Статья поступила в редакцию 11.09.20. Ред. Рег. №11-05 The article has entered in publishing office 11.09.20 Ed. Reg. No. 11-05

УДК 621.039

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕСТНЫХ МИНЕРАЛОВ И КОМПОЗИЦИЙ НА ИХ ОСНОВЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ РАДИАЦИОННЫХ ЗАЩИТ ХРАНИЛИЩ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ АЭС

О. Л. Ташлыков[1], К.А. Махмуд [1,2]

[1]ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»,
ул. Мира, 19, г. Екатеринбург, Россия,
620002, тел./факс +7(343)375-95-08,e-mail: otashlykov@list.ru
[2]Управление ядерных материалов, Эль Маади, Каир, Египет

doi: 10.15518/isjaee.2020.10.006

Заключение совета рецензентов: 23.09.20 Заключение совета экспертов: 23.09.20 Принято к публикации:29.09.20

Подчеркнута безусловность обеспечения безопасности персонала и населения при использовании атомной энергии. Обоснована важность создания эффективной защиты от ионизирующих излучений. Актуализирована значимость принципа оптимизации, как одного из основных принципов радиационной безопасности, при проектировании состава биологической защиты. Приведены требования к материалам, используемым для сооружения защиты. Обоснована актуальность исследований свойств местных минералов для оценки возможности их использования в составе биологической защиты объектов использования атомной энергии (ОИАЭ), сооружаемых в разных странах. Приведены основные направления исследований по оптимизации радиационной защиты, проводимых специалистами кафедры «Атомные станции и ВИЭ» УрФУ. Одним из таких направлений являются расчетно-экспериментальные исследования и оптимизация состава радиационно-защитных материалов, адаптированных к конкретному изотопному составу радиоактивных загрязнений систем ОИАЭ. В качестве примера в статье представлены результаты расчетно-экспериментальных исследований свойств базальтов месторождений Республики Египет с целью оценки возможности использования их в составе строительных материалов при сооружении защиты от ионизирующих излучений.

Описано происхождение исследуемых образцов базальта. Представлены характеристики базальта (форма залежей базальта, расположение пластов и их размеры) в различных месторождениях Египта. Описано оборудование и технология проведения химического анализа образцов базальта. Приведены результаты анализа химического состава и спектрометрического анализа удельных активностей естественных радиоактивных примесей (тория, калия-40, радия) в образцах базальта. Описано оборудование и технология экспериментальных исследований радиационно-защитных свойств образцов базальта. Приведено обоснование выбора радиоактивных изотопов для проведения экспериментальных исследований образцов базальта. Представлены результаты определения массовых коэффициентов ослабления для образцов базальта и свинца (в качестве эталонного материала) с помощью сцинтилляционного детектора NaI(Tl). Представлены результаты экспериментальных исследований линейных и массовых коэффициентов ослабления γ-излучения изотопов ^{137}Cs и ^{60}Co ^{152}Eu образцами базальта. Приведено сравнение экспериментальных данных с расчетными, полученными с использованием программы XCOM.

Ключевые слова: радиоактивные источники, безопасность; ионизирующее излучение; доза облучения; нормы безопасности; оптимизация радиационной защиты, источник гамма-излучения, базальт, кратность ослабления.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

CALCULATION AND EXPERIMENTAL STUDY OF LOCAL MINERALS AND COMPOSITIONS ON ITS BASIS FOR CREATION OF RADIATION PROTECTIONS FOR THE NPP RADIOACTIVE WASTES STORAGES

O.L. Tashlykov[1], K.A. Mahmoud[1,2]

[1]Federal State Autonomus Educational Institution of Higher Education
"Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin",
19 Mira ave., Yekaterinburg, 620002, Russia, Tel.: (343) 375-95-08, e-mail: otashlykov@list.ru
[2]Nuclear Materials Authority, El Maadi, Cairo, Egypt

doi: 10.15518/isjaee.2020.10.006

Referred: 23.09.20 Received in revised form: 23.09.20 Accepted: 29.09.20

It is emphasized the absolute need of ensuring the safety of personnel and the public when using nuclear energy. The importance of creation of effective protection against ionizing radiation is substantiated. It is shown the significance of the optimization principle being one of the basic principles of radiation safety, in designing the composition of biological protection. The requirements for the materials used for the construction of protection are given. It is substantiated the relevance of studies of the local minerals properties in order to estimate the possibility of their use as part of the biological protection of nuclear facilities (NIAE) constructed in different countries. Given are the main directions of research of the radiation protection optimization which are carried out by specialists of the "Nuclear Power Plants and RES" department of UrFU. One of these directions is the computational and experimental study and optimization of the composition of radiation protective materials which are adapted to the specific isotopic composition of radioactive contaminants in the NIAE systems. As an example, the article presents the results of computational and experimental studies of the properties of basalts from the deposits of the Republic of Egypt in order to estimate the possibility of their use in building materials for construction of protection against ionizing radiation.

