



УДК: 691.33  
DOI: 10.52409/20731523\_2022\_3\_67  
EDN: HOAOTX



## **Топливо-энергетический комплекс, экология и минеральные вяжущие вещества**

**Р.З. Рахимов<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Казанский государственный архитектурно-строительный университет,  
г. Казань, Российская Федерация

**Аннотация:** В статье представлен обзор современного состояния актуальной проблемы снижения материалоемкости промышленности строительных материалов путем вовлечения в их производство крупнотоннажных промышленных отходов, к которым относятся и разнообразные отходы топливо-энергетического комплекса. Проанализированы виды образующихся и приведены объемы накопленных к настоящему времени различными отраслями топливо-энергетического комплекса отходов. Приведен обзор современных достижений в области эффективного обращения с отходами при производстве минеральных вяжущих, материалов и изделий на их основе. Показан недостаточный уровень реализации перспективных вариантов использования отходов в промышленности строительных материалов и снижения нагрузки топливо-энергетического комплекса на окружающую среду. Сформулированы основные направления решения проблем экологической безопасности, ресурсо- и энергосбережения в производстве цемента и бетонов.

**Ключевые слова:** отходы, цемент, зола, шлак

**Для цитирования:** Рахимов Р.З. Топливо-энергетический комплекс, экология и минеральные вяжущие вещества // Известия КГАСУ 2022 №3(61), с.67-74 DOI: 10.52409/20731523\_2022\_3\_67, EDN: HOAOTX

## **Fuel and energy complex, ecology and mineral binders**

**R.Z. Rakhimov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Kazan State University of Architecture and Engineering,  
Kazan, Russian Federation

**Abstract:** The article presents an overview of the current state of the current problem of reducing the material consumption of the building materials industry by involving large-tonnage industrial wastes in their production, which includes various wastes of the fuel and energy complex. The types of waste generated and the volumes of waste accumulated by various branches of the fuel and energy complex have been analyzed. A review of modern achievements in the field of efficient waste management in the production of mineral binders, materials and products based on them is presented. The insufficient level of implementation of promising options for using waste in the building materials industry and reducing the burden of the fuel and energy complex on the environment is shown. The main directions for solving the problems of environmental safety, resource and energy saving in the production of cements and concretes are formulated.

**Keywords:** wastes, cement, fly ash, slag

**For citation:** Rakhimov R.Z. Fuel and energy complex, ecology and mineral binders // News KSUAE 2022 №3 (61), p. 67-74 DOI: 10.52409/20731523\_2022\_3\_67, EDN: HOAOTX

## 1. Введение

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) является драйвером развития экономики, промышленности, всех отраслей народного хозяйства в целом, наилучших доступных технологий, предпринимательства, производительности труда, человеческого потенциала, здравоохранения, культуры, науки, образования, экологической безопасности окружающей среды. Комплекс обеспечивает более четверти валового внутреннего продукта России, на него приходится около 30% основных фондов [1]. Вместе с тем, деятельность комплекса сопровождается образованием отходов, загрязняющих атмосферу, гидросферу и литосферу окружающей среды. Ежегодно в мире сжигается около 1 млрд.т. условного топлива с образованием при этом до 400 млн.т. золы, пепла, сажи и шлака. Отдельные разновидности многотоннажных отходов являются ценным сырьевым ресурсом для производства минеральных вяжущих веществ и широкой номенклатуры строительных материалов на их основе.

Проблема утилизации промышленных отходов объединила в себе вопросы охраны окружающей среды от загрязнения и вопросы ресурсосбережения. Отходы с одной стороны являются тяжким бременем для существования жизни на земле, а с другой стороны они являются огромным богатством, если ими распорядиться по-хозяйски. По прогнозу экспертов ООН во главе с В.Леонтьевым уже в первой половине 21-го века до 55% потребностей в природном сырье будет восполняться промышленными отходами [2].

Известно, что использование 1% отходов позволяет экономить 2% инвестиций в сырьевой комплекс.

