



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки/профиль 18.06.01 Химическая технология / 2.6.14 Технология
силикатных и тугоплавких неметаллических материалов
Инженерная школа новых производственных технологий
Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера

**Научный доклад об основных результатах подготовленной
научно-квалификационной работы**

Тема научного доклада
Строительные керамические материалы с использованием техногенных отходов энергетики и металлургии Республики Казахстан

УДК 691.3:666.3:628.4.038(574)

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A9-53	Толегонов Диас Талгатович		23.05.2023

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ Н.М. Кижнера ИШНПТ	Петровская Татьяна Семеновна	Д.т.н., Доцент		07.06.23

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой – руководитель НОЦ Н.М. Кижнера на правах кафедры	Краснокутская Елена Александровна	Д.х.н., Профессор		07.06.23

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ Н.М. Кижнера ИШНПТ	Вакалова Татьяна Викторовна	Д.т.н., Профессор		23.05.2023

Томск – 2023 г.

В научно-квалификационной работе излагаются результаты исследований по разработке составов и технологии строительных керамических материалов с использованием техногенных отходов энергетики и металлургии Республики Казахстан. Многотоннажное производство керамических строительных материалов сопровождается активным потреблением природного сырья, приводя к постепенному его истощению. Поэтому производители строительных материалов в Казахстане испытывают потребность в расширении сырьевой базы природного сырья, а также вовлечения в производство техногенных отходов. Это влечет за собой необходимость изыскания новых научных подходов к выбору сырьевых материалов, выработке критериев оценки возможности использования такого сырья для получения высококачественных строительных материалов. Решение этих проблем требует проведения работ по теоретическому и поисковому исследованиям по изысканию путей и новых способов получения керамических материалов, обеспечивающих достижение высоких механических характеристик и других эксплуатационных свойств. Поэтому разработка составов и технологических режимов получения новых керамических материалов, перспективных для получения современных керамических материалов на основе природного и техногенного сырья с комплексом необходимых свойств своевременна и актуальна.

В первой главе научно-квалификационной работы рассматриваются общая характеристика и перспективы развития строительной керамики в настоящее время. Дается анализ ключевых факторов, влияющих на качество строительной керамики. В зависимости от вида и состава сырьевых материалов описываются различные способы получения высококачественных строительных керамических материалов. Проводится анализ обзора мирового и отечественного опыта использования промышленных отходов в области строительной керамики.

Во второй главе описываются результаты исследования химико-минералогических составов и технологических свойств природного глинистого сырья и техногенных отходов - красного (бокситового) шлама, золы-унос и вторичного металлургического шлама с АКП «KSP Steel». Дается обоснование методологии работы и структурно-методологическая схема, которая позволяет представить картину

методов и этапы исследования.

В третьей главе научно-квалификационной работы рассматриваются вопросы исследования поведения используемого вторичного сырья при их нагревании. Установлено влияние структурных и минералогических особенностей исходных сырьевых материалов на процессы образования фаз при их нагревании. Выявлены необходимость и определены технологические параметры предварительной подготовки исходного вторичного сырья в технологии строительной керамики.

В четвертой главе приведены основные экспериментальные результаты исследований по получению строительной керамики пластическим методом на основе комбинации тугоплавкого глинистого сырья с техногенными отходами. Установлены технологические параметры получения высокопрочной муллито-анортитовой стеновой строительной керамики по пластичной технологии. Установлено комплексное действие техногенных и оксидных добавок для получения лицевого керамического кирпича объемного окрашивания. Описаны физико-механические свойства полученных материалов, составлены технологические схемы получения строительной керамики разнообразного назначения по пластичной технологии.

В пятой главе научно-квалификационной работы приводятся результаты исследований по установлению возможности применения техногенных отходов для получения строительной керамики полусухим способом. Проведено теоретическое прогнозирование протекания физико-химических процессов при нагревании композиций с использованием вторичного сырья, установлены критерии проектирования составов керамических масс, описаны процессы образования фаз при их нагревании и формирования физико-механических характеристик керамики на основе безглинистых масс методом полусухого прессования. Результатом работы служит разработка составов и предложенные технологические режимы получения полусухим способом высокопрочной строительной керамики клинкерного назначения с анортитовой кристаллической фазой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Касенов, А. Ж. «Производство бетонов из отходов производства АО «Алюминий Казахстана»» / А. Ж. Касенов, А. К. Тлеулесов, А. Н. Ахметбек // Наука и техника Казахстана, №1, 2018 г. – 61-75 с.