The origin of the studied basalt samples is described. The characteristics of basalt (the form of basalt bed, arrangement of stratums, their dimensions) of different deposits of Egypt are presented. The equipment and the technique of chemical analysis of the basalt samples are described. The results of the analysis of chemical composition and spectrometric analysis of the specific activities of natural radioactive impurities (thorium, potassium-40, radium) in basalt samples are presented. The equipment and the technique of experimental study of the basalt samples radiation protective characteristics are described. The substantiation is given for the choice of radioactive isotopes for the experimental investigation of the basalt samples. The results of mass attenuation coefficients determination for the samples of basalt and lead (as a reference material) with the help of scintillating detector NaI(Tl) are given. The results of experimental studies of linear and mass attenuation coefficients of γ-radiation of Cs-137, Co-60 and Eu-152 isotopes by basalt samples are presented. The experimental data are compared with the calculated ones obtained with XCOM program.

Keywords: radioactive sources, safety of; ionizing radiation; irradiation dose; safety standards; optimization of radiation protection, gamma radiation source, basalt, degree of weakening.

Ташлыков Олег Леонидович
Tashlykov Oleg Leonidovish

Сведения об авторе: канд. тех. наук, доцент, Уральский федеральный университет.

Образование: Томский политехнический институт, 1978.

Область научных интересов: ядерная энергетика и технологии, радиационная безопасность, оптимизация ремонтных работ на АЭС.

Публикации: 2 монографии, 5 учебников, 10 учебных пособий, 353 научных публикаций.

РИНЦ – 353; цитирований – 1080; индекс Хирша -18.

Scopus – 50; цитирований - 269: индекс Хирша – 9.

Web of Science – 30; цитирований – 162;

Information about the author: Associate Professor of "Nuclear Power Plants and Renewables" Department. Cand. Sci (Engineering), Ural Federal University.

Education: Tomsk Polytechnic Institution, 1978.

Research area: nuclear energy and technologies, personnel radiation safety, optimization of repair works at NPP.

Publications: 2 monographs, 5 textbooks, 10 tutorials, 353 scientific works.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

индекс Хирша -7.
Scopus: 36992762900.
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-6397-015X.

Махмуд Карем Абделазим Габер
Karem Abd El Azim Gaber Mahmoud

Сведения об авторе: аспирант, Уральский федеральный университет. Исследователь в управлении по ядерным материалам (Каир, Египет).
Образование: Эль-файюмский университет, Египет (2009), Магистратура факультета Естественных наук Хелуанского университета, Египет (2014).
Область научных интересов: радиационная безопасность, оптимизация радиационной защиты.
Публикации: 62.
Scopus – 54; цитирований – 560; индекс Хирша – 17.
Web of Science – 30; цитирований – 350; индекс Хирша - 14
Scopus: 57208922330.
WoS: AAD-8551-2020
Orcid: http://orcid.org/000-0001-5795-4727.

Information about the author: Ural Federal University, graduate student**.** Assistant Researcher of physics Nuclear Materials Authority, El Maadi, Cairo, Egypt.
Education: Fayoum University, Fayoum, Egypt, Helwan University, Cairo, Egypt Pre – Master in "Radiation physics".
Research area: personnel radiation safety, optimization of radiation protection.
Publications: 62.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Введение

В настоящее время радионуклиды и ионизирующее излучение используются во многих областях деятельности человека, среди которых в первую очередь следует выделить атомную энергетику. Широкое использование источников ионизирующего излучения неразрывно связано с проблемами радиационной безопасности и задачами проектирования и создания биологических защит. При этом обеспечение приемлемого уровня безопасности, установленного действующими нормами и правилами, следует рассматривать как обязательное условие осуществления любого вида деятельности по использованию атомной энергии. Защита от излучений реактора, основного технологического контура и других источников излучений на АЭС должна обеспечить снижение плотности потока нейтронов и гамма-излучение до значений, обеспечивающих в помещениях АЭС мощность дозы, регламентированную Санитарными правилами проектирования и эксплуатации АЭС [1].

Независимо от того, в каком виде используется тот или иной материал в качестве защиты, к нему предъявляется ряд требований, позволяющих осуществить и длительное время эксплуатировать защиту (конструкционная прочность материала, радиационная и термическая стойкость материала, химическая инертность материала, высокая теплопроводность, малый коэффициент линейного расширения, невысокая стоимость и доступность и т.д.). Многие из этих требований противоречивы, и в природе нет материалов, одновременно удовлетворяющих всем требованиям, хотя можно найти материалы или их комбинации, которые в значительной степени удовлетворяют этим требованиям (оптимизация состава). В настоящее время найдено, разработано и исследовано достаточное количество защитных материалов, так что они не ограничивают конструктора или проектировщика АЭС в выборе того или иного конструктивного или компоновочного решения. [2]

Стоимость защиты современных ядерно-технических установок может достигать 20-30% общей стоимости сооружения [3]. В связи с этим особую актуальность приобретает реализация одного из основных принципов радиационной безопасности – принципа оптимизации – применительно к составу биологической защиты. На дополнительное усиление значимости этого принципа указано в Публикации 103 (2007) [4] Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ), а также отечественных нормативных документах Госкорпорации «Росатом» (2017) и АО «Концерн Росэнергоатом» (2019) по оптимизации радиационной защиты персонала атомной отрасли.

Первым и основным требованием к материалам, предназначаемым для защиты от источников излучения на АЭС, является требование иметь высокие защитные свойства как по отношению к нейтронам, так и к гамма-излучению в зависимости от вида экранируемого оборудования и систем. Источником нейтронного излучения на АЭС является работающий реактор. Для большинства же радиоактивных систем и оборудования, в частности для хранилища радиоактивных отходов, определяющим фактором будет защита от гамма-излучения.