Производственной практикой с древних времен и научными исследованиями с 18-го века установлено, что отходы производства и потребления в основной массе являются ценным вторичным сырьевым ресурсом, утилизация которого в промышленности позволяет поддерживать дальнейший рост развития экономики, сокращать использование природного сырья, добыча которого во все возрастающих объемах наносит невосполнимый ущерб окружающей среде и природе [3].

Цели настоящего обзора:

- анализ видов отходов топливо-энергетического комплекса, пригодных для производства строительных материалов,
- обзор современных достижений по разработке и производству строительных материалов на основе отходов топливо-энергетического комплекса,
- определение перспективных возможностей решения проблем ресурсо- и энергосбережения в промышленности строительных материалов.

## 2. Основная часть

### 2.1. Топливо-энергетический комплекс, сырьевые ресурсы и продукция

Топливо-энергетический комплекс включает совокупность производств по добыче топливо-энергетических ресурсов, их транспортировку, преобразование и потребление как первичных, так и преобразованных видов энергоносителей. В комплекс входят предприятия [1]:

- топливной промышленности – угольной, газовой, нефтяной, торфяной, сланцевой;
- электроэнергетики – электростанции тепловые, гидроэлектростанции, атомные и альтернативной энергетики (солнечной, ветровой, приливной и др.);
- транспорта и распределения энергоносителей, тепловой и электрической энергии.

В России электроэнергия вырабатывается с использованием энергоресурсов, в %: угля – 13, атомного – 20, гидро – 20, газа и нефти – 45, солнечной – 0,7; ветровых и гидротермальных – около 0,8.

В 20-х годах текущего столетия предприятия ТЭК России ежегодно вырабатывали около 1100 тераватт·ч электроэнергии и около 1300 млн.Гкал. тепловой энергии, занимая четвертое место в мире.

Россия располагает четвертью мировых потенциальных ресурсов каменного угля, достаточных на 420 лет потребления [4]. Ежегодная добыча угля в последние годы составляла 400 – 450 млн.т., из которых 73% - открытым способом. Половина добываемого угля подвергается гравитационному или флотационному обогащению.

На предприятиях ТЭК России ежегодно используется около 130 млн.т твердых топливных ресурсов – преимущественно каменного угля. Угольная генерация обеспечивает получение 20% тепловой и 13 – 17% электрической энергии, 45% тепловой и электрической энергии генерируется за счет использования газа и нефти.

Россия занимает 1-ое место в мире по разведанным запасам природного газа, ежегодная добыча которого составляет около 750 млрд.м<sup>3</sup> [5]. Второе место в мире Россия занимает по запасам разведанных нефтяных месторождений. В 2020-ом году было добыто 524,4 млн.т. нефти, что составляло 12,6% ее мировой добычи. Половина объема добываемой нефти направлялась на экспорт. Также 2-ое место Россия занимает и по запасам торфа с объемом разведанных ресурсов в 150 млрд.т. [1]. Ежегодное потребление его составляет около 5 млн.т.

В России запасы горючих сланцев оцениваются в объеме 1,9 трлн.т. Основной объем их ежегодной добычи в 2,5 млн.т. направляется на экспорт.

## 2.2. Экология и отходы топливно-энергетического комплекса

Человеческая деятельность, тысячелетиями направленная на непрерывное увеличение производства различной продукции и изъятие природных ресурсов, сопровождалась загрязнением окружающей среды техногенными продуктами, приведшим к мировым экологическим проблемам, среди которых [3]:

- глобальное потепление климата, сопровождающееся увеличением числа разрушительных природных катаклизмов;
- увеличение смогов над крупными городами, в которых проживает до 50% населения мира;
- ослабление озонового слоя и увеличение притока ультрафиолетовых лучей на поверхности земли;
- ежегодный слив в водный бассейн промышленных и бытовых стоков приводит к загрязнению около 70% рек и 20% поверхности мирового океана;
- ежегодное изъятие из недр земли более 4,2 млрд.т. горных пород с образованием 97 – 99% отходов их добычи и переработки;
- ежегодное образование отходов промышленности и потребления в объеме более 5 млрд. тонн;
- ежегодный выброс в атмосферу около 150 млн.тонн отходов твердых веществ;
- годовой ущерб от загрязнения окружающей среды отходами производства и потребления составляет 10% мирового ВВП;
- рост числа эпидемических заболеваний населения.

