



ISSN 1993-3495 online

СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО
СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО
MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION

2019, ТОМ 15, НОМЕР 2, 81–89

УДК 539.1 : 504.064.4 : 628.518

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ЛУГАНЩИНЫ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е. И. Верех-Белоусова

ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко»

89А, ул. Льва Толстого, 91007, г. Луганск, ЛНР.

E-mail: kate3152@yandex.ru

Получена 19 апреля 2019; принята 24 мая 2019.

Аннотация. В работе выполнена оценка по радиационным показателям перспектив использования отвальных пород угольных шахт Луганщины для производства строительных материалов. По результатам гамма-спектрометрического анализа определена удельная эффективная активность естественных радионуклидов в породных отвалах пяти угольных предприятий Луганщины. Описана методика определения в лабораторных условиях коэффициента эманирования радона породами и материалами, позволяющая достаточно точно оценить скорость поступления радона в помещение. Показано, что отвальная порода по радиационным характеристикам может без ограничений использоваться в жилищном строительстве. Применение промышленных минеральных отходов – это один из путей повышения эффективности производства строительных материалов и улучшения качества окружающей среды.

Ключевые слова: террикон, отвальная порода, уран, радионуклиды, радон, удельная эффективная активность ограджающие конструкции, строительные материалы.

ОЦІНКА РАДІАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ ЛУГАНЩИНИ ДЛЯ ОБҐРУНТУВАННЯ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ЯК БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

К. Й. Верех-Белоусова

ДОУ ВПО ЛНР «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»

89А, вул. Льва Товстого, 91007, м. Луганськ, ЛНР.

E-mail: kate3152@yandex.ru

Отримана 19 квітня 2019; прийнята 24 травень 2019.

Анотація. У роботі виконана оцінка за радіаційними показниками перспектив використання відвальних порід вугільних шахт Луганщини для виробництва будівельних матеріалів. За результатами гамма-спектрометричного аналізу визначена питома ефективна активність природних радіонуклідів у породних відвалах п'яти вугільних підприємств Луганщини. Описана методика визначення в лабораторних умовах коефіцієнта еманювання радону породами і матеріалами, що дозволяє досить точно оцінити швидкість потрапляння радону в приміщення. Показано, що відвальна порода за радіаційними характеристиками може без обмежень використовуватися у будівництві. Застосування промислових мінеральних відходів – це один із шляхів підвищення ефективності виробництва будівельних матеріалів і поліпшення якості довкілля.

Ключові слова: відвальна порода, уран, радіонукліди, радон, питома ефективна активність, будівельні матеріали.

EVALUATION THE RADIATION FACTORS OF MINE DUMP OF LUHANSK REGION USING IN THE BUILDING MATERIALS PRODUCTION

Ekaterina Verekh-Belousova

Luhansk Taras Shevchenko National University

89A, Lev Tolstoy Street, 91007, Lugansk, LPR.

E-mail: kate3152@yandex.ru

Received 19 April 2019; accepted 24 May 2019.

Abstract. Evaluation the prospects of Luhansk region's coal mines dumps using in the building materials production by the radiation factors was performed in the paper. The work has carried out an assessment of the prospects for the use of dump rocks in the construction industry from radiation indicators. The specific effective activity of natural radionuclides in the five coal mines waste dumps of Luhansk region was determined by the gamma-spectrometric analysis. Was shown the waste rock can be used without restrictions in residential construction with such radiation characteristics. The laboratory method of de-termination the radon emanation coefficient in the rocks and materials was described. It allows estimating accurately the radon entry rate into the premises from walling materials at the design stage of a construction. Application of industrial mineral wastes – it one of ways of increase of efficiency of production of building materials and improvement of quality of environment.

Keywords: waste rock, uranium, radionuclides, radon, building materials, specific effective activity.

Введение

Вопросы переработки отвальной породы угольных шахт Луганщины уже несколько десятилетий интересуют многих ученых, так как одной из основных экологических проблем угольной промышленности является проблема накопления и утилизации твердых крупнотоннажных отходов.