С середины 1990-х годов специалистами кафедры «Атомные станции и ВИЭ» УрФУ, ИММ УрО РАН, АО «Институт реакторных материалов» ведутся работы по различным направлениям оптимизации радиационной защиты персонала [5], [6]. Одним из таких направлений являются расчетно-экспериментальные исследования и оптимизация состава радиационно-защитных материалов, адапти-

рованных к конкретному изотопному составу радиоактивных загрязнений систем объектов использования атомной энергии (ОИАЭ) [7], [8], [9].

Портфель зарубежных заказов Росатома на ближайшие 10 лет по итогам 2019 г. включает 36 блоков АЭС на разных стадиях реализации, в том числе четыре блока АЭС «Эль Дабаа» в Египте. В связи с масштабными работами по сооружению АЭС российского дизайна за рубежом возрастает значимость использования местных природных минералов, возникает ряд задач по оптимизации затрат по строительной части АЭС, и в первую очередь, по использованию местных строительных материалов. В связи с этим актуализировались задачи исследований радиационно-защитных свойств местных минералов для оценки возможности их использования для сооружения биологической защиты радиационно-опасных объектов.

С 2018 года на кафедре «Атомные станции и ВИЭ» УрФУ начались исследования радиационно-защитных свойств «местных» минералов и их комбинаций для оценки потенциальной возможности их использования в составе строительных материалов радиационных защит, бетонов и т.д. [10], [11], [12], [13]. В представленной статье в качестве примера представлены результаты расчетно-экспериментальных исследований базальтов Египта.

Список обозначений	
Буквы латинского алфавита	
I_o	интенсивность гамма-излучения от «голого» источника (без экранирующего материала)
I	интенсивность гамма-излучения источника, закрытого исследуемым образцом (экранирующим материалом)
x	толщина исследуемого образца
Ge	германий
^{137}Cs	Изотоп цезий-137
^{60}Co	Изотоп кобальт-60
^{152}Eu	Изотоп европий-152
NaI(Tl)	Сцинтиллятор – йодистый натрий, активированный таллием
Буквы греческого алфавита	
μ	Линейный коэффициент ослабления
μ_m	Массовый коэффициент ослабления
$\Delta_{0,5}$	Слой половинного значения
ρ	Плотность исследуемого материала

1. Материалы и методы исследования

1.1. Предмет исследования

Экранирование является широко распространенным способом защиты персонала и населения от источников ионизирующего излучения. Выбор защитного материала зависит от вида и энергии ионизирующего излучения. Снижение интенсивности гамма-излучения в защитном материале при прохождении через него зависит от его вида и толщины. Коэффициент ослабления является важным параметром, характеризующим прохождение и взаимодействие гамма-излучения с веществом [14]. Основным показателем защитных свойств материала по отношению к гамма-излучению служат линейный и массовый коэффициенты ослабления плотности потока (мощности дозы) гамма-излучения. Чем выше плотность материала, тем более высокими защитными свойствами обладает материал [3].

Для защиты от гамма-излучения, являющегося наиболее распространенным видом излучения, используют материалы с большими атомными массами. Из них наиболее эффективны свинец, вольфрам, висмут, которые имеют значительную стоимость. При проектировании радиационной защиты необходимо учитывать принцип оптимизации для условий планируемого облучения, являющийся одним из основных принципов радиационной безопасности [15]. В настоящее время в мире ведутся работы по теоретическому и экспериментальному исследованию радиационно-защитных свойств композитных материалов с целью оптимизации их состава. При этом значительный интерес представляют исследования в области оптимизации состава радиационно-защитных материалов при проектировании зданий и помещений, где планируется размещение источников ионизирующего излучения. В связи с этим актуальны исследования возможности использования «местных» строительных материалов при изготовлении бетонов и т.д.

Целью представленной работы являются расчетно-экспериментальные исследования радиационно-защитных свойств базальтов республики Египет для оценки их потенциального использования в составе строительных материалов при сооружении радиационно-опасных объектов. Базальт представляет собой наиболее распространенную вулканическую породу (более 90% всех вулканических пород), имеет низкий уровень естественной радиоактивности и низкую теплопроводность. Хорошие теплоизоляционные свойства базальтов дают основание рассматривать возможность их использования для создания комбинированной радиационной и тепловой защиты оборудования, трубопроводов зданий и помещений с радиационно-опасными установками [16], [17].

В данной работе представлены результаты работ по исследованию минералов базальтовых скал района Абу-Сейнам юго-западного Синая Республики Египет (рис. 1). Четыре образца базальта взяты из

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

месторождений Вади Будра и Вади Нухул [18]. Месторождение Вади Будра, отделяющее нижележащую формацию Абу-Тора от вышележащей Квизеб, представляет собой пласты базальта толщиной от 5 до 20 м. В месторождении Вади Нухул базальт находится в виде включений-даек в известняк, содержащий сланцевые прослойки. Эти дайки находится в 8 км от Абу-Сейнам, на западном побережье Синая. Они почти вертикальные и равномерные по ширине (≈10 м). В зоне контакта с базальтом известняк обожжен и имеет черную окраску. На востоке эти дайки простираются в виде тонких пластов в осадочных породах.

