СПОСОБЫ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕМЕНТНОЙ ПЫЛИ

© М. Ш. Саламанова, С. А. Алиев, Р. С-А. Муртазаева

ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

В процессе обжига портландцементного клинкера в электрофильтрах вращающихся печей скапливается большое количество пыли, как клинкерной, так и аспирационной, поэтому рациональное использование этих продуктов, содержащих определенную долю полноценного сырьевого ресурса, является актуальной задачей индустрии цемента. В данной работе представлены результаты исследований цементной пыли, проведен энергодисперсионный и сравнительный анализ исследуемых порошков, а также приводится возможный способ утилизации цементной пыли для получения бесклинкерных цементов щелочной активации и бетонов на их основе. Разработанные рецептуры бесклинкерных вяжущих с применением отходов цементной промышленности и натриевого жидкостеклового затворителя позволяют получать менее затратные, прочные и долговечные композиты, которые позволяют частично заменять традиционный бетон на дорогом портландцементе.

Работа выполнена в рамках исследований по реализации научного проекта № 18-48-200001 «Высококачественные бетоны с повышенными эксплуатационными свойствами на основе местного природного и техногенного сырья», получившего поддержку Российского фонда фундаментальных исследований» (РФФИ).

Ключевые слова: техногенное сырье, портландцементный клинкер, аспирационная пыль, пыль электрофильтров, щелочные металлы, дисперсность, вращающаяся печь, пылеунос.

Портландцемент на протяжении многих лет считается наиболее востребованным материалом в строительной индустрии. Производство его и промышленное потребление стремительно растет из года в год и является немаловажным показателем экономического развития страны. Но согласно данным СРСВ (Central Pollution Control Board) [1, 2-7] производство портландцемента можно отнести к категории вредных производств по количеству выбросов в окружающую среду. Выбросы различного характера присутствуют практически на всех технологических переделах производства цемента. Среди вредных веществ, содержащихся в газовоздушных выбросах, можно заметить аспирационную и клинкерную пыль вращающихся печей, известь, большие объемы углекислоты и сернистых соединений, диоксины и др. [3, 4, 15-20].

В процессе обжига портландцементного клинкера в электрофильтрах вращающихся печей скапливается большое количество пыли, как клинкерной, так и аспирационной, поэтому

рациональное использование этих продуктов, содержащих определенную долю полноценного сырьевого ресурса, является актуальной задачей индустрии цемента. Необходимо отметить, что повторное использование пыли электрофильтров возвратом в печь невозможно, так как в ней находится определенное количество щелочесодержащих примесей, а это негативно скажется на качестве клинкера.

В данной работе представлен возможный способ утилизации цементной пыли для получения бесклинкерных цементов щелочной активации и бетонов на их основе. Возможность проведения данных разработок была оправдана тем, что в Чеченской Республике функционирует с 1974 года цементный завод, и обжиг портландцементного клинкера производят в двух вращающихся печах, с производительностью по клинкеру 1200 тонн в сутки [3,19]. Нами была исследована цементная пыль, собранная из электрофильтров, расположенных в двух разных частях печи. В холодном конце печи выделяется пыль, называемая аспираци-

Таблица 1 – Свойства пыли электрофильтров

№	Пыль электрофильтров	Истинная плотность, г/см ³	Насыпная плотность, г/см ³	Удельная поверхность, м ² /кг
1	Аспирационная пыль	2,59	1,13	210
2	Клинкерная пыль	3,12	1,24	280

онной, по своему составу она схожа с составом исходной сырьевой смеси. В последней горячей зоне печи, на участках охлаждения и галереи клинкерных конвейеров образуется клинкерная пыль. Клинкерная пыль представляет собой порошок темно-серого цвета, довольно абразивный. Тонкость помола, определяемая просеиванием на сите № 008, показала остаток 23%. Аспирационная пыль – это порошок светло-бежевого цвета, значительно дисперснее клинкерной пыли, тонкость помола составила 18%. Удельную поверхность исследуемых порошков исследовали на приборе ПСХ-12 по методу воздухопроницаемости, в таблице 1 приводятся свойства отобранных проб.

