

Научная статья  
УДК 621.039

## ОЦЕНКА РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ГЛИНЯНЫХ КИРПИЧЕЙ С РАЗЛИЧНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ

**Данил Александрович Кораблев<sup>1</sup>, Илья Алексеевич Бессонов,  
Анна Александровна Бреусова, Олег Леонидович Ташлыков**

Уральский федеральный университет имени первого Президента  
России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

[^korabliev\\_ekb@bk.ru](mailto:korabliev_ekb@bk.ru)

**Аннотация.** В работе представлены результаты исследования влияния различных наполнителей, которые вводятся в глину при изготовлении кирпичей для быстровозводимой защиты от ионизирующего излучения. Для определения линейных и массовых коэффициентов ослабления использована база данных NIST XCOM. Показано изменение коэффициента массового ослабления при изменении концентрации элементов, вводимых в матрицу глиняного кирпича. Проведен сравнительный анализ свойств вводимых элементов. Рассмотрены несколько составов глины, образованных в основном за счет различных массовых коэффициентов ослабления для глины.

**Ключевые слова:** радиационно-защитный материал, кирпич, глина, ионизирующее излучение, гамма-излучение, коэффициент массового ослабления

**Для цитирования:** Оценка радиационно-защитных свойств глиняных кирпичей с различными наполнителями / Д. А. Кораблев, И. А. Бессонов, А. А. Бреусова, О. Л. Ташлыков // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика. Даниловские чтения — 2021 = Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021 : сборник научных трудов. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2023. С. 514–520.

Original article

## EVALUATION OF THE RADIATION-PROTECTIVE PROPERTIES OF CLAY BRICKS WITH VARIOUS FILLERS

**Danil A. Korablev<sup>1</sup>, Ilya A. Bessonov, Anna A. Breusova, Oleg L. Tashlykov**

Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

<sup>1</sup>[korablev\\_ekb@bk.ru](mailto:korablev_ekb@bk.ru)

**Abstract.** The paper presents the results of a study of the effect of various fillers, which are introduced into clay in the manufacture of bricks for fast-built protection against ionizing radiation. The NIST XCOM database was used to determine the linear and mass attenuation factors. The change in the coefficient of mass attenuation with a change in the concentration of the introduced elements introduced into the clay brick matrix is shown. A comparative analysis of the properties of the introduced elements is carried out. Several clay compositions are considered, mainly due to different mass attenuation coefficients for the clay.

**Keywords:** adiation shielding material, brick, clay, ionizing radiation, gamma radiation, mass attenuation coefficient

**For citation:** Korablev D. A., Bessonov I. A., Breusova A. A., Tashlykov O. L. (2023). Otsenka radiatsionno-zashchitnykh svoystv glinyanykh kirpichey s razlichnymi napolnitelyami [Evaluation of the radiation-protective properties of clay bricks with various fillers]. *Ehnergo- i resursoberezhenie. Ehnergoobespechenie. Netradicionnye i vozobnovlyaemye istochniki ehnergii. Atomnaya ehnergetika. Danilovskie chteniya — 2021* [Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021]. Ekaterinburg : Ural University Publishing House, 2023. P. 514–520. (In Russ).

**В** настоящее время в России работает 11 АЭС с 38 действующими энергоблоками с установленной электрической мощностью свыше 30,5 ГВт. Большая часть (22 энергоблока типа ВВЭР) из них будет продолжать работать в течение долгого времени, но также имеется 12 энергоблоков типа РБМК-1000, которые постепенно выводятся с эксплуатации. Все это говорит о том, что сейчас особо остро стоит задача по реализации принципа оптимизации в радиологической защите персонала не только эксплуатирующего существующие энергоблоки, но и занимающегося их снятием с эксплуатации [1].

Существует три основных способа сокращения дозовых затрат персонала: экранирование источников ионизирующего излучения (ИИ), увеличение расстояния, сокращение времени пребывания в радиационных полях.

В основе системы радиологической защиты лежат три основных принципа — обоснования, нормирования и оптимизации. В целях реализации этих принципов Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ) рассматривает ситуации планируемого, аварийного и существующего облучения.

Оптимизация состава радиационно-защитного материала (РЗМ) имеет значительный потенциал в реализации данного принципа, т. к. экранирование является одним из основных методов воздействия на радиационный параметр. Использование защитных экранов в настоящее время ограничено небольшим выбором материалов. Данная работа посвящена исследованию одного из вариантов РЗМ — кирпичей, имеющих в составе своей матрицы различные наполнители, способствующие ослаблению интенсивности ионизирующего излучения (ИИ) [2].

