

Таким образом, в колломорфно-полосчатых рудах золотосодержащие прослои халцедона образуются из коагулированных коллоидных частиц, а безрудные прослои – при уплотнении и последующей перекристаллизации силикагелей. Такой механизм нашел подтверждение при изучении бананцевых колломорфно-полосчатых руд эпитермального золотосеребряного месторождения Слипёр, Невада (Saunders, 1990 и 1994) и в других аналогичных месторождениях, и, по-видимому, имел место и на месторождении Озерновское (рис.3).

Результаты изучения флюидных включений из золотоносного халцедоновидного кварца из бананцевых руд месторождения Кочбулак (Коваленкер и др., 1997) показали, что при его образовании что имело место падение температуры от 500 до 300°C и давления флюида – от более 3 кбар до 110 бар. Это согласуется с экспериментальными данными (Frondel, 1938), согласно которым коллоидные суспензии золота в присутствии коллоидных частиц кремнезема устойчивы в водной среде при температурах выше 350°C.

**Закключение.** Таким образом, текстурно-структурные особенности руд и физико-химические условия образования бананцевых руд ряда золоторудных и золотосеребряных эпитермальных месторождений свидетельствуют о том, что значительная часть самородного золота в них переносилась и отлагалась в коллоидной форме. Скачкообразные изменения РТ условий, приводящие к образованию коллоидных частиц кремнезема подтверждают результаты изучения флюидных включений. Указанные закономерности справедливы не только для «молодых» мезокайнозойских месторождений Озерновское, Балейское или Слипёр, но и для «древних» – позднепалеозойских месторождений Кочбулак и Кызылалма.

Работа выполнена при поддержке Фонда содействия отечественной науке, гранта Президента РФ МК-4396.2006.5, проекта РФФИ № 05-04-64407, и программы ОНЗ РАН «Наночастицы в природных и техногенных системах».

#### ЛИТЕРАТУРА

- Айлер Р.К. Химия кремнезема (в 2-х частях). М.: Мир, 1982, 1128с.
- Бетехтин А.Г., Генкин А.Д., Филимонова А.А., Шадлун Т.Н. Текстуры и структуры руд. М.: Госгеолтехиздат, 1958, 368 с.
- Коваленкер В.А., Сафонов Ю.Г., Наумов В.Б., Русинов В.Л. Эпитермальное золото-теллуридное месторождение Кочбулак (Узбекистан). Геол. руд. мест., 1997, т.39, №2, с.127-152
- Чухров Ф.В. Коллоиды в земной коре М.: Изд-во АН СССР, 1955. 671с.
- Boydell H.C. The role of colloidal solutions in the formation of mineral deposit. Institutions of Mining and Metallurgy Transactions, 1925, N34, Pt.1, p.145-337
- Fournier R.O. Silica minerals as indicator of conditions during gold deposition // U.S. Geological Survey Bulletin, 1985, v.1646, p.15-26
- Frondel C. Solubility of colloidal gold under hydrothermal conditions // Economic Geology, 1938, v.33, N1, p.1-20
- Kovalenker V.A., Plotinskaya O. Yu. The role of colloids in the formation of bonanza gold ores in epithermal environment: Kurama ridge deposits case. Porphyry and epithermal deposits of the Chatkal-Kurama region, Abstracts of the International Field Workshop of IGCP projects 486&473, R. Seltmann, N.J. Cook, and R.I. Koneev (eds), Tashkent: IMR, p.37-40
- Lindgren W. Mineral deposits. 4th ed. N.Y.: McGraw-Hill, 1933, 930 p.
- Saunders J.A. Colloidal transport of gold and silica in epithermal precious-metall systems: Evidence from Sleeper deposit, Nevada. // Geology, 1990, v.18, p.757-760
- Saunders J.A. Silica and gold textures in bonanza ores of the Sleeper deposit, Humboldt County, Nevada: Evidence for colloids and implications for epithermal ore-forming processes. // Economic Geology, 1994, v.89, p.628-638

### **СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШУНГИТА, НАНОАЛМАЗА И ФУЛЛЕРЕНСОДЕРЖАЩЕЙ САЖИ.**

Рожкова В.С., Рожкова Н.Н.

*Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, vrozhk@krc.karelia.ru*

**Введение.** Углерод играет большую роль в биологических и геохимических процессах, влияет на экологическую обстановку, являясь строительным материалом почв и осадков. Он может активно использоваться при производстве адсорбентов и фильтров для водоочистки и водоподготовки, а также рассматривается как перспективный элемент в биологии и фармакологии. Эти применения предполагают переход частиц углерода в форму водных дисперсий.