Энергодисперсионный микроанализ исследуемых порошков пыли электрофильтров, выполненный с помощью растрового электронного микроскопа Quanta 3D 200 i с интегрированной системой микроанализа GenesisApex 2 EDS от EDAX, показал схожесть химических составов клинкерной и аспирационной пыли соответственно с портландцементным клинкером и исходной сырьевой смеси. Но необходимо отметить, что оксид щелочного металла K_2O в пробе аспирационной пыли составляет 6,43%, тогда как в клинкерной он снижается до 1,57% (таблица 2). Объяснением этому слу-

жит то, что клинкерная пыль образовалась в горячей зоне твердофазового синтеза вращающейся печи при температурах 1300⁰C и выше, здесь и происходит выгорание и разложение оксидов щелочных металлов [5-8].

Микрофотографии, полученные с помощью растрового электронного микроскопа, дают нам сравнительный анализ структуры пыли электрофильтров, зерна клинкерной пыли, при увеличении в 5000 раз, представлены крупными объемными частичками с явно выраженной спайностью, мелкими листочками, наблюдается явное присутствие минералов (рис. 1). Осмотр микрофотографий аспирационной пыли показал, что зерна обладают более рыхлой, пористой структурой, можно наблюдать начальную стадию минералообразования (рис. 2).

Как отмечалось ранее [4], повторный возврат пыли электрофильтров в технологический цикл нецелесообразен, так как химический анализ подтверждает присутствие щелочных металлов, содержание которых по ГОСТ строго ограничено, не более 0,67%, к тому же установлено добавление аспирационной пыли в сырьевую смесь, что приводит к загустеванию шлама и затруднит транспортировку последнего в питатели вращающихся печей.

Таблица 2 – Химический состав пыли электрофильтров

Оксидный состав	Клинкерная пыль	Аспирационная пыль
MgO	1,49	0,97
Al ₂ O ₃	4,11	4,68
SiO ₂	16,89	20,31
K ₂ O	1,57	6,43
CaO	71,64	64,15
Fe ₂ O ₃	4,3	3,47

Рис. 1. Микрофотографии зерен клинкерной пыли, при различных увеличениях

Рис. 2. Микрофотографии зерен аспирационной пыли, при различных увеличениях

Таблица 3 – Рецептуры и свойства вяжущих материалов щелочной активации

Свойства вяжущих	Цементная пыль	
	klinkерная пыль	аспирационная пыль
Водотвердое отношение	0,25	0,25
Начало схватывания, мин	34	26
Конец схватывания, мин	45	42
Средняя плотность, кг/м ³	2090	2080
Водопоглощение, %	5,6	4,2
Активность, МПа:		
7 сут	32,5	24,1
28 сут	68,7	49,6

а)

б)

в)

г)

Рис. 3. Микрофотографии цементного камня из аспирационной пыли, затворенного жидкостекольным вяжущим, при различных увеличениях, в возрасте 7 суток (а, б) и 28 суток (в, г)

Рис. 4. Микрофотографии цементного камня из клинкерной пыли, затворенного жидкостекольным вяжущим, при различных увеличениях, в возрасте 7 суток (а, б) и 28 суток (в, г)

В работе предлагается возможный способ использования цементной пыли – получение бесклинкерных цементов щелочной активации. С использованием клинкерной и аспирационной пыли приготовлены образцы-балочки размером 40x40x160 мм из смеси: цементная пыль – 480 кг, кварцевый песок Червленского месторождения (добавлялся в соотношении 1:3) – 1440 кг, вулканический пепел – 50 кг, жидкое стекло натриевое с силикатным модулем 2,8 и плотностью 1,24 г/см³ 120 л. Приготовленные образцы через сутки распалубливались и помещались в сушильный шкаф при температуре 40⁰С на пару дней. Далее образцы до 28-суточного дозревания находились в воде. Необходимо отметить, что первые трое суток в

сосуде вода менялась на чистую, так как происходило выщелачивание. Рецептуры и свойства полученных вяжущих приведены в таблице 3, а на рисунках 3, 4 можно рассмотреть формирование микроструктуры цементного камня в возрасте 7 и 28 суток на образцах-балочках из аспирационной и клинкерной пыли, затворенных жидкостекольным вяжущим.

