



МИНЕРАЛ ШУНГИТ. СТРУКТУРА И СВОЙСТВА*

О. Мосин*, к.х.н., И.Игнатов**, д.т.н. /
mosin-oleg@yandex.ru, mbioph@dir.bg

Шунгит – природный минеральный сорбент, промежуточный продукт между аморфным углеродом и графитом, содержащий углерода – 30, кварца – 45, силикатной слюды – около 20 мас.%. Шунгитовый углерод – окаменевшее фуллереносодержащее вещество органических донных отложений высокого уровня карбонизации. Количество фуллеренов различается от 0,0001 до 0,001 мас.%. Благодаря уникальной структуре и содержанию фуллереноподобных соединений шунгитовые породы имеют широкий спектр свойств. Это позволяет надеяться на новое применение минерала и требует более глубокого изучения его структуры и свойств с помощью современных методов.

Целесообразно рассмотреть вопросы применения важных компонентов шунгита – фуллеренов. Их особенность состоит в том, что атомы углерода расположены в вершинах правильных шести- и пятиугольников, покрывающих поверхность графитовой сферы или эллипсоида и образующих замкнутые многогранники, состоящие из четного числа атомов углерода в состоянии sp^2 -гибридизации. Такие атомы связаны между собой ковалентной C-C-связью, длина которой в пятиугольнике – 0,143 нм, в шестиугольнике – 0,139 нм [1]. Молекулы фуллеренов могут содержать 24, 28, 32, 36, 50, 60, 70... атомов углерода (рис.1). Фуллерены с количеством таких атомов меньше 60 неустойчивы. Высшие фуллерены с числом атомов углерода более 400 образуются в незначительных количествах и часто имеют довольно сложную изомерию.

Фуллерены перспективны для использования в нанотехнологиях, микроэлектронике, медицине, космической и военной технике, в машиностроении, при производстве технической продукции, сталей и сплавов, строительных, огнеупорных материалов, красок,

SHUNGITE. STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE MINERAL

O.Mosin*, PhD, I.Ignatov**, D.Sc. /
mosin-oleg@yandex.ru, mbioph@dir.bg

Shungite is a natural mineral sorbent, intermediate product between amorphous carbon and graphite, containing (in % by mass): carbon – 30, quartz – 45, silicate mica – about 20. Shungite carbon is fossilized fullerene-containing matter of organic bed deposits of a high level of carbonization. Amount of fullerene in it varies from 0.0001 to 0.001 (in % by mass). Due to a unique structure and content of fullerene-like substance shungite mineral has a wide spectrum of interesting properties. It allows to hope for discovery of new areas of this mineral application and requires deeper study of its structure and properties with use of modern methods.

It is reasonable to consider questions of application of important structural components of shungite – fullerenes. Their special feature is in the fact that atoms of carbon are located in corners of regular hexagons and pentagons, making a surface of a graphite sphere or an ellipsoid and forming closed polyhedrons, consisting of even number of atoms of carbon in a sp^2 -hybridization state. Such atoms are bonded to each other by a covalent C-C bond, and a corresponding distance (between atoms) in a pentagon – 0.143 nm, and in a hexagon – 0.139 nm [1]. Molecules of fullerene can contain 24, 28, 32, 36, 50, 60, 70 ... atoms of carbon (Fig.1). Fullerenes with number of such atoms less than 60 are unstable. Higher fullerenes with number of atoms of carbon more than 400 exist in small amount and often they are characterized by complex enough isomerism.

Fullerenes are promising for use in nanotechnologies, microelectronics, medicine, space and military engineering, in mechanical engineering, production of equipment, steels and alloys, building, refractory materials, paints, fine-dispersed powders, in water purification, in medicine (as carriers of drugs). On the basis of fullerenes scientists have developed viricides and anticancer preparations, use of which will allow to

* ФГБОУ "ВПО "Московский государственный университет прикладной биотехнологии" (Москва).
** Научно-исследовательский центр медицинской биофизики (София).

* Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education Moscow State University of Applied Biotechnology (Moscow).

** Scientific-Research Center of Medical Biophysics (Sofia).



тонкодисперсных порошков, в водоочистке, в качестве носителей лекарственных препаратов. На основе фуллеренов разработаны противовирусные и противораковые препараты, введение которых в организм позволит избирательно воздействовать на пораженные клетки, противодействуя их размножению. Основное препятствие при использовании синтетических фуллеренов – их высокая стоимость, которая в зависимости от качества и степени чистоты этих материалов составляет от 100 до 900 долл. за 1 г, поэтому поиск природных фуллереносодержащих минералов – перспективное направление современных исследований. К таким материалам, в частности, относится шунгит.

СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА И СОСТАВ ШУНГИТА

По структуре шунгит представляет собой аллотропную форму углерода [2]. В его состав кроме углерода входят SiO₂ – 57,0; TiO₂ – 0,2; Al₂O₃ – 4,0; FeO – 6; Fe₂O₃ – 1,49; MgO – 1,2; MnO – 0,15; K₂O – 1,5; S – 1,2 мас.%. Плотность шунгита составляет 2,1–2,4 г/см³; пористость – до 5%; прочность на сжатие – 100–120 МПа; коэффициенты электро- и теплопроводности – 1500 См/м и 3,8 Вт/мК, соответственно; адсорбционная емкость до 20 м²/г [3].

Шунгиты различаются по основе (алюмосиликатные, кремнистые, карбонатные) и количеству шунгитового углерода. Породы с силикатной основой по содержанию углерода (мас.%) подразделяются на низко- (менее 5), средне- (5–25) и высокоуглеродистые – (25–80% углерода) шунгиты (рис.2).

Кристаллы тонкомолотого шунгита обладают выраженными биполярными свойствами – они имеют высокий уровень адгезии и смешиваются практически со всеми веществами. Кроме этого, шунгит адсорбционно активен по отношению к некоторым бактериальным клеткам, фагам, патогенным сапрофитам [4]. Это объясняется наноструктурой и составом образующих его элементов – углерод равномерно распределен в каркасе из мелкодисперсных кристаллов кварца размером 1–10 мкм [5], что подтверждено исследованиями ультратонких шлифов шунгита с использованием растровой электронной микроскопии в поглощенных и обратно рассеянных электронах (см. рис.2).

Шунгитовое углеродное вещество – продукт высокой степени карбонизации состава (мас.%): С – 98,6–99,6; Н – 0,15–0,5; (Н + О) – 0,15–0,9. Рентгеноструктурные исследования показали,

