

Научное издание

# ВЕСТНИК

Луганского национального университета  
имени Тараса Шевченко

Серия 3

Технические науки  
Физико-математические науки

№2(37)  
2019



№2(37) • 2019 ВЕСТНИК ЛУГАНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ТАРАСА ШЕВЧЕНКО

**КНИГА**

Издатель ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет  
имени Тараса Шевченко»  
«Книга»  
ул. Оборонная, 2, г. Луганск, 91011, т/ф (0642)58-03-20

Министерство образования и науки  
Луганской Народной Республики  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Луганской Народной Республики  
«Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко»

# ВЕСТНИК



Луганского  
национального  
университета  
имени Тараса Шевченко

---

Серия 3

Технические науки  
Физико-математические науки  
№ 2(37) • 2019

Сборник научных трудов

  
Луганск  
2019

УДК [62+51+53](062/552)+08:378.4(477.61)ЛНУ  
ББК 95.43(4Укр-4Луг)+3я5+22.1я5+22.3я5  
В 38

Учредитель и издатель  
ГОУ ВПО ЛНР «ЛНУ имени Тараса Шевченко»

Основан в 2015 г.

*Свидетельство о регистрации средства массовой информации  
ПИ 000089 от 13 февраля 2017 г.*

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**Главный редактор**

**Трегубенко Е.Н.** – доктор педагогических наук, профессор

**Заместитель главного редактора**

**Сорокина Г.А.** – доктор педагогических наук, профессор

**Выпускающий редактор**

**Вербовский А.В.** – Ученый секретарь

**Редактор серии**

**Своеволина Г.В.** – кандидат технических наук, доцент

**Состав редакционной коллегии серии:**

**Антипова Л.В.** – доктор технических наук, профессор

**Байгалиев Б.Е.** – доктор технических наук, профессор

**Бобырь М.В.** – доктор технических наук, профессор

**Бондаренко А.М.** – доктор технических наук, профессор

**Витренко В.А.** – доктор технических наук, профессор

**Гудько Ю.И.** – доктор технических наук, профессор

**Дейнека И.Г.** – доктор технических наук, профессор

**Дымарский Я.М.** – доктор физико-математических наук, профессор

**Заплетников И.Н.** – доктор технических наук, профессор

**Зубков В.Е.** – доктор технических наук, профессор

**Орешкин М.В.** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор

**Соколов С.А.** – доктор технических наук, доцент

**Турбин А.Ф.** – доктор физико-математических наук, профессор

**В38** **Вестник Луганского национального университета имени Тараса Шевченко** : сб. науч. тр./ гл. ред. Е.Н. Трегубенко; вып. ред. А.В. Вербовский; ред. сер. Г.В. Своеволина. – Луганск : Книта, 2019. – № 2(37): Серия 3. Техн. науки. Физ.-мат. науки. – 108 с.

Настоящий сборник содержит оригинальные материалы ученых различных отраслей наук и групп специальностей, а также результаты исследований научных учреждений и учебных заведений, обладающие научной новизной, представляющие собой результаты проводимых или завершенных изучений теоретического или научно-практического характера.

Адресуется ученым-исследователям, докторантам, аспирантам, соискателям, педагогическим работникам, студентам и всем, интересующимся проблемами технических и физико-математических наук.

*Издание включено в РИНЦ.*

*Печатается по решению Ученого совета Луганского национального университета имени Тараса Шевченко (протокол № 5 от 19.12.2019 г.)*

УДК [62+51+53](062/552)+08:378.4(477.61)ЛНУ  
ББК 95.43(4Укр-4Луг)+3я5+22.1я5+22.3я5

© Коллектив авторов, 2019  
© ГОУ ВПО ЛНР «ЛНУ имени Тараса Шевченко», 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### *Промышленное природопользование*

**Верех-Белоусова Е.И., Гузенко А.Л. Ермакова В.А.** Оценка перспектив использования шахтных отвалов в качестве сырья для строительных материалов по радиационным показателям.....5

**Изюмский В.А., Изюмский А.В.** Биодизель как альтернативное экологичное топливо для дизельных двигателей сельскохозяйственной техники.....10