Анализируя полученные результаты использования отходов цементной промышленности в виде клинкерной и аспирационной пыли, нужно подчеркнуть, что ежедневно выделяются пылевывбросы в атмосферу, загрязняя атмосферу и окружающую среду, а те объемы пыли, которые уловили электрофилтры, необходимо где-то складировать, занимая

территории земельных угодий, а это опять же будет наносить вред работникам отрасли и близлежащим населенным пунктам. Поэтому рационально использовать отходы в виде цементной пыли в производстве вяжущих щелочной активации, к тому же полученные результаты прочности цементного камня подтверждают эффективность данных разработок [9, 10, 11, 19, 20].

Микрофотографии, полученные с помощью растрового электронного микроскопа, дают возможность наблюдать изменения структуры цементного камня, 7-суточные образцы 4 и 5 а, б характеризуются более мелкими, пористыми и несформировавшимися новообразованиями, особенно это видно на снимках при увеличении в 5000 раз. Образцы 28-суточного возраста можно охарактеризовать явно выраженной плотной структурой, заметно присутствие сформированных кристаллов твердых растворов, увеличение в 10000

раз это подтверждает. К тому же необходимо отметить существенное различие микроструктур цементного камня из аспирационного и клинкерного порошков, затворенных жидким натриевым стеклом.

Таким образом, обобщая проведенные исследования, можно отметить, что используя предлагаемый способ утилизации цементной пыли возможно получение бетонных композиций, структура и свойства которых позволяют утверждать о получении эффективных вяжущих щелочной активации на менее затратном вяжущем.

Предлагаемые рецептуры вяжущих, состоящими в которых будут отходы электрофильтров клинкерных печей, активированные жидкостекляным натриевым затворителем, позволят расширить базу используемых разновидностей вяжущих веществ и частично заменить дорогой и энергоемкий портландцемент в строительстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Al-Neaimi Y.I., Gomes J., Lloyd O.L.* (2001) Respiratory illnesses and ventilator function among workers at a cement Factory in a rapidly developing country. *Occup Med (Lond)*, 51, pp. 367-73.
2. *Dietz A, Ramroth H, Urban T, Ahrens W, Becher H.* (2004) Exposure to cement dust, related occupational groups and laryngeal cancer risk: Results of a population based case-control study. *Int J Cancer*, p. 108.
3. *Davidovitz J.* Geopolymer. Chemistry and applications. Saint-Quentin: Institute Geopolymer. 2008. 592 pp.
4. *Муртазаев С.-А. Ю., Саламанова М. Ш., Ватаев У. В.* Цементная промышленность Чеченской Республики // Вестник Академии наук Чеченской Республики. № 1 (22). Грозный, 2014. С. 109-114.
5. Современные цементные технологии с применением передовых способов пылегазоочистки / *С.-А. Ю. Муртазаев, М. Ш. Саламанова, А. Х. Аласханов, Т. С.-А. Муртазаева* // Коллективная монография по материалам Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы современного материаловедения», посвященной 80-летию заслуженного деятеля науки РФ, д. т. н., профессора Х. И. Ибрагимова, состоявшейся в г. Грозном 18-19 декабря 2015 г. 2 т. С. 99-107.
5. *Nesvetaev G., Koryanova Y., Zhilnikova T.* On effect of super plasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete // MATEC Web of Conferences 27. Sep. "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFoCE 2018" 2018. C. 04018.
7. Selection of the composition for centrifuged concrete, types of centrifuges and compaction modes of concrete mixtures / *S. A. Stelmakh, M. P. Nazhnev, E. M. Shcherban, A. V. Yanovskaya, A. V. Cherpakov* // Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications (PHENMA 2018) Abstracts & Schedule. Edited by Yun-Hae Kim, I. A. Parinov, S.-H. Chang. 2018. C. 337.
8. Recipe-technological aspects of improving the properties of non-autoclaved aerated concrete / *A. Shuisky, S. Stelmakh, E. Shcherban, E. Torlina* // MATEC Web of Conferences Sep.

