



DOI 10.22363/2312-8143-2017-18-2-236-244

УДК 67-08

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

А.Н. Задиранов¹, М.Ю. Малькова¹, Т.Н. Нурмагомедов², П. Дхар¹

¹ Российский университет дружбы народов

ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

² Академия гражданской защиты МЧС России

ул. Соколовская, 1, мкр. Новогорск, Химки, Московская обл., Россия, 141435

В статье представлены инновационные технологии переработки бетонного, железобетонного лома и лома цветных металлов — побочных продуктов строительной индустрии.

Одно из направлений переработки строительных отходов представляет переработка электрических кабелей в целях извлечения олова, свинца, меди и алюминия. Цветные металлы, содержащиеся в отходах этого типа, составляют значительный объем и могут быть использованы в качестве вторичного сырья для производства цветных металлов и сплавов.

В статье представлена разработанная авторами комплексная гидрометаллургическая схема переработки кабельного лома. В отличие от традиционного пирометаллургического метода переработки, схема обеспечивает значительно более полное извлечение ценных металлов и их высокую чистоту (в частности, свинец с чистотой до 99,99%).

Другим перспективным направлением переработки строительных отходов является предлагаемая авторами технология использования их в качестве расходного материала при строительстве зданий, сооружений или конструкций с применением 3D-печати.

Разработка и внедрение предложенных авторами технологий переработки строительных отходов позволит решить ряд важных задач:

- сокращение экономических затрат на утилизацию строительных отходов;
- создание новых материалов со специфическими характеристиками;
- сокращение сроков переработки строительных отходов;
- снижение вредного воздействия строительных отходов на окружающую среду.

Ключевые слова: строительные отходы, кабельный лом, свинец, медь, скрап, уксусная кислота, перекись водорода, 3D-печать

Известно [1–4], что одной из издержек развития цивилизации является образование и накопление технологических отходов, требующих либо утилизации, либо переработки с целью извлечения ценных компонентов.

Особое место в списке технологических отходов занимают строительные отходы. Источники их образования различны. К наиболее представительным относятся:

- продукты жизнедеятельности мирного времени — ремонт, реконструкция, возведение или снос зданий и сооружений;
- последствия природных катаклизмов — землетрясений, наводнений и др.;
- военные действия;
- отходы, формирующиеся при изготовлении строительных материалов.

Согласно Федеральному классификационному каталогу отходов, выделен 21 вид строительных отходов. Прежде всего, это — бой кирпича и керамический плитки, отходы бетона, железобетона, керамзитобетона, древесины, лом черных и цветных металлов, металлическая тара и др. (табл. 1).

Таблица 1

Основные источники образования строительных отходов

Материал	Источник
Древесина	Изделия из древесины, ДСП, фанеры, ламинат и др.
Отделочный	Гипс, штукатурка, стеновые панели
Металлы	Трубы, провода, арматура, листы металлические
Пластмасса	Двери, окна, трубы, половое покрытие
Кровельный	Гидроизоляция, шифер
Стеновой	Бетон, шлакобетон, керамзитобетон, гипс, камни, кирпич
Стекло	Окна, зеркала, светильники, витрины

Table 1

The main sources of construction waste

Material	Source
Wood	Products from wood, chipboard, plywood, laminate, etc.
Finishing	Gypsum, plaster, wall panels
Metals	Pipe, wire, rebar, sheet metal
Plastic	Doors, windows, pipes, flooring
Roofing	Waterproofing, slate
Wall	Concrete, cinder block, concrete, plaster, stones, bricks
Glass	Windows, mirrors, lamps, windows

Объемы строительных отходов распределяются по-разному (рис. 1), например, доля железобетона в различных зданиях и сооружениях может колебаться от 5 до 93% [3].