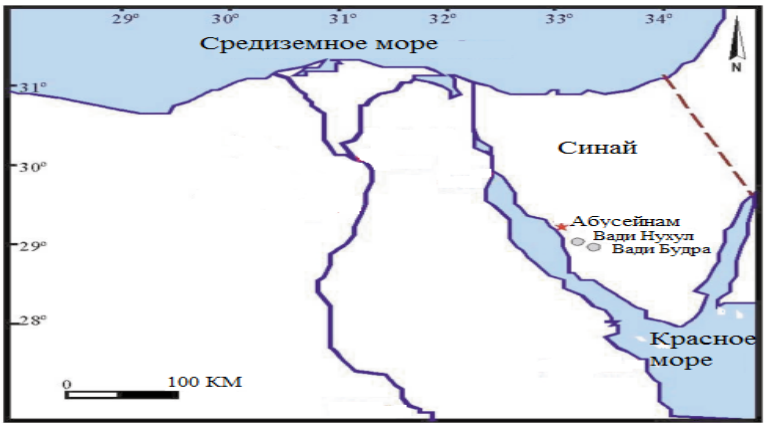


Рис.1. Месторождения базальта.

Fig. 1. The location in Egypt for the studied basalt.

Расчетно-экспериментальные исследования коэффициентов линейного и массового ослабления гамма-излучения образцами базальта из различных месторождений Египта приводились при энергиях гамма-излучения (662, 1173 и 1332 кэВ). Образцы были взяты из различных видов египетских базальтовых пород (Dyke, Sill и Bomb (исследовались два типа образцов M1 и M2, имеющих разный химический состав) [19].

1.2. Химический и спектрометрический анализ

Для проведения химического анализа с использованием реагентов высокой чистоты образцы были подготовлены по специальной технологии. Каждую пробу в количестве 0,5 г вымеряли с помощью электронных весов с чувствительностью 0,1 мг, затем помещали в тефлоновую емкость с 10 мл плавиковой кислоты, добавляли несколько капель серной кислоты, помещали на горячую пластину с температурой 250 ^{0}C и выдерживали до полного испарения плавиковой кислоты, затем добавляли 10 мл соляной кислоты.

Концентрации основных химических элементов и следы отдельных элементов, в том числе урана и тория, в исследованных образцах были измерены с помощью оптического эмиссионного спектрометра с индуктивно связанной плазмой (Prism ICP, Teledyne technologies). Подготовленная проба образца с помощью перистальтического (шлангового) насоса подавалась с расходом 1,4 мл/мин к концентрическому распылителю (небулайзеру) с давлением несущего газа аргона 2,344×10^5 Па (34 psi - фунтов на кв. дюйм).

Для проведения спектрометрических исследований образцы базальта дробили, перемешивали и просеивали через сито с отверстиями 200 мкм. Пробы помещали в пластиковые контейнеры на 28 суток. Затем были проведены измерения удельных активностей естественных радиоактивных примесей с использованием HPGe spectrometry – с детекторами из сверхчистого германия.

1.3. Определение радиационно-защитных свойств образцов базальта

Для исследования радиационно-защитных свойств собранные образцы базальта были разрезаны на пластины различной толщины (рис.2).

Экспериментальные исследования образцов базальта проводились с использованием точечных источников гамма-излучения ^{137}Cs и ^{60}Co ^{152}Eu. Выбор этих радиоактивных изотопов определялся тем, что энергии, испускаемого ими гамма-излучения характеры для распространенных составов радиоактивных отложений на оборудовании и трубопроводах АЭС [14]. Для фокусировки гамма-излучения от источников, расположенных вертикально на расстоянии около 5 см от кристалла детектора, использовался цилиндрический свинцовый коллиматор. Сцинтилляционный детектор NaI(Tl), включающий сцинтиллятор и фотоэлектронный умножитель, был подключен к многоканальной карте анализатора (MCA), установленной на компьютере. Детектор экранировался от внешнего фонового излучения свинцом толщиной 10 см. Изнутри была установлена облицовка из медной фольги толщиной 2 мм [19].

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Рис. 2. Исследуемые образцы базальта.
Fig. 2. Preparation of the basalt samples.

Линейный коэффициент ослабления μ (см$^{-1}$) для исследуемых образцов определялся по формуле:

$$\mu = \frac{1}{x}\ln\frac{I_0}{I}; \qquad (1)$$

где x – толщина исследуемого образца (экранирующего материала), I_0 – интенсивность, гамма-излучения от «голого» источника (без экранирующего материала), I – интенсивность гамма-излучения источника, закрытого исследуемым образцом (экранирующим материалом). Слой половинного значения $\Delta_{0,5}$ (HVL) – это толщина образца, которая необходима, чтобы ослабить интенсивность гамма-излучения (дозу излучения) вдвое. Вычисляется из отношения:

$$\Delta_{0,5} = HVL = \frac{\ln 2}{\mu}; \qquad (2)$$

Общий массовый коэффициент ослабления μ_m (см^2/г) является мерой вероятности взаимодействия гамма-излучения с веществом и определяется из уравнения [3]:

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho}; \qquad (3)$$

где ρ – плотность исследуемого материала (г/см^3).