- “International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2017” 2017. С. 05011.
9. Строительные материалы на основе жидкого стекла / *А.А. Солдатов, И.В. Сариев, М.А. Жаров, М.А. Абдураимова* // Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности: Материалы IV-й ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета. Н.И. Стоянов (отв. ред.). 2016. С. 192-195.
  10. Исследование свойств бетонов на бесклнкерных вяжущих / *С-А.Ю. Муртазаев, М.Ш. Саламанова, М.С. Сайдумов, А.Х. Аласханов* // Перспективы развития топливно-энергетического комплекса и современное состояние нефтегазового инженерного образования в России: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 105-летию М.Д. Миллионщикова, 11-12 июня 2018. г. Грозный: ФГБОУ ВО «ГГНТУ», 2018. С. 392-399.
  11. *Salamanova M.Sh., Murtazayev S.Yu., Ismailova Z.H.* The Use of Highly Active Additives for the Production of Clinkerless Binders // Proceedings of the International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” (ISEES 2018) ISSN Part of series: AER, ISSN: 2352-5401, volume: 177 ISBN 978-94-6252-637-2, pp. 355-358.
  12. *Salamanova M.Sh., Murtazayev S.Yu.* Clinker-free binders based on finely dispersed mineral components // 20. Internationale Baustofftagung, Tagungsbericht. 12-14 september 2018, Bauhaus-Universitdt Weimar. Band 1 und 2. – Weimar: 2018. B. 2. Pp. 707-714.
  13. Influence of the inorganic modifier structure on structural composite properties / *A.A. Volodchenko, V.S. Lesovik, L.H. Zagorodnjuk, A.N. Volodchenko* // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Volume 10. Issue 19. Pp. 40617-40622.
  14. Designing of mortar compositions on the basis of dry mixes / *V.S. Lesovik, L.K. Zagorodnyuk, A.E. Mestnikov, A.I. Kudinova, D.A. Sumskoi* // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Volume 10. Issue 5. Pp. 12383-12390.
  15. Prospects for Using 3D-Printing Technologies in Construction of Buildings in Seismic Areas / *M.Sh. Mintsaeв, D. K.-S. Bataev, K. Kh. Mazhiev, Adam Kh. Mazhiev* // Advances in Engineering Research, volume 177, International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2018), pp. 311-315.
  16. Composite performance improvement based on non-conventional natural and technogenic raw materials/ *A. A. Volodchenko, V.S. Lesovik, A. N. Volodchenko, L. H. Zagorodnjuk, Y. V. Pukhareenko* // International Journal of Pharmacy and Technology 2016. 8 (3), с. 18856-18867.
  17. *Удодов С.А., Черных В.Ф., Черный Д.В.* Применение пористого заполнителя в отделочных составах для ячеистого бетона // Сухие строительные смеси. 2008. №3. С. 70.
  18. Geopolymer technology: The current state of the art// *P. Duxson, A. Fernandez, J. Provis / J. Mater. Sci.* 2007. V. 42. Pp. 2917-2933.
  19. Влияние активных центров поверхности на реакционную способность минеральных добавок / *С-А.Ю. Муртазаев, М.Ш. Саламанова, М.С. Сайдумов, З.Х. Исмаилова* // Научный журнал «Современная наука и инновации» (Ставрополь – Пятигорск). 2017. №2 (18). С. 168-175.
  20. *Муртазаев С-А. Ю., Саламанова М.Ш.* Перспективы использования термоактивированного сырья алюмосиликатной природы // Приволжский научный журнал. 2018. №2 (Т. 46). С. 65-70.