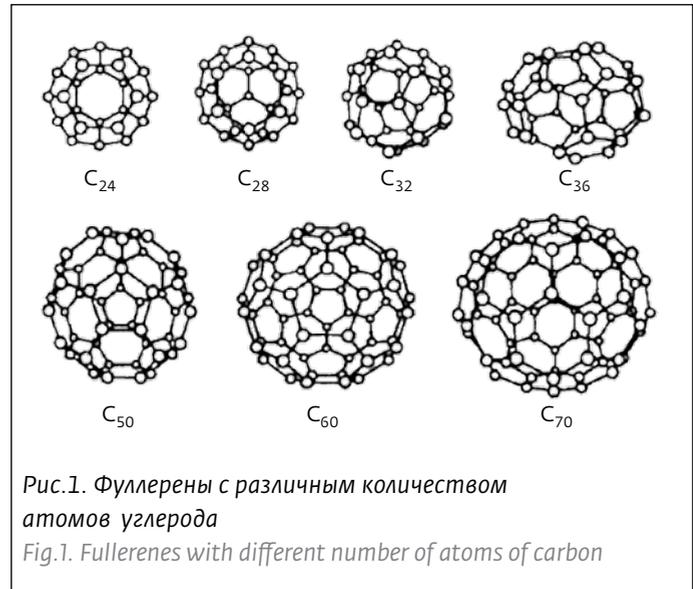


Рис.1. Фуллерены с различным количеством атомов углерода

Fig.1. Fullerenes with different number of atoms of carbon

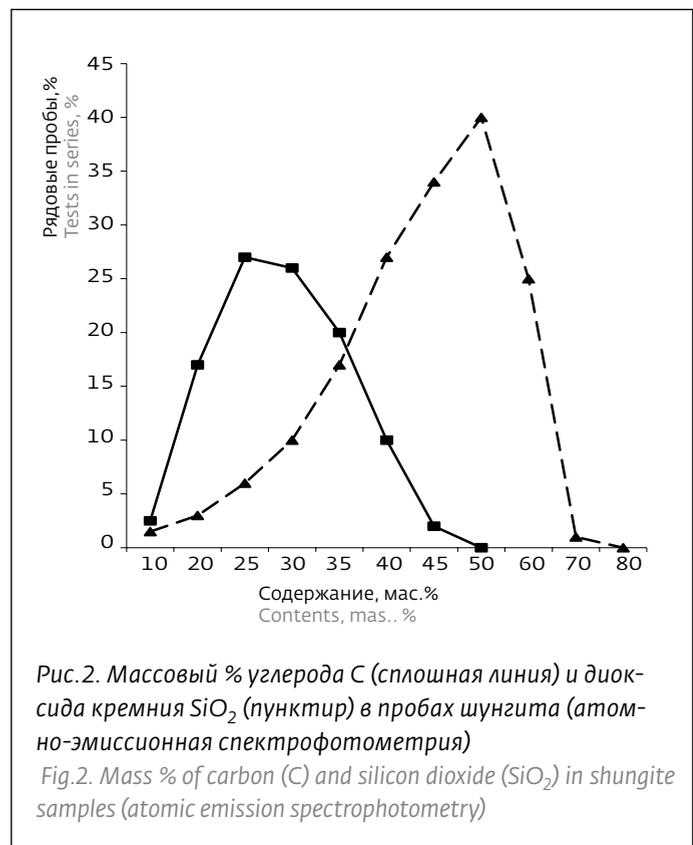


Рис.2. Массовый % углерода С (сплошная линия) и диоксида кремния SiO₂ (пунктир) в пробах шунгита (атомно-эмиссионная спектрофотометрия)

Fig.2. Mass % of carbon (C) and silicon dioxide (SiO₂) in shungite samples (atomic emission spectrophotometry)

influence selectively on affected cells, counteracting their reproduction. The basic hindrance at use of synthetic fullerenes – their high cost, which depending on quality and purity of these materials makes from 100 to 900 US dollars for 1 g, so search for natural fullerene-containing minerals is a perspective direction of modern research. Shungite is one of such minerals.



Рис.3. Структура шунгитовой породы. Стрелками показаны каркас из дисперсного кварца и равномерно распределенный в нем углерод (РЭМ: область сканирования – 100 x 100 мкм, разрешение – 0,3 нм, увеличение – 500000)

Fig. 3. Structure of a shungite mineral. Arrows show a skeleton of fine-dispersed quartz and uniformly distributed in it carbon (REM: scanning area – 100 x 100 μ, resolution – 0.3 nm, zoom – x500000)

что оно представляет собой твердый углерод, который находится в различных состояниях: максимально разупорядоченном, близком к графиту, газовой саже, стеклоуглероду [6]. Основу составляют полые, многослойные фуллереноподобные сферические глобулы диаметром 10–30 нм, содержащие пакеты охватывающих нанопоры плавно изогнутых углеродных слоев (рис.3, 4). Такие глобулы могут содержать от десятков до нескольких сотен атомов углерода и различаться по форме и размеру [7, 8].

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ШУНГИТА

В углеродистом веществе шунгитовых пород выявлен ряд фуллеренов, в частности, C_{60} , C_{70} , C_{74} , C_{76} , C_{84} , а также обособленные и связанные с минералами фуллереноподобные структуры. Описаны трубчатые разновидности углеродных фуллереноподобных кластеров – нанотрубки и пленочные формы. Благодаря сетчато-шарообразному строению природные фуллерены – идеальные сорбенты и наполнители.

Именно поэтому первоначально шунгит использовался в качестве наполнителя резины и заменителя кокса в доменном производстве высококремнистого литейного чугуна, при выплавке ферросплавов, для изготовления

STRUCTURAL PROPERTIES AND CONTENT OF SHUNGITE

The structure of shungite represents itself an allotropic form of carbon [2]. Besides carbon it contains the following substances: SiO_2 – 57.0; TiO_2 – 0.2; Al_2O_3 – 4.0; FeO – 6; Fe_2O_3 – 1.49; MgO – 1.2; MnO – 0.15; K_2O – 1.5; S – 1.2 (mass.%). Density of shungite is equal to 2.1–2.4 g/cm³; porosity – up to 5%; compression strength – 100–120 MPa; coefficients of electrical conductivity and thermal conduction – 1500 Cm/m and 3.8 W/(m·K), correspondingly; adsorption capacity – up to 20 m²/g [3].

Shungites differ by their basis (silica-alumina, siliceous, carbonate) and amount of shungite carbon. Minerals with a silicate basis by carbon content (mass %) are divided into low- (less than 5% of carbon), middle- (5–25% of carbon) and high-carbon – (25–80% of carbon) shungites (Fig.2).

