

УДК 62-758.34

РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ
РУДНЫХ МИНЕРАЛОВ И КАМНЕПЕРЕРАБОТКИГургениян¹ Н.В., Князян² Н.Б.

^{1,2}Институт общей и неорганической химии им. М.Г. Манвеляна НАН Республика Армения
0051, Ереван, ул. Аргютяна, пер. II, д. 10,
e-mail: -gurnelius49@gmail.com

Аннотация. Актуальность темы исследования заключается в том, что в настоящее время существует устойчивая тенденция наращивания количества электромагнитных излучений (ЭМИ), возникающих в среде обитания человека, что отрицательно влияет на здоровую обстановку внутри помещений и определяет направленность экспериментальных исследований на защиту человека от опасных для здоровья факторов. Статья посвящена возможности создания радиозащитных строительных материалов из техногенных отходов различных месторождений Армении. Исследования направлены на создание комфортной зоны обитания внутри зданий посредством разработки радиозащитных материалов типа «сэндвич», уменьшающих влияние ЭМИ на здоровье человека. Работы велись в направлении разработки образцов радиопоглощающих структур и выбора радиопоглощающих наполнителей. В лаборатории получены образцы из отходов камнепереработки и отходов добычи рудных минералов плотностью от 1500 до 2000 кг/м³, а также образцы на основе вспученного перлита и минеральной связки плотностью 250-300 кг/м³ в качестве внутреннего теплоизолирующего слоя и переданы в Национальную научную лабораторию им. А.И. Алиханяна (ереванский институт физики) для протонного облучения. Образцы подверглись протонному облучению, т.к. оно является составной частью космических излучений, а также ЭМИ и способно проникать через слои вещества в зависимости от его состава и свойств. Исследованы также некоторые физико-механические свойства полученных материалов такие, как прочность при сжатии и водопоглощение. Помимо этого, статья содержит обзор зарубежного опыта получения радиозащитных материалов с различными видами облучения. На данном этапе изучено только протонное облучение, однако работы в этом направлении продолжаются.

Предмет исследования: разработка радиозащитных материалов типа «сэндвич».

Материалы и методы: использованы отходы алюмосиликатных горных пород (туфов) и отходы добычи рудных минералов. Использован метод протонного облучения полученных материалов.

Результаты: разработаны радиозащитные материалы понижающие ЭМИ.

Выводы: подтверждена возможность получения радиозащитных материалов введением в состав композитного материала отходов добычи рудных минералов. Понижен уровень загрязнения окружающей среды путем использования отходов добычи рудных и нерудных минералов.

Ключевые слова: радиопоглощающий материал, рудные минералы, электромагнитное излучение, протонирование.

ВВЕДЕНИЕ

Существует устойчивая тенденция наращивания количества излучающих технических средств, увеличения их энергетических потенциалов и территориальной концентрации. Растущее количество ЭМИ, возникающих в среде обитания человека и в первую очередь внутри зданий, определяет актуальность экспериментальных исследований, направленных на защиту человека от опасных для здоровья факторов. С точки зрения экологии, ЭМИ – это один из видов энергетического загрязнения окружающей среды и Всемирная организация здравоохранения уже определила электромагнитный смог как одну из 4-х главных составляющих при загрязнении окружающей среды [1,2].

Современные дома и здания будущего должны защищать своих обитателей от электромагнитной опасности, и при их сооружении должны применяться такие материалы и конструктивные решения, которые позволят снизить уровень электромагнитных полей (ЭМП) до необходимого минимума в границах защищаемого объекта и обеспечить нормальную жизнедеятельность людей.

Сегодня, естественный электромагнитный фон Земли превышен в тысячи раз. Основой защиты внутреннего пространства зданий является ослабление каналов просачивания электромагнитной энергии, в защищаемый объем, извне.

Основными механизмами защиты от ЭМП являются отражение, поглощение и многократное отражение.

При защите зданий от внешних ЭМИ могут применяться различные радиоотражающие экранирующие материалы и радиопоглощающие строительные и отделочные материалы, которые должны удовлетворять комплексу необходимых радиотехнических, механических, гигиенических, технологических и эстетических требований [3].