Шунгиты являются природным сырьем для различных областей применения. Физико-химические исследования порошков шунгитовых пород, проводимые в лаборатории шунгитов, показали определяющую роль шунгитового углерода, как активной составляющей природного композита, каким является шунгитовая порода и сложных искусственных композиционных систем (Шунгиты..., 1984).

Шунгитовый углерод (ШУ) представлен фуллереноподобными структурными образованиями с размерностью 6-10 нм ( Kovalevski et al., 2001). Наряду со структурой свойства поверхности, такие как удельная по-

верхность, pH и количество кислородсодержащих поверхностных групп (КФГ) углерода, могут свидетельствовать об его предьстории и активности.

Нанодисперсный ШУ, размеры частиц которого не превышают 50-100 нм, обладает высокой активностью. Такие углеродные наночастицы представляют особый интерес для процессов сорбции и катализа, медицины и электронной промышленности.

В настоящее время ведется активное исследование в области синтеза и изучения наноалмаза, одного из синтетических углеродных материалов. Вариабельность его химического состава и свойств определяется, в частности условиями синтеза и очистки, так как вследствие малого среднего размера наноалмазных частиц (~ 4 нм) доля поверхностных атомов чрезвычайно высока. Суммарное содержание кислорода, водорода и азота в наноалмазе превышает 10%(масс.). Поэтому роль химического состояния поверхности частиц при очистке и последующих обработках, а также при практическом использовании является определяющей. Направленное изменение природы функционального покрова позволяет изменять свойства наноалмаза, например такие, как устойчивость к действию окислительных газовых сред, способность к прессованию (Кулакова, 2004).

Фуллеренсодержащая сажа - сырье для получения фуллеренов, выделяемых из неё экстракцией органическими растворителями. Благодаря своему цепочечному строению, сходному со строением технического углерода и размеру частиц 20–100 нм, тоже является перспективным сырьем для многих областей применения.

Сажи даже с близким содержанием фуллеренов могут существенно отличаться, одной из основных их характеристик является удельная поверхность, определяемая по сорбции по парам органических растворителей с различным размером молекул (Самонин, 2005).

В работе проводятся результаты исследования и сравнения физико-химических свойств шунгитового углерода со свойствами фуллеренсодержащей сажи и наноалмаза при выделении их наноструктурных элементов через водную дисперсию.

**Объекты и методы исследования.** В работе исследовались порошки шунгита I разновидности (м. Шуньга), с размером частиц <40 мкм с содержанием углерода 96—98 % масс., фуллеренсодержащая сажа и наноалмазы. Фуллеренсодержащую сажу (ФС) получали на полупромышленных установках в электрической дуге с графитовыми электродами в атмосфере гелия. (Горелик и др.2000). Образцы наноалмаза синтезированные детонационным методом, были предоставленные проф. Е. Осавой, NanoCarbon Research Institute Ltd. Образцы детонационного алмаза представляют собой серый порошок и содержат, кроме алмаза, аморфный углерод, кислород, азот, водород и другие элементы. Первичные кластеры наноалмаза имеют узкое (от 2 до 10 нм) распределение по размерам (Vul' et al, 2005).

Для получения водных дисперсий углеродных материалов использовали метод предложенный Г.В. Андриевским (Andrievsky et al, 1995;). Для этого проводили ультразвуковую обработку углеродсодержащих порошков в воде с добавлением смеси толуол-изопропанол (4:1 по объёму) до полного испарения толуольной фазы. Затем смесь фильтровали и центрифугировали.

Исследования физико-химических свойств выполнены на исходных порошках, в водных дисперсиях и на порошках высушенных после измельчения в воде: фуллеренсодержащую сажу диспергировали ультразвуком, наноалмаз - в бисерной мельнице, шунгит в виброистирателе «Mikro-Dismembrator U».

Удельную поверхность образцов определяли по низкотемпературной десорбции азота (метод БЭТ). Анализ кислородсодержащих функциональных групп на поверхности проводили путем последовательной обработки образцов основаниями разной силы (метод Бозма)[]

Для определения размера частиц в водных дисперсиях до и после модификации использовали метод динамического светорассеяния (фотонный корреляционный спектрометр “PhotoCor-SP”) и электронную микроскопию.