METHODS OF REPEATED USE OF CEMENT DUST

© M. Sh. Salamanova, S. A. Aliev, S-A. Murtazaeva
GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia

In the process of firing Portland cement clinker in electrostatic precipitators, in rotary kilns, a large amount of harmful substances, both clinker and aspiration, accumulates, therefore rational use of these products leads to certain shares of a full-fledged river resource, which are derived from industrial cement. It should be noted that the reuse of dust electrostatic precipitators is impossible. The basis for obtaining durable and more resource-efficient composites is based on modern technological methods that contribute to the improvement of technical and physicomechanical properties, with the integrated application of technogenic raw materials and liquid sodium binder. The developed clinker-free binder formulations using the cement industry wastes and sodium-based sludge glass will make it possible to produce less expensive, durable, and durable composites that will partially replace traditional concrete with expensive portland cement.

Keywords. Technogenic raw materials, Portland cement clinker, aspiration dust, electrostatic precipitator dust, alkali metals, dispersion, rotary kiln, pileunos

REFERENCES

1. Al-Neaimi Y. I, Gomes J. and Lloyd O. L. (2001) Respiratory illnesses and ventilator function among workers at a cement Factory in a rapidly developing country. *Occup Med (Lond)*, 51, pp. 367-73.
2. Dietz A, Ramroth H., Urban T., Ahrens W. and Becher H. (2004) Exposure to cement dust, related occupational groups and laryngeal cancer risk: Results of a population based case-control study. *Int J Cancer*, p. 108.
3. Davidovitz J. (2008) *Geopolymer. Chemistry and applications*. Saint-Quentin: Institute Geopolymer. P. 592.
4. Murtazaev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh. and Vataev U. V. (2014) 'Tsementnaya promyshlennost' Chechenskoi respubliki' [Cement industry of the Chechen Republic]. *Vestnik Akademii Nauk Chechenskoi respubliki*. № 1 (22), Grozny, Pp. 109-114.
5. Murtazaev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh., Alaskhanov, A. Kh. and Murtazaeva T. S-A. (2015) 'Sovremennye tsementnye tekhnologii s primeneniem peredovykh sposobov pylegazoochistki' *Kollektivnaya monografiya po materialam Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Aktual'nye problem sovremennogo materialovedeniya», posvyashchennoi 80-letiyu Zasluzhennogo deyatelya nauki RF, d. t. n.. professor Kh. I. Ibragimova, sostoyavsheysya v g. Groznom 18-19 dekabrya 2015 g.* [Collective monograph on the materials of the All-Russian scientific-practical conference "Actual problems of modern materials science." Dedicated to the 80th anniversary of the Honored Scientist of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor Kh. I. Ibragimov, held in the city of Grozny on December 18-19, 2015], V. 2, pp. 99-107.
6. Nesvetaev, G., Koryanova, Y. and Zhilnikova, T. (2018) On effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete // В сборнике: МАТЕС Web of Conferences 27. Сеп. "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFoCE 2018". P. 04018.
7. Stelmakh, S. A., Nazhnev M. P., Shcherban, E. M., Yanovskaya A. V. and Cherpakov A. V. (2018) Selection of the composition for centrifuged concrete, types of centrifuges and compaction modes of concrete mixtures // *Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications (PHENMA 2018) Abstracts & Schedule*. Edited by Yun-Hae Kim, I. A. Parinov, S.-H. Chang. P. 337.