Поднятая на поверхность порода отсыпается в породные отвалы и терриконы, которых только в Луганщине насчитывается около 556, из которых приблизительно 90 горят и ежегодно выбрасывают в атмосферу более 500 тыс. т вредных газовых и пылевых веществ. Отвалы и терриконы занимают площадь 49 тыс. га, а объем складированной породы составляет приблизительно 69 млн. м³ [6, 15].

Экологическая опасность породных отвалов и терриконов заключается в их горении, развитии на их поверхности эрозионных процессов, что приводит к миграции тяжелых металлов на прилегающие территории и к другим негативным явлениям. Продукты ветровой эрозии негативно влияют на окружающую среду на расстоянии до 100 км от отвала. Породы отвалов

содержат большое количество серы и около 20 % угля, благодаря чему они самовозгораются и горят по 7–12 лет. Деформации сдвигов периодически вскрывают полости очагов горения, места скопления перегоревшей породы, тонкодисперсной пыли и ядовитых газов (серный ангидрид, сероводород, оксиды углерода, азота и др.). Согласно исследованиям, максимальный уровень загрязнения был зарегистрирован в радиусе 100...500 м [11, 12, 15]. Установлено, что выбросы газов с удельной поверхности такого породного отвала достигают 180 м³/час. В процессе горения горная порода разрушается, при этом образуются тонкодисперсные фракции, которые легко подвергаются ветровой эрозии [4, 12, 15].

Учитывая все вышесказанное, считаем необходимым обосновать важность и возможность переработки породных отвалов угольных шахт на примере породных отвалов угольных шахт Луганщины.

По мнению ученых, из отраслей-потребителей промышленных отходов, являющихся побочными продуктами различных производств, наиболее емкой является производство строительных материалов. Учитывая, что затраты на

материальные ресурсы в сметной стоимости производства большинства строительных материалов составляют более 55 %, можно утверждать, что применение промышленных минеральных отходов – это один из путей повышения эффективности производства строительных материалов и улучшения качества окружающей среды [1]. Современные исследования обосновывают необходимость расширения сырьевой базы строительных керамических материалов за счет использования кремнеземсодержащих пород и минеральных промышленных отходов (углеотходов, золы и др.), при использовании которых необходима разработка новых уникальных проектных решений и способов подготовки сырья и формования строительных изделий, базирующихся на потребностях общества и возможностях современных инновационных технологий, которые в условиях эксплуатации будут отвечать требованиям экологической безопасности и действующей нормативно-правовой базы [20, 3].

Целью работы выступило исследование возможности использования отвальной породы угольных шахт Донбасса как сырья для производства строительных материалов, с учетом оценки радиационных показателей.

Изложение основного материала и результатов исследований

Современные исследователи в большинстве случаев предлагают отходы добычи и обогащения угля использовать для производства строительных материалов [2, 13, 14, 19, 20]. Однако не каждый природный материал может быть использован в строительном производстве.

Складируемая отвальная порода угольных шахт является единым сложным механизмом химического и биохимического превращения веществ и основную роль в таких превращениях играет серная кислота, образованная в результате окисления серы в сульфидсодержащих породах, в результате чего в окружающую среду выделяется большое количество опасных химических веществ и в т. ч. радионуклидов. Угли Донбасса и вмещающие угольные породы содержат уран. Наиболее богаты им породы, содержащие серу в виде пирита.

Огромное значение в геохимии урана имеет сорбционный барьер. В роли сорбента для него прежде всего выступает органическое вещество. Другим типом геохимического барьера для урана является восстановительный. Обязательным условием для восстановления урана должна стать предварительная сорбция уранил-иона на поверхности твердой фазы, в частности на органическом веществе. Ярким примером такого процесса является его накопление в угле и углистой породе в ассоциации с пиритом. При изучении многими учеными состава естественных радионуклидов выявлены U, Th, ^{40}K и ^{226}Ra . В частности выявлено, что кларковая γ -активность на 70...90 % обусловлена активностью урана и тория и на 10...30 % ^{40}K . Однако общее содержание естественных радионуклидов в угле и углистой породе меньше, чем в других природных источниках [16].

