

DOI: 10.12737/article\_590878fa94e168.59204031

*Шейченко М.С., канд. техн. наук*  
*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение*  
*«Средняя общеобразовательная школа № 17»*  
*Алфимова Н.И., канд. техн. наук, доц.*  
*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*  
*Вишневская Я.Ю., канд. техн. наук, консультант*  
*Департамент внутренней и кадровой политики Белгородской области*

## СОВРЕМЕННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

alfimovan@mail.ru

*В данной работе приведены области использования различных энергетических установок в жизнедеятельности человека. Приведены примеры традиционных и современных радиационно-защитных материалов, способных обеспечить необходимый уровень биологической защиты и выполнение современных требований норм радиационной безопасности при работе с такими установками. Приведены примеры ряда композиционных радиационно-защитных материалов на основе различных матриц и наполнителей. Приведены примеры композиционных материалов на основе, используемых в качестве строительного радиационно-защитного материала. Приведены некоторые характеристики композиционного материала на основе алюминиевой матрицы и железосодержащих наполнителей.*

**Ключевые слова:** *ионизирующее излучение, радиоактивные газы, биологическая защита, радиационно-защитный материал, композиционный материал, полимерный материал, металлическая матрица, наполнитель, алюминий, железосодержащий наполнитель, конструкционная нагрузка, строительное назначение.*

**Введение.** На сегодняшний день во многих сферах жизнедеятельности человека используются различные энергетические установки, в том числе и те установки, при работе которых возможно испускание ионизирующего излучения различной природы. Ионизирующее излучение - это излучение, энергия которого достаточна для ионизации облучаемой среды (например, тканей тела человека). Человек может столкнуться со следующими разновидностями ионизирующего излучения: электромагнитное (рентгеновское и гамма-излучение) и корпускулярное (альфа-излучение, бета-излучение, нейтронное и протонное излучение, позитронное излучение и пр.), а также облучением от радиоактивных газов, таких как радон, торон, актинон (образуются в горных породах и минералах при альфа-распаде естественных радиоизотопов радия). Ионизирующее излучение, в отличие от других видов излучений, к примеру, таких как ультрафиолетового, светового, инфракрасного, микроволнового способно вызывать различные физико-химические изменения в клетках организма, вплоть до необратимых [1–2].

И действительно, различные энергетические установки уже широко применяются не только на ядерно-энергетических объектах, но и во многих производственных процессах, медицине. В

медицине на сегодняшний день применяют несколько видов радиотерапии: системная лучевая терапия (это лечение облучением всего организма, которое применяется, в частности в терапии злокачественных опухолей щитовидной железы); брахитерапия – лечение внутреннем облучением (метод основан на облучении пораженного органа изнутри с помощью радиоактивных веществ, которые находятся в имплантатах); наружная радиотерапия (источник радиации воздействует на определенную часть организма снаружи); различные рентгенологические диагностические методы. Человек использует в своей жизнедеятельности  $\gamma$ -дефектоскопы, много разновидностей радиационных приборов технологического контроля, радиационные  $\gamma$ -установки, ускорители заряженных частиц,  $\gamma$ -терапевтические установки, бортовые атомные электростанции, радионуклидные источники тепловой и электрической энергии, энергоблоки [3–4].

Использование такого большого количества радиационных приборов и установок в жизнедеятельности, конечно выдвигает на первый план проблему обеспечения высокой степени биологической защиты, организации безопасной работы рабочего и обслуживающего персонала с таким оборудованием, а также контакта с таким оборудованием лиц из населения при строгом

выполнении требований обеспечения современных норм радиационной безопасности [3–4].

Целью настоящей работы является обзор результатов исследований и последних разработок в области создания современных композиционных радиационно-защитных материалов строительного назначения, способных обеспечить необходимый уровень биологической защиты при эксплуатации вышеперечисленного оборудования.