Crystals of shungite fine powder have brightly expressed bipolar properties – they have a high level of adhesion and can be easily mixed practically with all substances. Moreover, shungite demonstrates adsorption activity to some bacterial cells, phages, pathogenic saprophytes [4]. It can be explained by its nanostructure and content of structural elements – carbon is uniformly distributed in a skeleton of fine-dispersed crystals of quartz with size of 1–10 microns [5], that is confirmed by analysis of ultrathin slices of shungite with use of scanning electron microscopy (SEM) on the basis of calculation of absorbed and back-scattered electrons (Fig.2).

Shungite carbon mineral is a highly-carbonated product, containing (in % by mass): C – 98.6–99.6; H – 0.15–0.5; (H + O) – 0.15–0.9. X-ray diffraction examinations have demonstrated that it represents hard carbon, which is in various states: maximum disordered, close to graphite, gas black, glass carbon [6]. The basis represents itself hollow, multilayer fullerene-like spherical globules with a diameter of 10–30 nm, containing packages of smoothly curved carbon layers, enveloping nanopores (Fig.3, 4). Such globules can contain from tens to several hundreds of atoms of carbon and differ by their form and size [7, 8].

APPLICATION OF MATERIALS ON THE BASIS OF SHUNGITE

In carbon substance of shungite minerals there is a series of fullerenes, in particular, C_{60} , C_{70} , C_{74} , C_{76} , C_{84} , and also isolated and bound with minerals fullerene-like structures. Tubular varieties of carbon fullerene-like clusters (nanotubes) and also film forms are discovered. Due to a mesh-spherical structure, natural fullerenes are ideal sorbents and fillers.

For this reason originally shungite was used as a filling compound of rubber and coke substitute in



11th IEEE EAST-WEST DESIGN & TEST SYMPOSIUM (EWDCS 2013)

35



Ростов-на-Дону, Россия, 27–30 сентября 2013
Rostov-on-Don, Russia, September 27–30, 2013

Цель симпозиума – расширение сотрудничества и обмен опытом в области автоматизации проектирования, тестирования и верификации электронных компонентов и систем между ведущими учеными Западной и Восточной Европы, Северной Америки и других стран.

Оргкомитет приглашает ученых, аспирантов и студентов принять участие в международном симпозиуме, на котором будет рассматриваться ряд направлений. В том числе:

- Тестирование аналоговых, аналого-цифровых и радиочастотных устройств.
- Анализ и оптимизация проектов.
- Автоматическая генерация тестов, высокоуровневое тестирование.
- Встроенное самотестирование.
- Отказоустойчивость и надежность.
- Тестопригодное проектирование.
- Верификация и валидация проектов.
- Автоматизация проектирования и тестирования.
- Обеспечение высокого качества встроенного ПО.
- Анализ неисправностей, дефектов и отказов.
- Тестирование ПЛИС.
- Тестирование с использованием языков HDL.
- Высокопроизводительные системы и сети на кристаллах.
- Устройства с пониженным энергопотреблением.
- Тестирование памяти и процессоров.
- Моделирование неисправностей.
- Объектно-ориентированные системы.
- Потребление энергии при проектировании и тестировании.
- Встроенные системы реального времени.
- Надежность цифровых систем.
- Самовосстановление и реконфигурируемые архитектуры.
- Обработка сигналов и информации.
- Моделирование и генерация тестов на системном уровне.
- Системы в пакетах кристаллов, 3D проектирование и тестирование.
- Использование UML для описания встроенных систем.
- Инженерное проектирование и подготовка производства.
- Проектирование топологии кристалла.
- Анализ систем на кристалле и плате.
- Синтез беспроводных и RFID-систем.
- Цифровое спутниковое телевидение.

Aim of the Symposium is expansion of cooperation and exchange of experience in the areas of automation of designing, testing and verification of electronic component and systems among the leading scientists from Western and Eastern Europe, North America and other countries.

The Organizing Committee invites scientists, post-graduate students and students to take part in the international Symposium, which will discuss the range of spheres. Among of them:

- Testing of analogue, analogue-digital and radio-frequency devices.
- Analysis and optimization of projects.
- Automatic generation of tests, high-level testing.
- Built-in self-testing.
- Fault tolerance and reliability.
- Test-suitable designing.
- Verification and validation of projects.
- Designing and testing automation.
- Provision of high quality built-in software.
- Analysis of malfunctions, defects and failures.
- Testing of EPLD.
- Testing with the use of HDL languages.
- High-efficiency systems and networks on crystals.
- Devices with lower energy consumption.
- Testing of memory and processors.
- Modeling of malfunctions.
- Object-oriented systems.
- Energy consumption in designing and testing.
- Built-in real time systems.
- Reliability of digital systems.
- Self-restoration and reconfigured architectures.
- Processing of signals and information.
- Systems in packages of crystals, 3D designing and testing.
- Use of UML for description of the built-in systems.
- Engineering designing and manufacture preparation.
- Designing of a crystal topology.
- Analysis of systems on crystals and boards.
- Synthesis of wireless and RFID systems.
- Digital satellite TV.