Благодаря развитию ядерных технологий радиоактивные изотопы находят применение в медицине, промышленности и сельском хозяйстве. Поэтому совершенствование радиационной защиты становится важной задачей.

Линейный коэффициент ослабления предоставляет информацию о способности поглощать фотонное излучение при прохождении через экранирующий материал. Авторы в справочнике предоставляют информацию о количестве энергии, выделяемой в защитных материалах (бетоне, стекле, сплаве или полимере) [3].

Кирпичи изготавливаются с использованием различных материалов и считаются одним из важнейших компонентов здания. Основным компонентом кирпича является глина. Глина — это мелкозернистый природный минерал, который обладает пластичными свойствами при смешивании с водой, а также высокой твердостью при сушке или обжиге. Во многих работах были изменены теплофизические, изоляционные и радиационно-защитные характеристики кирпичей с использованием различных добавок.

Тяжелые металлы, которыми легируются глиняные кирпичи, обладают выраженными радиационно-защитными свойствами. При добавлении в глиняные кирпичи тяжелых металлов решаются такие зада-

чи, как получение строительных материалов с защитными свойствами и утилизация промышленных отходов, которые могут быть использованы для создания быстровозводимой защиты при выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии. Необходимость во временной быстровозводимой защите оборудования периодически возникает в помещениях, где планируется выполнение демонтажных работ [4].

Новизна настоящей работы заключается в исследовании различных наполнителей для улучшения радиационно-защитных характеристик кирпичей, представленных в статье [5].

Предполагается провести серию расчетов радиационно-защитного кирпича с различным содержанием основных компонентов глиняной матрицы и примесного элемента.

В качестве вводимого элемента предполагается использовать оксид висмута (III). Далее рассчитывается массовый коэффициент ослабления гамма-излучения для данной смеси.

При обработке полученных результатов выявлено, что при добавлении оксида висмута (III) в глиняную матрицу наблюдается снижение массового коэффициента ослабления гамма-фотонов, которые образуются при распаде кобальта-60. Дальнейшее повышение концентрации оксида висмута позволяет повысить массовый коэффициент ослабления, и это приведет к повышению эффективности радиационной защиты, однако полученный материал будет иметь высокую стоимость, следовательно, это решение не является оптимальным. На рис. 1 представлена диаграмма изменения массового коэффициента ослабления оксидом висмута (III) гамма-излучения, испускаемого Cs-137.

Известно, что тяжелые ядра наилучшим образом справляются с функцией поглощения гамма-лучей, поэтому в качестве примесной добавки было рассмотрено использование оксида обедненного урана.

В результате расчетов стало ясно, что оксид урана-238 справляется с функцией радиационной защиты лучше, чем оксид висмута при энергии гамма-излучения изотопа кобальт-60. При добавлении оксида урана-238 решается сразу две задачи: повышение массового коэффициента ослабления, следовательно, улучшение радиационно-защитных свойств глиняных кирпичей и утилизация обедненного урана. На рис. 2 представлены диаграмма изменения массового коэффициента ослабления диоксидом урана гамма-излучения, испускаемого атомом Co-60.

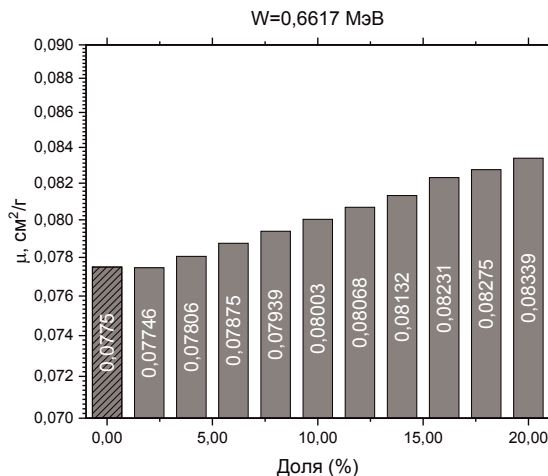


Рис. 1. Изменение массового коэффициента ослабления  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  для энергии Cs-137

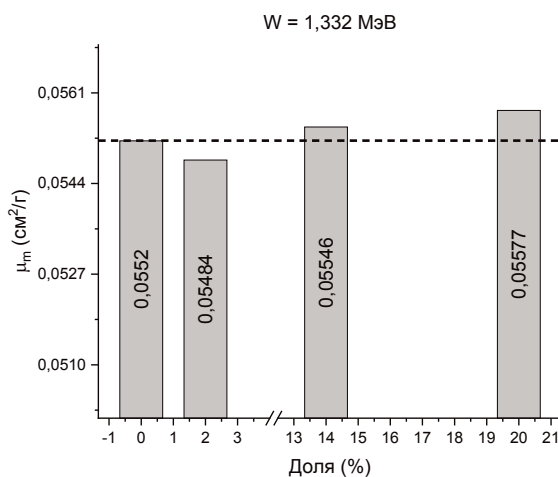


Рис. 2. Изменение массового коэффициента ослабления  $\text{UO}_2$  для энергии Co-60