**Основная часть.** 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].

Кроме вышеперечисленных широко используемых радиационно-защитных материалов также в мировой практике широко использовались и такие полимер содержащие материалы как: отечественный материал "Неутростоп" (представляет собой защитные блоки, которые изготавливаются из полиэтилена высокой чистоты с определенными добавками и предназначены для защиты от нейтронного и гамма-излучения); зарубежный материал "Pb-B-Poly" (представляющий комбинацию свинца и бора в полиэтилене, содержит водород для торможения быстрых нейтронов, бор для захвата тепловых нейтронов и свинец для подавления гамма-излучения); зарубежный материал "Light-Lead" (предназначенный для защиты от гамма-излучения, представлял собой смесь свинца в инертном полимере); зарубежные гибкие свинцовые обмотки "Lead Blanket" (материал представляет собой гамма-защитный эластомер с высоким содержанием свинца) [4].

В последнее время были разработаны новые виды материалов, которые состоят из двух и более разнородных компонентов, обладающих различными физико-химическими и механическими свойствами. Такие композиционные материалы проектируются на разных основах: полимерных, бетонных, металлических основах. Это и кремнийсодержащие материалы, полимерные композиционные материалы, материалы на основе термопластичных эластомеров, на основе бетонных и металлических матриц и пр. [5–21]. Многие такие композиционные материалы обладают и радиационно-защитными свойствами. Наполнителями таких радиационно-защитных композитов могут быть органосилок-

санные материалы, железорудные породы КМА (на магнетитовой и гематитовой основе), термостойкие нанотрубчатые наполнители, нанопорошки вольфрамата свинца, наполнители на основе стальной и чугунной дроби и пр. [22–34].

Известны и такие радиационно-защитные материалы, как: защитные строительные бетоны на основе магнезий и цементов; материалы на основе порошка металлических отходов вольфрама и оксидов диспрозия, гадолиния, церия; полиэтиленсодержащие материалы с аморфным бором, гидроокиси алюминия, бромсодержащие ароматические соединения; на основе смеси каучуков с металлосодержащими наполнителями из оксидов висмута и оксидов редкоземельных элементов легкой и средней группы; жидкого стекла, кремнефтористого натрия, сульфата бария; бутадиенового или бутадиев-нитрильного и дивинилстирольного каучуков, фторопласта-4 и агидола; диметилсилоксанового каучука, катализатора - диэтилдикаприлата олова (IV) в растворе тетраэтоксисилана и наполнителя, содержащего смесь оксидов сурьмы (III) и иттрия; кремнийсодержащего низкомолекулярного каучука, диэтилдикаприлата олова (IV), оксида сурьмы (III), оксида иттрия и оксидов редкоземельных элементов; нефтяного дорожного битума с молотыми отходами оптического стекла; цемента, железорудного концентрата и баритового наполнителя; глетглицеринового цемента, оксида свинца, сажи и стального волокна; гипсосодержащих отходов промышленности и др. [4].

В последнее время интересным и перспективным направлением в области строительного радиационного материаловедения является разработка новых видов композиционных материалов, на основе металлических алюминиевых матриц и железосодержащих наполнителей. Из композиционных материалов на основе металлических алюминиевых матриц возможно изготовление не только облицовочных материалов, но и сами несущие строительные конструкции, которые могут подвергаться кроме высоких механических воздействий интенсивному воздействию ионизирующего излучения и неоднократным знакопеременным температурным колебаниям [18, 21, 35–44].

Использование алюминия в качестве матрицы позволит придать материалу такие свойства как высокие значения теплопроводности и отражения тепловых потоков, свойства пластичности и стойкости к агрессивным средам, обеспечит монолитность конструкции, минимальную усадку при монтаже и эксплуатации защиты, водонепроницаемость и газонепроницаемость, коррозионную стойкость. Строитель-

ные конструкции на основе таких композиционных материалов способны сопротивляться внешним нагрузкам до 700 МПа, выдерживают 40 циклов нагрева до температуры 660 °С и резкого его охлаждения, 24 цикла нагрева до температуры 700 °С и резкого его охлаждения, 11 циклов нагрева до температуры 900 °С и резкого его охлаждения без изменения их геометрии (в случае отсутствие внешних нагрузок) и без образования микротрещин на их поверхности. Такие материалы стабильны по основным физико-механическим свойствам при облучении его потоками быстрых электронов с энергией до 6,2 МэВ с поглощенной дозой до 2 МГр и гамма-излучением с энергией до 1,2 МэВ с поглощенной дозой до 10 МГр [3-4, 42, 44].