Наличие указанных радионуклидов в отвальной породе угольных шахт объясняется тем, что при выветривании сульфидсодержащих пород (пирита), которое сопровождается повышением температуры, серная кислота, образующаяся при окислении пирита, переводит первичные урановые минералы в подвижную форму (растворы). Например, по данным проведенных нами исследований экспозиционная доза гамма-излучений отвальной породы терриконов Стахановского района колеблется от 15 до 24 мкР/ч.

Таким образом, с учетом радиационных показателей отвальную породу можно безопасно перерабатывать. И по нашему мнению, один из наиболее доступных путей решения экологической проблемы складирования отвальной породы и ее негативного воздействия на окружающую среду является ее использование в строительстве.

Дело в том, что современный человек проводит в зданиях не менее 7 000 часов в год, где и получает около 80 % годовой индивидуальной дозы облучения [8]. Поэтому сырье для производства строительных материалов должно соответствовать критериям радиационной безопасности.

Радиационный фон помещений формируется содержащимися в материалах ограждающих конструкций здания естественными радионуклидами (ЕРН) и радоном, поступающим из грунтового

основания здания и выделяющимся из ограждающих конструкций. В помещениях нижнего этажа почвенный радон обеспечивает до 90 % дозы облучения, тогда как на остальных этажах уровень облучения человека практически полностью определяется радиационными характеристиками строительных материалов [6, 8, 21]. Величина облучения человека в зданиях является регулируемой и может быть существенно снижена за счет использования строительных материалов с низким содержанием ЕРН и рационального проектирования заглубленной части здания.

Гамма-излучение материалов ограждающих конструкций практически неизменно во времени и равномерно по объему помещения, его интенсивность определяется средней по массе удельной эффективной активностью ЕРН в стройматериалах $A_{эфф}$:

$$A_{эфф} = A_{Ra} + 1,3 A_{Th} + 0,09 A_K, \quad (1)$$

где A_{Ra} , A_{Th} и A_K – удельные активности радия-226, тория-232 и калия-40, соответственно, Бк/кг. По величине удельной активности строительные материалы и сырье для их производства разделены на 4 класса [9]:

- I класс ($A_{эфф} < 370$ Бк/кг) – материалы, используемые в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях;
- II класс ($A_{эфф} < 740$ Бк/кг) – материалы, используемые в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных сооружений;
- III класс ($A_{эфф} < 1\,500$ Бк/кг) – материалы, используемые в дорожном строительстве вне населенных пунктов;
- IV класс ($1\,500 < A_{эфф} < 4\,000$ Бк/кг) – вопрос об использовании материалов решается в каждом случае отдельно по согласованию с федеральным органом Госсанэпиднадзора. При $A_{эфф} > 4\,000$ Бк/кг материалы не должны использоваться в строительстве.

С целью оценки возможности использования отвалов угольных предприятий в качестве сырья для производства строительных материалов был произведен отбор проб отвальной породы 5 угольных предприятий Донбасса: шахты «Черкасская» (г. Зимогорье), шахты «Машинская» (г. Лутугино), шахты «Луганская» (г. Луганск),

шахты «Максимовская» (г. Стаханов) и шахты им. Ильича (г. Стаханов).

Согласно методике апробирования породных отвалов, изучается только внешний слой отвала. Террикон (отвал) разбивается на зоны, из которых отбирается первичная проба, составляемая из порционных проб. В зависимости от площади поверхности зоны число порционных проб изменяется от 3 до 5. Разбивка терриконов на зоны осуществляется от его вершины к основанию. Расстояние между зонами по вертикали составляет 4 м для конического террикона и 1 м – для плоского отвала. Нижняя зона глыбового (более 1 000 мм) и крупновалунного (500...1 000 мм) материала опробованию не подлежит [14].

Из отвалов шахты Черкасская, находящихся в г. Зимогорье, были отобраны две пробы: перегоревшая порода, находящаяся в отвале более 30 лет и углистый аргиллит, который в ряде стран используется в производстве строительных материалов.

