

ШУНГИТЫ, КАК ПРИРОДНАЯ НАНОТЕХНОЛОГИЯ
(обзор литературы)

В.А. ХРОМУШИН, Т.В. ЧЕСТНОВА, В.В. ПЛАТОНОВ, А.А. ХАДАРЦЕВ, С.С. КИРЕЕВ

Тульский государственный университет, медицинский институт, ул. Болдина. 128, Тула, Россия, 300012

Аннотация. В работе проанализированы литературные данные о происхождении шунгитов, о структуре шунгитовой породы, изученных хромато-масс-спектрометрическим, ИК-Фурье и др. методами. Приведены данные об электро-физических свойствах шунгита, его возможностях экранирования электромагнитного излучения, активной водоочистки, воздействии на динамику гематологических, иммунных и др. показателей животного организма.

Ключевые слова: шунгит, шунгитовая порода, электромагнитное излучение, водоочистка.

THE SHUNGITE AS NATURAL NANOTECHNOLOGIE
(literature review)

V.A. KHROMUSHIN, T.V. TCHESNOVA, V.V. PLATONOV, A.A. KHADARTSEV, S.S. KIREEV

Tula State University, Medical Institute, st. Boldin. 128, Tula, Russia, 300012

Abstract. This work is devoted to the analysis of literary data on the origin of shungite, on the structure of shungite rocks that have been studied by gas chromatography-mass spectrometry, Fourier-transformed spectroscopy (FTS) and other methods. The authors present data on electro-physical properties of shungite, its capabilities shielding electromagnetic radiation, active water purification, the impact on the dynamics of hematological, immune, and other indicators of the animal organism.

Key words: shungite, shungite rock, electromagnetic radiation, water purification.

С развитием искусственных, созданных человеком нанотехнологий пришло осознание значимости природных нанотехнологий. Они использовались человеком давно, но механизм их действия, морфо-функциональные соотношения – были недостаточно исследованы [30, 31].

Шунгиты принадлежат к таким особым минеральным образованиям, с комплексным изучением которых связано появление новых научных направлений в науках о Земле и создание разнообразных технологий. Их изучение началось свыше 150 лет назад, открыты в шунгитах природные фуллерены, первоначально синтезированные в лаборатории. Они представляют интерес как катализаторы, сорбенты, сырье для приготовления уникальных по своим свойствам строительных, огнеупорных, кислотоупорных материалов, что определяет исключительно широкий диапазон применения шунгитов в металлургии, строительстве, различных отраслях химической промышленности, сельском хозяйстве, фармакологии, медицине, экологии [12, 29].

Шунгит содержит углерода – 30, кварца – 45, силикатной слюды – около 20 мас.%. Шунгитовый углерод – окаменевшее фуллереносодержащее вещество органических донных отложений высокого уровня карбонизации. Количество фуллеренов разнится от 0,0001 до 0,001 мас.%.

Особенность фуллеренов 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. Они связаны между собой ковалентной C–C-связью, длина которой в пятиугольнике – 0,143 нм, в шестиугольнике – 0,139 нм. Молекулы фуллеренов могут содержать 24, 28, 32, 36, 50, 60, 70... атомов углерода. Фуллерены с количеством таких атомов меньше 60 неустойчивы. Высшие фуллерены с числом атомов углерода более 400 образуются в незначительных количествах.

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, 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 ми-

Библиографическая ссылка:

Хромушин В.А., Честнова Т.В., Платонов В.В., Хадарцев А.А., Киреев С.С. Шунгиты, как природная нанотехнология (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 3-14. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/5039.pdf> (дата обращения: 22.12.2014).

нералов – перспективное направление современных исследований. К таким материалам, в частности, относится шунгит.

По структуре шунгит представляет собой аллотропную форму углерода. В его состав кроме углерода входят 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 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.

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. 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. Это объясняется наноструктурой и составом образующих его элементов – углерод равномерно распределен в каркасе из мелкодисперсных кристаллов кварца размером 1–10 мкм, что подтверждено исследованиями ультратонких шлифов шунгита с использованием растровой электронной микроскопии в поглощенных и обратно рассеянных электронах. Шунгитовое углеродное вещество – продукт высокой степени карбонизации состава (мас.%): C – 98,6–99,6; H – 0,15–0,5; $(\text{H} + \text{O})$ – 0,15–0,9. Рентгеноструктурные исследования показали, что оно представляет собой твердый углерод, который находится в различных состояниях: максимально разупорядоченном, близком к графиту, газовой саже, стеклоуглероду. Основу составляют полые, многослойные фуллереноподобные сферические глобулы диаметром 10–30 нм, содержащие пакеты охватывающих нанопоры плавно изогнутых углеродных слоев. Такие глобулы могут содержать от десятков до нескольких сотен атомов углерода и различаться по форме и размеру. 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 термостойких красок и антипригарных покрытий. Впоследствии обнаружили 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 [14, 30].

В частности, природный шунгит характеризуется рядом свойств, открывающих 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 [11, 13, 18, 19, 20, 28, 33, 34].