*Таблица 1. Состав и физико-химические свойства исследуемых образцов*

		pH	S уд, м <sup>2</sup> /г	Количество кислородсодержащих групп, мгэкв/м <sup>2</sup> * 10 <sup>3</sup>			
				Σ КФГ NaOH	NaHCO <sub>3</sub> (карбокисильные)	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> - NaHCO <sub>3</sub> (лактонные)	NaOH - Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (фенольные и карбонильные)
Ш-I (Шуньга)	исх.	6,2	2-5	5,3	1,5	1,5	2,9
	после измельчения в воде	5,2	70	6,5			
Фуллеренсодержащая сажа	исх.	5,8	297	0,589	0,037	0,02	0,53
	с фильтра (после УЗ)	5,0	213	0,63	0,014	0,0093	0,039
наноалмаз	исх	7,15	283	0,054			
	после измельчения в воде	5,91	530	0,11			

**Результаты и обсуждение.** Физико-химические свойства исходных углеродсодержащих материалов приведены в табл.1 Как видно из таблицы фуллеренсодержащая сажа и наноалмаз отличаются от шунгита более высокой удельной поверхностью и примерно одинаковым количеством кислородсодержащих групп (КФГ). УЗ обработку проводили с целью разрушения частиц и выделения отдельных элементов углерода. Дисперсии, полученные с помощью ультразвука из исходного шунгита, имели концентрацию ~ 0,1 мг/мл и по данным светорассеяния состояли из углеродных кластеров со средним размером частиц 96 нм, тогда как частицы наноалмаза имеют размер ~6 нм, а фуллереновой сажи 175 нм.

При одинаковых условиях полученные дисперсии наночастиц ФС оказались менее устойчивыми по сравнению с дисперсиями шунгита (осели через несколько дней после приготовления). Причина различия, по-видимому, связана с присутствием графитовых частиц т.е. многофазным составом ФС. Что хорошо видно на рентгенограмме (рис. 1).

Микроэлементный состав дисперсий приведен в табл.2 Исходная водная дисперсия шунгита отличается достаточно высоким содержанием микроэлементов, но последующая обработка ультразвуком в воде приводит к очищению от микроэлементов. После такой обработки количество элементов в дисперсиях шунгита, наноалмаза и ФС выравнивается.

Таблица 2. Элементный состав водных дисперсий исследуемых нанокуглеродных материалов

Элементы	Вода* (контроль) мкг/мл	Наноалмаз, мкг/мл	Фуллерен- содержащая сажа, мкг/мл	Ш-1 УЗ 22 КГц п/ц, мкг /мл	Ш-1 УЗ 22 КГц 5раз п/ц, мкг/мл
Mn	н/обн	0,0031	0,023	0,022	< 0,031
Na	0,215	1,24	2,62	5,30	1,92
K	0,09	1,83	0,53	4,17	0,29
Co	0,022	0,021	<0,00079	< 0,00079	0,03
Ni	0,0055	0,0016	0,0031	0,106	0,03
Cu	н/обн	0,0024	0,0072	0,021	0,054
Zn	0,024	0,018	0,004	0,059	0,022
Li	н/обн	0,0066	0,018	0,18	< 0,012
Rb		0,018	0,019	0,025	0,018
Cs		0,010	0,0075	0,0053	0,00451

Фуллеренсодержащая сажа, оставшаяся на фильтре после УЗ обработки, и порошки шунгита и наноалмаза были высушены на воздухе. Как видно из табл. 1 у порошков после измельчения в воде повышается удельная поверхность (наноалмаз и шунгит), уменьшается рН, количество КФГ на поверхности увеличивается у всех этих материалов.

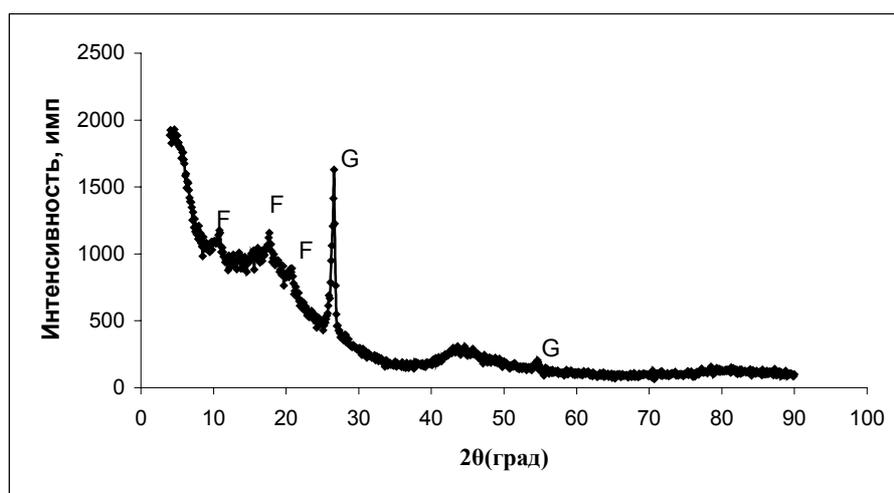


Рис.1. Спектр рентгеновской дифракции фуллереновой сажи. Хорошо видны фуллереновая и графитовая составляющие. F- фуллереновая фаза, G- графитовая фаза на фоне аморфного углерода.