Измерение удельной эффективной активности отобранных образцов выполнялось в лаборатории радиационной безопасности в строительстве НИИ Строительной физики РААСН на стационарной гамма-спектрометрической установке СГС-200М с заявленной погрешностью не более 30 %. Из образцов каждого отвала (террикона) формировалось три пробы, которые помещались в герметичные цилиндрические емкости объемом 0,15 дм³, перед измерением каждая проба взвешивалась с точностью до 0,1 г. Обработка спектров производилась программным комплексом «Прогресс» с использованием алгоритмов, утвержденных Госстандартом. Результаты измерений, усредненные по трем пробам, представлены в таблице 1.

Исследования показали, что все отвальные породы могут без ограничения использоваться при производстве материалов для жилищного строительства, поскольку величина их удельной эффективной активности не превышает 370 Бк/кг. Годовая эффективная эквивалентная доза внешнего облучения определяется по формуле [6]:

$$H_{внеш} = 4,74 \cdot A_{эфф}. \quad (2)$$

При изготовлении ограждающих конструкций из материалов, представленных в таблице 1, она находилась бы в интервале:

Таблица 1. Результаты гамма-спектрометрического анализа образцов отвальной породы угольных предприятий

№ п/п	Место отбора пробы	A_{Ra-226} , Бк/кг	A_{Th-232} , Бк/кг	A_{K-40} , Бк/кг	A_{Cs-137} , Бк/кг	$A_{эфф}$, Бк/кг
1	Перегоревший отвал шахты «Черкасская» (г. Зимогорье)	44,4	46,7	528,8	0,7	152,7
2	Аргиллит из отвала шахты «Черкасская» (г. Зимогорье)	56,1	68,3	813	0,5	218,1
3	Отвал шахты «Мащенская» (г. Луганск)	9,3	3,3	13,5	0,9	14,8
4	Отвал шахты «Луганская» (г. Луганск)	51,2	22,7	41,6	3,0	84,5
5	Перегоревший отвал шахты «Максимовская» (г. Стаханов)	29,7	29,2	306,7	0,9	95,3
6	Отвал шахты им. Ильича (г. Стаханов)	44,8	43,9	395,1	1,5	137,4

$H_{внеш} = 4,74 \cdot (14,8 \dots 218,1) = (70,2 \dots 1034) \text{ мкЗв/год} = (70,2 \dots 1034) \text{ мкЗв/год} = (0,07 \dots 1,03) \text{ мЗв/год}$, что является приемлемым уровнем облучения.

Показателем внутреннего облучения человека является величина среднегодовой эквивалентной равновесной объемной активности дочерних продуктов распада (ДПР) радона ЭРОА_{ср} в воздухе помещения. В РФ ее предельное допустимое значение для строящихся и реконструируемых зданий составляет 100 Бк/м³. И хотя установлено, что менее 15 % радона поступает в воздух помещений из материалов ограждающих конструкций, на наш взгляд необходим контроль параметров, определяющих интенсивность данного поступления. Известны случаи, когда использование пород с высокой удельной активностью радия в качестве заполнителя при производстве бетона приводило к аномально высоким уровням радона в помещениях [17, 18, 21].

Скорость поступления радона из материалов ограждающих конструкций в воздух помещения принято определять по формуле:

$$q_{опр} = A_{Ra} \cdot \rho \cdot k_{эм} \cdot \sqrt{\frac{\lambda D_e}{\varepsilon}} \tanh\left(\frac{h}{2} \cdot \sqrt{\frac{\lambda \varepsilon}{D_e}}\right), \quad (3)$$

где ρ – плотность материала, кг/м³;

D_e – коэффициент диффузии радона в материале, м²/с;

$k_{эм}$ – коэффициент эманирования радона материалом;

h – толщина слоя материала, м;

ε – пористость материала,

λ – постоянная распада радона, с⁻¹.

Согласно формуле (3), количество радона, выделяющегося из ограждающих конструкций, определяется не только содержанием в них радия. Не весь радон, образовавшийся при распаде ²²⁶Ra, способен перейти в воздух помещения. Коэффициент эманирования $k_{эм}$ показывает, какая часть образовавшегося радона способна покинуть массив ограждающей конструкции. Данная величина достаточно вариабельна и зависит от целого ряда физических свойств породы, поэтому определить ее можно только экспериментально.