2 Макаров, Д. В. Перспективы использования промышленных отходов для получения керамических строительных материалов / Д. В. Макаров, Р. Г. Мелконян, О. В. Суворова, В. А. Кумарова ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 5. - 254–281 с.

3 Платонов, А. П. Изготовление керамического кирпича с использованием промышленных отходов / А. П. Платонов, А. В. Гречаников, А. С. Ковчур, С. Г. Ковчур, П. И. Манак // Вестник Витебского государственного технологического университета, выпуск 28. - 128-134 с.

4 Столбоушкин, А. Ю. «Получение морозостойкого керамического кирпича полусухого прессования из промышленных отходов» / А. Ю. Столбоушкин, А. И. Иванов, Г. И. Стороженко, С. И. Уразов // Научно-технический и производственный журнал «Строительные материалы», №12, декабрь 2011 г.

5 Столбоушкин, А. Ю. «Теоретические основы формирования керамических матричных композитов на основе техногенного и природного сырья» / А. Ю. Столбоушкин // Научно-технический и производственный журнал «Строительные материалы», февраль 2011 г. С. 10-13

6 Гурьева, В. А. «Буровой шлам в производстве изделий строительной керамики» / В. А. Гурьева, В. В. Дубинецкий, К. М. Вдовин // «Строительные материалы», апрель 2015 г.

7 Сидикова, Т. Д. «Производство строительной керамики из промышленных отходов» / Т. Д. Сидикова // Современное строительство и архитектура, №2 (14) - 26-28 с.

8 Гурьева, В. А. Отходы никелевого производства в технологии строительной керамики / В. А. Гурьева, А. А. Ильина // Строительные материалы, 2022

9 Абдрахимов, В. З. Аспекты использования отходов топливно-энергетического комплекса и химической промышленности в производстве керамического кирпича В. З. Абдрахимов, А. В. Колпаков // Экология и промышленность России. - 2019

10 Чумаченко, Н. Г. Роль промышленных отходов при производстве керамических материалов / Н. Г. Чумаченко, И. М. Хафизов, М. Г. Угорова // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии Сборник статей 78-ой всероссийской научно-технической конференции. Под редакцией М. В. Шувалова, А. А. Пищулева, А. К. Стрелкова. Самара, 2021

11 Беккалиев, Н. М. Использование в технологии керамического кирпича производственных отходов / Н. М. Беккалиев // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии Сборник статей 78-ой всероссийской научно-технической конференции. Под редакцией М. В. Шувалова, А. А. Пищулева, А. К. Стрелкова. Самара, 2021

12 Шишакина, О. А. Обзор направлений утилизации техногенных отходов в производстве строительных материалов / О. А. Шишакина, А. А. Паламарчук // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований № 4. - 2019

13 Беккалиев, Н. М. Использование вторичных ресурсов для производства строительных материалов / Н. М. Беккалиев, Б. Т. Шакешев, Н. Г. Чумаченко // Вестник Западно-Казахстанского Инновационно-технологического университета

14 Mi, H. Preparation of high-strength ceramsite from red mud, fly ash, and bentonite / H. Mi, L. Yi, Q. Wu, J. Xia, B. Zhang // Ceramics International, <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2021.03.141>.

15 Касенов, А. Ж. Производство бетона из отходов АО «Алюминий Казахстана» / А. Ж. Касенов, А. К. Тлеулесов, А. Н. Ахметбек // Наука и техника Казахстана. ISSN 1680-9165. № 1, 2018. С. 61-75

16 Н. С. Бажиров, Б. Е. Серикбаев, Т. С. Бажиров, М. С. Даулетияров, К. Н. Бажирова, «Композиционные строительные материалы. Теория и практика», Химико-минералогическая характеристика бокситового шлама – отхода алюминиевого производства. 2017 г. С. 14-18

17 Приходько, А. П. Исследование низкокачественного сырья и техногенных отходов промышленности с целью их применения при производстве керамического кирпича / А. П. Приходько, Н. В. Шпирько, Н. С. Сторчай, А. Н. Гришко, Ю. Н. Вечер, Д. В. Кононов, Б. В. Богданов // Вісник ПДАБА, № 7–8 липень – Серпень 2012

18 Зиновеев, Д. В. Обзор мировой практики переработки красных шламов. Часть 1. Пирометаллургические способы Д. В. Зиновеев, П. И. Грудинский, В. Г. Дюбанов, Л. В. Коваленко, Л. И. Леонтьев // ISSN: 0368-0797. Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2018. Том 61. № 11. С. 843 – 858.