#### *Информационные технологии*

**Половинка Д.В., Долгий А.И., Сверчкова Ю.И.** Программная реализация обмена файлами между студентом и преподавателем средствами web-технологий.....16

**Криворучкин В.И.** Семизис в графическом дизайне.....21

**Половинка Д.В., Сверчкова Ю.И., Долгий А.И.** Автоматизация функционирования фирмы, которая сдает в аренду торговые точки.....26

#### *Актуальные проблемы оценки качества потребительских товаров*

**Попова Я.А.** Исследование свойств продуктов разделки кроликов в процессе автолиза.....31

**Своеволина Г.В., Николаева В.А.** Квалиметрическая оценка качества сдобного печенья с добавлением муки солода овса по дифференциальным и комплексным показателям качества.....36

**Щербинина И.А.** Формирование номенклатуры показателей для оценки качества корсетных изделий.....44

#### *Машины и аппараты промышленных производств*

**Ермак В.П., Капустин Д.А. Сентяй Р.Н., Галимурза С.А.** Оценка эффективности работы промышленной гидротранспортной системы (ПГТС).....52

**Капустин Д.А. Шишлакова В.Н., Сентяй Р.Н., Галимурза С.А., Суворова Е.Ю.** Исследование влияния температуры воздушных потоков на точность позиционирования.....58

**Коваленко А.В., Карпов В.В., Баранова М.А.** Определение угла выхода картофельных клубней из заблокированного псевдооживленного слоя барабана сепаратора.....64

**Панков А.А., Стахорская А.Г.** Исследование динамики показателей эффективности работы машин на основе эволюционного подхода.....70

**Рыбаков А.В., Резцов Д.Н., Рыбаков И.А.** Кинематика и динамика движения платформы на четырех колесах Илона.....76

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

<b>Киричевский Р.В., Савельев В.М.</b> Асимптотический анализ методов Рунге-Кутты и Адамса при решении однородных дифференциальных уравнений.....	<b>86</b>
<b>Киричевский Р.В., Скринникова А.В., Свиридова С.В.</b> Роль математического моделирования и цифровых технологий в развитии железнодорожного транспорта.....	<b>93</b>
<b>СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ</b> .....	<b>99</b>
<b>ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ</b> .....	<b>102</b>

## **Технические науки** *Промышленное природопользование*

УДК 614.8.086.5

**Верех – Белоусова Екатерина Иосифовна,**  
канд. техн. наук, и.о. заведующего кафедры  
безопасности жизнедеятельности,  
охраны труда и гражданской защиты  
ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет  
имени Тараса Шевченко»  
*kate3152@yandex.ru*

**Гузенко Андрей Леонидович,**  
ассистент кафедры безопасности жизнедеятельности,  
охраны труда и гражданской защиты  
ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет  
имени Тараса Шевченко»  
*guzenko-a@mail.ru*

**Ермакова Валерия Анатольевна,**  
ассистент кафедры безопасности жизнедеятельности,  
охраны труда и гражданской защиты  
ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет  
имени Тараса Шевченко»  
*leraeva1994@gmail.com*

### **Оценка перспектив использования шахтных отвалов в качестве сырья для строительных материалов по радиационным показателям**

*В работе выполнена оценка по радиационным показателям перспектив использования отвальных пород угольных шахт Донбасса в строительном производстве. 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.*

**Ключевые слова:** *террикон, отвальная порода, уран, радионуклиды, радон, удельная эффективная активность.*

Одной из основных экологических проблем промышленности является проблема накопления и утилизации отходов, особенно актуальная для угледобывающих регионов Донбасса. Добыча угля на территории Донбасса осуществляется с полным обрушением кровли углесодержащей породы, что приводит к «взрыхлению» горной породы и увеличению ее объема [1]. Поднятая на поверхность порода отсыпается в породные отвалы и терриконы, которых только в Луганщине насчитывается около 556. Эти отвалы занимают площадь

49 000 га, а объем складированной породы составляет приблизительно 69 млн. м<sup>3</sup> [2].