Коэффициент эманирования радона в данной работе также определялся методом гамма-спектрометрии. После измерений, результаты которых представлены в таблице 1, пробы герметизировались в измерительных емкостях на 40 суток (время, достаточное для наступления радиоактивного равновесия в пробе, соответствующее десяти периодам полураспада ²²²Rn). При этом производились измерения дополнительной активности, возникающей за счет наступления радиоактивного равновесия между радоном и его ДПР при герметизации пробы (рисунок).

Прекращение роста удельной активности радия соответствовало наступлению радиоактивного равновесия. После этого коэффициент эманирования радона определялся по формуле:

$$k_{эм} = \frac{A_{Ra,2} - A_{Ra,1}}{A_{Ra,2}}, \quad (4)$$

где $A_{Ra,2}$ – удельная активность радия, измеренная для загерметизированной пробы после



Рисунок. Определение коэффициента эманирования угольного аргиллита

установления радиоактивного равновесия в измерительной емкости, КЦЗ, Бк/кг;

$A_{Ra,1}$ – удельная активность радия, измеренная в аэрированной пробе КЦЗ, Бк/кг.

Результаты измерений коэффициента эманирования радона, выполненные в лаборатории радиационной безопасности в строительстве НИИ Строительной физики РААСН, представлены в таблице 2.

Представленные в таблице 2 значения $k_{эм}$ свидетельствуют об умеренной эманлирующей способности пород угольных шахт Луганщины, что также указывает на перспективность их использования в производстве строительных материалов.

Например, из литературных данных известно, что горелые породы, естественно получаемые обжигом в терриконах, как и другие обожженные глинистые материалы, обладают активностью как гидравлические добавки в связующих известково-пуццоланового типа, поргланцементе и автоклавных материалах. Высокая абсорбционная активность и сцепление с органическими связующими позволяют применять их в асфальтовых и полимерных композициях. Также они могут применяться при производстве жаростойких бетонов и пористых заполнителей. А некоторые горелые

породы, имеющие пониженную среднюю плотность, могут использоваться в качестве заполнителей для легких растворов и бетонов [14, 19, 20].

Минеральная составляющая негорелых пород отвалов (а также свежееотсыпанная порода) состоит из глин, сланцев, аргиллитов, алевролитов, песчаников и песков, что также позволяет их широко использовать для производства строительных материалов, а также применять их в асфальтовых композициях и под засыпку дорог и для производства любых материалов, используемых в дорожном строительстве [2, 14, 16, 19, 20].

Представленные выше исследования позволяют сделать следующие **выводы**:

1. Наиболее доступный, по нашему мнению, путь решения экологической проблемы складирования отвальной породы и ее негативного воздействия на окружающую среду является использование ее в строительстве. Например, горелые породы можно использовать как гидравлические добавки в связующих, при производстве цемента, в асфальтовых и полимерных композициях. Также они могут применяться при производстве жаростойких бетонов и пористых заполнителей. Свежееотсыпанная порода может использоваться для производства строительных материалов, а также в дорожном строительстве.
2. Проведенный гамма-спектрометрический анализ показал, что исследуемые отвальные породы с достаточно большим запасом относятся к I и II классу по удельной активности, то есть без ограничений могут использоваться в жилищном строительстве. Так, отвальная порода шахт «Машинская», «Луганская» и «Максимовская» относится к 1 классу удельной активности строительных материалов и сырья для их производства и может

Таблица 2. Результаты измерения коэффициента эманирования радона отвальными породами

№ пробы	1	2	3	4	5	6
Начальная удельная активность радия $A_{Ra,1}$, Бк/кг	42,1	56,1	9,3	51,2	29,7	44,8
Равновесная удельная активность радия $A_{Ra,1}$, Бк/кг	48,3	60,0	10,1	57,7	34,6	53,0
Коэффициент эманирования радона $k_{эм}$	0,13	0,07	0,08	0,11	0,14	0,15

безопасно использоваться для производства кирпича, керамзита и др. материалов, используемых в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях; отвальная порода шахт «Черкасская» и «им. Ильича» относится ко 2 классу и может безопасно

использоваться для производства материалов, используемых в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных сооружений.