**Выводы.** В данной статье дан обзор современных композиционных радиационно-защитных материалов, имеющие различную матричную основу и наполнители. Многие из таких материалов являются облицовочными. Для строительной-радиационной отрасли актуальным вопросом является использование радиационно-защитных материалов, способных нести значительные нагрузки, которые можно использовать в качестве несущих конструкций. Одними из таких материалов являются композиты на основе алюминиевых матриц с железосодержащими наполнителями, которые обладают высокими физико-механическими и радиационно-защитными характеристиками. Материалы с такими свойствами можно рассматривать в альтернативу традиционно используемых в строительстве бетонных и кирпичных конструкций.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Павленко В.И., Ястребинский Р.Н., Матюхин П.В. Радиация и окружающая среда. Учебное пособие для студентов специальности 270105 - Городское строительство и хозяйство. Федеральное агентство по образованию, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. Белгород, 2009.
2. Павленко В.И., Ветрова Ю.В., Матюхин П.В. Эманирующая способность радона минерального сырья, используемого при изготовлении строительных бетонов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 9. С. 39–43.
3. Матюхин П.В. Металлобетонный композит на основе модифицированного высокодисперсного оксида железа и металлического алюминия: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2004.

4. Матюхин П.В. Металлобетонный композит на основе модифицированного высокодисперсного оксида железа и металлического алюминия: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / Белгород, 2004.

5. Потапов Ю.Б., Соломатов В.И., Лаптев Г.А., Романов Е.П. Металлобетонная смесь // Патент на изобретение RUS 614069 03.01.1977.

6. Черкашина Н.И., Матюхин П.В., Ястребинский Р.Н., Павленко З.В., Демченко О.В. Использование кремнийсодержащих структур для получения композитов с повышенной устойчивостью к атомарному кислороду // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 12-6. С. 991–994.

7. Королев Е.В., Евстифеева И.Ю., Самошин А.П. Композиция для капсулирования радиоактивных и высокотоксичных отходов // Патент на изобретение RUS 2319677 24.07.2006.

8. Черкашина Н.И. Физико-механические характеристики полимерных композитов, устойчивых к ионизирующему излучению // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды Международная научно-техническая конференция. 2015. С. 277–280.

9. Авраамов Ю.С., Кравченков А.Н., Кравченкова И.А., Трубицын П.Н., Шляпин А.Д. Получение антифрикционного композиционного материала на основе силумина АК12 // Известия Московского государственного промышленно-университета. 2011. № 3 (23). С. 10–15.

10. Matyukhin P.V. Theoretical preconditions of new kinds of nuclear protective metal composite materials development based on ferric and bismuth oxides encapsulated into metallic aluminum matrix // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2011. № 2. С. 42.

11. Черкашина Н.И. Воздействие вакуумного ультрафиолета на полимерные композиты терморегулирующего назначения // Международный научно-исследовательский журнал, 2016. № 7-4 (49). С. 72–77.

12. Потапов Ю.Б. Эффективные строительные композиты и конструкции на их основе с комплексом заданных свойств // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 9. С. 9–11.

13. Матюхин П.В. Термостойкие полимерные композиты для нейтронной и гамма-защиты // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 9 (28). С. 39–40.

14. Павленко В.И., Матюхин П.В. Теплоизоляционный бесцементный бетон из вторичных

минеральных ресурсов // Строительные материалы. 2005. № 8. С. 22–25.

15. Матюхин П.В., Косов А.В. Композиционные материалы для защиты от космической радиации // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2016. С. 583–587.