В этой связи особо актуальной становится разработка радиозащитных материалов для решения экологических вопросов защиты среды обитания человека.

Для защиты имеют значение две характеристики радиозащитных материалов: за экраном - сквозное затухание; перед экраном - отражение от поверхности материала. Сквозное затухание обусловлено тепловыми потерями в толщине материала (зависящими от частоты ЭМИ и толщины экрана). Отражение обусловлено в

основном несоответствием волновых характеристик воздуха и материала, из которого изготовлен экран.

Целью работы является разработка композиционных материалов строительного назначения, способных обеспечить предельно допустимый уровень биологической защиты человека в жилых и производственных зданиях.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В данной работе проанализирована научно-исследовательская литература по данной теме.

В статьях [1-3] разработаны композиционные радиозащитные материалы (РЗМ) различного назначения.

В работе [4] дается обзор композиционных материалов, сочетающих звукозащитные и радиозащитные свойства. Для создания эффективных РЗМ необходимо совмещение в одной матрице радио-и звукозащитных свойств.

В работе [5] приведены примеры традиционных и современных радиационно-защитных материалов, способных обеспечить необходимый уровень биологической защиты и выполнение современных требований норм радиационной безопасности. Приведены примеры композиционных материалов, используемых в качестве строительного радиационно-защитного материала.

Приведены некоторые характеристики композиционного материала на основе алюминиевой матрицы и железосодержащих наполнителей.

В работе [6] представлены результаты выбора эффективных элементов для защиты от ионизирующего излучения, предложены составы радиационно-защитных материалов для ослабления различных видов излучения. Установлены зависимости эффективности ослабления излучения жидкостекольным композитом от характеристик вяжущего и его содержания в системе. Сформулированы основные принципы создания радиационно-защитных композитов.

В работе [7] проведены исследования по применению наночастиц магнетита в качестве добавок в структуру композитных материалов для повышения экранирующих свойств от СВЧ излучения. Выявлена оптимальная концентрация добавок наночастиц магнетита для цементного композита с достижением максимального экранирования СВЧ излучения.

В работах [8,9] представлены данные о составе современных композиционных строительных материалов, в том числе материалов, которые помимо высоких физико-механических свойств обладают радиозащитными свойствами. В статье представлены инфракрасные исследования и дифференциально-термические данные мелкозернистых магнетитовых и гематитовых обогащенных железорудных концентратов. Осуществлен выбор наиболее подходящего наполнителя для проектирования и разработки новых композиционных радиозащитных

строительных материалов. Представлены также данные по магнетиту и гематиту. Установлено, что модифицированный железосодержащий композиционный материал на основе гематита и металлического алюминия сохраняет стабильность основных физико-механических свойств под действием потока быстрых электронов.

В работа [10] посвящена обсуждению необходимости и возможности создания радиопоглощающих материалов, эффективных в диапазонах частот наиболее распространенных базовых станций сотовой связи, на основе отделочных строительных материалов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для придания облицовочным материалам экранирующих и радиопоглощающих свойств в состав разрабатываемых материалов введены компоненты, в которых происходит отражение и поглощение электромагнитных волн (ЭМВ). Введение металлических элементов может обеспечить экранирование только за счет отражения ЭМВ, что приводит к переотражению от стен зданий и возможному фокусированию лучей отраженной волны в определенных точках. Введением же элементов поглощающих электромагнитную энергию, возможно обеспечение уменьшения энергии излучения за счет ее затухания в слое материала. При исследованиях были использованы нижеприведенные рудные минералы различных месторождений Армении:

рудные минералы Каджаранского месторождения:
халькопирит - CuFeS_2
пирит - FeS_2
молибденит - MoS_2
монцит + кварц - $\text{SiO}_2 + \text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8) + \text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$
монцит - $\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8) + \text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$
сотское месторождение золота-сфалерит - ZnS
шоржинское месторождение - серпентин $\text{Mg}_6(\text{OH})_8(\text{Si}_4\text{O}_{10})$ - группа минералов подкласса слоистых силикатов
шамшадинское месторождение - барит - BaSO_4