Председатели

В.Хаханов – Украина
Е.Зориан – США

Сопредседатели

Р.Убар – Эстония
П.Принетто – Италия

Председатели программного комитета

С.Шукурян – Армения
Д.Сперанский – Россия

Программный комитет

Ученые из Армении, Белоруссии, Египта, Ирана, Канады, Литвы, Польши, России, Словакии, США, Украины, Франции, Чехии, Швеции, Эстонии.

Симпозиум будет проходить в Ростове-на-Дону – крупнейшем научном и образовательном центре Южного федерального округа России.

Организаторы: Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Донской государственный технический университет, Южный федеральный университет, Академия наук прикладной радиоэлектроники <http://anpre.org.ua/>

Финансовая поддержка: Таллинский технологический университет (Эстония), IT-компании: Aldec, Synopsys, Лаборатория Касперского, DataArt Lab.

Технический спонсор: IEEE Computer Society Test Technology Technical Council (TTTC). Лучшие работы будут опубликованы в IEEE Design & Test Magazine и Radioelectronics and Informatics Journal (ISSN 1563-0064), издаваемом при поддержке TTTC.

Оргкомитет: проф. Владимир Хаханов, кафедра Автоматизации проектирования вычислительной техники, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, пр.Ленина, 14, Харьков, 61166, Украина.
Тел.: +380-57-702-13-26, E-mail: hahanov@kture.kharkov.ua

Подача докладов: до 15 июля 2013

Итоги рецензирования: 1 августа 2013

Регистрация докладов: www.ewdtest.com/conf

Chairmen

V.Khakhhanov – Ukraine
E.Zorian – USA

Co-chairmen

R.Ubar – Estonia
P.Prinetto – Italy

Chairmen of the Program Committee

S.Shukurian – Armenia
D.Speransky – Russia

Program Committee

Scientists from Armenia, Belarus, Egypt, Iran, Canada, Lithuania, Poland, Russia, Slovakia, USA, Ukraine, France, Czech Republic, Sweden, Estonia.

The Symposium will be held in Rostov-on-Don, a major scientific and educational centre of the Southern Federal District of Russia.

Organizers: Kharkov National University of Radio Electronics, Don State Technical University, Southern Federal University, Academy of Sciences of Applied Radio Electronics <http://anpre.org.ua/>.

Financial support: Tallinn Technological University (Estonia), IT Companies: Aldec, Synopsys, Kaspersky Lab, DataArt Lab.

Technical sponsor: IEEE Computer Society Test Technology Technical Council (TTTC). The best works will be published in IEEE Design & Test Magazine and Radioelectronics and Informatics Journal (ISSN 1563-0064), issued with TTTC support.

Organizing Committee: Prof. Vladimir Khakhhanov, Chair of Automation of Designing of Computer Hardware, Kharkov National University of Radio Electronics, 14, Lenin Av., Kharkov, 61166, Ukraine.
Ph.: +380-57-702-13-26, E-mail: hahanov@kture.kharkov.ua

Delivery of reports: Before July 15 2013

Results of reviewing: August 1, 2013

Registration of reports: www.ewdtest.com/conf



термоустойчивых красок и антипригарных покрытий. Впоследствии обнаружилось его сорбционные, бактерицидные, каталитические, восстановительные свойства, а также биологическая активность, способность экранировать радио- и электромагнитное излучения. Это создало реальные предпосылки для применения шунгита в различных отраслях науки, промышленности и техники для создания на его основе материалов с наномолекулярной структурой.

В частности, природный шунгит характеризуется рядом интересных свойств, что открывает широкие перспективы его использования как фильтрующего материала при очистке воды от загрязнений. В числе таких свойств:

- высокая адсорбционная способность и технологичность;
- механическая прочность;
- коррозионная устойчивость;
- способность к сорбции органических и неорганических веществ;
- каталитическая активность;
- сравнительно низкая стоимость;
- экологическая чистота и безопасность.

Шунгит абсорбирует на поверхности до 95% загрязнителей, включая хлорорганические соединения, фенолы, диоксины, тяжелые металлы, радионуклиды, устраняет мутность и цветность, придает воде хорошие органолептические качества, насыщает ее микро- и макроэлементами. В России фильтры для очистки воды на основе шунгита разрабатываются с 1995 года. В настоящее время на рынке присутствует ряд крупных отечественных производителей таких бытовых и промышленных изделий.

