

В.З. АБДРАХИМОВ¹, Е.С. АБДРАХИМОВА²

¹Самарский государственный экономический университет, г. Самара, Россия

² Самарский университет (Национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева), г. Самара, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЖАРОСТОЙКИХ БЕТОНОВ АЛЮМОСОДЕРЖАЩЕГО НАНОТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ И ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ

Аннотация. В настоящей работе с применением отходов химической промышленности – алюмосодержащего нанотехногенного сырья и топливно-энергетического комплекса – углеобогащения на основе фосфатных связующих получен жаростойкий бетон с высокими физико-механическими показателями. Благодаря использованию ортофосфорной кислоты в качестве связующего удастся утилизировать 80-90% отходов химической промышленности и углеобогащения, что способствует снижению антропогенной нагрузки на окружающую среду и человека. Исследования показывают, что при уменьшении размера зерен увеличивается общая величина поверхности раздела фаз, уменьшается средний радиус кривизны выпуклых участков, растет их избыточная поверхностная энергия, уменьшаются расстояния между источниками и поглотителями вакансий в системе. Экспериментальные исследования и богатый практический опыт керамических производств подтверждают важнейшую роль степени измельчения (или использования наноразмерных сырьевых материалов). За счет действия одного этого фактора удастся в ряде случаев снизить требуемую температуру спекания на 50-100°C и более. Использование отходов производств в производстве строительных материалов способствует: а) утилизации промышленных отходов; б) охране окружающей среды; в) расширению сырьевой базы для получения жаростойких бетонов на основе фосфатных связующих.

Ключевые слова: отходы углеобогащения, экология, жаростойкий бетон, отработанный катализатор, ортофосфорная кислота.

B.Z. ABDRAKHIMOV¹, E.S. ABDRAKHIMOVA²,

¹Samara State University of Economics, Samara, Russia,

²Samara University (National Research University named after Academician S.P. Koroleva), Samara, Russia

USE OF ALUMINUM-CONTAINING NANOTECHNOGENIC RAW MATERIALS AND CARBON WASTE IN THE PRODUCTION OF HEAT-RESISTANT CONCRETE

Abstract. In this work, using waste from the chemical industry — aluminum-containing nanotechnogenic raw materials and a fuel and energy complex — coal enrichment based on phosphate binders, heat-resistant concrete with high physical and mechanical properties is obtained. Thanks to the use of orthophosphoric acid as a binder, it was possible to utilize 80-90% of chemical industry waste and coal preparation, which helps to reduce the anthropogenic load on the environment and humans. Studies show that as the grain size decreases, the total size of the interface is increased, the average radius of curvature of the convex sections decreases, their excess surface energy grows, and the distances between the sources and absorbers of vacancies in the system decrease. Experimental studies and rich practical experience in ceramic industries confirm the crucial role of the degree of grinding (or the use of nanoscale raw materials). Due to the action of this factor alone, it is possible in some

cases to reduce the required sintering temperature by 50-100 °C or more. The use of industrial wastes in the production of building materials contributes to: a) the utilization of industrial wastes; b) environmental protection; b) the expansion of the raw material base for heat-resistant concrete based on phosphate binders.

Keywords: coal preparation waste, ecology, heat-resistant concrete, spent catalyst, phosphoric acid.

Введение

В современных экономических условиях при ограниченном государственном финансировании геологоразведочных работ весьма важным является принятие оптимальных управленческих решений по выбору сырьевых материалов, которые дадут максимальный не только экономический, но и экологический эффект [1, 2]

Альтернативным сырьевым источником являются **техногенные вторичные ресурсы** (отходы промышленности) [3], но пока они используются недостаточно. Но по мере истощения природных ресурсов, повышения требований к охране окружающей среды и разработки новых эффективных технологий техногенное сырье будет применяться значительно шире.

Производство строительных материалов характеризуется большим потреблением энергетических ресурсов, затратами на производство и высоким уровнем материалоемкости [4].