Дальнейшее накопление объемов отходов промышленности и потребления на свалках, отвалах и хранилищах, в водном бассейне и атмосфере может иметь губительные последствия как для отдельных стран, так и в целом для земного шара. Эта проблема во второй половине прошлого столетия привела к пересмотру стратегии развития земной цивилизации, в основу которой заложены принципы ресурсосбережения и охраны окружающей среды и которые стали закладываться в основу национальных программ многих стран. С 2019 г. и в России реализуется национальный проект «Экология». Одним из основных источников загрязнения окружающей среды является в России топливно-энергетический комплекс.

Наиболее негативное влияние на окружающую среду из отраслей ТЭК оказывают отходы угольной промышленности России. В процессе добычи угля открытым и шахтным способом образуется ежегодно около 1,33 млрд.т. вскрышных пород. Половина добываемого угля подвергается гравитационному или флотационному обогащению. «Запасы» продуктов гравитационного обогащения, состоящих преимущественно из пустых пород, к настоящему времени составляют около 100 млн.т...

В целом в отвалах и шламохранилищах добычи угля накопилось более 12 млрд. т. отходов, которые состоят из глинистых пород, пыли, песка, гравия, горелых пород, каменных минеральных горных пород. В сфере добычи и транспортировки нефти и газа при расчистке трасс нефте- и газопроводов и бурения скважин в России также скопилось около 9-ти млн.т. отходов в отвалах и шламохранилищах.

Значительные объемы загрязняющих окружающую среду отходов, образующихся на предприятиях ТЭК, составляют золошлаковые отходы (ЗШО) от сжигания различных видов топлива: угля, торфа, горючих сланцев, рисовой шелухи. В России таких отходов образуется ежегодно около 40 млн.т., из которых 28 млн.т. – золы. К настоящему времени их скопилось около 2,0 млрд.т., которые занимают более 28 тысяч гектаров земли.

На предприятиях ТЭК ежегодно образуются десятки тысяч тонн шламов в процессе снижения жесткости воды на стадии предварительной химводоочистки. В 2010-ом году только на предприятиях ТЭК Республики Татарстан объем образовавшихся шламов химводоочистки составил более 76 тыс.т. [6]. В целом в России на предприятиях ТЭК ежегодно образуется по расчетам более 5,6 млрд.т. шламов химводоочистки.

Отходы ТЭК, хранящиеся в отвалах и шламоохранилищах, наносят постоянный вред земляному покрову, воздушному бассейну, водам рек и озер в результате отчуждения больших площадей, засоления и минерализации земель и подземных и надземных вод, ухудшения гидрохимического режима водоемов. Связанные с этим экологические проблемы жизнедеятельности населения зависят от уровня утилизации отходов ТЭК в качестве сырьевых ресурсов в различных отраслях промышленности. В России к настоящему времени скопилось около 23 тыс.т. ядерных отходов расположенных на ее территории 10-ти атомных электростанций.

2.3. Отходы топливно-энергетического комплекса в производстве минеральных вяжущих веществ и строительных материалов на их основе

Самым мощным потребителем отходов ТЭК объективно является строительство и его базовая отрасль – промышленность строительных материалов, как самая материалоемкая [7-11]. Практически большая часть разновидностей строительных материалов – минеральных вяжущих, растворов, бетонов, сухих строительных смесей, керамических материалов, ситаллов и других производятся или могут производиться на основе или с добавками отходов добычи, обогащения и сжигания топливных ресурсов и шламов химводоочистки предприятий ТЭК. Постоянно образующиеся и накопленные в отвалах и шламоохранилищах отходы добычи, транспортировки и обогащения угля, нефти, газа, сланцев и торфа используются в качестве сырьевых компонентов в производстве цементного клинкера, в качестве инертных и активных минеральных добавок к цементам и строительным материалам на их основе.