Литература

1. Бабак, Н. А. Геоэкологический резерв промышленных минеральных отходов [Текст] / Н. А. Бабак, Л. Л. Масленикова // Безопасность жизнедеятельности. 2018. № 10(214). С. 57–64.
2. Баталин, Б. С. Строительная керамика из терриконников Кизеловского угольного бассейна [Текст] / Б. С. Баталин, Т. А. Белозерова, М. Ф. Гайдай // Стекло и керамика. 2014. № 3. С. 8–10.
3. Динамическое совершенствование зданий и сооружений при реконструкции как основополагающий процесс преобразования архитектурной среды городов в условиях развития инновационных технологий [Текст] / Х. А. Бенаи, И. Г. Балюба, Т. В. Радионов // Современное промышленное и гражданское строительство. 2017. Т. 13, № 1. С. 34–45.
4. Зборщик, М. П. Предотвращение экологически вредных проявлений в породах угольных месторождений [Текст] / М. П. Зборщик, В. В. Осокин. – Донецк : ДонГТУ, 1996. – 178 с.
5. Зборщик, М. П. Природа опасных и экологически вредных проявлений в пиритсодержащих породах [Текст] / М. П. Зборщик, В. В. Осокин // Уголь Украины. 1998. № 5. С. 26–27.
6. Крисюк, Э. М. Радиационный фон помещений [Текст] / Э. М. Крисюк. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 120 с.
7. Луганщина – край нашей любви и надежды. По материалам годового отчета состояния окружающей среды в Луганской области в 2011 году [Текст] / Под ред. А. О. Арапова. – Луганск : [б. и.], 2012. – 187 с.
8. Снижение естественной радиоактивности цементных бетонов [Текст] / Р. А. Назиров, Е. В. Пересыпкин, И. В. Тарасов, В. И. Верещагин // Известия высших учебных заведений. Строительство, 2007. № 1. С. 45–49.
9. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) [Текст]. – Взамен СП 2.6.1.758-99 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99); введ. 2009-09-01. – М. : Минюст России, 2009. – 225 с.
10. СП 2.6.1.2612-10 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010) [Текст]. – Взамен СП 2.6.1.799-

References

1. Babak, N. A. Geoecological reserve of industrial mineral wastes [Text] / N. A. Babak, L. L. Maslениkova // In: *Life Safety*. 2018. № 10(214). P. 57–64. (in Russian)
2. Batalin, B. S. Building ceramics from the sinkers of the Kizel coal basin [Text] / B. S. Batalin, T. A. Belozeroва, M. F. Gaidai // In: *Glass and Ceramics*. 2014. № 3. P. 8–10. (in Russian)
3. Dynamic improvement of buildings and structures during reconstruction as a fundamental process of transforming the architectural environment of cities in the context of the development of innovative technologies [Text] / H. A. Benai, I. G. Balyuba, T. V. Radionov // In: *Modern Industrial and Civil Construction*. 2017. Vol. 13, № 1. P. 34–45. (in Russian)
4. Zborshchik, M. P. Prevention of ecologically harmful manifestations in rocks of coal deposits [Text] / M. P. Zborshchik, V. V. Osokin. – Donetsk: DonSTU, 1996. – 178 p. (in Russian)
5. Zborshchik, M. P. Nature of dangerous and environmentally harmful manifestations in pyrite-containing rocks [Text] / M. P. Zborshchik, V. V. Osokin // In: *Coal of Ukraine*. 1998. № 5. P. 26–27. (in Russian)
6. Krisyuk, E. M. Radiation background of premises [Text] / E. M. Krisyuk. – M. : Energoatomizdat, 1989. – 120 p. (in Russian)
7. Lugansk region – the edge of our love and hope. Based on the materials of the annual report of the state of the environment in the Luhansk region in 2011 [Text] / Ed. A. O. Arapova. – Lugansk, 2012. – 187 p. (in Russian)
8. Reducing the natural radioactivity of cement concretes [Text] / R. A. Nazirov, E. V. Peresyupkin, I. V. Tarasov, V. I. Vereshchagin // In: *News of higher educational institutions. Construction*. 2007. № 1. P. 45–49. (in Russian)
9. SanPiN 2.6.1.2523-09 Standards of radiation safety (NRB-99/2009) [Text]. – Instead of JV 2.6.1.758-99 Radiation Safety Standards (NRB-99); enter 2009-09-01. – M. : Ministry of Justice of Russia, 2009. – 225 p. (in Russian)
10. SP 2.6.1.2612-10 Basic sanitary rules for ensuring radiation safety (OSPORB 99/2010) [Text]. –