19 Деревянко, В. Н. Структура и свойства керамического кирпича, модифицированного техногенными минеральными системами / В. Н. Деревянко, А. Н. Гришко // Вечер Вісник придніпровської державної академії будівництва та архітектури, № 7. - 2016

20 Свидерский, В. А. Керамика на основе попутных продуктов горнодобычи и отходов глиноземного производств В. А. Свидерский, С. В. Страшненко, Л. П. Черняк ISSN: 0131-9582, 2007 г.

21 Богатырёва, О. В. Перспективы в проектировании технологии стеновой керамики / О. В. Богатырёва, Е. В. Догадова, А. Е. Козлова // Межвузовский сборник статей лауреатов конкурсов. Выпуск 11. – Н. Новгород: Нижегород. гос. архит.- строит. ун-т, 2009. – 348 с.

22 Тугушев, А. Керамические материалы на основе отходов Николаевского глиноземного завода / А. Тугушев // Материалы Региональной

студенческой научно - практической конференции «Актуальные проблемы естественно - научной и профессионально-практической подготовки современных специалистов народного хозяйства», посвященной Дню Науки. Херсон: ХГАУ, 2016.-150 с.

23 Кушнерова, Л. А. Разработка составов теплоизоляционного материала на основе красного шлама / Л. А. Кушнерова // Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

24 Деревянко, В. Н. Низкобжиговый керимический кирпич, полученный с использованием щелочезелесодержащего сырья / В. Н. Деревянко, А. Н. Гришко // Contemporary Innovation Technique of the Engineering Personnel Training for the Mining and Transport Industry, Resource and Energy Saving Technologies and Materials. – 2017 г. С. 252-256

25 Груздева, Е. А. Анализ способов снижения негативного воздействия отходов алюминиевого производства на окружающую среду / Е. А. Груздева, В. С. Кузнецов // Шаг в будущее: теоретические и прикладные исследования современной науки: Материалы XVII молодёжной международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных 23- 24 января 2019 года, г. Санкт-Петербург. – Morrisville, NC, USA: Lulu Press, 2019. – 70 с.

26 Порошина, В. А., Лебедев, В. А. Исследование возможности получения титановых концентратов из красных шламов: дис. ... наук ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б Н. Ельцина», Екатеринбург, 2017 г.

27 Пасечник, Л. А. Отходы глиноземного производства-перспективное сырье для черной и цветной металлургии / Л. А. Пасечник, И. С. Медянкина, В. М. Скачков // ФГБУН Институт химии твердого тела Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия, 2018 год

28 Pérez-Villarejo, L. Manufacturing new ceramic materials from clay and red mud derived from the aluminium industry / Pérez-Villarejo, L., Corpas-Iglesias,

F.A., Martínez-Martínez, S., Artiaga, R., Pascual-Cosp, J. // Construction and Building Materials, 35. 2012. - Pp. 656-665.

29 Mukiza, E. Utilization of red mud in road base and subgrade materials / E. Mukiza, L. Zhang, X. Liu, N. Zhang // A review, Resources, Conservation and Recycling Volume 141, February 2019, Pages 187-199

30 Alekseev, K. Environmentally clean construction materials from hazardous bauxite waste red mud and spent foundry sand / K. Alekseev, V. M. Monica // Construction and Building Materials Volume 229. - 2019

31 Zhao, J. Effect of SnO₂ on the structure and chemical durability of the glass prepared by red mud / J. Zhao, Y. Wang, J. Kang, Y. Qu, G. A. Khater, S. Li, Q. Shi, Y. // Yue Journal of Non-Crystalline Solids, Volume 509, 1. – 2019. - Pages 54-59

32 Nikbin, I. M. Environmental impacts and mechanical properties of lightweight concrete containing bauxite residue (red mud) / I. M. Nikbin, M. Aliaghazadeh, Sh Charkhtab, Fathollahpour, A. Journal of Cleaner Production. – 2018. - 172, pp. 2683-2694

33 Баринкова, А. А. Гибридный композиционный материал на основе нейтрализованного красного шлама / А. А. Баринкова, В. Ю. Пиирайнен // Информационно-технологический вестник. – 2022. – №. 1. – С. 170-181.