В производстве строительных материалов получили применение образующиеся на предприятиях ТЭК золошлаковые отходы сжигания твердых видов топлива [12, 13]. Наибольшее применение из этих отходов получила зола-унос, улавливаемая при сжигании большинства разновидностей топлива и представляющая собой тонкодисперсный материал, состоящий из частиц размером 5 – 100 мкм. [7-10, 14-17].

Применение золошлаков и золы-уноса в качестве добавок в составе портландцементов и бетонов регламентируется и межгосударственными стандартами (ГОСТ 25592 – 2019. Смесей золошлаковые тепловых электростанций для бетонов; ГОСТ 31108 – 2020 Цементы общестроительные. Технические условия; ГОСТ Р56828.26 – 2017. Наилучшие доступные технологии. Ресурсосбережение. Аспекты эффективного обращения с отходами в цементной промышленности; ГОСТ 25818 – 2017 Золо-унос ТЭС для бетонов).

Топливные шлаки и золошлаковые смеси применяются в виде мелких и крупных заполнителей в бетонах и растворах. Топливные шлаки в молотом состоянии и золы применяются и в производстве шлакощелочных вяжущих и геополимеров [18-24]. Отдельные разновидности таких вяжущих применяются в производстве бетонов для захоронения радиоактивных отходов [25].

Шламы гидроуглеобогащения и химводоочистки также являются ценным вторичным сырьевым ресурсом для производства цементов и местных бесцементных и малоцементных вяжущих – известково-зольных, известково-пуццолановых, известково-глинистых, сланцезольных, торфозольных, известковошлаковых и др. [26,27].

#### 2.4. Цементная промышленность и отходы топливно-энергетического комплекса

Цемент вместе с бетоном – второй после воды наиболее употребляемый ресурс на земле [25], а цементная промышленность – одна из ведущих отраслей производства строительных материалов. Ежегодно в мире производится более 4 млрд.т. цемента.

В 80-х годах 20 века СССР занимал первое место в мире по производству портландцемента. Также он занимал первое место и по производству шлакопортландцемента, что позволяло сократить значительно расходы сырьевых и топливных ресурсов [7].

После резкого спада, отмечавшегося в 90-х годах 20 века, в последние десятилетия производство цемента систематически наращивалось. Этому способствовало и издание в России нормативных документов по ресурсо- и энергосбережению и обращению с отходами в цементной промышленности [ГОСТ 25592 – 2019. Смеси золошлаковые тепловых электротанций для бетонов; ГОСТ 31108 – 2020 Цементы общестроительные. Технические условия; ГОСТ Р56828.26 – 2017. Наилучшие доступные технологии. Ресурсосбережение. Аспекты эффективного обращения с отходами в цементной промышленности; ГОСТ 25818 – 2017 Золо-унос ТЭС для бетонов]. Достигнуты определенные успехи в освоении производства и новых разновидностей эффективных строительных материалов. Однако по объемам производства цемента Россия в настоящее время занимает 8-ое место среди стран мира, уступая Китаю в сорок раз. Китай в последние десятилетия занимает по производству цемента 1-е место в мире, ежегодно производя 2.0-2.2 млрд.т. – более половины его мирового производства. Очевидно, с этим связаны успехи китайской экономики в целом. В России этот показатель составляет около 55 млн.т. В отдельные годы импорт цемента в Россию из Белоруссии, Казахстана, Украины и других стран превышал его экспорт.

Со сложившимся уровнем производства минеральных вяжущих, в том числе – цемента, связано в определенной мере систематическое повышение цен на строительные материалы, что отражается на экономике страны в целом и ресурсном обеспечении ее экономического развития.

В 2021 г. строительный комплекс России достиг рекордного успеха в объеме жилищного строительства, увеличив его на 30% [28]. Этот успех достигнут на фоне систематического роста цен на строительные материалы, в том числе – на цемент, которые только с марта 2020 года по январь 2021 года выросли по всей стране на 70-75% [29].

Сложившийся к настоящему уровень производства цемента связан с состоянием предприятий цементной промышленности, в которой отмечаются отдельные недостатки:

- высокая энерго- и ресурсозатратность [30];
- высокий износ технологического оборудования, устаревшие технологии, низкая степень автоматизации производства [31];
- недостаточный уровень замены части клинкера минеральными добавками, использования альтернативных видов топлива и вторичных сырьевых ресурсов [32];
- уменьшение объемов производства шлакопортландцемента – до 2,5% и использование менее 4% золошлаковых отходов ТЭК в цементном производстве в 2020-ом году [33].