- 99 ОСПОРБ 99 ; введ. 26.04.2010. – М. : Минюст России, 2010. – 98 с.
11. Панов, Б. С. Модель самовозгорания породных отвалов угольных шахт Донбасса [Текст] / Б. С. Панов, Ю. А. Проскурня // Геология угольных месторождений : Межвузовский научн. темат. сб. – Екатеринбург, 2002. С. 274–281.
 12. Исследование вредных выбросов породных отвалов и разработка их научно-технических нормативов [Текст] / П. С. Пашковский, С. П. Греков, И. Н. Зинченко, О. П. Пашковский // Вісті Донецького гірничого інституту: Всеукраїнськ. наук.-техніч. журн. гірничого профілю. 2008. № 2. С. 122–130.
 13. Уваров, Д. Р. Исследование возможностей производства глинозема из техногенных материалов [Текст] / Д. Р. Уваров, М. И. Биломеря // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : материалы международного конф. Т. 1. – Донецк : Изд-во ДонНТУ, 2005. С. 95–96.
 14. Шпирт, М. Я. Использование твердых отходов добычи и переработки углей [Текст] / М. Я. Шпирт, В. Б. Артемьев, С. А. Силютин. – М. : Изд-во «Горное дело», ООО «Киммерийский центр», 2013. – 432 с.
 15. Харламова, А. В. Негативное воздействие отвалов угольных шахт на окружающую среду и способы его нейтрализации [Текст] // Международная научная конференция молодых ученых и специалистов «Экология энергетики – 2017» (г. Москва, 23–24 ноября 2017 г.). – М. : Издательский дом МЭИ, 2017. С. 88–91.
 16. Юдович, Я. Э. Ценные элементы-примеси в углях [Текст] / Я. Э. Юдович, М. П. Кетрис. – Екатеринбург : УрОРАН, 2006. – 538 с.
 17. Bakaeva, N. V. Prediction of radon concentrations in above-ground apartments [Electronic resource] / N. V. Bakaeva, A. V. Kalaydo // *International Journal of Applied Engineering Science*. 2017. Vol. 15, art. 442. P. 280–286. Doi:10.5937/jaes15-14656.
 18. Kalaydo, A. V. Investigation the building walling influence on the radon concentration distribution in the soil [Electronic resource] / A. V. Kalaydo, N. V. Bakaeva // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 453(2018) 022027. Doi:10.1088/1757-899X/453/2/022027.
 19. Shpirt, M. Ya. Ecological problems caused by mining and processing with suggestions for remediation [Текст] / М. Я. Шпирт, А. К. М. Rainbow. – [S. c.] : Millpress, 2006. – 162 p.
 20. The investigation of the matrix structure of ceramic brick made from carbonaceous mudstone tailings [Electronic resource] / A. Stolboushkin, O. Fomina, A. Fomin // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2016. Vol. 124. Doi:10.1088/1757-899X/124/1/012143.2016.
 21. Wedjemark, G. A. Radon in dwellings in Sweden [Text] : Report SSI: 1978-13 / G. A. Wedjemark. – Stockholm : [s. l.], 1978. – 224 p.
 - Instead of SP 2.6.1.799-99 OSPORB 99; enter 2010-04-26. – М. : Ministry of Justice of Russia, 2010. – 98 p. (in Russian)
 11. Panov, B. S. A model of spontaneous combustion of waste dumps from coal mines in Donbass [Text] / B. S. Panov, Yu. A. Proskurnya // *Geology of coal deposits : interuniversity Academic. the subject. Sat – Ekaterinburg : [s. n.], 2002. – P. 274–281. (in Russian)*
 12. Research of harmful emissions of waste dumps and development of their scientific and technical standards [Text] / P. S. Pashkovsky, S. P. Grekov, I. N. Zinchenko, O. P. Pashkovsky // *The Donetsk Mining Institute's news: All-Ukrainian. scientist journ. mining profile*. 2008. № 2. P. 122–130.