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что нанокремниевые компоненты могут быть переведены в дисперсии с образованием коллоидных растворов со средним размером частиц от 6 до 175 нм.

При активации наночастиц углерода в водных дисперсиях повышается их удельная поверхность и количество КФГ, тогда как рН дисперсий уменьшается.

Перевод в водные дисперсии может быть успешно использован как способ модификации частиц углерода при необходимости контроля экологической безопасности этих наночастиц в воде.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства экономического развития РК лот N7-06 Авторы выражают благодарность А.Н Сафронову за проведение рентген -структурного исследования и А.Г. Туpoleву за измерение удельной поверхности.

#### ЛИТЕРАТУРА

Кулакова И.И. Модифицирование детонационного наноалмаза: влияние на физико-химические свойства.// Рос. хим. ж.2004.т.XLVIII, №5, с. 97-106.

Самонин В.В., Слущер Е.М. Адсорбционная способность фуллереновых саж по адсорбатам различной природы из газовой фазы. ЖФХ, 2005, т.79, № 1, с.100-105.

Шунгиты - новое углеродистое сырье. Под ред. В.А. Соколова, Ю.К. Калинина, Е.Ф. Дюккеева. Петрозаводск. 1984. 239 с. Andrievsky G.V., Kosevich M.V., Vovk O.M., et al. //On the production of an aqueous colloidal solution of fullerenes J.Chem.Soc.Chem.Comm. 1995. V.12. P.1281.

Kovalevski, V. V., Buseck, P.R., Cowley, J.M. Comparison of carbon in shungite rock to over natural carbons:an X-ray and TEM study//Carbon. 2001.V39.N2.P.243-256.

Ya. Vul', E. Osawa et. al //Carbon,2005,№43, p.1722

### **ФАЗЫ ВНЕДРЕНИЯ И ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ РАССЛОЕННОГО ПЛАТИНОНОСНОГО ФЕДОРОВО-ПАНСКОГО ИНТРУЗИВА: ВОЗРАСТНЫЕ И ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ SM-ND ДАННЫЕ**

Серов П.А.

*Геологический институт КНЦ РАН, Анапты, [mozay@nm.ru](mailto:mozay@nm.ru)*

Расслоенные интрузии в настоящее время являются одними из самых перспективных объектов на медно-никелевые, комплексные платино-палладиевые, хромовые и другие виды руд. Их всестороннее изучение важно не только для понимания процессов становления подобных месторождений и рудопроявлений, но также является основой для последующих металлогенических построений, а также в качестве поисковых и разведочных критериев.

Изотопно-геохронологические и геохимические исследования пород и минералов расслоенных интрузий наряду с другими методами изучения несут важную информацию для понимания процессов рудообразования и металлогении в пределах как отдельных геологических тел, так и целых областей развития расслоенных интрузивов.

Федорово-Панский интрузив пироксенит-норит-габброноритовой формации признан одним из наиболее перспективных объектов в России на обнаружение в нем промышленных запасов комплексных платинометаллических руд малосульфидного типа (Митрофанов и др., 1999).

Расслоенный Федорово-Панский интрузив расположен в центральной части Кольского полуострова и входит вместе с Мончегорским, Мончетундровским массивами и массивом г. Генеральской в Северный пояс интрузий.

Массив имеет лополитообразную форму и на современном уровне эрозионного среза представлен фрагментами северной части лополита. Федорово-Панский интрузив обнажается на площади более 400 км<sup>2</sup> и простирается в северо-западном направлении на расстояние около 80 км. Породы массива имеют юго-западное падение под углами 30-35<sup>0</sup>. Истинная мощность интрузива составляет около 3-4 км. Он разбит тектоническими нарушениями на ряд блоков, самыми крупными из которых с запада на восток являются блоки Федоровой, Западно-Панских и Восточно-Панских тундр.

Федорово-Панский массив (ФПМ) сложен главным образом габброноритами, отличающимися друг от друга количественным соотношением породообразующих минералов и структурно-текстурными особенностями. В его строении снизу вверх выделяются следующие зоны (Докучаева, 1994):

Краевая зона (50-60 м) сложена такситовыми габброноритами.

Норитовая зона (40-50 м), состоящая, в основном, из норитов с подчиненным количеством плагиоипироксенитов. К прослоям последних приурочена хромитовая и сульфидная минерализация.

Габброноритовая зона (около 4000 м), сложенная габброноритами различной зернистости и текстуры, а также варьирующими количественными соотношениями кумулусных минералов. В строении зоны выделяется три подзоны: нижняя, центральная и верхняя.