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

На сегодняшний день в области радиационно-защитного материаловедения используются такие традиционные материалы как: железосодержащие и вольфрамсодержащие (ослабляют потоки фотонного излучения); свинецсодержащие (ослабляют фотонное излучение); боросодержащие (поглощают тепловые нейтроны); тяжелые и серпентинитовые бетоны (наиболее широко распространенный строительный радиационно-защитный материал); гидриды металлов [4]. Нами для решения вышеуказанной проблемы разработаны композиционные облицовочные материалы типа сэндвич-плит на основе отходов туфа армянского месторождения, вспученного

перлита, комбинированной связки и рудных минералов, которые могут использоваться в качестве радиозащитного наполнителя и

способствовать отражению - поглощению электромагнитных волн, исходящих от источников с повышенными значениями ЭМИ (рис.1).

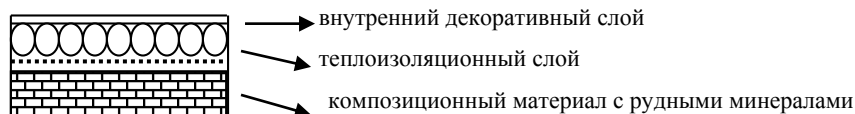


Рис. 1. Схема облицовочного материала с внутренней теплоизоляцией:

1 – внутренний декоративный слой

2 – теплоизоляционный материал

3 – композиционный материал с рудными минералами

Fig.1. Scheme of facing material with internal thermal insulation:

1 – internal decorative layer

2 – thermal insulation material

3 – composite material with ore minerals

В качестве вяжущего материала во всех трех слоях использовалась связка на основе жидкого стекла. Одним из вяжущих, применение которых целесообразно для изготовления строительных материалов для защиты от радиации, является жидкое стекло, которое является наиболее распространенным диэлектриком. Обычно в качестве порошкообразных наполнителей радиозащитных конструкций широкое применение находят материалы с магнитными свойствами и высокой электропроводностью [5,6]. В нашем

случае это отходы рудной промышленности. Средний теплоизоляционный слой представляет собой композитный материал на основе жидкого стекла и вспученного перлита со средней плотностью порядка 250-300 кг/м³.

Для определения коэффициентов отражения-поглощения подготовлены образцы на основе туфа без добавления рудных минералов и образец из вспученного перлита. Измерения проведены в ереванском институте физики.

Полученные данные представлены на рис.2.

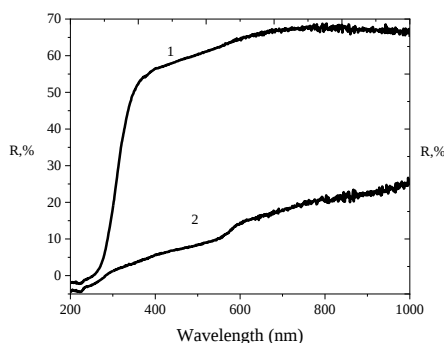


Рис 2. Зависимость коэффициентов отражения и поглощения от длины волны до протонирования: 1 образец со вспученным перлитом –поглощение; 2 – образец а основе туфа без рудного минерала – отражение

Fig.2. Dependence of reflection and absorption coefficients on wavelength before protonation: 1 – sample with expanded pearlite – absorption; 2 – sample based on tuff without ore mineral – reflection

Как видно из рис.2 образец без рудного минерала имеет коэффициент отражения приблизительно порядка 25%. Материал на основе вспученного перлита поглощает до 70 % излучения.

Основным преимуществом радиопоглощающих материалов (РПМ) с пониженной плотностью и малыми значениями относительной диэлектрической проницаемости является возможность обеспечения минимальных значений отражения падающей электромагнитной волны от поверхностного слоя материала, способных поглощать ЭМИ и преобразовывать его в тепло.

При добыче минерального сырья извлекается большое количество вскрышных и вмещающих пород, которые практически не используются, а складывают в отвалы, ухудшая состояние окружающей среды за счет сокращения количества

земель, пригодных для сельскохозяйственного использования, загрязнения почвенный покров, поверхностные и подземные воды, атмосферу, а следовательно, и условия жизни людей на прилегающих территориях. Наиболее эффективным решением проблемы использования отходов горнодобывающих предприятий как рудных, так и нерудных является внедрение безотходных технологий, т.е. утилизация отходов.