Материалоемкость производства строительных материалов определяется количеством сырья, израсходованного на их производство, к общему объему выпущенной продукции. Одним из направлений снижения материалоемкости является применение производственных отходов в качестве выгорающих добавок и в качестве алюмосодержащего сырья для производства новых строительных изделий и жаростойких бетонов [5].

Один из четырех законов Барри Коммонера (1917-2012) гласит: «Природа знает лучше». Процессы самоочищения происходят и без участия человека, но для их ускорения необходимы дополнительные условия [6, 7]. К дополнительным условиям можно отнести и европейское законодательство (Директива Европейского Парламента и Совета Европейского Союза 2008/98/ЕС), которое подчеркивает, что существует приоритетность методов управления отходами, в котором наиболее приемлемым вариантом утилизации отходов с сопутствующим повышением энергоэффективности композитного производства является их переработка с целью повторного использования полученных при этом продуктов [8]. Опыт передовых зарубежных стран показал техническую осуществимость этого направления и применения еще и как инструмента защиты природной среды от загрязнения [9]. Вместе с тем из отходов или из отходов в комбинации с природным сырьем могут быть изготовлены практически все основные строительные материалы.

Цель работы: а) основной целью данной работы являлось установление возможности использования крупнотоннажных минеральных отходов в качестве наполнителя для получения жаростойкого бетона, отвечающего современным требованиям безопасности и обладающего необходимыми конкурентными преимуществами. б) снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду и человека за счет использования крупнотоннажных отходов химического промышленности и топливно-энергетического комплекса в производстве жаростойких бетонов на основе фосфатных связующих.

Жаростойкие бетоны

Современное развитие экономики России выдвигает ряд научно-технических задач, решение которых предполагает радикальное снижение материалоемкости конструкций, энергетических и тепловых потерь, а также рациональное и эффективное использование всех видов ресурсов [10-13]. Такая тенденция наблюдается не только в России, но и за рубежом, поэтому вопросы разработки новых жаростойких материалов с использованием отходов

производств имеют первостепенное значение. Наибольший эффект при решении подобных задач достигается при замене штучных огнеупорных изделий огнеупорными легкими жаростойкими бетонами. Как известно, практически на каждом предприятии эксплуатируется большое число теплоагрегатов и котельных установок [10-13].

Как показали исследования [10-13], наибольшая долговечность из жаростойких бетонов (композитов), может быть достигнута за счет применения химических связующих, которые позволяют использовать в композитах до 90% отходов.

Фосфатные связующие, применяемые в жаростойких бетонах относятся к химическим связующим.

Химические связующие дают возможность широко использовать многие неорганические отходы промышленности, в том числе нанотехногенное сырье — высокоглиноземистые отходы нефтехимии. При формировании прочного камня в бетоне происходит силикатное или фосфатное связывание неорганических отходов в устойчивые высокотемпературные соединения. Пропитка огнеупорных заполнителей химическими связующими упрочняет их, а в некоторых случаях и повышает огнеупорность, что очень важно для жаростойких бетонов.

В настоящее время в России и за рубежом проведено большое количество работ, направленных на совершенствование технологии получения фосфатного жаростойкого бетона, повышение его эксплуатационных свойств, а также расширение сырьевой базы.

Сырьевые материалы

Для получения жаростойкого бетона в качестве связующего использовалась фосфатная кислота, в качестве алюмосодержащего компонента — отработанный катализатор ИМ-2201, в качестве наполнителя — отходы углеобогащения ЦОФ «Абашевской», химические составы которых представлены: оксидного в таблице 1, а поэлементного в таблице 2.