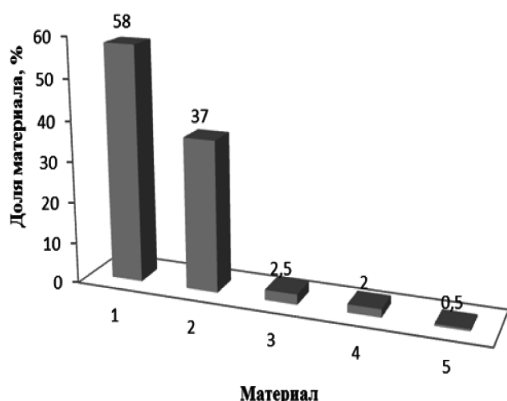
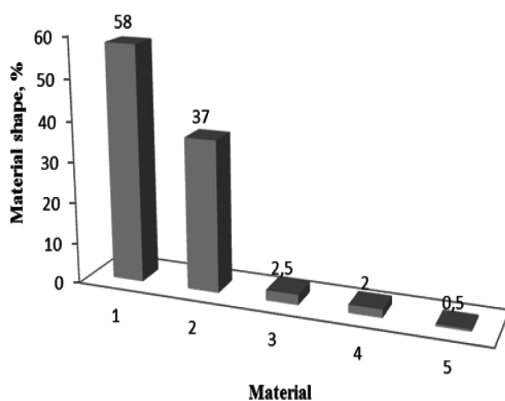


Рис. 1. Доли объемов различных строительных отходов: 1 — каменная кладка; 2 — бетон и железобетон; 3 — древесина; 4 — черные и цветные металлы; 5 — прочие отходы



[Fig. 1. The volume of various construction waste: 1 — masonry; 2 — concrete and reinforced concrete; 3 — wood; 4 — ferrous and non-ferrous metals; 5 — other waste]

Как правило, основная масса строительных отходов подлежит захоронению на специальных полигонах, лишь незначительная их часть направляется на переработку.

Захоронение отходов связано с высокими капитальными затратами (от 300 руб./м³ отходов в зависимости от региона) и экологической опасностью. Многие строительные отходы содержат вредные вещества (канцерогены), оказывая негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека (табл. 2). При этом строительные отходы (особенно отходы цветных металлов) представляют достаточно дорогой экономический продукт, характеризующийся высокой стоимостью (табл. 3).

Таблица 2

Вредные для окружающей среды компоненты строительных отходов [1]

Вещество	Источник	Негативное влияние
Полиуретан	Связующий компонент	Является канцерогеном
Парафин	Половое покрытие, кабели, краски	Является канцерогеном
Свинец	Электрические кабели, стальные листы, водопроводные трубы	Вызывает психические расстройства
Ртуть	Осветительные приборы, выключатели, термостаты и др.	Вызывает аллергию, нарушение функций нервной и репродуктивной системы
Кадмий	Стабилизатор в пластмассах и пигментах	Оказывает негативное влияние на печень, почки, кровеносную систему
Сера	Вязущие вещества, добавки к бетонам и мастикам	Вызывает заболевания органов дыхательной и нервной систем, слизистых оболочек

Table 2

Harmful to the environment components of construction waste [1]

Substance	Source	The negative impact
Polyurethane	The binder component	Is a carcinogen
Paraffin	Flooring, cables, paint	Is a carcinogen
Lead	Electric cables, steel sheets, water pipes	Causes mental disorders
Mercury	Lighting fixtures, switches, thermostats, etc.	Allergy, dysfunction of the nervous and reproductive systems
Cadmium	Stabilizer in plastics and pigments	Has a negative effect on the liver, kidney, circulatory system
Sulfur	Binders, additives for concrete and mas	Causes diseases of the respiratory and nervous system, of the mucous membranes

Таблица 3

Table 3

Мировые цены на сталь и цветные металлы в 2015 году (по данным Лондонской биржи металлов LME)

Металл	Официальная цена, долл. США/т
Алюминий	1783,50
Медь	5855,00
Никель	13600,00
Олово	17750,00
Кобальт	28000,00
Молибден	17300,00
Цинк	2024,00
Сталь	305,00

World prices for steel and nonferrous metals in 2015 (according to the London metal exchange LME)

Metal	The official price, \$ /ton
Aluminium	1783,50
Copper	5855,00
Nickel	13600,00
Tin	17750,00
Cobalt	28000,00
Molybdenum	17300,00
Zinc	2024,00
Steel	305,00

В связи с этим проблема разработки эффективной технологии сбора, переработки и вторичного использования строительных отходов весьма актуальна. Разработка и внедрение такой технологии позволяет решать ряд важных задач.

