статическом растяжении. // Деформация и разрушение материалов, 2006. №1. – С.21–28.
86. Витязь П.А., Сеньют В.Т. Хейфец М.Л., Колмаков А.Г., Баранов Е.Е., Цоохуу Х., Энхтур Л. Влияние термобарической обработки на макро-, мезо- и микроструктуру углеродных материалов шунгитовой породы. Вестник Фонда фундаментальных исследований Беларуси, 2011, №3. – С. 75–83.
87. Buseck P.R, Galdobina L.P., Kovalevsky V.V. etc. Shungites: the C-rich rocks of Karelia, Russia // Canadian Mineralogist. – 1997. v.-35- № 6 – pp. 1363–1378.
88. Витязь П.А., Хейфец М.Л., Сеньют В.Т., Лхамсурен Э., Цоохуу Х. Исследование влияния термобарической обработки на структуру углеродного наномодификатора на основе шунгита. В сб. трудов XVIII-й МНТК

- “МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТЕХНОСФЕРА XXI ВЕКА”, Севастополь, 12–17 сентября 2011 г. в г. Севастополе. В 4 т. Том 1.– Донецк, 2011.– С.137–139.
89. Патент России № 2242487, МПК: С 08 J 9/24, Н 01 Q 17/00, С 08 К 3/04, С 08 L 19/00, 23/00, 26/06, 27/06, 27/12, G 12 В 17/02, опубл. 2004 г..
90. Патент Респ. Беларусь № 12034, МПК⁸ : С 08J 9/24, С 08К 3/04 // Композиционный углеродсодержащий материал для поглощения электромагнитного излучения и способ его получения / Прищепов А.С., Сенюць В.Т., Ковалева С.А., опубл. 24.03.2009г.