16. Кошкин В.И., Кравченко А.Н., Руденко И.Б., Шляпин А.Д. Применение эффекта адиабатического сдвига для поверхностного легирования конструкционных материалов // Заготовительные производства в машиностроении. 2010. № 3. С. 40–43.

17. Матюхин П.В., Бабенко И.К. Материалы для биологической защиты ядерного реактора // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2016. С. 588–592.

18. Матюхин П.В., Павленко В.И., Ястребинский Р.Н., Дороганов В.А., Черкашина Н.И., Евтушенко Е.И. Термостойкие радиационно-защитные композиционные материалы, эксплуатируемые при высоких температурах // Огнеупоры и техническая керамика. 2014. № 7-8. С. 23–25.

19. Павленко В.И., Бондаренко Г.Г., Черкашина Н.И. Разработка нейтронно-защитных полимерных композитов на основе тонкомолотого гидроксида титана // Перспективные материалы. 2016. № 7. С. 16–21.

20. Павленко В.И., Черкашина Н.И. Полимерные композиционные материалы на основе полистирольной матрицы // В сборнике: Полимерные композиционные материалы нового поколения для гражданских отраслей промышленности Сборник докладов научной конференции, посвященной 85-летию со дня рождения профессора, д.т.н. Б.В. Перова. Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов. 2015. С. 8.

21. Матюхин П.В., Павленко В.И., Ястребинский Р.Н., Черкашина Н.И., Дороганов В.А., Евтушенко Е.И. Жаропрочный радиационно-защитный композиционный материал конструкционного назначения // Огнеупоры и техническая керамика. 2014. № 10. С. 32–36.

22. Баженов Ю.М., Королев Е.В., Самошин А.П., Королева О.В. Выбор заполнителя для радиационно-защитных бетонов вариатропно-каркасной структуры // Региональная архитектура и строительство. 2009. № 1. С. 9–13.

23. Матюхин П.В. Нанотрубчатые наполнители радиационно-защитных композиционных

материалов // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 6-1 (25). С. 59–60.

24. Матюхин П.В. Электронно-микроскопические исследования магнетитового железорудного концентрата подвергнутого воздействию высоких давлений прессования // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 12. С. 174–182.

25. Матюхин П.В., Ястребинская А.В., Павленко З.В. Использование модифицированного железорудного сырья для получения конструкционной биологической защиты атомных реакторов // Успехи современного естествознания. 2015. № 9-3. С. 507–510.

26. Ястребинская А.В., Матюхин П.В., Павленко З.В., Карнаухов А.В., Черкашина Н.И. Использование гидридсодержащих композитов для защиты ядерных реакторов от нейтронного излучения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 12-6. С. 987–990.

27. Королев Е.В., Королева О.В., Самошин А.П., Смирнов В.А. Структура и свойства крупнопористых каркасов для радиационно-защитных материалов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2010. № 1 (13). С. 308–314.

28. Матюхин П.В., Бондаренко Ю.М., Павленко В.И. Спектральный анализ наполнителя на основе оксида висмута радиационно-защитного металлокомпозиционного материала // Фундаментальные исследования. 2013. № 1-1. С. 148–152.

29. Гульбин В.Н., Колпаков Н.С., Поливкин В.В. Радио- и радиационно-защитные композиционные материалы с наноструктурными наполнителями // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2014. Т. 10. № 23 (150). С. 43–51.

30. Павленко З.В., Денисова Л.В., Матюхин П.В., Иваницкий Д.А. Использование органосилоксановых структур для получения материалов, устойчивых к вакуумному ультрафиолету // Успехи современного естествознания. 2015. № 9-3. С. 515–518.

31. Матюхин П.В., Ястребинская А.В., Павленко З.В. Использование модифицированного железорудного сырья для получения конструкционной биологической защиты атомных реакторов // Успехи современного естествознания. 2015. № 9. С. 507.

32. Павленко В.И., Черкашина Н.И., Павленко З.В. Синтез нанодисперсного наполнителя для полимерных композиционных материалов терморегулирующего назначения // Нанотехно-

логии в строительстве: научный интернет-журнал. 2016. Том 8, № 5. С. 21–37.