1. Совершенствование действующих методов и создание новых технологий сбора и переработки строительных отходов.
2. Создание новых материалов со специфическими характеристиками.
3. Снижение потерь металлов и сплавов.
4. Снижение вредного воздействия строительных отходов на окружающую среду.

Однако выбор технологии переработки бетонного, железобетонного лома и лома цветных металлов зависит от ряда факторов: наличия свободных площадей размещения оборудования и складирования материалов, возможностей свободного проезда к месту переработки отходов, ограничения на габаритные размеры оборудования, заселенности территории и др.

В настоящее время наиболее широко используется схема переработки строительных отходов, включающая первичную (на территории объекта) и вторичную переработку отходов. Она включает в себя [3]:

- 1) установку технологического оборудования на месте разборки (сноса) зданий и сооружений с получением заполнителя и последующей его транспортировкой на железобетонный завод или объект;
- 2) первичную классификацию, разделку и складирование черного и цветного лома на территории объекта;
- 3) транспортировку полученных полупродуктов первичной переработки сырья на профильные предприятия с получением готового изделия (электрический кабель, металлургический сплав, щебень, строительные композиции и растворы).

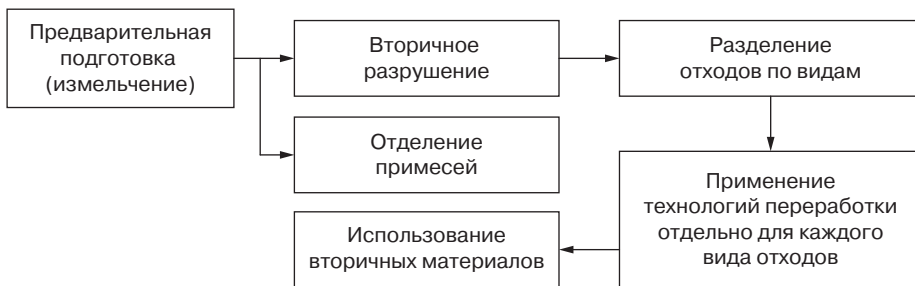
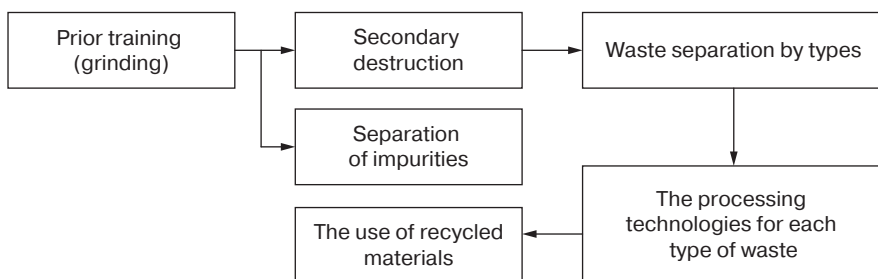
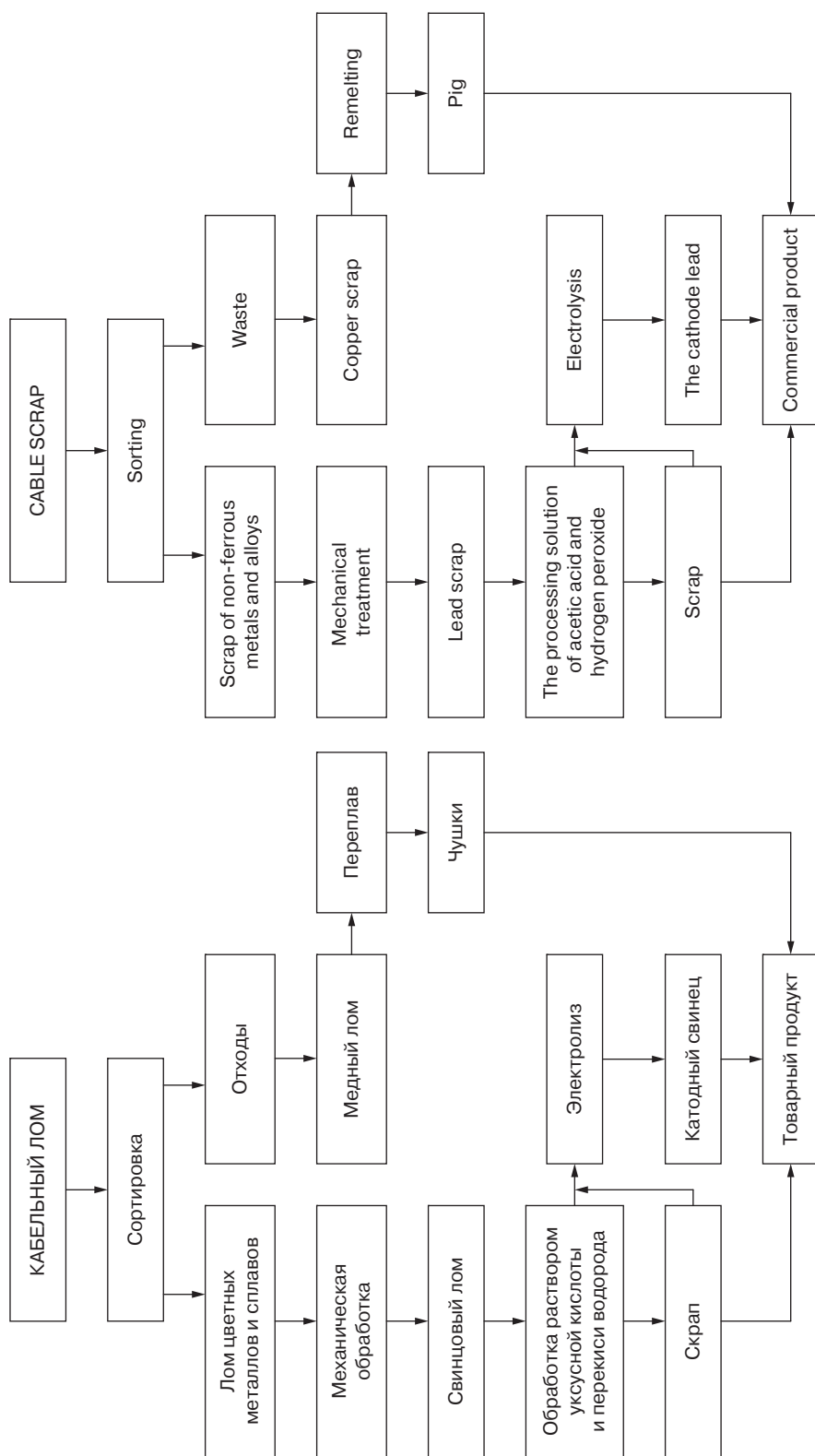