34 Морозова, А. А. Повышение прочности обожженных изделий при сочетании красных шламов с кварцевым песком / А. А. Морозова, А. Б. Лебедев – 2021.

35 Самченко, С. В. Роль процессов при синтезе силикатных соединений в химии цемента / С. В. Самченко // Техника и технология силикатов. Том 25, № 1, 2018

36 Саркисов, Ю. С. Влияние карбонатных добавок на усадочные деформации цементного камня / Ю. С. Саркисов, В. К. Козлова, Е. В. Божок, Е. Ю. Малова, А. М. Маноха // Техника и технология силикатов. Том 25, № 1. - 2018

37 Захаров, А. И. Цифровые технологии в производстве керамики / А. И. Захаров, А. И. Безменов, Д. В. Андреев // Техника и технология силикатов. Том 25, № 1. - 2018

38 Зо, Е. Получение пористой и высокопористой керамики: классификация, изменение зернового состава, золь-гель технология, керамика из волокон, дублирование полимерной матрицы.

39 Ниязбекова, Р. К. Исследование свойств композиционных материалов на основе цементов, содержащих шламы глиноземного производства / Р. К. Ниязбекова, Л. С. Шаншарова, Ю. Р. Кривобородов // Техника и технология силикатов. Том 25, № 1. - 2018

40 Сватовская, Л. Б. Геоэкохимический параметр детоксикации грунтов силикатами и гидросиликатами кальция / Л. Б. Сватовская, А. А. Кабанов // Техника и технология силикатов. Том 25, № 1. - 2018

41 Кащеев, И. Д. Возможности получения высокоглиноземистого сырья из техногенных отходов для керамической и огнеупорной промышленности (Обзор) / И. Д. Кащеев, К. Г. Земляной // Новые огнеупоры. – 2019. – Т. 1. – №. 5. – С. 83-89.

42 Панова, В. Ф. Новые направления получения декоративных строительных материалов / В. Ф. Панова, И. В. Спиридонова, С. А. Панов // Научные исследования XXI века. – №. 6. – С. 174-178.

43 Никифорова, Э. М. и др. Синтез керамических облицовочных материалов в системе CaO–SiO₂ / Э. М. Никифорова // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №. 4. – С. 114-114.

44 Грошев, А. И. Разработка составов масс для получения фасадной керамики из сырьевых материалов Казахстана / А. И. Грошев, И. А. Грошев, А. И. Исмаилов // Стекло и керамика. – 2015. – № 6. – С. 29-33.

45 Лангольф, А. А. Возможности использования красного шлама / А. А. Лангольф, П. Е. Нор, А. Е. Гаглоева // Материалы V Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 243-245.

46 Кащеев, И. Д. Новые возможности кислотного способа получения оксида алюминия / И. Д. Кащеев, К. Г. Земляной, А. В. Доронин, Е. Ю. Козловских // Новые огнеупоры. – 2014. – № 4. – С. 6-12.

47 Yao, Z. T., Comprehensive review on the applications of coal fly ash / Z. T. Yao, X. S. Ji, P. K. Sarker, J. H. Tang, L. Q. Ge, M. S. Xia, Y. Q. Xi // A Earth-Science Reviews Volume 141, February 01, 2015, Pages 105-121

48 Ahmaruzzaman, M. A review on the utilization of fly ash, Department of Chemistry / M. Ahmaruzzaman, // Progress in Energy and Combustion Science Volume 36, Issue 3, June 2010, Pages 327-363

49 Арынгазин, К. Ш. Инновационное использование твёрдых техногенных отходов предприятий теплоэнергетики и металлургии Павлодарской области в производстве строительных материалов / К. Ш. Арынгазин, В. В. Ларичкин, А. К. Алдунгарова, А. К. Свидерский, П. О. Быков, А. В. Богомолов, А. К. Тлеулесов, Д. К. Маусымбаева // Наука и техника Казахстана