2. Результаты и их обсуждение

Химическая концентрация различных элементов в составах образцов базальтов приведена в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав образцов базальта, %

Table 1

The basalt samples chemical composition

Химический элемент	*Образец*			
	Dyke	*Sill*	*M1*	*M2*
H	0,127	0,2685	0,3014	0,3689
C	12,112	0,2046	0,3540	0,4090
O	47,794	29,654	46,072	30,882
Na	1,0139	1,6197	2,8066	2,8608
Mg	1,9178	3,9336	3,8367	3,8738
Al	0,0477	5,5554	5,4123	5,5138
Si	19,311	42,716	23,784	38,614
P	0,1969	0,2277	0,2369	0,2267
K	0,0723	1,1511	1,0982	1,0541
Ca	12,961	6,6239	6,9542	7,0858
Ti	0,4351	0,6490	0,9658	0,9683
Mn	0,0161	0,1533	0,1545	0,1547
Fe	3,7591	7,1320	7,7387	7,8828
Ni	0,0058	0,0208	0,0059	0,0048
Sr	0,1111	0,0475	0,0502	0,0463
Zr	0,0029	0,0131	0,0222	0,0168
Ba	0,1138	0,0290	0,0390	0,0367

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Как показали спектрометрические исследования образцов базальта (рис. 3), удельная радиоактивность тория и ^{40}K для всех образцов базальта, радия для образцов M1, M2, Sill ниже их среднемировой удельной активности (OECD) [20]. Удельная радиоактивность радона в образце Dyke превышает среднемировую.

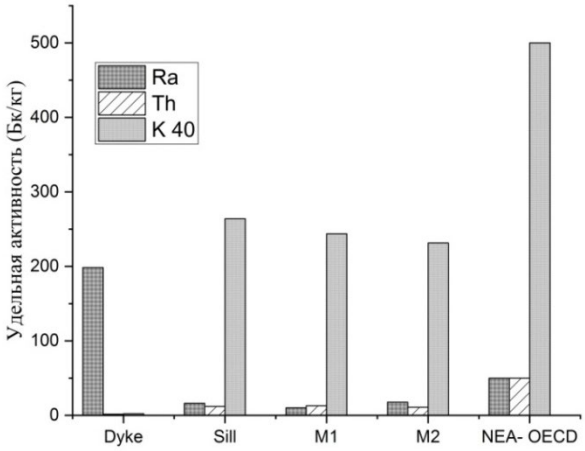


Рис. 3. Удельная радиоактивность тория, калия-40, радия в исследуемых образцах.

Fig. 3. The measured radioactivity for thorium, radon and potassium-40 in the studied basalts.

Массовые коэффициенты ослабления для образцов базальта и свинца (в качестве эталонного материала) измерялись с помощью сцинтилляционного детектора NaI(Tl). Сравнение массовых коэффициентов ослабления показало, что лучшими по ослаблению гамма-излучения являются образцы Bomb (M2 и M1) с коэффициентом ослабления около четверти эквивалента свинца для точечного источника ^{137}Cs и около трети для ^{60}Co. Наименьший коэффициент ослабления гамма-излучения был получен для образца Dyke и составил примерно одну шестую эквивалента свинца для излучения ^{137}Cs и четверть для излучения ^{60}Co.

Сравнение расчетных значений, полученных при использовании программы XCOM, с экспериментальными измерениями массового коэффициента ослабления при различных энергиях показывает хорошее совпадение результатов с расчетными. Различие составляет от 0,33% до 9,64%.

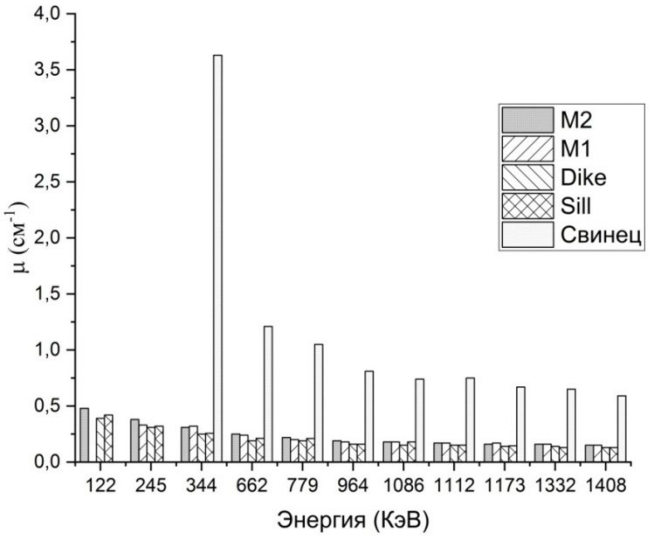


Рис. 4. Зависимость коэффициента линейного ослабления образцов базальта и свинца от энергии гамма-излучения.

Fig. 4. The linear attenuation coefficient dependence on the gamma ray energy for the basalt samples.

Зависимости слоя половинного ослабления $\Delta_{0,5}$ образцов базальта и свинца от энергии гамма-излучения представлены на рис.5. Толщина исследуемых образцов, эквивалентная по поглощающим свойствам 1 см свинца, была определена расчетным путем и составила для энергии гамма-излучения 662 кэВ от 5,6 до 7,7 см; для энергии 1173 кэВ – от 4,2 до 6,9 см; для энергии 1332 кэВ - от 4 до 7,8 см (рис. 6).