33. Гуревич Л.М., Новиков Р.Е., Евстропов Д.А. Моделирование прокатки слоистых композитов с алюминидами // Вестник научных конференций. 2016. № 7-3 (11). С. 28–29.

34. Матюхин П.В., Бондаренко Ю.М., Павленко В.И. Синтез высокодисперсного наполнителя на основе гематитового концентрата из водных растворов ионов алюминия для радиационно-защитного металлокомпозиционного материала // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2013. № 3 (74). С. 80–85.

35. Чердынцев В.В., Горшенков М.В., Данилов В.Д., Калашкин С.Д., Гульбин В.Н. Металломатричные радиационно-защитные композиционные материалы на основе алюминия // Металловедение и термическая обработка металлов. 2013. № 1 (691). С. 14–18.

36. Матюхин П.В., Бондаренко Ю.М., Павленко В.И. Исследование микроструктуры поверхности композиционного материала на основе алюминиевой матрицы // Перспективные материалы. 2013. № 6. С. 22–26.

37. Гуревич Л.М., Арисова В.Н., Пономарева И.А., Щербин Д.В. Воздействие термпаратурно-временных условий процесса на свойства магниево-алюминиевого композита // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2016. № 2 (181). С. 17–20.

38. Matyukhin P.V. Theoretical preconditions of new kinds of nuclear protective metal composite

materials development based on ferric and bismuth oxides capsulated into metallic aluminum matrix // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2011. № 2. С. 42.

39. Шляпин А.Д., Кравченко А.Н., Баранов С.И., Михайлюк С.В. Антифрикционный сплав на основе алюминия и способ его получения // Патент на изобретение RUS 2542154 05.09.2013

40. Павленко В.И., Матюхин П.В. Основные аспекты разработки современных радиационно-защитных конструкционных металлокомпозиционных материалов // Современные наукоемкие технологии. 2005. № 10. С. 85–86.

41. Арисова В.Н., Гуревич Л.М., Пономарева И.А., Щербин Д.В. Формирование интерметаллидной зоны на границе двух- и трехслойного магниево-алюминиевого композита // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2016. № 15 (194). С. 11–15

42. Матюхин П.В. Радиационно-защитный конструкционный композиционный материал // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 9 (28). С. 40–41.

43. Попов В.А., Щавелев Л.Н., Гульбин В.Н. Способ изготовления металломатричного композита // Патент на изобретение RUS 2158779 15.03.1999

44. Матюхин П.В. Неорганический радиационно-защитный металлокомпозиционный материал строительного назначения // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 9. С. 35–39.

**Sachenko M.S., Alfimova N.I., Vishnevskaya J.Yu.**

### **MODERN RADIATION-PROTECTIVE COMPOSITION MATERIALS FOR CONSTRUCTION PURPOSES**

*In this work we present the use of various power plants in human life. Examples of traditional and modern radiation-protective materials that can provide the necessary level of biological protection and implementation of modern requirements of norms of radiation safety when working with such plants. Examples of a number of radiation-protective composites based on different matrices and fillers. Examples of composite-based materials used in the repair of radiation-protective material. Given some of the characteristics of composite material based on aluminum matrix and ferrous fillers.*

**Key words:** *ionizing radiation, radioactive gases, biological protection, radiation protection material, composite material, polymeric material, metal matrix, filler, aluminum, iron filler, structural loading, and construction purposes.*

**Шейченко Михаил Сергеевич**, кандидат технических наук

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Средняя общеобразовательная школа № 17».  
Адрес: 308010 г. Белгород, ул. Крупской, д. 9.

**Алфимова Наталия Ивановна**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения изделий и конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: alfimovan@mail.ru

**Вишневская Яна Юрьевна**, кандидат технических наук, консультант отдела высшего образования и науки.

Департамент внутренней и кадровой политики Белгородской области,

Адрес: Россия, 308005, Соборная площадь, 4