Установлено, что гнездовидные скопления тонкокристаллического кварца, неравномерно распределены в кремнисто-шунгитовом материале. Кремнисто-шунгитовая матрица весьма неоднородна по составу, о чем свидетельствуют данные, полученные с помощью рентгеноспектрального анализа. Такие элементы как кремний, кальций, калий, алюминий, железо, сера – входят в состав породообразующих минералов, присутствующих в индивидуализированных зернах размером менее 10 мкм. Установлено, что зерна кварца наряду с алюминием, который изоморфно входит в его структуру, содержат различное количество фосфора. Отмечается различный характер его распределения в кварце. По данным рентгеноспектрального анализа содержание фосфора настолько высоко в центре зерна кварца, что даже вуалирует количество породообразующего кремния. В среднем, содержание фосфора на поверхности кварцевых зерен в обработанном образце шунгитовой породы составляет менее 1%. Примеси других элементов в кварце, вероятно, связаны с кремнисто-шунгитовой матрицей и не относятся непосредственно к тонкокристаллическому кварцу [4].

В работе [16] установлено, что окислители вызывают образование продуктов сложного состава, среди которых доминируют карбоновые кислоты, спирты, фенолы, кетоны и хиноны. Наряду с этими соединениями идентифицированы н-алканы, алкены и циклоалканы. Углеводороды, особенно, алканы и алкены, а также алифатические предельные и непредельные карбоновые кислоты, идентифицированные

Библиографическая ссылка:

Хромушин В.А., Честнова Т.В., Платонов В.В., Хадарцев А.А., Киреев С.С. Шунгиты, как природная нанотехнология (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 3-14. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/5039.pdf> (дата обращения: 22.12.2014).

хромато-масс-спектрометрией (ХМС) в метилированных экстрактах, являются соизвлеченными из сетчатой матрицы макромолекулы шунгита, т.е. они являются компонентами подвижной фазы, отражающей липидный состав древних одноклеточных водорослей. Обнаружение бензолтетра- и бензолгексакарбоневой кислот указывает на высокую степень конденсации *органической массы* (ОМ) *шунгитовой породы* (ШП), при окислительной деструкции которой данные кислоты могли образоваться из пиреновых, короненовых и фуллереновых фрагментов ее макромолекулярной сетки. Согласно полученным данным, отдельные высококонденсированные ароматические фрагменты предположительно связаны между собой полиметиленовыми, циклоалкановыми, индольными, фурановыми, тиофеновыми и другими мостиками.

В работе [1] сделана попытка определить подвижность и оценить размеры межфазного слоя на границе шунгит-эластомер. В качестве эластомера использовали этилен-пропиленовый каучук. Метод исследования – ЭПР-спектроскопия спинового зонда. Шунгит обладает высокими электропроводностью, сорбционной способностью, теплопроводностью, звукопоглощением, способностью поглощать электромагнитные излучения различных видов, а также ярко выраженными бактерицидными и фунгицидными свойствами. В состав шунгита входят углерод (30-40 мас.%) различных модификаций (графит, фуллерен, нанотрубки и т.д.), оксид кремния и его производные (50-55 мас.%), а так же большое количество элементов Периодической системы Д.И. Менделеева.

ШП – уникальные представители каустобиолитов протерозойского возраста (свыше 2 млрд. лет), не имеющие аналогов. Будучи промежуточными продуктами между аморфным углеродом и графитом, включая некристаллический фуллереноподобный углерод с метастабильной молекулярной структурой, не склонной к графитации. Это – продукты метаморфического воздействия магматических пород на битуминозные осадки и единственные породы в мире, содержащие в своём составе фуллерены в заметных концентрациях.

Шунгитовой водой и препаратами на основе ШП лечат широкий спектр заболеваний. Однако до настоящего времени практически отсутствует объяснение причин уникальности свойств ШП. Одним из возможных объяснений их высокой биологической активности является ссылка на присутствие в них фуллеренов. Исследования биологической активности водорастворимых производных фуллеренов C₆₀ и C₇₀ показали, что они не токсичны, не подавляют здоровые клетки, способствуют нормальному функционированию всех физиологических систем организма, являются высокоэффективными и длительно действующими антиоксидантами.