– В настоящее время в РФ в производстве и модификации строительных материалов используется около 15% золошлаковых отходов ТЭК. Этот показатель составляет в Китае 25%, а в странах Европы до 70%. Систематический рост стоимости строительных материалов в России ведет к снижению ее экономической конкурентоспособности в мире. Для предотвращения все увеличивающейся стоимости цемента и строительных материалов на их основе является необходимым:

- провести модернизацию техники и технологий цементных предприятий до современного мирового уровня;
- значительно – в разы – увеличить объемы производства цемента и строительных материалов на их основе;
- обеспечить мировой уровень ресурсо- и энергозатратности продукции цементных предприятий и промышленности строительных материалов за счет повышения

использования в производстве до 50-70% вторичного минерального сырья, включая золошлаковые отходы топливно-энергетического комплекса;

– снизить при этом уровень загрязнения окружающей среды отходами топливно-энергетического комплекса.

### 3. Заключение

Эффективное использование отходов топливно-энергетического комплекса в строительном производстве внесет существенный вклад в реализацию национальных проектов России «Экология», «Жилье и городская среда», «Безопасные и качественные автомобильные дороги», нацеленных на обеспечение комфортной среды для жизни..

#### Список литературы/ References

1. <https://ru.m.wikipedia.org> > wiki Топливно-энергетический комплекс России.[ wiki Fuel and energy complex of Russia.]
2. Будущее мировой экономики. Доклад группы экспертов ООН во главе с В.Леонтьевым // М. Международные отношения. 1979 – 212 с.[ The future of the world economy. Report of the UN group of experts headed by V. Leontiev // M. International relations. 1979 - 212 p]
3. Рахимов Р.З., Магдеев У.Х., Ярмаковский В.Н. Экология, научные достижения и инновации в производстве строительных материалов на основе и с применением техногенного сырья // строительные материалы. 2009, №12 – С. 3 – 5.[ Rakhimov R.Z., Magdeev U.Kh., Yarmakovskiy V.N. Ecology, scientific achievements and innovations in the production of building materials based on and using technogenic raw materials // building materials. 2009, No. 12 – p. 3 - 5.]
4. <https://m.realnoevremya.ru> > articles Угольная отрасль России: перспективы и состояние[articles Russian coal industry: prospects and state.]
5. <https://wonderware.ru> > solutions Нефтегазодобывающая промышленность.[ solutions Oil and gas industry]
6. Утилизации шлама химводоочистки на ТЭС. Монография / Казань. Николаева Л.А., Бородай Е.Н. Ресурсосберегающие технологии ГТЭУ, 2012 – 110 с.[ Utilization of chemical water treatment sludge at thermal power plants. Monograph / Kazan. Nikolaeva L.A., Boroday E.N. Resource-saving technologies GTEU, 2012 - 110 p].
7. Боженов П.И. Комплексное использование минерального сырья и экология // М.: Изд-во АСВ, 1994 – 264 с.[ Bozhenov P.I. Complex use of mineral raw materials and ecology // M.: Izd-vo DIA, 1994 - 264 p.]
8. Дворкин Л.И., Пашков И.А. Строительные материалы из отходов промышленности. // Ростов на Дону: Феникс, 2007 – 368 с.[ Dvorkin L.I., Pashkov I.A. Building materials from industrial waste. // Rostov-on-Don: Phoenix, 2007 - 368 p.]
9. <https://cybcrleninka.ru> > article > an... Пичугин Е.А. Аналитический обзор накопленного в Российской Федерации опыта вовлечения в хозяйственный оборот отходов тепловых электростанций. 2019... [Pichugin E.A. Analytical review of the experience accumulated in the Russian Federation of involvement in the economic circulation of waste from thermal power plants. 2019.]
10. Котляр В.Д., Талпа Б.В., Терехина Ю.В. Котляр А.В. Техногенное сырье для производства строительных материалов // Ростов на Дону, ДГТУ – 2014 – 203 с.[ . Kotlyar V.D., Talpa B.V., Terekhina Yu.V. Kotlyar A.V. Technogenic raw materials for the production of building materials // Rostov-on-Don, DSTU - 2014 - 203 p.]
11. Рахимов Р.З., Рахимова Н.Р. История науки и техники: Учебное пособие для ВО. 2-е издание / Санкт-Петербург: Лань, 2021 – 404 с.[ Rakhimov R.Z., Rakhimova N.R. History of Science and Technology: Textbook for VO. 2nd edition / St. Petersburg: Lan, 2021 - 404 p]
12. Худякова Л.И., Залуцкий А.В., Палкеев П.Л. Использование золошлаковых отходов тепловых электростанций // XXI век. Техносферная безопасность. 2010 №4/3 – с.375-391.[ Khudyakova L.I., Zalutsky A.V., Palkeev P.L. The use of ash and slag waste from thermal power plants // XXI century. Technosphere safety. 2010 No. 4/3 - pp. 375-391.]
13. Соловьев Л.П., Пронин В.А. Утилизация зольных отходов тепловых электростанций // Современные наукоемкие технологии. 2011, №3 – с.40-42. [Solovyov L.P., Pronin V.A.