Угли Донбасса и вмещающие угольные породы содержат уран. Удельная эффективная активность естественных радионуклидов  $A_{эфф}$  в сырье и материалах определяется по формуле:

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

где  $A_{Ra}$ ,  $A_{Th}$  и  $A_K$  – удельные активности радия-226, тория-232 и калия-40, соответственно, Бк/кг.

Наиболее богаты ураном породы, содержащие серу в виде пирита. При изучении состава природных радионуклидов в работе [4] выявлены <sup>40</sup>K и <sup>226</sup>Ra. Наличие указанных радионуклидов 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). По данным работы [3], экспозиционная доза гамма-излучений отвальной породы колеблется от 17 до 33 мкР/ч, плотность потока бета-частиц – от 334 до 501 1/ (с·м<sup>2</sup>), удельная активность – от 2 600 до 3 7000 Бк/кг.

На наш взгляд, одним из наиболее доступных путей решения экологической проблемы угольных отвалов является их использование в качестве сырья в строительном производстве. Целью работы являлась оценка по радиационным показателям принципиальной возможности использования отвалов угольных шахт Донбасса в жилищном строительстве.

В рамках исследования был произведен отбор проб отвальной породы пяти угольных предприятий Донбасса: шахты «Черкасская» (г. Зимогорье), шахты «Машенская» (г. Лутугино), шахты «Луганская» (г. Луганск), шахты «Максимовская» (г. Стаханов) и шахты имени Ильича (г. Стаханов).

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 широко используется в производстве строительных материалов.

Измерение удельной эффективной активности  $A_{эфф}$  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) формировались три пробы, которые помещались в герметичные цилиндрические емкости объемом 0,15 дм<sup>3</sup>. Перед измерением каждая проба взвешивалась с точностью до 0,1 г. Обработка спектров производилась программным комплексом «Прогресс» с использованием алгоритмов, утвержденных Госстандартом РФ.

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 [2, 4]:

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

поэтому при изготовлении ограждающих конструкций из исследуемых пород она будет находиться в интервале:

$$N_{\text{внеш}} = 4,74 \cdot (14,8 \dots 218,1) = (70,2 \dots 1034) \text{ мкЗв/год} = (0,07 \dots 1,03) \text{ мЗв/год},$$

что является приемлемым уровнем облучения.

Показателем внутреннего облучения человека является величина среднегодовой эквивалентной равновесной объемной активности дочерних продуктов распада (ДПР) радона ЭРОАср в воздухе помещения. В РФ ее предельное допустимое значение для строящихся и реконструируемых зданий составляет 100 Бк/м<sup>3</sup>. И хотя установлено, что менее 15% радона поступает в воздух помещений из материалов ограждающих конструкций [1-3], на наш взгляд необходим контроль параметров, определяющих интенсивность данного поступления.

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

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

где  $\rho$  – плотность материала, кг/м<sup>3</sup>;  $D_e$  – коэффициент диффузии радона в материале, м<sup>2</sup>/с;  $k_{\text{эм}}$  – коэффициент эманирования радона материалом;  $h$  – толщина слоя материала, м;  $\varepsilon$  – пористость материала,  $\lambda$  – постоянная распада радона, с<sup>-1</sup>.

Коэффициент эманирования радона в данной работе также определялся методом гамма-спектрометрии. После начальных измерений, результаты которых представлены в табл. 1, пробы герметизировались в измерительных емкостях на 40 суток, а через каждые 5 суток производилось повторное измерение удельной эффективной активности радия, увеличивавшейся за счет частичного наступления радиоактивного равновесия между радоном и его ДПР. Прекращение роста удельной активности радия соответствовало установлению радиоактивного равновесия в пробе (рис. 1).