Кроме того, благодаря сорбционной активности по отношению к патогенной микрофлоре, шунгит имеет ярко выраженные бактерицидные свойства, что позволяет проводить с его использованием эффективное обеззараживание питьевой воды. Отмечена, в частности, бактерицидная активность шунгита по отношению к патогенным сапрофитам и простейшим. При добавлении к шунгиту других природных сорбентов (кремень, доломит, глауконит) очищаемая вода обогащается до физиологически оптимальных значений кальцием, магнием, кремнием и гидрокарбонатами. Известно также, что вода, выходящая из шунгитовых пластов, оказывает общее оздоравливающее воздействие на организм. Она эффективна при вегетососудистой дистонии. Ею лечат многие заболевания,

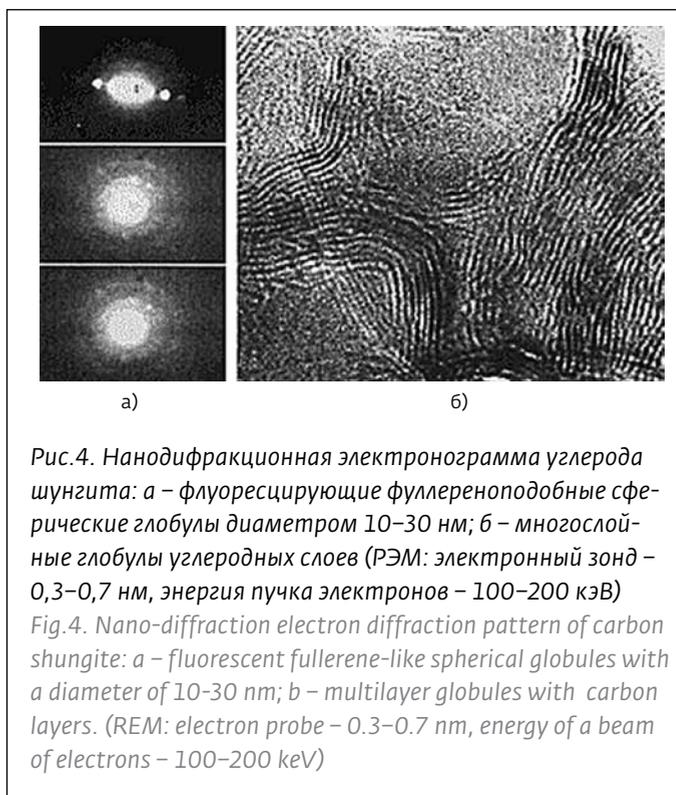


Рис.4. Нанодифракционная электронограмма углерода шунгита: а – флуоресцирующие фуллереноподобные сферические глобулы диаметром 10–30 нм; б – многослойные глобулы углеродных слоев (РЭМ: электронный зонд – 0,3–0,7 нм, энергия пучка электронов – 100–200 кэВ)

Fig.4. Nano-diffraction electron diffraction pattern of carbon shungite: a – fluorescent fullerene-like spherical globules with a diameter of 10–30 nm; b – multilayer globules with carbon layers. (REM: electron probe – 0.3–0.7 nm, energy of a beam of electrons – 100–200 keV)

blast-furnace production of high-silicon foundry iron, at ferroalloys melting, for production of thermo-resistant paints and non-stick coating. Later on its sorption, bactericide, catalytic, regenerative properties, and also biological activity, ability to screen electromagnetic and radio waves were also discovered. It has created real backgrounds for application of shungite in various branches of science, industry and engineering for creation (on its basis) of materials with nano-molecular structure.

In particular, natural shungite is characterized by a series of interesting properties, which are promising for its use as a filtrating material at water purification. Among such properties:

- high adsorption capacity and technological effectiveness,
- mechanical strength,
- corrosion resistance,
- ability to sorption of organic and inorganic substance,
- catalytic activity;
- relatively low cost;
- ecological purity and safety.

Shungite absorbs on its surface up to 95% of pollutants, including chloroorganic compounds, phenols, dioxins, heavy metals, radionuclides, removes turbidity and color of water, gives to water good organoleptic properties, fills it with micro- and macroelements. In Russia filters for



включая дерматологические, аллергические, болезни суставов желудочно-кишечного тракта, камни в почках [9, 10]. Обсуждаются идеи создания лекарственных носителей на основе шунгита.