- Utilization of ash waste from thermal power plants // Modern science-intensive technologies. 2011, No. 3 - p.40-42].
14. Ватин Н.И., Петросов Д.В., Калачев А.И., П.Лахтинян. Применение зол и золошлаковых отходов в строительстве / Magazine of Civil Engineering. №4. 2011. [ Vatin N.I., Petrosov D.V., Kalachev A.I., P. Lakhtinyan. The use of ashes and ash and slag waste in construction / Magazine of Civil Engineering. No. 4. 2011.]
  15. Зырянов В.В. Зола-унос – техногенное сырье / М.: ИИЦ. 2009 – с.311. [ Zyryanov V.V. Fly ash - technogenic raw materials / М.: ИИЦ. 2009 - p.311.]
  16. Yao Z.T., Ji X.S., Sacker P.K., Tang J.H., Ge L.O., Xia M.S., Xi Y.O. A comprehensive review on the applications of coal fly ash // Earth – Science Review – 2015/
  17. Sett R. Flyash; charactenstics, problems and positive utilization // Advances in Applied Science Rescarch. 2017. Vol. 8 (3).
  18. Глуховский В.Д., Пахомов В.А., Шлакощелочные вяжущие и бетоны / Киев: Будивельник, 1978 – 184 с. [ Glukhovsky V.D., Pakhomov V.A., Slag-alkali binders and concretes / Kyiv: Budivel'nik, 1978 - 184 p]
  19. Рахимова Н.Р. Состояние и перспективные направления развития исследований и производства композиционных шлакощелочных вяжущих, растворов и бетонов / Строительные материалы. 2008. №9. С. 77-80. [ Rakhimova N.R. State and perspective directions of development of research and production of composite slag binders, mortars and concretes / Building materials. 2008. No. 9. pp. 77-80.]
  20. Рахимов Р.З., Рахимова Н.Р. Строительство и минеральные вяжущие прошлого, настоящего и будущего / строительные материалы, 2013, №5 – с.57-59. [Rakhimov R.Z., Rakhimova N.R. Construction and mineral binders of the past, present and future / building materials, 2013, No. 5 - p.57-59 ]
  21. Nematollahi B., Sanjayan J. Effect of different superplasticizers and activator combinations on workability and strength of fly ash based geopolymers // Materials and Design. 2014. Vol. 57. P.667-672.
  22. Feng J., Zhang R., Gong L., Li Y., Cao W., Cheng X Development of porous fly ash-based geopolymers with low thermal conductivity // Materials and Design. 2015. Vol. 65. P.529-533
  23. Rakhimova N.R., Rakhimov R.Z., Toward clean cement technologies: A review on alkali-activated fly-ash cements incorporated with supplementary materials, Journal of Non-Crystalline Solids 509 (2019) 31-41.
  24. Makarenko S.V., Lozovsky B.M., Khokhryakov O.V., Khozin V.G., Borovskikh I.V. Prospects for the use of ash-alkali binders in the production of building materials by the method of semi-dry pressing, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "International Baikal Investment and Construction Forum "Spatial Restructuring of Territories"" 2021. P. 012120. [ Makarenko S.V., Lozovsky B.M., Khokhryakov O.V., Khozin V.G., Borovskikh I.V. Prospects for the use of ash-alkali binders in the production of building materials by the method of semi-dry pressing, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "International Baikal Investment and Construction Forum "Spatial Restructuring of Territories"" 2021. P. 012120.]
  25. Rahman R.O.A., Rakhimov R.Z., Rakhimova N.R., Ojovan M.I. Cementitious materials for nuclear wastes immobilization, Wiley, 2015. – p.231.
  26. Малоцементные и бесцементные вяжущие и мелкозернистые бетоны различного назначения из вторичных минеральных ресурсов / С.И.Павленко и др.; отв. Ред. В.А.Полубояров; Министерство образования и науки РФ: Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Сиб. гос. индустр. ун-т // Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010 – 323 с. [ . Low-cement and cementless binders and fine-grained concretes for various purposes from secondary mineral resources / S.I. Pavlenko et al.; resp. Ed. V.A. Poluboyarov; Ministry of Education and Science of the Russian Federation: Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry SB RAS, Sib. state industry un-t // Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2010 - 323 p.]
  27. Рахимов Р.З., Рахимова Н.Р., Халиуллин М.И., Гайфуллин А.Р. Отходы промышленности и экологическая безопасность строительства и городского хозяйства // Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства. 2015. №2 (38) – с. 97-102. [ Rakhimov R.Z., Rakhimova N.R., Khaliullin M.I., Gaifullin A.R. Industrial