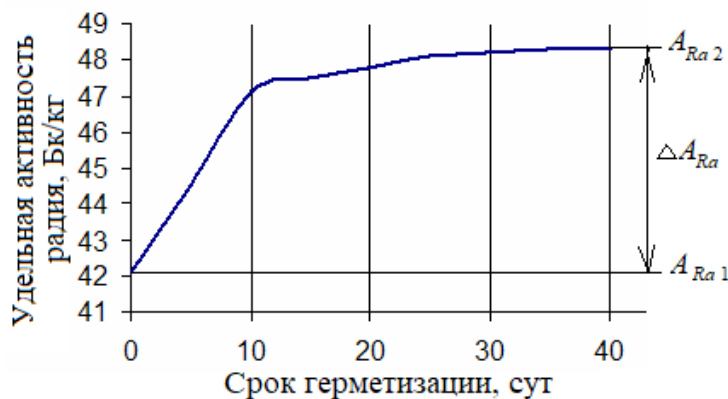


Рис. 1. Определение коэффициента эманирования угольного аргиллита

После установления равновесия коэффициент эманирования радона из отвалных материалов определялся по формуле:



$$k_{эм} = \frac{\Delta A_{Ra}}{A_{Ra2}} = \frac{A_{Ra2} - A_{Ra1}}{A_{Ra2}}, \quad (4)$$

где  $A_{Ra2}$  – удельная активность радия, измеренная для герметизированной пробы после установления радиоактивного равновесия, Бк/кг;  $A_{Ra1}$  – удельная активность радия, измеренная в аэрированной пробе, Бк/кг.

Результаты измерений равновесной активности пород и расчета коэффициента эманирования радона по формуле (1), представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Результаты расчета коэффициента эманирования радона отвальными породами**

№ пробы	1	2	3	4	5	6
Начальная удельная активность радия $A_{Ra1}$ , Бк/кг	42,1	56,1	9,3	51,2	29,7	44,8
Равновесная удельная активность радия $A_{Ra1}$ , 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

Результаты расчета  $k_{эм}$  свидетельствуют об умеренной эманирующей способности пород угольных шахт Луганщины, что также подтверждает перспективность их использования в качестве сырья при производстве строительных материалов.

Представленные выше исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Складируемая отвальная порода угольных шахт является сложной системой, в которой протекают процессы химического и биохимического превращения веществ, приводящие к миграции терригенных тяжелых металлов на прилегающие территории, развитию на поверхности отвалов эрозионных процессов, ряду других негативных явлений и процессов.

2. Проведенный гамма-спектрометрический анализ образцов пород показал, что по величине удельной эффективной активности естественных радионуклидов они относятся к I классу материалов, то есть без ограничений могут использоваться в жилищном строительстве для производства кирпича, керамзита и другой продукции.

#### Список литературы

1. Баталин Б.С. Строительная керамика из терриконигов Кизеловского угольного бассейна / Б.С. Баталин, Т.А. Белозерова, М.Ф. Гайдай // Стекло и керамика, 2014. – № 3. – С. 8-10.
2. Бурлака В.И. Шахты и экология // Топливо-энергетический комплекс, 2006. – № 7. – С. 11-13.
3. Зборщик М.П. Предотвращение экологически вредных проявлений в породах угольных месторождений / М.П. Зборщик, В.В. Осокин. – Донецк: ДонГТУ, 1996. – 178 с.
4. Зубова Л.Г. Оценка радиоактивности породных отвалов угольных шахт ПАО «Лисичанскуголь» / Л.Г. Зубова, А.Р. Зубов // Уголь Украины, 2016. – № 4-5. – С. 59-66.

# Научное издание

Коллектив авторов

## ВЕСТНИК

ЛУГАНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО  
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ТАРАСА ШЕВЧЕНКО

Сборник научных трудов  
Серия 3

Технические науки  
Физико-математические науки

Главный редактор – *Е.Н. Трезубенко*  
Выпускающий редактор – *А.В. Вербовский*  
Редактор серии – *Г.В. Своеволина*  
Корректор – *М.О. Жданова*  
Дизайн обложки – *Р.В. Дьяченко*  
Компьютерная верстка – *В.В. Швыров*

Подписано в печать 25.12.2019. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.  
Печать ризографическая. Формат 70×100 1/16. Усл. печ. л. 8,78.  
Тираж 400 экз. Заказ № 124

### *Издатель*

ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет  
имени Тараса Шевченко»

### *«Книга»*

ул. Оборонная, 2, г. Луганск, 91011. Т/ф: (0642)58-03-20  
e-mail: knitaizd@mail.ru

*Свидетельство о регистрации средства массовой информации  
ПИ 000089 от 13 февраля 2017 г.*