В сообщении [17] приводятся данные комплексного изучения минералогического и химического состава минерального вещества ШП Жакогинского месторождения Карельского Заонежья с привлечением *газохроматографического элементного* (ГХЭА), *термогравиметрического* (ТГ), *рентгенофазового* (РФА), *рентгено-флуоресцентного* (РФЛА), *эмиссионного спектрального* (ЭСА), *атомно-абсорбционного* (ААС) и масс-спектрометрического с ионизацией пробы в индуктивно связанной плазме (ICP-MS) анализов, экстракции ШП дистиллированной водой, хлороводородной кислотой и смесью концентрированных HCl и HNO₃ («царской водкой»). Элементный состав ОМ ШП был установлен методом ГХЭА (масс.% daf): C (95,45); H (0,30); N (0,60); O+S (3,65). Содержание ОМ и минеральной составляющих ШП было установлено методом ТГ и составляет, соответственно, 30,21 и 69,79 (мас.% сухой ШП). Согласно данным РФА, основу минерального вещества ШП составляют силикаты магния типа: 3MgO·4SiO₂·6H₂O и 3MgO·2SiO₂·6H₂O. Кроме того, присутствуют свободный α-SiO₂ (кварц), α-Fe₂O₃, TiO₂ (рутил), 8MgO·4SiO₂·Mg(F,OH), α-Al₂O₃ и α-Cr₂O₃. Методом ЭСА в составе ШП качественно были идентифицированы: Ca, Mg, Al, Si, Mn, Ti, Fe, Cr, Ni, Pd, Cu, Co, Mo, Zn, Zr, Rh, Pt, Ag, Au, La, Ce, Nd, Na, K, Cs, Li, Sn, Sb, Os, W, и V. Метод РФЛА позволил оценить количественное содержание отдельных элементов, как, например, (мас.% в золе ШП): Mg (1,25), Al (15,03), Si (47,62), Ca (4,63), Mn (0,14), Ti (0,95), Fe (12,52). Наиболее подробная качественная и количественная характеристика минерального вещества ШП была получена методом ICP-MS: весьма широкий спектр химических элементов, присутствующих в ШП (всего – 62 элемента). Основу минерального вещества ШП составляют Na (7038,73), Mg (6039,23), Al (37861,67), K (13628,30), Ca (4436,61), Ti (1412,66), Fe (40225,93), Cu (110,96), As (96,44), Ba (250,92), V (127,10), Mn (128,30), Zn (76,45), Zr (41,64), Pb (41,23), Cr (68,61), мкг/г. Достаточно высоко содержание Se (17,18), Rb (30,00), Sr (37,82), Mo (12,98), Ce (10,08), Nd (9,68), Co (4,10), Ga (4,27), Br (2,47), Y (11,57), La (6,18), Sm (1,64), Gd (1,58), Dy (1,40), U (6,07), Th (4,44), Yb (0,80), Er (0,78), мкг/г. Методом ICP-MS также был охарактеризован водный экстракт ШП, полученный кипячением последней с дистиллированной водой в течение 2 суток. Весьма интересны данные сравнительного анализа, полученные для исходной ШП и её водного экстракта (шунгитовой воды), представленные в виде отношения от деления значения количественного содержания отдельных элементов в шунгитовой воде и исходной ШП. В зависимости от химической природы экстрагента получают экстракты, значительно различающиеся количественным содержанием элементов, что важно для организации получения концентратов, обогащённых тем или иным набором последних с учётом содержания минерального вещества в исходной ШП. Обобщение данных позволяет констатировать, что минеральное вещество ШП имеет сложный минералогический и химический состав, который, несомненно, обусловлен природой исходного биологического материала, принимавшего участие в форми-

Библиографическая ссылка:

Хромушин В.А., Честнова Т.В., Платонов В.В., Хадарцев А.А., Киреев С.С. Шунгиты, как природная нанотехнология (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 3-14. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/5039.pdf> (дата обращения: 22.12.2014).

ровании органического и минерального вещества ШП, имея с ними тесную генетическую связь. Отдельные элементы связаны в сложные металлоорганические комплексы, присутствие которых в ШП подтверждено в ходе изучения продуктов ее экстракции органическими растворителями с различной полярностью методами ИК-Фурье и УФ/ВИС-спектроскопии.

У природного аналога стеклоглера – шунгита, выявлены электромагнитные свойства, позволяющие использовать его при экранировании электромагнитного излучения и в электротермических процессах. Интерес к шунгитам усилился после обнаружения в них фуллеренов и наноразмерных фуллереноподобных структур. Шунгит рассматривается как композит из углеродных наночастиц и разупорядоченного (турбостратного) углерода с разнообразными микро- и наноразмерными минеральными примесями (чаще всего встречаются пирит, марказит, сфалерит, кварц). Наноразмерные структуры в шунгите характеризуются деформированными графеновыми плоскостями, сложенными в пачки, которые либо замыкаются, формируя фуллереноподобные частицы (глобулы), либо встраиваются в связующие межглобулярные слои углерода. Помимо включений микроминералов в углеродной матрице шунгита в молекулярно-кластерной форме распределены примеси, оставшиеся от первичного углеводородного вещества (C, H, O, N, S), а также примеси кремния, железа, марганца, ванадия и других металлов и их соединений. Это приводит к вариациям химических, электрофизических и других свойств.

В лабораторных экспериментах определено более десятка перспективных направлений практического применения шунгита, связанных с использованием его электромагнитных свойств. На основании результатов структурных исследований шунгита выдвинуты предположения о возможных механизмах влияния его наноразмерных структур на электрофизические свойства. При анализе электрофизических свойств микро- и наногетерогенных природных веществ необходимо знать распределение в них структурно-вещественных фаз. Осуществлено изучение электропроводящих свойств шунгита с помощью сканирующей зондовой микроскопии методами отображения сопротивления растекания и электросилового спектроскопии, позволяющими с высоким пространственным разрешением выявлять электрофизические свойства поверхности и эффективно применяемыми для изучения углеродных материалов.