Рис. 2. Технологическая схема переработки строительных отходов



[Fig. 2. Technological scheme of processing of construction waste]



[Fig. 3. Hydrometallurgical scheme of processing of cable scrap]

Рис. 3. Гидрометаллургическая схема переработки кабельного лома

При этом технологическая схема переработки предусматривает процессы предварительной подготовки, удаления примесей, дробления, фракционирования, и др. на месте (рис. 2).

На рисунке 3 представлена разработанная авторами инновационная комплексная гидрометаллургическая схема переработки кабельного лома. Согласно предложенной схеме, сначала кабельный лом подвергают сортировке и механической обработке. Полученный в результате обработки лом отправляют либо на гидрометаллургическую переработку, либо на переплав в случае отсутствия примесей, в частности примеси свинца. Направленный на гидрометаллургическую переработку лом загружают в перфорированные титановые корзины, которые затем опускают в ванну с раствором уксусной кислоты и перекиси водорода с температурой порядка 60 °С. Находясь в ванне, лом вступает в химическое взаимодействие с данным раствором. В результате свинец, покрывающий поверхность кабельного лома, полностью переходит в раствор.

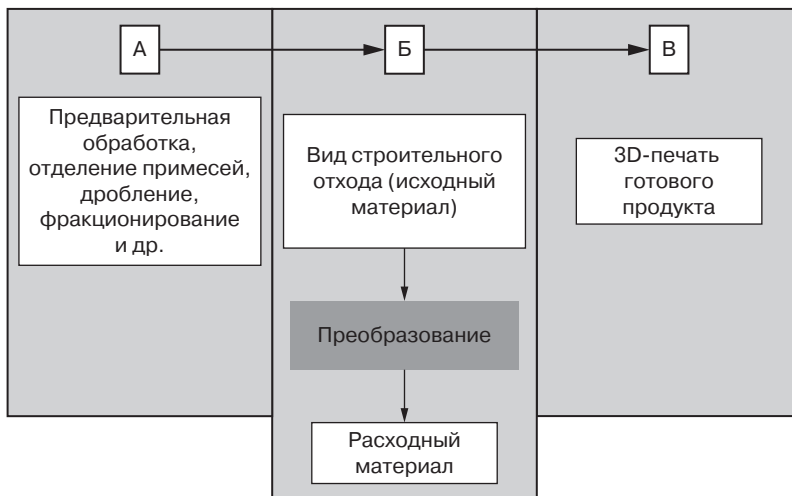
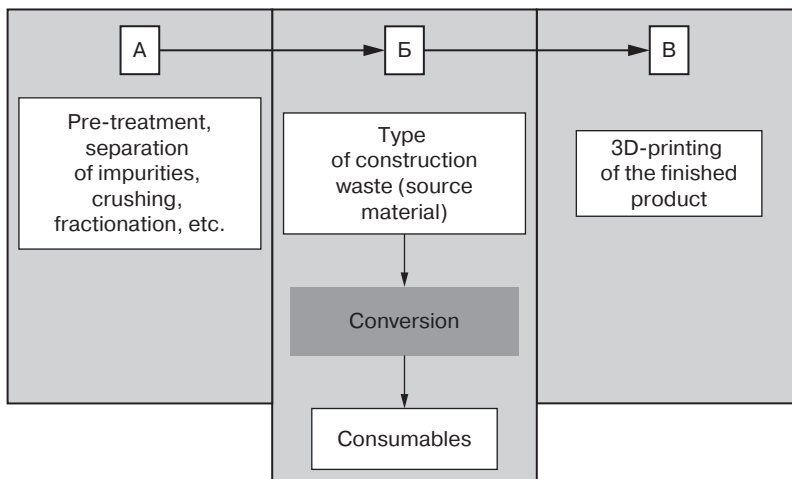


Рис. 4. Схема вторичного использования строительных отходов с применением 3D-печати



[Fig. 4. Scheme secondary use of construction waste with the use of 3D printing]

По завершении процесса гидromеталлургической обработки освобожденный от свинца медный лом извлекают из корзины, промывают, сушат. Прошедший сушку лом направляют в качестве шихты на переплав с получением чушковой меди. Его также используют в качестве растворимых анодов при электрохимическом способе получения катодной меди. Раствор с накопившимся свинцом обрабатывают электролизом в ванне с нерастворимым анодом. Свинец из раствора осаждают на катоде в виде металлического катодного осадка. Полученные в результате переработки кабельного лома материалы (катодные медь и свинец, а также чушковая медь) представляют собой готовые товарные продукты.

Другим перспективным направлением переработки строительных отходов служит использование их в качестве расходного материала при строительстве зданий, сооружений или конструкций с применением 3D-печати. Этот метод завоевывает все большую популярность в строительстве и в недалеком будущем технология трехмерной печати станет неотъемлемой частью строительного дела. Обычно при использовании 3D-печати в строительстве в качестве расходного материала применяются специальные виды бетона. Применение бетонного лома позволит существенно сократить расходы и время на создание материала для нового строительства.

Авторами предлагается следующий принцип объединения технологий 3D-печати и переработки и вторичного использования строительных отходов (рис. 4).

Выводы. Предложены новые технологии переработки строительных отходов, которые позволят извлечь экономическую выгоду из рационального использования строительных отходов и повысить экологическую безопасность технологических схем переработки вторичного сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] ГОСТ 24641—81. Оболочки кабельные свинцовые и алюминиевые (дата актуализации: 01.12.2013 г.).
- [2] *Любарская М.А.* Организация обращения со строительными отходами в городах: учеб. пособие. СПб.: СПбГИЭУ, 2011. 168 с.
- [3] *Олейник С.П.* Единая система переработки строительных материалов. М.: СвР-АРГУС, 2006. 336 с.
- [4] Большой энциклопедический словарь. URL: <http://enc-dic.com/>
- [5] Материалы сайта Лондонской биржи металлов LME. URL: <http://www.lme.com/>
- [6] *Морачевский А.Г.* Физико-химия рециклинга свинца. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. 270 с. (Химия в политехническом университете)
- [7] *Бредихин В.Н., Маняк Н.А., Кафтаненко А.Я.* Свинец вторичный: монография. Донецк: ДонТПУ. 2005. 248 с.