Таблица 1 – Химический оксидный состав сырьевых материалов

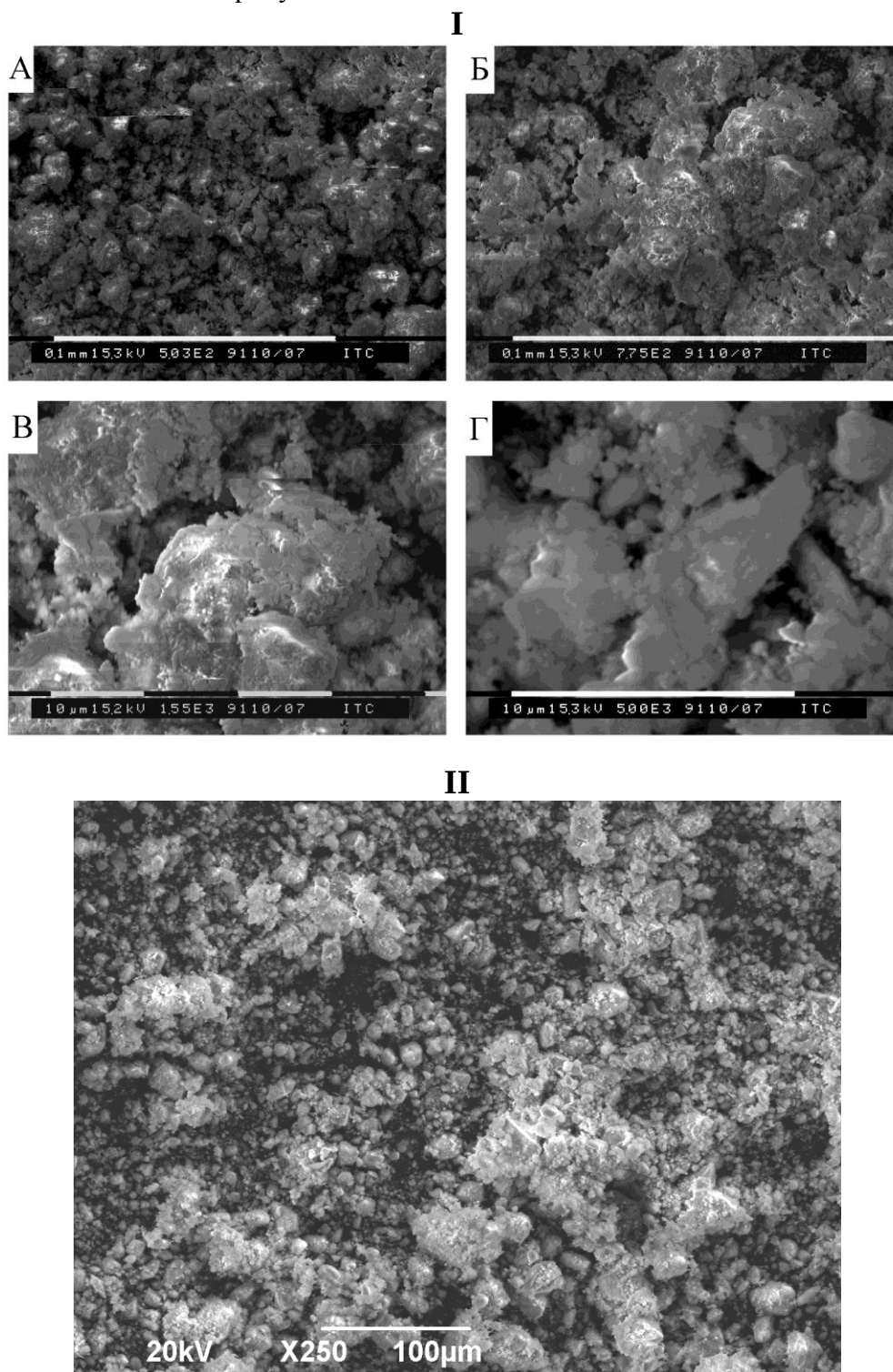
Компонент	Содержание оксидов, мас. %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Cr ₂ O ₃	R ₂ O	П.п.п.
1. Отработанный катализатор	7,90	74,5	0,15	—	0,10	14,8	1,58	—
2. Отходы углеобогащения ЦОФ «Абашевской»	54-55	16-17	3-4	5-6	1,5-2	—	3-4	15-17