В подвергнутом температурному воздействию шунгите из месторождения Загогино не произошло вытеснения примесей за пределы графеновых пачек. Причиной является то, что в процессе вторичного переотложения первичного миграционного углеродного вещества вновь произошло загрязнение примесями. Образцы шунгита, сходные по составу и структурным параметрам углеродной матрицы, но различающиеся *PT*-условиями образования, имеют разные электрофизические свойства. Эти различия наиболее существенны при малых (наноамперных) токах. Вольт-амперные зависимости систем шунгита для образцов из разных месторождений различаются по степени нарастания величины тока с ростом напряжения любой полярности. В моделях электропроводности шунгитового углерода следует учитывать влияние примесных атомов, прежде всего водорода и гетероэлементов, блокирующих часть путей растекания тока на границах графеновых пачек [6].

Проведенные исследования позволили установить, что под действием электромагнитного излучения крайне высокой частоты возрастает интенсивность *перисного окисления липидов* (ПОЛ), которая зависит от суммарного времени воздействия *электромагнитного излучения* (ЭМИ) *крайневысокочастотного* (КВЧ). Это подтверждается увеличением содержания в плазме крови гидроперекисей липидов с 1,39 ОЕ/мл в контроле до 1,9 и 2,9 ОЕ/мл при суммарном времени экспозиции 90 и 180 минут соответственно. Содержание малонового диальдегида в контроле также увеличилось с 0,68 до 1,0 и 2,5 мкмоль/л при суммарном времени экспозиции соответственно 90 и 180 мин. Одновременно отмечено снижение активности каталазы с 11,5 мкат/л в контрольной группе до 10,0 мкат/л при экспозиции 90 мин и 5,2 мкат/л при экспозиции 180 мин, а также антиокислительной активности плазмы до 21,0% при экспозиции 90 мин и до 10,0% при экспозиции 180 мин (контрольный показатель антиокислительной активности плазмы 26,0%). Зафиксировано снижение активности супероксиддисмутазы до 1,72 ОЕ/1 мг белка эритроцитов при суммарной экспозиции 90 мин, а при суммарной экспозиции 180 мин достигла 1,30 ОЕ/1 мг белка эритроцитов (показатель активности супероксиддисмутазы в контроле составляет 2,40 ОЕ/1 мг белка эритроцитов).

С целью проверки защитных свойств природного минерала шунгита от воздействия электромагнитных полей миллиметрового диапазона лабораторные животные экранировались от источника ЭМИ КВЧ шунгитным слоем. Анализируя показатели активности свободно-радикальных процессов крови, было установлено, что оцениваемые показатели характеризовались меньшим отклонением от нормы и составили: при суммарном времени экспозиции 90 мин – малоновый диальдегид – 0,9 мкмоль/л; гидроперекиси липидов – 1,6 ОЕ/мл; антиокислительная активность плазмы – 20,0%; активность каталазы – 9,8 мкат/л; супероксиддисмутазы 2,0 ОЕ/1 мг белка эритроцитов. При достижении 180 мин экспозиции: малоновый диальдегид – 1,4 мкмоль/л; гидроперекиси липидов – 2,07 ОЕ/мл; антиокислительная активность плазмы – 19,0%; активность каталазы – 9,0 мкат/л; супероксиддисмутазы – 1,9 ОЕ/1 мг белка эритроцитов [25].

Установлено, что ЭМИ КВЧ является биофизическим фактором, оказывающим негативное влияние на процессы свободно-радикального окисления, а так же его можно рассматривать в качестве этио-

Библиографическая ссылка:

Хромушин В.А., Честнова Т.В., Платонов В.В., Хадарцев А.А., Киреев С.С. Шунгиты, как природная нанотехнология (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 3-14. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/5039.pdf> (дата обращения: 22.12.2014).

логического фактора, определяющего высокую патогенетическую зависимость между формирующимися патологическими изменениями на клеточном уровне и активностью свободно-радикальных процессов. Данные результатов, отражающих изменения в исследуемых образцах крови при воздействии ЭМИ КВЧ с изоляцией шунгитным слоем, свидетельствуют о формировании защитного эффекта при экранировании биологических объектов шунгитом [32]. Доказано, что шунгит оказывает блокирующий эффект не только на повреждающее воздействие электромагнитного излучения, но и на его модулирующие влияния на антиоксидантную и противосвертывающую системы [24].

Авторам работы [21] удалось впервые экспериментально обнаружить, что определяющую роль при взаимодействии ЭМИ с водосодержащей средой играет структуризация водной среды за счет внешних факторов. При этом появляются биомедицинские эффекты, которые используются в современной миллиметровой терапии и диагностике. Открывается путь к рождению новой ветви в биомедицинских радиоэлектронных технологиях – миллиметровой наноструктурной медицины, нанотехнологии будущего, сделан так же один из первых шагов для научного понимания механизмов кристаллотерапии.