Наличие в шунгите фуллереноподобных молекул и электропроводящие свойства пород позволяют создавать на их основе экранируемые помещения, защиту от воздействия различных излучений, материалы, снижающие воздействие электромагнитного излучения частотой 10-30 ГГц и электрических полей частотой 50 Гц. На основе этих материалов разработаны также электронагреватели.

Открываются новые перспективы использования шунгита в машиностроении – производство минеральных добавок и смазок, в строительстве – создание экологически чистых материалов, например, бетонов, асфальтов, кирпичей, штукатурных растворов и смесей, в электроснабжении – красок, формирующих электропроводные поверхности. Он также используются в качестве наполнителя полимерных материалов и резин, заменителей сажи.

Шунгит, благодаря своей структуре и составу, обладает высокой окислительно-восстановительной активностью, широким спектром каталитических свойств. Это позволяет эффективно использовать его, в частности, в металлургии. В доменном производстве чугунов 1 т шунгита заменяет 1,3 т кокса. Минерал используется в производстве фосфора, карбида (SiC) и нитрида (Si₃N₄) кремния.

На основе шунгита создаются препараты, обладающие выраженной биологической активностью. Применение их минеральных добавок в сельском хозяйстве способствует снижению кислотности почвы и более длительному (в 2-2,5 раза) сохранению в ней влажности, что положительно влияет на продуктивность сельскохозяйственных культур.

При тонком диспергировании шунгитов получают порошки, хорошо смешивающиеся с органическими и неорганическими веществами. Это позволяет использовать их в качестве черного пигмента красок на различной основе (масляных и водных), наполнителей полимерных материалов (полиэтилена, полипропилена, фторопласта), заменителей технического углерода в ряде производств. Получаемый из шунгита искусственный пористый материал шунгизит применяется в качестве

water purification on the basis of shungite are developed since 1995. Currently in the market there is a whole series of large domestic producers of such household and industrial filters.

More over, due to sorption activity to pathogenic microflora, shungite has strongly pronounced bactericide properties, that allows to disinfect potable water efficiently enough, using this mineral. In particular, scientists underline bactericide activity of shungite to pathogenic saprophytes and protozoa. At addition to shungite of other natural sorbents (flint, dolomite, glauconite) purified water is enriched to physiologically optimum values with calcium, magnesium, silicon and hydrocarbonates. It is known also that water outgoing from shungite beds renders general health-improving influence on a human organism. It is efficient for medical treatment at vegeto-vascular dystonia. It also can be used at many diseases, including dermatological, allergic, joint diseases, diseases of gastrointestinal tract, kidney stones diseases [9, 10]. Specialists discuss ideas of creation of medical carriers of drugs on the basis of shungite.

Presence in shungite of fullerene-like molecules and electroconductive properties of such minerals allows to create on their basis screened rooms, protection against influence of various radio waves, electroconductive materials, reducing influence action of electromagnetic radiation with frequency of 10-30 GHz and electric fields with frequency of 50 Hz. On the basis of these materials electro-heaters are developed yet.

New possibilities of shungite use in mechanical engineering – production of mineral additives and lubricants, in building – creation of ecological materials, for example, concrete, asphalt, bricks, plaster solutions and mixes, in power supply – paints, allowing to form electroconductive surface. They also are used as fillers of polymeric materials and rubber, soot substitutes.

Shungite, due to its specific structure and composition, has also high oxidation-reduction activity, a wide spectrum of catalytic properties. It can be used efficiently, in particular, in metallurgy. In blast-furnace ironmaking 1 ton of shungite substitutes 1.3 tons of coke. The mineral is used also in production of phosphorus, silicon carbide (SiC) and nitride (Si₃N₄).

On the basis of shungite there are produced of preparations with strongly pronounced biological activity. Application of such additives in agriculture promotes lowering of acidity of soil and more long-term (2-2.5 times) moisture conservation in it, that positively influences crop capacity.

In fine-dispersed form shungite powders are mixed well with organic and inorganic substances. It allows to use them as a black colorant of paints on a different base



теплоизоляционной композиции и наполнителя легких шунгизитбетонов.