Таблица 2 - Элементный химический состав сырьевых материалов

Отход	Содержание элементов, мас. %									
	C	O	Na	Mg	Al+Ti	Si	Cr	K	Ca	Fe
1. Катализатор ИМ-2201	—	60,74	1,0	—	26,58	2,82	8,1	1,80	—	0,01
2. Отходы углеобогащения ЦОФ «Абашевской»	6,2	52,92	1,54	0,2	11,58	19,5		1,71	3,5	2,85

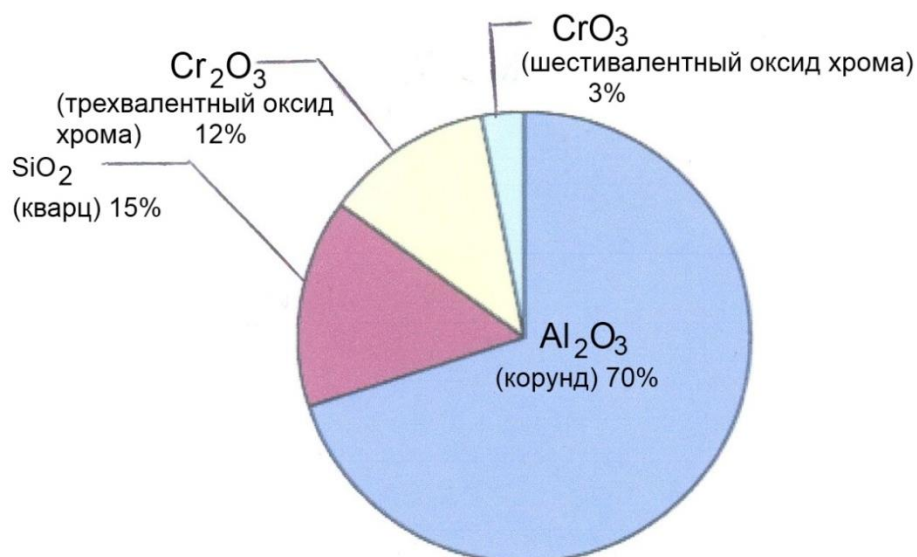
Отработанный катализатор ИМ–2201. В Самарской области, где развито химическое производство (г. Новокуйбышевск — химкомбинат и г. Тольятти — завод синтетического каучука), имеются большие количества высокоглиноземистых отходов. В процессе синтеза бутадиен-стирольных каучуков образуется отработанный катализатор ИМ–2201. Отработанный катализатор ИМ–2201, представляет собой тонкодисперсный порошок с удельной поверхностью до 8000 см²/г и огнеупорностью до 2000°С.

Микроструктура отработанного катализатора ИМ-2201 выполнена с помощью растрового электронного микроскопа JEOL-6390A и представлена на рисунке 1, а минералогический состав на рисунке 2.



*Рисунок 1 - Микроструктура сырьевых материалов: I — отработанного катализатора ИМ-2201. Увеличение: А – x50, Б – x750, В – x1500, Г – x5000
II — отходов углеобогащения ЦОФ «Абашевской». Увеличение x250*

а)



б)