 13. Uvarov, D. R. Study of the production of alumina from man-made materials [Text] / D. R. Uvarov, M. I. Bilomerya // *Environmental Protection and Rational Use of Natural Resources: international materials. conf. T. 1. – Donetsk: DonNTU Publishing House, 2005. P. 95–96.*
 14. The use of solid waste from coal mining and processing [Text] / M. Ya. Shpirt, V. B. Artemyev, S. A. Silyutin. – М. : Mining Publishing House, Cimmerian Center LLC, 2013. – 432 p.
 15. Kharlamova, A.V. The negative impact of coal mine dumps on the environment and ways to neutralize it [Text] // *International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists «Energy Ecology – 2017» (Moscow, November, 2017) . – М. : Publishing House MEI, 2017. – P. 88–91.*
 16. Yudovich, Ya. E. Valuable impurity elements in coal [Text] / Ya. E. Yudovich, M. P. Ketris. – Yekaterinburg : UrORAN, 2006. – 538 p.
 17. Bakaeva, N. V. Prediction of radon concentrations in above-ground apartments [Electronic resource] / N. V. Bakaeva, A. V. Kalaydo // In: *International Journal of Applied Engineering Science*. 2017. Vol. 15, art. 442. P. 280-286. Doi:10.5937/jaes15-14656.
 18. Kalaydo, A. V. Investigation the building walling influence on the radon concentration distribution in the soil [Electronic resource] / A. V. Kalaydo, N. V. Bakaeva // *International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern technologies / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 463(2018) 022027. Part 1. Doi:10.1088/1757-899X/463/2/022027.
 19. Shpirt, M. Ya. Ecological problems caused by mining and processing with suggestions for remediation [Text] / M. Ya. Shpirt, A. K. M. Rainbow. – [S. c.] : Millpress, 2006. – 162 p.
 20. The investigation of the matrix structure of ceramic brick made from carbonaceous mudstone tailings [Electronic resource] / A. Stolboushkin, O. Fomina, A. Fomin // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2016. Vol. 124. Doi:10.1088/1757-899X/124/1/012143.2016.
 21. Wedjemark, G. A. Radon in dwellings in Sweden [Text] : Report SSI: 1978-13 / G. A. Wedjemark. – Stockholm : [s. n.], 1978. – 224 p.

Верех-Белоусова Екатерина Иосифовна – кандидат технических наук, заведующая кафедрой безопасности жизнедеятельности, охраны труда и гражданской защиты ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко». Научные интересы: изучение физико-химических и биохимических свойств отвальной породы угольных шахт и их негативного влияния на экологическую безопасность прилегающих территорий; поиск и изучение способов и методов переработки отвальной породы угольных шахт Донбасса.

Верех-Белоусова Катерина Йосипівна – кандидат технічних наук, завідувач кафедри безпеки життєдіяльності, охорони праці та цивільного захисту ГОУ ВПО ЛНР «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка». Наукові інтереси: вивчення фізико-хімічних і біохімічних властивостей відвальної породи вугільних шахт і їх негативного впливу на екологічну безпеку прилеглих територій; пошук і вивчення способів і методів переробки відвальної породи вугільних шахт Донбасу.

Verekh-Belousova Ekaterina – Ph. D. (Eng.), the Head of the Health and Safety, Labour and Civil Protection Department, Luhansk Taras Shevchenko National University. Scientific interests: study of the physical, chemical and biochemical properties of the waste rock of coal mine and negative impact on the environmental safety of adjacent areas; the search and study considers environmentally safe methods for processing coal mine waste rock dumps.