Изучен состав и структурные свойства аморфного, некристаллизирующегося, фуллереноподобного (содержание фуллеренов до 0,01 масс.%) углеродсодержащего природного минерала – шунгита из Зажогинского месторождения в Карелии (РФ), обладающего высокой адсорбционной, каталитической и бактерицидной активностью. Приводятся данные о наноструктуре, полученные с помощью растровой электронной микроскопии, ИК-спектроскопии *неравновесный энергетический спектр* (НЭС) и *дифференциальный неравновесный энергетический спектр* (ДНЭС)-метод и физико-химических свойствах этого минерала. Величины средней энергии ($\Delta E_{H...O}$) водородных H...O-связей между молекулами H₂O, измеренные по отношению к шунгиту и цеолиту после обработки этих минералов водой, составляют -0,1137 эВ для шунгита и -0,1174 эВ для цеолита. Расчет значения средней энергии водородных связей ($\Delta E_{H...O}$) для шунгита с использованием ДНЭС-метода составил $+0,0025 \pm 0,0011$ эВ, а для цеолита - $1,2 \pm 0,0011$ эВ. Этот результат свидетельствует о реструктурировании значений $\Delta E_{H...O}$ между H₂O молекулами со среднестатистическим увеличением локальных максимумов в ДНЭС-спектрах. На основании полученных данных показаны перспективы использования шунгита в качестве сорбента в водоподготовке и водоочистке и других отраслях промышленности и техники [5, 7, 8, 9, 22, 23].

Влияние шунгита на иммунный статус, клинико-гематологические и некоторые биохимические показатели у животных определяли на 30 телятах и 40 подсвинках в течение 60 суток. Использовали шунгит Зажогинского месторождения. Об эффективности его действия судили по клиническим, гематологическим и биохимическим показателям с учетом общей живой массы. Уровень эритроцитов у телят опытной группы в конце исследования был выше, чем в контроле, на 23,2%, а гемоглобина – на 20,45%, лейкоцитов ниже – на 35,5%. Содержание общего белка у животных, получавших шунгит, было выше, чем в контроле, – на 2,18%. Фагоцитарная активность в опытной группе возросла, по сравнению с контролем, на 22,6%, фагоцитарный индекс – на 30%, фагоцитарное число – на 8,7%, лизоцимная активность – на 28,9%. У животных контрольной группы бактерицидная активность снизилась на 14,5%, а у опытной повысилась на 10,1%. Содержание Т-лимфоцитов увеличивалось на 15,7% за счет снижения нулевых клеток, а В-лимфоцитов – на 5,5% относительно контроля. У телят опытной группы уровень циркулирующих иммунных комплексов уменьшился, по сравнению с контролем, на 7,3%. Среднесуточный прирост в опытной группе телят составил 516 г, а в контрольной – 427 г при потреблении примерно равного количества комбикорма, подсвинок – 450 и 420 г соответственно [3, 10, 15, 35].

Применение шунгита в количестве 2% от рациона оказывает стимулирующее действие на уровень естественной резистентности и иммунокомпетентные системы организма, способствует повышению устойчивости животных к заболеваниям [2, 26, 27].

Таким образом, шунгиты, как природная нанотехнология, структура которых продолжает изучаться, имеют перспективы для использования в биомедицинских исследованиях.

Литература

1. Барашкова И.И., Комова Н.Н., Мотьякин М.В., Потапов Е.Э., Вассерман А.М. Межфазные слои на границе шунгит–эластомер // Доклады академии наук. 2014. Т. 456. № 4. С. 437–439.
2. Бейсеев А.О., Бейсеев О.Б. Медицинские аспекты органической минералогии, органических минералов, минераловидов, биоминеральных соединений и перспективы Казахстана // Вестник Института геологии Коми научного Центра УрО РАН. 2011. №4 (9). С. 21–36.
3. Бутаковская Н.В., Тимофеева Л.М. Опыт использования шунгита в лечебных целях в ОАО санатории «Белые ключи» // Шунгиты и безопасность жизнедеятельности человека: Материалы I Всероссийской научно-практической конференции, 3-5 октября 2006 г. Петрозаводск, 2007. С. 57–80.
4. Голуб С.Л., Ульянов А.В., Буряк А.К., Луговская И.Г., Ануфриева С.И., Дубинчук В.Т. Хромато-масс-спектрометрическое и термодесорбционное исследование продуктов взаимодействия несимметрич-

Библиографическая ссылка:

Хромушин В.А., Честнова Т.В., Платонов В.В., Хадарцев А.А., Киреев С.С. Шунгиты, как природная нанотехнология (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 3-14. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/5039.pdf> (дата обращения: 22.12.2014).

ного диметилгидразина с шунгитовым материалом // Сорбционные и хроматографические процессы. 2006. Т. 6. №5. С. 855–868.

5. Голуб С.Л., Ульянов А.В., Буряк А.К., Луговская И.Г., Ануфриева С.И., Дубинчук В.Т. Состав и сорбционные свойства шунгитового материала // Сорбционные и хроматографические процессы. 2006. Т. 6. №5. С. 748–763.

6. Голубев Е.А. Электрофизические свойства и структурные особенности шунгита (природного наноструктурированного углерода) // Физика твердого тела. 2013. Т.55. №5. С. 995–1002.

7. Горюнов А.С., Борисова А.Г., Рожков С.П., Суханова Г.А., Рожкова Н.Н. Окисление гемоглобина в водных нанодисперсиях углерода // Труды Карельского научного центра РАН. 2013. № 3. С. 93–100.

8. Ергожин Е.Е., Акимбаева А.М. Анионообменные материалы на основе модифицированных шунгитов // Современные наукоемкие технологии. 2007. № 1. С. 71–75.

9. Игнатов И., Мосин О.В. Состав и структурные свойства природного фуллеренсодержащего минерала шунгита. Математическая модель взаимодействия шунгита с молекулами воды // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ», Выпуск 2, март – апрель, 2014.