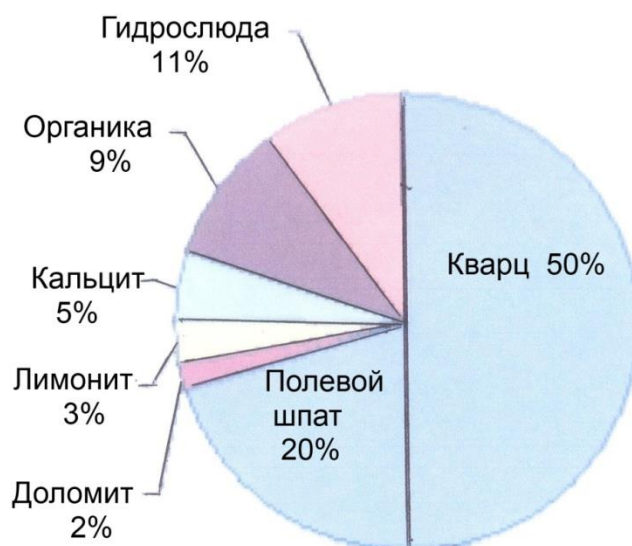


Рисунок 2 – Минералогический состав сырьевых материалов:
а) отработанный катализатор ИМ-2201; б) отходы углеобогащения ЦОФ «Абашевской»

Как видно из рисунка 2, в минералогическом составе отработанного катализатора 70% содержится Al_2O_3 . В составе неметаллических материалов Al_2O_3 обычно присутствует в качестве высокотемпературной α — модификации, которая является аналогом природного минерала — корунда [13]. Температура плавления корунда 2050°C , превращение низкотемпературной γ - в α -модификацию происходит при температурах свыше 1000°C .

Отработанный катализатор отличается от высокодисперсных порошкообразных материалов природного и техногенного происхождения наноразмерностью, которая находится в пределах от 80 до 3000 нм и зависит от условий образования.

Исследования образцов отработанного катализатора с целью определения размерности его частиц были приведены в институте ядерных исследований (г. Гатчина, Ленинградская область) методом малоуглового рассеяния нейтронов на дифрактометре «Мембрана-2» [14].

Отходы углеобогащения Абашевской ЦОФ (г. Новокузнецк). Отходы обогащения представлены в основном сланцами аргиллито-алевролитового состава с прослойками песчаников.

Открытое акционерное общество "Центральная обогатительная фабрика "Абашевская» осуществляет следующие виды деятельности:

- а) добыча каменного угля, бурого угля и торфа;
- б) добыча, обогащение и агломерация каменного угля;

Основной деятельностью акционерного общества является обогащение каменного угля.

Растущие потребности народного хозяйства в топливно-энергетическом сырье выдвигают на первый план задачу его комплексного использования и широкого вовлечения в хозяйственный оборот образующихся отходов — вторичных ресурсов.

Отходы углеобогащения относятся к топливно-электроэнергетическому комплексу, который является одним из основных «загрязнителей» окружающей природной среды. Это выбросы в атмосферу (48% всех выбросов в атмосферу), сбросы сточных вод (36% всех сбросов), а также образование твердых отходов (30% всех твердых загрязнителей). Исследования показали, что в исследуемых отходах углеобогащения повышенное содержание органики (п.п.п.=15-17%, таблица 1) и углерода (C=6,2%, таблица 2), которые могут образовывать глобальные потоки УВ (углеводородов).

В работе [15] было показано, что глобальные потоки УВ (углеводородов) в отходах топливно-энергетического комплекса проникают в почву. В результате в почвах складывается определенный комплекс УВ всевозможных классов, находящихся в разных агрегатных состояниях, что не благоприятно сказывается на фауне и флоре данного региона. В работе [16] отмечено, что комплекс УВ очень сложен по составу и содержит десятки индивидуальных компонентов, различающихся физическими, химическими и токсикологическими свойствами. Попадая в почвы, УВ подвергаются сорбции органическим и минеральным веществом почв [17]. Использование вторичных ресурсов на базе современных технологий в производстве строительных материалов отвечает также общегосударственным интересам по защите окружающей среды.

Фосфатные вяжущие. Для изготовления жаростойких бетонов использовалась в качестве связующей ортофосфорная кислота H_3PO_4 в чистом виде по ГОСТ 6552-80, норма — чистый (ч.) ОКП 26 1213 0021 10. Массовая доля ортофосфорной кислоты (H_3PO_4) не менее 85%, плотность не менее 1,69 г/см³.