- wastes and ecological safety of construction and municipal economy // Ecological safety of construction and municipal economy. 2015. No. 2 (38) - p. 97-102].
28. Проблема технического регулирования в строительстве в рамках 100 + Technobuild // Строительная газета, №39, 08.10.2021.[ The problem of technical regulation in construction within the framework of 100 + Technobuild // Stroitel'naya gazeta, No. 39, 08.10.2021].
29. Щеглов А. Эффективного ответа на удорожание строительных материалов пока не найдено // строительная газета, №27 (10654), 16.07.2021.[ Shcheglov A. An effective response to the rise in the cost of building materials has not yet been found // construction newspaper, No. 27 (10654), 07/16/2021]
30. Витт О.С. Современное состояние отечественной цементной промышленности и проблемы ее конкурентоспособности // Стратегия развития экономики. 2011. №17 (110), с.48-51.[ Witt O.S. The current state of the domestic cement industry and the problems of its competitiveness // Strategy for the development of the economy. 2011. No. 17 (110), pp. 48-51.]
31. Шевченко И.В., Григорьева Е.А. Реструктуризация предприятий и отраслей промышленного производства Красноярского края (по материалам цементной промышленности) / Стратегия развития экономики. 2011. №17 (110), с.52-55.[ Shevchenko I.V., Grigorieva E.A. Restructuring of enterprises and industries in the Krasnoyarsk Territory (based on the materials of the cement industry) / Strategy for the development of the economy. 2011. No. 17 (110), pp. 52-55.]
32. Скобло Л.И. Цементная промышленность на постсоветском пространстве сегодня. Обзорение // Цемент и его применение. 2018. №1 с.26-28.[ Skoblo L.I. The cement industry in the post-Soviet space today. Review // Cement and its application. 2018. No. 1 p.26-28.
33. Василик Ш.Ю., Еремина Е.М. Цементная промышленность в 2020 году, Цемент и его применение. 2020. №6.[ Vasilik Sh.Yu., Eremina E.M. Cement industry in 2020, Cement and its application. 2020. №6.]

#### Информация об авторах

**Рахимов Равиль Зуфарович**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация  
e-mail: rahimova.07@list.ru

#### Information about the authors

**Ravil Z. Rakhimov**, doctor of technical sciences, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation  
e-mail: rahimova.07@list.ru