10. Калинин Ю.К. Экологический потенциал шунгита // Шунгиты и безопасность жизнедеятельности человека: Материалы 1 Всероссийской научно-практической конференции, 3-5 октября 2006 г. Петрозаводск, 2007. С. 5–10.

11. Кузьменко А.П., Емельянов В.М., Дрейзин В.Е., Ефанов С.А., Родионов В.В. Углеродные наноструктурные образования из шунгита // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. № 2 (41). Ч. 1. С. 96–102.

12. Лукин А.Е. О происхождении шунгитов // Геологический журнал. 2005. № 4. С. 28–47.

13. Мосин О., Игнатов И. Минерал шунгит. Структура и свойства // Наноиндустрия. 2013. № 3. С. 32–39

14. Мосин О.В. Новый природный минеральный сорбент – шунгит // Сантехника. 2011. №3. С. 34–361.

15. Папуниди К.Х., Иванов А.В., Нуртдинов М.Р. Научные основы обеспечения защиты животных от экотоксикантов, радионуклидов и возбудителей опасных инфекционных заболеваний // Материалы Международного симпозиума 28-30 ноября 2005 г. Ч 1. Казань, 2005. С. 213–218.

16. Платонов В.В., Прокопченков Д.В., Проскураков В.А., Честнова Т.В., Швыкин А.Ю. Химический состав продуктов окислительной деструкции органической массы шунгитовой породы загогинского месторождения Карельского Заонежья // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т. 13. № 4. С. 135–136.

17. Платонов В.В., Прокопченков Д.В., Проскураков В.А., Сычѐв А.И., Честнова Т.В., Швыкин А.Ю. Химический состав минерального вещества шунгитовой породы загогинского месторождения Карельского Заонежья // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т. 13. № 4. С. 132.

18. Резников В.А., Полеховский Ю.С. Аморфный шунгитовый углерод – естественная среда образования фуллеренов // Письма в ЖТФ. 2000. Т. 26. №15. С. 94–102.

19. Рожкова Н.Н. Агрегация и стабилизация наночастиц углерода шунгитов // Экологическая химия. 2012. 21 (4). С. 240–251.

20. Серегина Н.В., Честнова Т.В., Прокопченков Д.В., Хромушин В.А. Обзор аналитических работ по физико-химической биологии шунгитовой породы // Вестник новых медицинских технологий. 2008. Т. 15. № 3. С. 171–173.

21. Синицын Н.И., Ёлкин В.А., Бецкий О.В. Миллиметровая наноструктурная медицина – нанотехнология будущего в биомедицинских радиоэлектронных технологиях // Альманах клинической медицины, Том XVII, часть II, Москва, 2008, III Троицкая конференция «Медицинская физика и инновации в медицине», С. 354–357.

22. Скоробогатов Г.А., Бахтиаров А.В., Ашмарова Ю.А. Ионнообменные свойства шунгитов, контактирующих с водой // Экологическая химия. 2012. 21 (2). С. 125–129.

23. Скоробогатов Г.А., Гончаров Г.Н., Ашмарова Ю.А. Ионнообменные и адсорбционные свойства карельских шунгитов, контактирующих с водой // Экологическая химия. 2012. 21(1). С. 10–16.

24. Субботина Т.И., Морозов В.Н., Савин Е.И., Хренов П.А., Алиева Д.О., Киселева Т.А., Рыбин С.В., Самодаровская Ю.С. Блокада модулирующих эффектов ЭМИ КВЧ на биологические объекты при экранировании их шунгитом // Материалы конференции «Экология и здоровье населения», Маврикий, 18–25 февраля, 2011.

25. Субботина Т.И., Туктамышев И.Ш., Хадарцев А.А., Яшин А.А. Электродинамика и информатика живых систем. Т. 5. Введение в электродинамику живых систем: Монография. Тула: ТулГУ, ГУП НИИ НМТ, 2003. 440 с.

26. Трemasова А.М., Ахметов Ф.Г., Коростылева В.П. Влияние шунгитов на иммунный статус телят // Проблемы ветерин. санитарии, гигиены и экологии. 2011. № 2(6). С. 97–98.

Библиографическая ссылка:

Хромушин В.А., Честнова Т.В., Платонов В.В., Хадарцев А.А., Киреев С.С. Шунгиты, как природная нанотехнология (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 3-14. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/5039.pdf> (дата обращения: 22.12.2014).