50 Ting, M. Z. Y. Prediction model for hardened state properties of silica fume and fly ash based seawater concrete incorporating silicomanganese slag / M. Z. Y. Ting, K. S. Wong, M. E. Rahman, S. M. elowarajoo // Journal of Building Engineering, Volume 41, September 202, № 41,102356

51 Brooks, A. L. Enabling high-strength cement-based materials for thermal energy storage via fly-ash cenosphere encapsulated phase change materials / A. L. Brooks, Y. Fang, Z. Shen, J. Wang, H. Zhou // Cement and Concrete Composites 120, № 104033. -2021

52 Siddique, S. Properties of high-volume slag cement mortar incorporating circulating fluidized bed combustion fly ash and bottom ash / S. Siddique, H. Kim, J. G. Jang // Construction and Building Materials, № 289,123150. – 2021

53 Luo, Y. Substitution of quartz and clay with fly ash in the production of architectural ceramics: A mechanistic study / Y. Luo, J. Wang, Y. Wu, X.-Y. Li, P. K. Chu, T. Qi // Ceramics International 47(9), с. 12514-12525. – 2021

54 Liang, X. Preparation of SiC reticulated porous ceramics with high strength and increased efficient filtration via fly ash addition / X. Liang, Y. Li, W. Yan, Q. Wang, F. Tan, Z. He, S. Sang // Journal of the European Ceramic Society 41(4), с. 2290-2296. – 2021

55 Белякова, Е. О. Исследование золы-уноса Северной ТЭЦ / Е. О. Белякова, Д. Е. Перемитина // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л. П. Кулёва, 21-24 мая 2018 г., г. Томск – С. 48-49.

56 Морозова, А. Д. Применение золы-уноса Абаканской ТЭЦ в промышленности строительных материалов / А. Д. Морозова // Катановские чтения – 2022 Сборник научных трудов студентов. Абакан – 2022. – С. 233-234.

57 Чибышев, А. С. Полезные отходы угольной энергетики: перспективы повторного использования отработанного сырья угольных станций / А. С. Чибышев // Уральская горная школа-регионам. – 2018. – С. 279-280.

58 Галдина, В. Д. Использование золы-уноса в качестве минерального порошка для асфальтобетона / В. Д. Галдина, М. С. Черногородова // Решение экологических проблем современного общества для устойчивого развития. – 2016. – С. 134-138.

59 Аббас, М. К. Способ получения синтетического легкого керамического песка и его применение // RU 2765095. – 2022

60 Красный, Б. Л. и др. Летучая зола как техногенное сырье для получения огнеупорных и изоляционных керамических материалов / Б. Л. Красный // Стекло и керамика. – 2021. – №. 2. – С. 9-19.

61 Терещенко, И. М. и др. Производство стекловидных теплоизоляционных материалов: состояние, тенденции и перспективы развития / И. М. Терещенко // Химическая технология и техника / Материалы 83-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского

состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием) – 2019. – С. 9-10.

62 Богомолов А. Р. и др. Получение алюмосиликатного жидкого стекла из золы уноса ТЭС / А. Р. Богомолов // 21 век: фундаментальная наука и технологии. – 2022. – С. 92-96.

63 Фукс, С. Л. Анализ перспектив применения золы уноса в качестве геополимера / С. Л. Фукс, Т. А. Мусихина, С. В. Хитрин // Общество. Наука. Инновации (НПК-2018). – 2018. – С. 1031-1036.

64 Хусаинов, А. К. Использование золы ТЭЦ в производстве силикатного кирпича / А. К. Хусаинов, Е. В. Гурова // Техника и технологии строительства. – №. 2. – 2019. – С. 41-45.

65 Маткаримов, З. Т. Получение качественных керамических изделий из шлака металлургического комбината. – 2020.

66 Спирина, О. В. Утилизация вторичного сырья металлургического производства при модификации составов керамического кирпича / О. В. Спирина // Химия и инженерная экология-XXII. – 2022. – С. 129-133.

67 Абдрахимов, В. З. Фазовый состав клинкерного кирпича на основе отходов цветной металлургии Восточного Казахстана / В. З. Абдрахимов // Химическая технология. – 2019. – №. 9. – С. 406-413.

68 Гурьева, В. А. Отходы никелевого производства в технологии строительной керамики / В. А. Гурьева, А. А. Ильина // Строительные материалы. – 2022. – №. 4. – С. 38-43.