© Задиранов А.Н., Малькова М.Ю., Нурмагомедов Т.Н., Дхар П., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 10 марта 2017

Дата принятия к печати: 20 марта 2017

Для цитирования:

Задиранов А.Н., Малькова М.Ю., Нурмагомедов Т.Н., Дхар П. Перспективы применения современных технологий при переработке строительных отходов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Инженерные исследования». 2017. Т. 18. № 2. С. 236–244.

Сведения об авторах:

Сведения не предоставлены.

PROSPECTS OF MODERN TECHNOLOGIES APPLICATION IN THE CONSTRUCTION WASTE PROCESSING

A.N. Zadiranov¹, M.Y. Malkova¹, T.N. Nurmagomedov², P. Dkhar¹

¹ Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

² Federal State Educational Institute of Higher Professional Education Civil Defence Academy
(CDA) EMERCOM of Russia
*Sokolovskaya str., 1, district Novogorsk, Khimki, Moscow region,
Russia, 141435*

The article presents the innovation of technology of recycling concrete, reinforced concrete and non-ferrous metal scrap, which are by-products of the construction industry.

One of the areas of construction waste recycling may be the recycling of electrical cables for the purpose of extracting lead, copper and aluminum. Non-ferrous metals containing electric cables, wires, contacts, etc., are a small volume, but they weigh quite a significant portion of construction waste and can serve as an effective raw material for the production of secondary metals.

In the article the authors developed an integrated hydrometallurgical scheme of processing cable scrap, differing from the standard pyrometallurgical methods of high degree of extraction of precious metals in marketable products; possibly containing a purity of 99.99% lead; minimum quality required of copper or aluminum contained in the cable scrap.

Another promising direction of recycling of construction waste is proposed the technology of using them as consumable material in the construction of buildings, facilities or structures using 3D printing.

Development and implementation of the proposed technologies for processing of construction waste will help solve several important tasks:

- reduction of economic costs for disposal of construction waste;
- development of new materials with specific characteristics;
- reducing the time of processing construction waste;
- reducing the harmful effects of construction waste on the environment.

Key words: construction waste, cable scrap, lead, copper, scrap, acetic acid, hydrogen peroxide, 3D printing

REFERENCES

- [1] GOST 24641—81. Obolochki kabel'nye svintsovye i alyuminievye (data aktualizatsii 1.12.2013 g.).
- [2] Lyubarskaya M.A. Organizatsiya obrashcheniya so stroitel'nymi otkhodami v gorodakh: ucheb. posobie. SPb.: SPbGIEU, 2011. 168 s.

- [3] Oleinik S.P. *Edinaya sistema pererabotki stroitel'nykh materialov.* M.: SvR-ARGUS, 2006. 336 s.
- [4] Bol'shoi entsiklopedicheskii slovar'. URL: <http://enc-dic.com/>
- [5] Materialy saitа Londonskoi birzhi metallov LME. URL: <http://www.lme.com/>
- [6] Morachevskii A.G. *Fiziko-khimiya retsiklinga svintsa.* SPb.: Izd-vo Politekh. un-ta, 2009. 270 s. (Khimiya v politekhnicheskoi universitete)
- [7] Bredikhin V.N., Manyak N.A., Kaftanenko A.Ya. *Svinets vtorichnyi: monografiya.* Donetsk: DonTPU, 2005. 248 s.

Article history:

Received: 10 March 2017

Accepted: 20 March 2017

For citation:

Zadiranov A.N., Malkova M.Y., Nurmagomedov T.N., Dkhar P. (2017) Prospects of modern technologies application in the construction waste processing. *RUDN Journal of Engineering Researches*, 18(2), 236—244.

Bio Note:

Info was not provided.