27. Трemasова А.М., Белецкий С.О. О применении шунгита в животноводстве // Достижения науки и техники АПК. 2012. №3. С. 72–74.
28. Филиппов М.М. Биогенная гипотеза генезиса палеопротерозойских метапропелитов // Труды Карельского научного центра РАН. 2012. № 3. С. 145–156.
29. Филиппов М.М. Шунгитоносные породы Онежской структуры. Петрозаводск: Карелия, 2002. 150 с.
30. Хадарцев А.А., Туктамышев И.Ш. Шунгиты в медицинских технологиях // Вестник новых медицинских технологий. 2002. Т.9. №2. С.83–86.
31. Хадарцев А.А., Хадарцев В.А. Разработка и использование нанотехнологий в медико-биологических исследованиях // Вестник Росздравнадзора. 2010. С. 63–67.
32. Хасая Д.А. Влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на свободно-радикальные процессы крови у крыс линии вистар при экранировании шунгитом (экспериментальное исследование) // Вестник новых медицинских технологий. 2009. Т. XVI. № 4. С. 223–224.
33. Хомичеснок А.А., Фомин О.К. Исследование шунгитовых пород и антраксолитов Карелии методом пиролитической масс-спектрометрии с поверхностной ионизацией // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2012. № 2. С. 100–103.
34. Шелухина Ю.С. Сульфидная минерализация шунгитоносных пород Онежского прогиба (Карелия) // Вестник СПбГУ. 2011. №4. С. 18–27.
35. Ширинкин С.В., Васильченко Л.В. Медицинские нанотехнологии с использованием гидратированных фуллеренов, или снова о необычных свойствах структурированной воды // Мир психологии. 2009. № 4. С. 253–257.

References

1. Barashkova II, Komova NN, Motyakin MV, Potapov EE, Vasserman AM. Mezhfaznye sloi na granitse shungit–elastomer. Doklady akademii nauk. 2014;456(4):437-9. Russian.
2. Beyseev AO, Beyseev OB. Meditsinskie aspekty organicheskoy mineralogii, organicheskikh mineralov, mineraloidov, biomineral'nykh soedineniy i perspektivy Kazakhstana. Vestnik Instituta geologii Komi nauchnogo Tsentra UrO RAN. 2011;4(9):21-36. Russian.
3. Butakovskaya NV, Timofeeva LM. Opyt ispol'zovaniya shungita v lechebnykh tselyakh v OAO sanatorii «Belye klyuchi». Shungity i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti cheloveka: Materialy 1 Vserosiy-skoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 3-5 oktyabrya 2006 g. Petrozavodsk; 2007. Russian.
4. Golub SL, Ul'yanov AV, Buryak AK, Lugovskaya IG, Anufrieva SI, Dubinchuk VT. Khromato-mass-spektrometricheskoe i termodesorbtsionnoe issledovanie produktov vzaimodeystviya nesimmetrichnogo dimetilgidrazina s shungitovym materialom. Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy. 2006;6(5):855-68. Russian.
5. Golub SL, Ul'yanov AV, Buryak AK, Lugovskaya IG, Anufrieva SI, Dubinchuk VT. Sostav i sorbtsionnye svoystva shungitovogo materiala. Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy. 2006;6(5):748-63. Russian.
6. Golubev EA. Elektrofizicheskie svoystva i strukturnye osobennosti shungita (prirodnogo nanostrukturirovannogo ugleroda). Fizika tverdogo tela. 2013;55(5):995-1002. Russian.
7. Goryunov AS, Borisova AG, Rozhkov SP, Sukhanova GA, Rozhkova NN. Okislenie gemoglobina v vodnykh nanodispersiyakh ugleroda. Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN. 2013;3:93-100. Russian.
8. Ergozhin EE, Akimbaeva AM. Anionoobmennye materialy na osnove modifitsirovannykh shungitov. Sovremennye naukoemkie tekhnologii. 2007;1:71-5. Russian.
9. Ignatov I, Mosin OV. Sostav i strukturnye svoystva prirodnogo fullerensoderzhashchego minerala shungita. Matematicheskaya model' vzaimodeystviya shungita s molekulami vody. Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE», Vypusk 2, mart – aprel'; 2014. Russian.
10. Kalinin YuK. Ekologicheskii potentsial shungita. Shungity i bezopasnost' zhiznedeyatel'no-sti cheloveka: Materialy 1 Vserosiy-skoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 3-5 oktyabrya 2006 g. Petrozavodsk; 2007. Russian.
11. Kuz'menko AP, Emel'yanov VM, Dreyzin VE, Efanov SA, Rodionov VV. Uglerodnye nanostrukturnye obrazovaniya iz shungita. Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2012;2(41):96-102. Russian.
12. Lukin AE. O proiskhozhdenii shungitov. Geologicheskii zhurnal. 2005;4:28-47. Russian.
13. Mosin O, Ignatov I. Mineral shungit. Struktura i svoystva. Nanoindustriya. 2013;3:32-9. Russian.
14. Mosin OV. Novyy prirodnyy mineral'nyy sorbent – shungit. Santekhnika. 2011;3:34-361. Russian.
15. Papunidi KKh, Ivanov AV, Nurtdinov MR. Nauchnye osnovy obespecheniya zashchity zhivotnykh ot ekotoksikantov, radionuklidov i vzbuditeley opasnykh infektsionnykh zabolevaniy. Materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma 28-30 noyabrya 2005 g. Ch 1. Kazan'; 2005. Russian.

Библиографическая ссылка:

Хромушин В.А., Честнова Т.В., Платонов В.В., Хадарцев А.А., Киреев С.С. Шунгиты, как природная нанотехнология (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 3-14. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/5039.pdf> (дата обращения: 22.12.2014).