В связи с этим была поставлена задача утилизации отходов в качестве вторсырья для получения радиозащитных композиционных материалов строительного назначения, используя отходы рудных материалов в качестве компонентов, способных поглощать ЭМИ (используемые рудные минералы приведены выше).

Как известно, протонное излучение - основная составная часть космических излучений. Биологическое его действие при остром облучении аналогично действию γ - или рентгеновского излучений. Способность протонного излучения проникать через слои вещества зависит от свойств вещества и энергии пучка протонов.

Для определения радиозащитных свойств в лаборатории получены образцы со средней плотностью от 1500 до 1550 кг/м³ и толщиной 1.0 мм и определены их коэффициенты отражения. Полученные значения представлены ниже в виде графиков, где показаны данные до и после протонного облучения (рис.3).

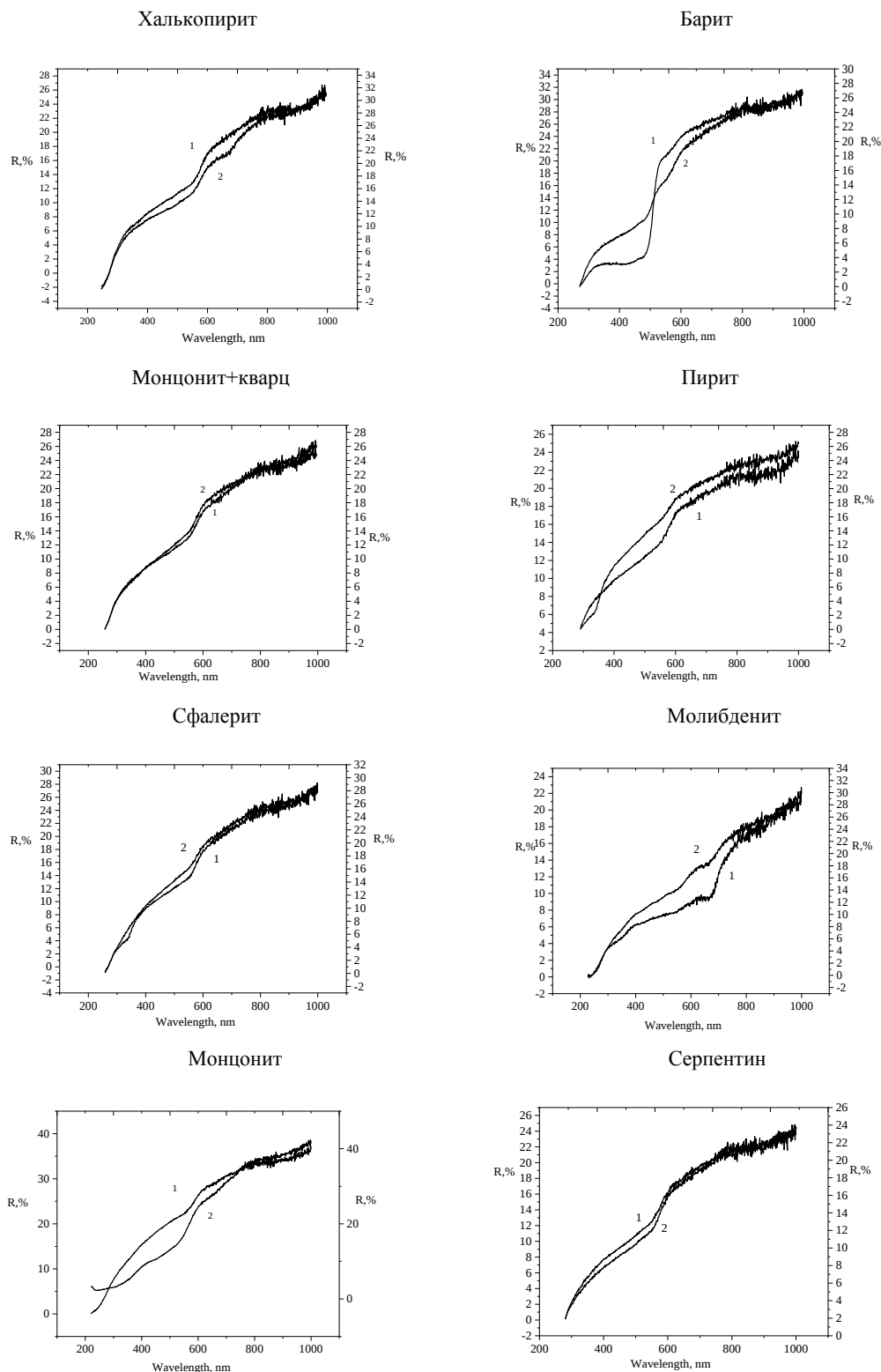


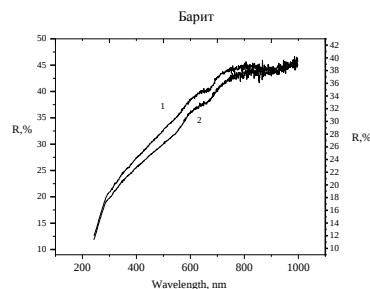
Рис.3. Коэффициенты отражения до (1) и после (2) протонного облучения
Fig.3. Reflection coefficients before (1) and after (2) proton irradiation

Полученные данные свидетельствуют о том, что коэффициенты отражения относительно невысокие и протонирование слабо влияет на свойства материала. Отражение ЭМИ при использовании проводящих экранов довольно часто оказывает отрицательное влияние на окружающие объекты, связанное с формированием переотражённой волны. Поэтому особое внимание было уделено разработке композиционных материалов,