В исследовании проведена работа по оценке радиационно-защитных свойств глиняных кирпичей с различными наполнителями. В качестве наполнителей были использованы оксид висмута (III) и диоксид урана. Полученные данные говорят о том, что оксид висмута (III) эффективно справляется с ослаблением гамма-излучения, исходящего от цезия-137. Для гамма-излучения кобальта-60 примеси в виде оксида висмута (III) недостаточно для ослабления ИИ. Диоксид урана при любой концентрации эффективно справляется с ослаблением гамма-излучения от цезия-137, а с гамма-излучением от кобальта-60

начинает эффективно справляться при концентрации 14%. В дальнейшем, результаты исследования можно использовать для создания экранированной защиты.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Country statistics. URL: <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=RU> (date of access: 03.12.2021).

2. Михайлова А. Ф., Ташлыков О. Л. Пути реализации принципа оптимизации в радиологической защите персонала // Ядерная физика и инжиниринг. 2018. Т. 9, № 4. С. 393–401.

3. Машкович В. П., Кудрявцева А. В. Защита от ионизирующих излучений: справочник. М. : Энергоатомиздат, 1995. 496 с.

4. Экспериментально-теоретическое исследование органометаллических радиационно-защитных материалов, адаптированных к источникам излучения со сложным изотопным составом / И. М. Русских, Е. Н. Селезнев, О. Л. Ташлыков, С. Е. Щеклеин // Ядерная физика и инжиниринг. 2014. Т. 5, № 5. С. 449–455.

5. A new heavy-mineral doped clay brick for gamma-ray protection purposes / K. A. Mahmoud, O. L. Tashlykov, M. H. A. Mhareb [et al.] // Applied Radiation and Isotopes. 2021. Vol. 173, 109720. DOI: 10.1016/j.apradiso.2021.109720.

### References

1. Country statistics. URL: <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=RU> (date of access: 03.12.2021).

2. Mikhailova A. F., Tashlykov O. L. Ways to implement the optimization principle in radiological protection of personnel // Nuclear Physics and Engineering. 2018. Vol. 9, No. 4. P. 393–401.

3. Mashkovich V. P., Kudryavtseva A. V. Protection from ionizing radiation: reference book. M. : Energoatomizdat, 1995. 496 p.

4. Experimental and theoretical study of organometallic radiation-protective materials adapted to radiation sources with a complex isotopic composition / I. M. Russian, E. N. Seleznev, O. L. Tashlykov, S. E. Shcheklein // Nuclear Physics and engineering. 2014. Vol. 5, No. 5. P. 449–455.

5. A new heavy-mineral doped clay brick for gamma-ray protection purposes / K. A. Mahmoud, O. L. Tashlykov, M. H. A. Mare [et al.] // Applied Radiation and Isotopes. 2021. Vol. 173, 109720. DOI: 10.1016/j.apradiso.2021.109720.

## Информация об авторах

**Данил Александрович Кораблев** — студент Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), [korabliev\\_ekb@bk.ru](mailto:korabliev_ekb@bk.ru)

**Илья Алексеевич Бессонов** — студент Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), [ilja.bessonov2014@yandex.ru](mailto:ilja.bessonov2014@yandex.ru)

**Анна Александровна Бреусова** — студентка Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), [annabreusova4196@gmail.com](mailto:annabreusova4196@gmail.com)

**Олег Леонидович Ташлыков** — кандидат технических наук, доцент кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), [otashlykov@list.ru](mailto:otashlykov@list.ru)

## Information about the authors

**Danil A. Korabiev** — Student of Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), [korabliev\\_ekb@bk.ru](mailto:korabliev_ekb@bk.ru)

**Ilya A. Bessonov** — Student of Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), [ilja.bessonov2014@yandex.ru](mailto:ilja.bessonov2014@yandex.ru)

**Anna A. Breusova** — Student of Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), [annabreusova4196@gmail.com](mailto:annabreusova4196@gmail.com)

**Oleg L. Tashlykov** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Nuclear Plants and Renewable Energy Sources of the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), [otashlykov@list.ru](mailto:otashlykov@list.ru)