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

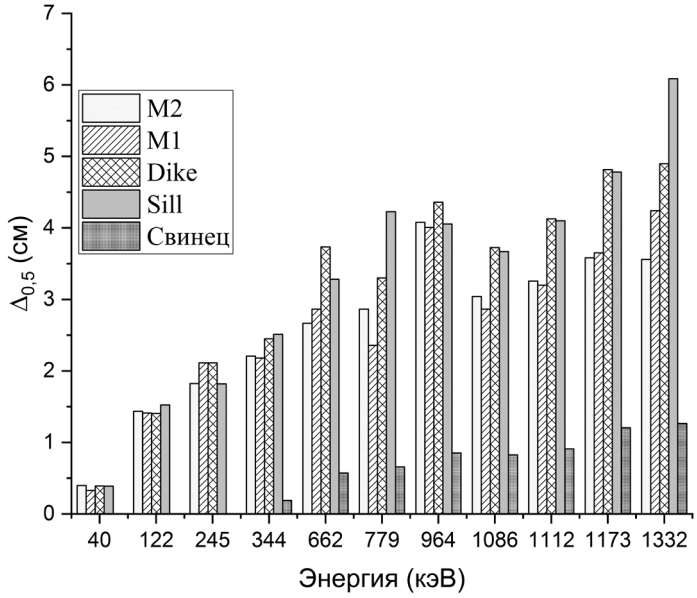


Рис. 5. Зависимость слоя половинного ослабления $\Delta_{0,5}$ для образцов базальта и свинца от энергии гамма-излучения.

Fig. 5. The half value layer dependence on the gamma ray energy for basalt samples and lead.

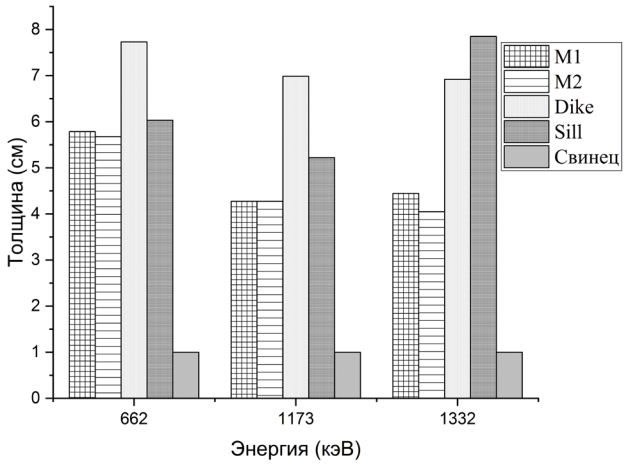


Рис. 6. Толщина исследуемых образцов, эквивалентная 1 см свинца.

Fig. 6. The thickness of basalt samples that equivalent to 1 cm of lead.

Заключение

Для оценки потенциальной возможности использования базальтовых пород Египта, показавших удовлетворительные радиационно-защитные свойства в процессе проведенных исследований, в составе строительных материалов для биологической зашиты хранилищ радиоактивных отходов, необходимо провести дополнительные исследования их свойств, предъявляемых к защитным материалам. Окончательный выбор минералов для биологической защиты потребует оптимизационных расчетов, например, по методике ALARA (As Low As Reasonably Achievable – настолько низко насколько разумно достижимо) [21].

Список литературы

1. СанПин 2.6.1.24-03. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03). – М.: – 2003.

2. Егоров Ю. А. Основы радиационной безопасности атомных электростанций / Ю. А. Егоров. – М.: Энергоиздат, 1982. – 272 с.

3. Машкович В.П. Защита от ионизирующих излучений / В.П. Машкович, А.В. Кудрявцева. - М.: Энергоатомиздат. – 1995. – 450 с.

4. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103 // Annals of the ICRP. – 2007. – V. 37. – № 2-4.

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

6. Балушкин Ф.А. Использование метода динамического программирования для оптимизации демонтажа оборудования энергоблоков АЭС, выводимых из эксплуатации, с целью минимизации облучения / Ф.А. Балушкин [и др.] // Известия вузов. Ядерная энергетика, 2009, № 4, с. 169–176.

7. Ташлыков О.Л. Экспериментальное исследование защит от гамма-излучения органо-

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

металлических композиций / О.Л. Ташлыков [и др.] // Глобальная ядерная безопасность. – 2015. – № 2 (15). – С. 49-55.

8. Russkikh I. M. Experimental and Theoretical Study of Organometallic Radiation-Protective Materials Adapted to Radiation Sources with a Complex Isotopic Composition / I. M. Russkikh, E.N. Seleznev, O. L. Tashlykov // Physics of Atomic Nuclei. – 2015. – Vol. 78, – No. 12. – Pp. 1451-1456.

9. Tashlykov O. L. Composition Optimization of Homogeneous Radiation-Protective Materials for Planned Irradiation Conditions / Tashlykov O. L. [et al.] // Atomic Energy. – 2017. – Vol. 121. – No. 4. – Pp. 303-307.

10. Mahmoud K.A. Gamma ray shielding characteristics and exposure buildup factor for some natural rocks using MCNP-5 code / K.A. Mahmoud, M.I. Sayyed, O.L. Tashlykov // Nuclear Engineering and Technology. 51 (2019) – Pp. 1835-1841.