8. Shuisky A., Stelmakh S., Shcherban E. and Torlina E. (2017) Recipe-technological aspects of improving the properties of non-autoclaved aerated concrete // MATEC Web of Conferences Cep. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2017". P. 05011.
9. Soldatov, A. A., Sariev, I. V., Zharov, M. A. and Abduraimova M.A. (2016) 'Stroitel'nye materialy na osnove zhidkogo stekla' [Liquid Glass Building Materials]: *Aktual'nye problem stroitel'stva, transporta, mashinostroeniya i tekhnosfernoi bezopasnosti. Materialy IV-i ezhegodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta. N.I. Stoyanov (otvetstvennyi redaktor)*. [In the collection: Actual problems of construction, transport, engineering and technosphere safety. Materials of the IV-th annual scientific and practical conference of the North Caucasus Federal University. N.I. Stoyanov (executive editor). Pp. 192-195.
10. Murtazaev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh., Saidumov, M. S. and Alaskhanov, A. Kh. (2018) 'Issledovanie svoystv betonov na besklinsknykh vyazhushchikh' *Perspektivy razvitiya toplivno-energeticheskogo kompleksa i sovremennoe sostoyanie neftegazovogo inzhenernogo obrazovaniya v Rossii.: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 105-letiyu M.D. Millionshchikova, 11-12 iyunya 2018 g. FGBOU VO «GGNTU»*, [Prospects for the development of the fuel and energy complex and the current state of oil and gas engineering education in Russia, dedicated to the 105th anniversary of M.D. Millionshchikov: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference June 11-12, 2018]. FSBE HE "GSOTU". Grozny, pp. 392-399.
11. Salamanova, M. Sh., Murtazayev, S. Yu. and Ismailova, Z. H. 'The use of highly active additives for the production of clinkerless binders' // *Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research"* (ISEES 2018) ISSN Part of series: AER, ISSN: 2352-5401, volume: 177 ISBN 978-94-6252-637-2, pp. 355-358.
12. Salamanova, M. Sh. and Murtazayev, S. Yu. (2018) Clinker-free binders based on finely dispersed mineral components // *Internationale Baustofftagung, Tagungsbericht*. 12-14 september 2018, Bauhaus-Universitdt Weimar. Band 1 und 2. Weimar: B. 2. Pp. 707-714.
13. Volodchenko, A. A., Lesovik, V. S., Zagorodnjuk, L. H. and Volodchenko, A. N. (2015) Influence of the inorganic modifier structure on structural composite properties // *International Journal of Applied Engineering Research*. Volume 10. Issue 19. Pp. 40617-40622.
14. Lesovik, V. S., Zagorodnyuk, L. K., Mestnikov, A. E., Kudinova, A. I. and Sumskoi, D. A. (2015) Designing of mortar compositions on the basis of dry mixes // *International Journal of Applied Engineering Research*. Volume 10. Issue 5. Pp. 12383-12390.
15. Mintsae, M. Sh., Bataev, D. K.-S., Mazhiev, K. Kh. and Mazhiev, Adam Kh. Prospects for Using 3D-Printing Technologies in Construction of Buildings in Seismic Areas. *Advances in Engineering Research*, volume 177, *International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2018)*, pp. 311-315.
16. Volodchenko, A. A., Lesovik, V. S., Volodchenko, A. N., Zagorodnjuk, L. H. and Pukharens, Y. V. (2016) Composite performance improvement based on non-conventional natural and technogenic raw materials // *International Journal of Pharmacy and Technology 2016*. 8 (3), pp. 18856-18867.
17. Udodov, S. A., Chernykh, V. F. and Chernyi D. V. (2008) 'Primenenie poristogo zapolnitelya v otdelochnykh sostavakh dlya yacheistogo betona' [The use of porous aggregate in cellular concrete finishes] *Sukhie stroitel'nye smesi*. №3. P. 70.
18. Duxson, P., Fernandez, A., Provis, J., Mater, J. (2007) Geopolymer technology. The current state of the art // *Sci*. V. 42. Pp. 2917-2933.
19. Murtazaev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh., Saidumov, M. S. and Ismailova, Z. Kh. (2017) 'Vliyanie aktivnykh tsentrov poverkhnosti na reaktivnyy sposobnost' mineral'nykh dobavok. *Nauchnyi zhurnal «Sovremennaya nauka i innovatsii» (Stavropol' – Pyatigorsk)*. №2 (18). Pp. 168-175.
20. Murtazaev, S-A. Yu. and Salamanova, M. Sh. (2018) 'Perspektivy ispol'zovaniya termoaktivirovannogo syr'ya alyumosilikatnoi prirody' [Prospects for the use of thermally activated aluminosilicate materials] *Privolzhskii nauchnyi zhurnal*. №2 (V. 46). Pp. 65-70.