16. Platonov VV, Prokopchenkov DV, Proskuryakov VA, Chestnova TV, Shvykin AYU. Khimicheskiy sostav produktov okislitel'noy destruktivnoy organicheskoy massy shungitovoy porodyzazhoginskogo mestorozhdeniya Karel'skogo Zaonezh'ya. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(4):135-6. Russian.
17. Platonov VV, Prokopchenkov DV, Proskuryakov VA, Sychev AI, Chestnova TV, Shvykin AYU. Khimicheskiy sostav mineral'nogo veshchestva shungitovoy porody zazhoginskogo mestorozhdeniya Karel'skogo Zaonezh'ya. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(4):132. Russian.
18. Reznikov VA, Polekhovskiy YuS. Amorfnyy shungitovyy uglerod – estestvennaya sreda obrazovaniya fullerenov. Pis'ma v ZhTF. 2000;26(15):94-102. Russian.
19. Rozhkova NN. Agregatsiya i stabilizatsiya nanochastits ugleroda shungitov. Ekologicheskaya khimiya. 2012;21(4):240-51. Russian.
20. Seregina NV, Chestnova TV, Prokopchenkov DV, Khromushin VA. Obzor analiticheskikh rabot po fiziko-khimicheskoy biologii shungitovoy porody. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;15(3):171-3. Russian.
21. Sinitsyn NI, Elkin VA, Betskiy OV. Millimetrovaya nanostrukturnaya meditsina – nanotekh-nologiya budushchego v biomeditsinskikh radioelektronnykh tekhnologiyakh. Al'manakh klinicheskoy meditsiny, Tom XVII, chast' II, Moskva, 2008, III Troitskaya konferentsiya «Meditsinskaya fizika i innovatsii v medi-tsine». Russian.
22. Skorobogatov GA, Bakhtiarov AV, Ashmarova YuA. Ionoobmennyye svoystva shungitov, kontaktiruyushchikh s vodoy. Ekologicheskaya khimiya. 2012;21(2):125-9. Russian.
23. Skorobogatov GA, Goncharov GN, Ashmarova YuA. Ionoobmennyye i adsorbtsionnyye svoystva karel'skikh shungitov, kontaktiruyushchikh s vodoy. Ekologicheskaya khimiya. 2012;21(1):10-6. Russian.
24. Subbotina TI, Morozov VN, Savin EI, Khrenov PA, Alieva DO, Kiseleva TA, Rybin SV, Samodarovskaya YuS. Blokada moduliruyushchikh effektov EMI KVCh na biologicheskie ob"ekty pri ekranirovaniy ikh shungitom. Materialy konferentsii «Ekologiya i zdorov'e naseleniya», Mavrikiy, 18-25 fevralya; 2011. Russian.
25. Subbotina TI, Tuktamyshev ISh, Khadartsev AA, Yashin AA. Elektrodinamika i informatika zhivykh sistem. T. 5. Vvedenie v elektrodinamiku zhivykh sistem: Monografiya. Tula: TulGU, GUP NII NMT; 2003. Russian.
26. Tremasova AM, Akhmetov FG, Korostyleva V.P. Vliyanie shungitov na immunnyy status telyat. Problemy veterin. sanitarii, gigieny i ekologiy. 2011;2(6):97-8. Russian.
27. Tremasova AM, Beletskiy SO. O primeneniy shungita v zhivotnovodstve. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2012;3:72-4. Russian.
28. Filippov MM. Biogennaya gipoteza genezisa paleoproterozoyevskikh metapropelitov. Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN. 2012;3:145-56. Russian.
29. Filippov MM. Shungitonosnyye porody Onezhskoy struktury. Petrozavodsk: Kareliya; 2002. Russian.
30. Khadartsev AA, Tuktamyshev ISh. Shungity v meditsinskikh tekhnologiyakh. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2002;9(2):83-6. Russian.
31. Khadartsev AA, Khadartsev VA. Razrabotka i ispol'zovanie nanotekhnologiy v mediko-biologicheskikh issledovaniyakh. Vestnik Roszdravnadzora; 2010. Russian.
32. Khasaya DA. Vliyanie elektromagnitnogo izlucheniya millimetrovogo diapazona na svobodno-radikal'nye protsessy krovi u krysa linii vistar pri ekranirovaniy shungitom (eksperimental'noe issledovanie). Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2009;16(4):223-4. Russian.
33. Khomicheskoy AA, Fomin OK. Issledovanie shungitovykh porod i antraksolitov Karelii me-todom piroliticheskoy mass-spektrometrii s poverkhnostnoy ionizatsiey. Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. 2012;2:100-3. Russian.
34. Shelukhina YuS. Sul'fidnaya mineralizatsiya shungitonosnykh porod Onezhskogo progiba (Kareliya). Vestnik SPbGU. 2011;4:18-27. Russian.
35. Shirinkin SV, Vasil'chenko LV. Meditsinskie nanotekhnologii s ispol'zovaniem gidratiro-vannykh fullerenov, ili snova o neobychnykh svoystvakh strukturirovannoy vody. Mir psikhologii. 2009;4:253-7. Russian.

Библиографическая ссылка:

Хромушин В.А., Честнова Т.В., Платонов В.В., Хадарцев А.А., Киреев С.С. Шунгиты, как природная нанотехнология (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 3-14. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/5039.pdf> (дата обращения: 22.12.2014).