11. Mahmoud K.A. Comparative studies between the shielding parameters of concretes with different additive aggregates using MCNP-5 simulation code / K.A. Mahmoud, M.I. Sayyed, O.L. Tashlykov // Radiation Physics and Chemistry – 2019. – Vol. 165. Номер статьи 108426.

12. Mahmoud K.A. Aggregates grain size and press rate dependence of the shielding parameters for some concretes / K.A. Mahmoud [et al.] // Progress in Nuclear Energy. – 2020. – Vol. 118. January, Номер статьи 103092.

13. Mahmoud K.A. Investigation of the gamma ray shielding properties for polyvinyl chloride reinforced with chalcocite and hematite minerals / K.A. Mahmoud [et al.] // Heliyon. 2020. 6(3),e03560.

14. Ташлыков О.Л. Дозовые затраты персонала в атомной энергетике. Анализ. Пути снижения. Оптимизация: монография / Ташлыков О.Л. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. RG. 2011. 232 с.

15. Новиков Г.А. Обеспечение безопасности в области использования атомной энергии: учебник / Г.А. Новиков, О.Л. Ташлыков, С.Е. Щеклеин; под общ. ред. Г.А. Новикова. – Екатеринбург : Изд-во Урал. Ун-та, 2017. – 552 с.

16. Popov S. A. The quick-release combined radiation shield and heat insulation development for NPP's equipment and systems / S. A. Popov, O. L.Tashlykov // AIP Conference Proceedings 2015, 020075 (2018).

17. Блочная быстросъемная защита трубопроводов АЭС / патент на изобретение №2686428. Патентообладатель ФГАОУ ВПО «УрФУ». Авторы: Ташлыков О.Л., Попов С.А. Заявка №2017144965.

18. Perrin M. Cenozoic and Mesozoic basalts from Egypt: a preliminary survey with a view to paleointensity / M. Perrin, A. Saleh, L. Alva-Valdivia // Earth Planets Space. 2009. 61. Pp. 51–60.

19. Mahmoud K.A. Investigation of radiation shielding properties for some building materials reinforced by basalt powder / K.A. Mahmoud [et al.] . December 2019. AIP Conference Proceedings 2174(1): 020036.

20. Nuclear Energy Agency (NEA) - OECD: Exposure to radiation from natural radioactivity in building materials OECD. Paris. 1979.

21. Практическая реализация методологии ALARA на АЭС. Методическое пособие. – М.: «Росэнергоатом», 1999. 186 с.

References

1. SaNPin 2.6.1.24-03. Sanitarnye pravila proektirovaniya i ehkspluatatsii atomnykh stantsii (SP AS-03). – M.: – 2003.

2. Egorov YU. A. Osnovy radiatsionnoi bezopasnosti atomnykh ehlektrostantsii / YU. A. Egorov. – M.: Ehnergoizdat, 1982. – 272 s.

3. Mashkovich V.P. Zashchita ot ioniziruyushchikh izluchenii / V.P. Mashkovich, A.V. Kudryavtseva. - M.: Ehnergoatomizdat. – 1995. – 450 s.

4. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103 // Annals of the ICRP. – 2007.– V. 37. – № 2-4.

5. Mikhailova A. F. Puti realizatsii printsipa optimizatsii v radiologicheskoi zashchite personala / A. F. Mikhailova, O. L. Tashlykov // Yadernaya fizika i inzhiniring. – 2018. – Tom 9. – № 4. – S. 393-401.

6. Balushkin F.A. Ispol'zovanie metoda dinamicheskogo programmirovaniya dlya optimizatsii demontazha oborudovaniya ehnergoblokov AEHS, vyvo-dimykh iz ehkspluatatsii, s tsel'yu minimizatsii oblu-cheniya / F.A. Balushkin [i dr.] // Izvestiya vuzov. Yadernaya ehnergetika, 2009, № 4, s. 169–176.

7. Tashlykov O.L. Ehksperimental'noe issledovanie zashchit ot gamma-izlucheniya organometallicheskikh kompozitsii / O.L. Tashlykov [i dr.] // Global'naya yadernaya bezopasnost'. – 2015. – № 2 (15). – S. 49-55.

8. Russkikh I. M. Experimental and Theoretical Study of Organometallic Radiation-Protective Materials Adapted to Radiation Sources with a Complex Isotopic Composition / I. M. Russkikh, E.N. Seleznev, O. L. Tashlykov // Physics of Atomic Nuclei. – 2015. – Vol. 78, – No. 12. – Rp. 1451-1456.

9. Tashlykov O. L. Composition Optimization of Homogeneous Radiation-Protective Materials for Planned Irradiation Conditions / Tashlykov O. L. [et al.] // Atomic Energy. – 2017. – Vol. 121. – No. 4. – Rr. 303-307.

10. Mahmoud K.A. Gamma ray shielding characteristics and exposure buildup factor for some natural rocks using MCNP-5 code / K.A. Mahmoud, M.I. Sayyed, O.L. Tashlykov // Nuclear Engineering and Technology. 51 (2019) – Rr. 1835-1841.

11. Mahmoud K.A. Comparative studies between the shielding parameters of concretes with different additive aggregates using MCNP-5 simulation code / K.A. Mahmoud, M.I. Sayyed, O.L. Tashlykov // Radiation Physics and Chemistry – 2019. – Vol. 165. Nomer stat'i 108426.