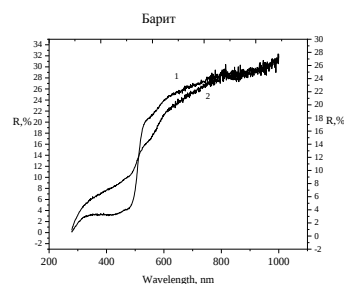
эффективность которых достигается за счет поглощения электромагнитных излучений [7,8].

В связи с этим были подготовлены образцы с повышенной плотностью от 1800 до 2000 кг/м³ с высотой 5 мм и определены коэффициенты поглощения в вышеуказанных условиях.

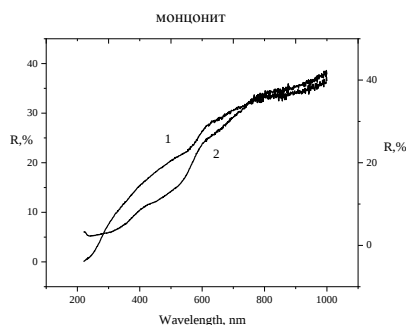
Из полученных образцов выбраны образцы с содержанием барита и монцонита и определены их коэффициенты отражения и поглощения. Ниже приводятся полученные графики (рис.4).



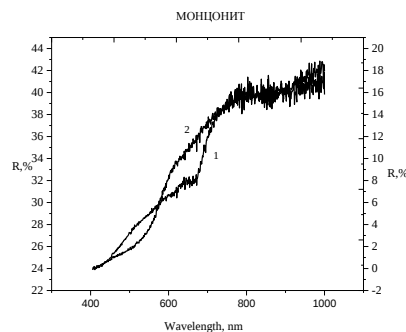
Барит: поглощение
1- образец до протонирования
2- после протонирования



Барит: отражение
1- образец до протонирования
2- после протонирования



Монцонит: поглощение
1- образец до протонирования
2- после протонирования



Монцонит : отражение
1- образец до протонирования
2- после протонирования

Рис.4. Коэффициенты отражения и поглощения до (1) и после (2) протонного облучения
Fig.4. Reflectance and absorption coefficients before (1) and after (2) proton irradiation

Таким образом, композиционные материалы на основе рудных и нерудных минералов характеризуются одновременным проявлением как рассеяния, так и поглощения [9,10].

Как было сказано выше, образец без рудного минерала имеет коэффициент отражения порядка 25%, а с рудным минералом, в частности, из барита и монцонита имеют коэффициенты до 45%: монцонит-42, барит – 31%.