В целом важно отметить, что эффективность использования шунгита в различных отраслях объясняется высоким спектром ценных свойств и экологичностью, невысокой стоимостью изготовления, наличием обширной сырьевой базы. Лимитирующим фактором остается чрезвычайно низкий процент содержания в шунгите фуллеренов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шпилевский М.Э., Шпилевский Э.М., Стельмах В.Ф. Фуллерены и фуллереноподобные структуры. – Инженерно-физический журнал, 2001, т.76, №6, с.25–28.
2. Волкова И.Б., Богданова М.В. Шунгиты Карелии. – Сов. геология, 1985, №10, с.93–100.
3. Парфенева Л.С., Волконская Т.И., Тихонов В.В. Теплопроводность, теплоемкость и термоЭДС шунгитового углерода. – Физика твердого тела, 1994, т.36, №4, с.1150–1153.
4. Хадарцев А.А., Туктамышев И.Ш. Шунгиты в медицинских технологиях. – Вестник новых медицинских технологий, 2002, т.9, №2, с.83–86.
5. Юшкин Н.П. Глобулярная надмолекулярная структура шунгита: данные растровой туннельной микроскопии. – Доклады Академии наук СССР, 1994, т.337, №6, с.800–803.
6. Касаточкин В.И., Элизен В.М., Мельниченко В.М., Юрковский И.М., Самойлов В.С. Субмикropористая структура шунгита. – Химия твердого топлива, 1978, №3, с.17–21.
7. Голубев Е.А. Локальные надмолекулярные структуры шунгитового углерода. / Труды междунар. симп. "Углеродсодержащие формации в геологической истории". – Петрозаводск: Изд-во Карельского НЦ РАН, 2000, с.106–110.
8. Резников В.А., Полеховский Ю.С. Аморфный шунгитовый углерод – естественная среда образования фуллеренов. – Письма в ЖТФ, 2000, т.26, вып.15, с.94–102.
9. Мосин О.В. Новый природный минеральный сорбент – шунгит. – Сантехника, 2011, №3, с.34–361.
10. Пиотровский Л.Б. Фуллерены в биологии и медицине: проблемы и перспективы. Сб. статей "Фундаментальные направления молекулярной медицины" – СПб.: Росток, 2005, с.195–268.

(oil-and water-base paints), fillers of polymeric materials (polyethylene, polypropylene, fluoroplastic), substitutes of technical carbon in a series of technological processes. Created from shungite artificial porous material shungisite is applied as a heat-insulating composition and a filling compound of light shungisite-concretes.

In whole, it is important to mark out, that efficiency of shungite use in various branches is explained by a wide spectrum of its valuable properties and ecological compatibility, low cost of production of corresponding materials and technologies of their production, presence of a plentiful raw-material base. The limiting factor – extremely low content of fullerenes in shungite minerals.

LITERATURE

1. Shpilevsky M.E., Shpilevsky E.M., Stelmakh V.F. Fullerenes and fullerene-like structures. – Engineering-physical Journal, 2001, v.76, №6, p.25–28 (Rus).
2. Volkova I.B., Bogdanova M.V. Schungites of Karelia. – Sov. Geology, 1985, №10, p.93–100 (Rus).
3. Parfenova L.S., Volkonskaya T.I., Tikhonov V.V. Heat conductivity, thermal capacity and thermal e.m.f. of schungite carbon. – Solid-state physics, 1994, v.36, №4, p.1150–1153 (Rus).
4. Khadartsev A.A., Tuktamyshev I.Sh. Schungites in medical technologies. – Bulletin of new medical technologies, 2002, v.9, №2, p.83–86 (Rus).
5. Yushkin N.P. Globular supramolecular structure of schungite: data of the scanning tunnel microscopy. – Report of the Academy of Sciences of USSR, 1994, v.337, №6, p.800–803 (Rus).
6. Kasatochkin V. I, Elizen V. M, Melnichenko V. M, Jurkovsky I.M., Samoilov B.C. Submicroporous structure of schungite. – Chemistry of solid fuel., 1978, №3, p.17–21 (Rus).
7. Golubev E.A. Local supramolecular structures of schungite carbon. / Works of inter. symp. Carbon-containing formations in geological history. – Petrozavodsk: Publishing House of Karelian NC RAS, 2000, p.106–110 (Rus).
8. Reznikov V.A, Polekhovskiy Yu.S. Amorphous schungite carbon as a natural environment for formation of fullerenes. – Letters in JTF, 2000, v.26, Issue 15, p.94–102 (Rus).
9. Mosin O.V. A new natural mineral sorbent – schungite. – Santekhnika, 2011, №3, p.34–361 (Rus).
10. Piotrovsky L.B. Fullerenes in biology and medicine: problems and prospects. Fundamental directions of molecular medicine: Compilation of articles. St.-P.: Rostock, 2005, p.195–268 (Rus).