12. Mahmoud K.A. Aggregates grain size and press rate dependence of the shielding parameters for some concretes / K.A. Mahmoud [et al.] // Progress in Nuclear

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Energy. – 2020. – Vol. 118. January, Nomer stat'i 103092.

13. Mahmoud K.A. Investigation of the gamma ray shielding properties for polyvinyl chloride reinforced with chalcocite and hematite minerals / K.A. Mahmoud [et al.] // Heliyon. 2020. 6(3),e03560.

14. Tashlykov O.L. Dozovye zatraty personala v atomnoi ehnergetike. Analiz. Puti snizheniya. Optimizatsiya: monografiya / Tashlykov O.L. Saarbrüsken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. RG. 2011. 232 c.

15. Novikov G.A. Obespechenie bezopasnosti v oblasti ispol'zovaniya atomnoi ehnergii: uchebnik / G.A. Novikov, O.L. Tashlykov, S.E. Shcheklein; pod obshch. red. G.A. Novikova. – Ekaterinburg : Izd-vo Ural. Un-ta, 2017. – 552 s.

16. Popov S. A. The quick-release combined radiation shield and heat insulation development for NPP's equipment and systems / S. A. Popov, O. L.Tashlykov // AIP Conference Proceedings 2015, 020075 (2018).

17. Blochnaya bystros"emnaya zashchita truboprovodov AEHS / patent na izobretenie №2686428. Patentoobladatel' FGAOU VPO «URFU». Avtory: Tashlykov O.L., Popov S.A. Zayavka №2017144965.

18. Perrin M. Cenozoic and Mesozoic basalts from Egypt: a preliminary survey with a view to paleointensity / M. Perrin, A. Saleh, L. Alva-Valdivia // Earth Planets Space. 2009. 61. Rr. 51–60.

19. Mahmoud K.A. Investigation of radiation shielding properties for some building materials reinforced by basalt powder / K.A. Mahmoud [et al.] . December 2019. AIP Conference Proceedings 2174(1): 020036.

20. Nuclear Energy Agency (NEA) - OECD: Exposure to radiation from natural radioactivity in building materials OECD. Raris. 1979.

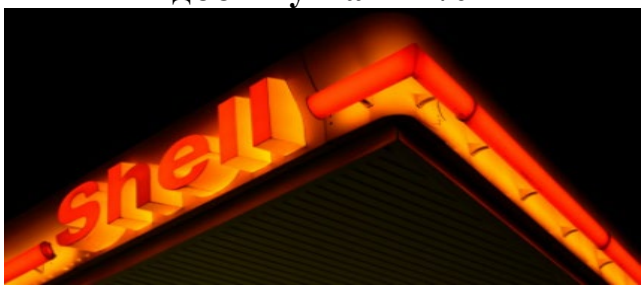
21. Prakticheskaya realizatsiya metodologii ALARA na AEHS. Metodicheskoe posobie. – M.: «RosehnergoatoM», 1999. 186 s.

Транслитерация по BSI

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Shell ежегодно будет снижать добычу на 1-2%



Англо-Голландская Shell представила новую стратегию развития до 2050 года. В ней закреплен постепенный переход компании от нефтегазовой к газово-энергетической.

В краткосрочной перспективе стратегия Shell изменит баланс своего портфеля, инвестируя ежегодно 5-6 млрд долларов в компонент роста (около 3 млрд долл. на маркетинг; 2-3 млрд долл- на ВИЭ и энергетические решения), 8-9 млрд долларов — в компонент перехода (около 4 млрд долларов в добычу газа; 4-5 млрд долларов — на химический сектор) и около 8 млрд долларов — в сектор добычи.

Согласно стратегии, Shell достигла пика добычи нефти еще в 2019г, с этого момента ее производство будет ежегодно снижаться на 1-2%. Снижение добычи будет как за счет выхода из неликвидных активов, так и за счет естественного сокращения добычи, отмечается в сообщении англо-голландской компании.

Корпорация собирается развивать производство СПГ за счет инвестиций в конкурентоспособные активы, чтобы к середине десятилетия ввести более 7 млн т новых мощностей.

В будущем Shell будет активно увеличивать уровень продаж электроэнергии. К 2030 год объем продаж должен вырасти в два раза – до 560 Твт.ч в год. Одновременно, компания будет развивать производство водорода, чтобы к 2030г достичь двузначной доли в мировых продажах.

Shell сохраняет план выйти на нулевой уровень выбросов CO2 к 2050 году. Она намерена уже к 2023 году снизить выбросы на 6-8%, к 2030 году — на 20%, к 2035 году — на 45% и к 2050 году на 100%. При этом Shell подчеркивает, что максимальный уровень выбросов углекислого газа был достигнут еще в 2018 году в объеме 1,7 гигатонны в год.

Компания будет стремиться получить к 2035 году доступ к дополнительным мощностям по хранению и улавливанию углерода на 25 млн т (CCS) в год. В настоящее время три ключевых проекта CCS, частью которых является Shell, имеют мощность 4,5 млн т — Quest в Канаде (в работе), Northern Lights в Норвегия (одобрен) и Портос в Нидерландах (запланирован).

Shell планирует достичь скорректированной чистой прибыли в $6 млрд к 2025 году против $4,5 млрд в 2020 году.

globalenergyprize.org