Одновременно, указанные образцы имеют также коэффициенты поглощения равные: монцонит - 40% и барит – 45%. Т.е. при прохождении через исследуемый материал излучение убывает на 76-82% (отражается и поглощается материалом). Затем следует теплоизоляционный слой (материал на

основе вспученного перлита), поглощение которого составляет до 70 % излучения.

Таким образом, уменьшение энергии ЭВМ при ее прохождении через стену здания происходит частично из-за ее отражения от стены, частично из-за поглощения. Следовательно, разработанные материалы практически являются радиозащитными. Так как целью работы была разработка сэндвич-плиты, то последний третий слой может быть либо из того же материала, но более облегченного - от 850 до 1205 кг/м³, либо из гипсокартона или штукатуркой, содержащей до 60% вспученного перлита.

Определены также некоторые физико-механические свойства: прочность при сжатии и водопоглощение по массе (табл. 1)

Таблица. 1. Показатели физико-механических свойств**Table. 1.** Indicators of physical and mechanical properties

Наименование показателей	Значения показателей
Средняя плотность, кг/м ³	до 2000
Прочность при сжатии, МПа	до 22.5 МПа
Водопоглощение, % по массе	от 0,44 до 9,5%

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований подтверждена возможность создания радиозащитных строительных материалов типа «сэндвич» из отходов нерудных и рудных материалов. Такие материалы представляют собой гетерогенную систему с неорганической матрицей и с введенными в ее состав диспергированными проводящими частицами. Выявлено, что наиболее эффективным является введение в состав композиционного материала некоторого количества отходов рудных минералов для придания им радиозащитных свойств. Определены физико-механические свойства полученных материалов такие, как средняя плотность, прочность при сжатии и водопоглощение по массе.

Введение в состав композиционных материалов отходов рудных и нерудных минералов решает, одновременно, и вопрос утилизации техногенного сырья и вопросы ресурсосбережения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мухаметрахимов Р.Х., Шафигуллин Р.И., Куприянов В.Н. Разработка радиозащитных шунгитосодержащих гипсоволокнистых облицовочных листов // Известия КГАСУ. 2017. № 3(41). С.224-231.
2. Гульбин В.Н., Колпаков Н.С., Горкавенко В.В., Чердынцев В.В. Разработка и исследование радио- и радиационно-защитных композиционных материалов // Научные технологии. 2015. №5. С.16-24.
3. Черкашина Н.И. Конструкционные радиационно-защитные материалы нового поколения // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 9(40). С.113-115.
4. И.Д. Краев, Е.М. Шульгин, М.М. Платонов, Г.Ю. Юрков Обзор композиционных материалов, сочетающих звукозащитные и радиозащитные свойства //Авиационные материалы и технологии.2016. №4(45).С.60-67.
5. Шейченко М.С., Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю. Современные композиционные радиационно-защитные материалы строительного назначения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №5.С.15-19.
6. Королев Е.В., Гришина А.Н. Основные принципы создания радиационно-защитных материалов. Определение эффективного

химического состава // Изв. Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2009. № 6. С. 261–265.

7. Лесбаев А.Б. Композиционные материалы с суперпарамагнитными добавками, экранирующие СВЧ-излучение.:диссерт...на соискание канд.техн.наук. Алматы. 2018.114с.

8. Matyukhin P.V., Pavlenko V.I., Yastrebinsky R.N., Cherkashina N.I. The high-energy radiation effect on the modified ironcontaining composite material // Middle East Journal of Scientific Research. 2013.V.17. №9. P.1343-1349

9. P.V. Matyukhin The choice of iron-containing filling for composite radioprotective material// IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 327 (2018) 032036.P.1-6. doi:10.1088/1757-899X/327/3/032036

10. А.А.Беляев, Е.Е.Беспалова, В.В. Лепешкин Радиопоглощающие материалы на основе отделочных строительных материалов для защиты от СВЧ излучений базовых станций сотовой связи// Труды ВИАМ, 2015.№6.С.80-88.