69 Краснова, С. В. Разработка технологии утилизации отходов в керамической промышленности / С. В. Краснова // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности. – 2022. – С. 146-148.

70 Абдрахимов, В. З., Абдрахимова Е. С. Получение сейсмостойкого кирпича на основе шлака от выплавки безуглеродистого феррохрома и

некондиционной глины / В. З. Абдрахимов, Е. С. Абдрахимова // Строительство и реконструкция. – 2022. – №. 6. – С. 82-89.

71 Хоменко, В. С. и др. Технология производства керамического кирпича с применением металлургических отходов / В. С. Хоменко // Актуальные вопросы строительства: взгляд в будущее. – 2022. – С. 353-355.

72 Залыгина, О. С. Переработка металлургических шлаков / О. С. Залыгина, М. А. Предченко // Охрана окружающей среды-основа безопасности страны. – 2022. – С. 52-54.

73 Макаров, Д. В. и др. Исследования фазовых превращений при обжиге керамических материалов из отходов горно-металлургического комплекса / Д. В. Макаров // Всероссийские научные чтения памяти ильменского минералога В. О. Полякова. – 2020. – №. 21. – С. 99-107.

74 Беккалиев, Н. М. Использование промышленных отходов в производстве керамического кирпича / Н. М. Беккалиев, О. У. Тауышев, С. Г. Умерешова // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство. – 2019. – С. 855-859.

75 Капралов, А. С. Анализ металлургических процессов при электродуговой наплавке под керамическим флюсом / А. С. Капралов // Инновации в технологиях и образовании. – 2020. – С. 75-78.

76 Головкин, А. А. Способ получения керамического лицевого кирпича / RU 2739441 C1, 2020

77 Utegenova, M. E. Physico-mechanical properties of ceramics based on aluminosilicates modified by metallurgical waste / M. E. Utegenova, M. A. Sadenova, J. J. Klemeš // Chemical Engineering Transactions, Volume 81, 2020, Pages 1339-1344

78 Bayer Ozturk, Z. The effect of granulated lead–zinc slag on aesthetic and microstructural properties of single-fired wall tile glazes / Z. Bayer Ozturk,

K. Pekkan, E. Tasci, S. Yilmaz // Journal of the Australian Ceramic Society, Volume 56, Issue 2, 1 June 2020, Pages 609-617

79 Suvorova, O. V. Ceramic products from mining and metallurgical waste / O. V. Suvorova, E. A. Selivanova, J. A. Mikhailova, V. A. Masloboev, D. V. Makarov // Applied Sciences (Switzerland), 10(10),3515, 2020

80 Liu, M. Preparation of black ceramic tiles using waste copper slag and stainless steel slag of electric arc furnace / M. Liu, G. Ma, X. Zhang, J. Liu, Q. Wang // Materials, 13(3),776, 2020

81 Soleimani, S. M. Utilization of local waste materials in high-performance and self-compacting concrete / S. M. Soleimani, A. R. Alaqqad, T. Afrasiab, A. Jumaah, A. Behbehani, A. Majeed, M. H. Al-Swwaf, S. Al-Muhanna // Materials Science Forum Volume 990 MSF. – 2020. – Pages 18-28

82 Guzmán-Carrillo, H. R. Coal fly ash and steel slag valorisation throughout a vitrification process / H. R. Guzmán-Carrillo, J. M. Pérez, E. A. Aguilar Reyes, M. Romero // International Journal of Environmental Science and Technology 15(8). – 2018. – С. 1757-1766

83 Куликов, В. А. Совместное использование металлургического шлака и золошлакового материала для производства керамических материалов / В. А. Куликов, В. К. Семенычев, В. З. Абдрахимов, И. В. Ковков // Башкирский химический журнал. Том 17. № 2. – 2010. – С. 173-175

84 Абдрахимов, В. З. Использование электросталеплавильного шлака в производстве керамического кирпича и жаростойких бетонов / В. З. Абдрахимов, Е. С. Абдрахимова // Экология промышленного производства, 2 (94). – 2016. – С. 2-7

85 Рыщенко, М. И. Утилизация металлургических шлаков в производстве стеновой керамики / М. И. Рыщенко, Л. А. Белостоцкая, Л. П. Щукина, Ю. Д. Трусова, Л. В. Павлова, Я. О. Галушка. – 2017