REFERENCES

1. Mukhametrakhimov R.Kh., Shafigullin R.I., Kupriyanov V.N. Development of radioprotective shungite-containing gypsum-fiber facing sheets // News of KGASU. 2017. No. 3(41). P.224-231.
2. Gulbin V.N., Kolpakov N.S., Gorkavenko V.V., Cherdintsev V.V. Development and research of radio- and radiation-protective composite materials// Science-intensive technologies. 2015. No. 5. P. 16-24.
3. Cherkashina N.I. Structural radiation-protective materials of a new generation // International Scientific Research Journal. 2015. No. 9(40). P.113-115.
4. I.D. Kraev, E.M. Shulgin, M.M. Platonov, G.Yu. Yurkov Review of composite materials combining sound-protective and radioprotective properties //Aviation materials and technologies.2016. No. 4 (45). P. 60-67.
5. Sheichenko M.S., Alfimova N.I., Vishnevskaya Y.Yu. Modern composite radiation-protective materials for construction purposes // Bulletin of BSTU named after. V.G. Shukhova. 2017. No. 5. P. 15-19.
6. Korolev E.V., Grishina A.N. Basic principles of creating radiation protective materials. Determination of the effective chemical composition // Izv. Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. 2009. No. 6. Pp. 261–265.

7. Lesbaev A.B. Composite materials with superparamagnetic additives that shield microwave radiation.: dissertation...for candidate of technical sciences. Almaty. 2018.114p.

8. Matyukhin P.V., Pavlenko V.I., Yastrebinsky R.N., Cherkashina N.I. The high-energy radiation effect on the modified ironcontaining composite material // Middle East Journal of Scientific Research. 2013.V.17. №9. P.1343-1349

9. P.V. Matyukhin The choice of iron-containing filling for composite radioprotective material// IOP

Conf. Series: Materials Science and Engineering 327 (2018) 032036.P.1-6. doi:10.1088/1757-899X/327/3/032036
10.

10. A.A. Belyaev, E.E. Bespalova, V.V. Lepeshkin Radio-absorbing materials based on finishing building materials for protection from microwave radiation of cellular base stations // Proceedings of VIAM, 2015. No. 6. P. 80-88.

RADIATION PROTECTIVE COMPOSITE MATERIAL BASED ON ORE MINERALS AND STONE PROCESSING WASTE

Gurgenyan¹ N.V., Knyazyan² N.B.

^{1,2}Institute of general and inorganic chemistry NAS RA
0051, Yerevan, Argutyanyan st.10, lane 2

Abstract. The relevance of the research topic lies in the fact that currently there is a steady tendency to increase the amount of electromagnetic radiation (EMR) occurring in the human environment, which negatively affects the healthy indoor environment and determines the focus of experimental research on protecting humans from factors hazardous to health. This article is devoted to the possibility of creating radioprotective building materials from man-made waste from various deposits of Armenia. Research is aimed at creating a comfortable living area inside buildings through the development of radioprotective sandwich-type materials that reduce the impact of EMR on human health. Work was carried out in the direction of developing samples of radio-absorbing structures and selecting radio-absorbing fillers. The laboratory obtained samples from stone processing waste and waste from the extraction of ore minerals with a density from -1500 to 2000 kg/m³, as well as samples based on expanded perlite and a mineral binder with a density of 250-300 kg/m³ as an internal heat-insulating layer and transferred to the National Scientific Laboratory named after A.I.Alikhanyan (Yerevan Institute of Physics) for proton irradiation. In this work, the samples were subjected to proton irradiation, since it is a component of cosmic radiation, as well as EMR and is capable of penetrating through layers of matter depending on its composition and properties. Some physical and mechanical properties of the resulting materials, such as compressive strength and water absorption, were also studied. In addition, the article contains a review of foreign experience in obtaining radioprotective materials with various types of radiation. At this stage, only proton irradiation has been studied, but work in this direction continues.

Subject of study: development of radioprotective materials of the “sandwich” type.

Materials and methods: waste of aluminosilicate rocks (tuffs) and waste from the extraction of ore minerals were used. The method of proton irradiation of the obtained materials was used.

Results: radioprotective materials have been developed that reduce EMR.

Conclusions: The possibility of obtaining radioprotective materials by introducing ore mineral mining waste into the composition of the composite material has been confirmed.

Key words: radio-absorbing material, ore minerals, electromagnetic radiation, protonation.