Фосфатные вяжущие, имеющие высокую прочность после твердения способны увеличить прочность при нагревании. Они обладают высокой термостойкостью и многие из них характеризуются высокой огнеупорностью, например, при использовании отработанного катализатора, имеющего повышенное содержание Al_2O_3 , получают алюмофосфатные изделия с огнеупорностью — 1750°C.

Установлено, что основным фактором, определяющим возможность применения оксидов металлов для производства фосфатных связующих, является тепловой эффект реакций растворения оксидов и гидроксидов поливалентных металлов [18].

Оксид алюминия замедляет схватывание ОФК (ортофосфорной кислоты) и переводит ее в алюмофосфатное связующее.

Высокая химическая стойкость модифицированных фосфатами алюмосиликатных и высокоглиноземистых огнеупоров обуславливается уменьшением общей пористости и образованием в порах в процессе нагрева стабильного алюмофосфата $AlPO_4$, инертного по отношению к кислым и основным средам.

Повышенная химическая стойкость фосфатных материалов объясняется специфической структурой ортофосфатов, у которых расположенные на поверхности тетраэдры PO_4 обращенные в сторону расплава, который связан с центральным атомом "P" двойной связью и поэтому являются пассивными [18].

Технологический процесс

Технологический процесс производства бесцементных жаростойких бетонов включает в себя: приготовление формовочной массы, формования изделий и термообработку. Следует отметить, что для своего затвердевания и набора марочной прочности жаростойкие бетоны требуют особую термообработку.

Для бетонов на ортофосфорной кислоте с компонентами, представленных составами в таблице 3, — нагревание до 1200°C с подъемом температуры до 200°C со скоростью 60°C и до 1200°C — 150°C/час, выдерживание в течение 2 часов, охлаждение вместе с печью. Физико-механические свойства жаростойких бетонов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Составы для получения и физико-механические показатели жаростойких бетонов

Компоненты	Содержание компонентов, мас. %			
	1	2	3	4
1. Отработанный катализатор ИМ-220	40	42	44	45
2. Отходы углеобогащения ЦОФ «Абашевской»	40	43	44	45
3. Ортофосфорная кислота	20	15	12	10
Физико-механические показатели жаростойкого бетона, после твердения и нагревания до температуры 1200°C				
Механическая прочность на сжатие, МПа	58,8	62,3	63,5	64,1
Механическая прочность при изгибе, МПа	31,7	35,4	36,8	37,2
Морозостойкость, циклы	44	51	55	59
Термостойкость, циклы (350°C - вода 20°C)	5	7	7	6
Кислотостойкость, %	95,4	95,9	96,2	96,8

Твердение происходит в результате химического взаимодействия ортофосфорной кислоты с наполнителями, особенно с тонкомолотой ее частью, и последующих реакций полимеризации и поликонденсации, которые усиливаются по мере сушки и нагревания бетона [18]. Как видно из таблицы 3, благодаря использованию ортофосфорной кислоты в качестве связующего удастся утилизировать до 80-90% отходов химической промышленности и энергетики и получить жаростойкие бетоны с высокими физико-механическими показателями.

Обсуждение результата

В работе [19] было показано, что если в используемых отходах содержится даже в небольшом количестве наночастиц, то энергию Гиббса можно записать в следующем виде: $G_i^{нк} = G_i^{мас.} + \sigma_i f_i$, где $G_i^{нк}$ и $G_i^{мас.}$ — энергия Гиббса нанокристаллических и массивных фаз соответственно; σ_i и f_i — поверхностное натяжение и поверхность частиц i -й фазы соответственно. Это означает, что в системе появляется еще один независимый параметр — поверхность, а, следовательно, появляется дополнительная степень свободы.

Эффект от внедрения наноразмерных частиц принципиально выражается в том, что в системе появляется не только дополнительная граница раздела, но и носитель квантовомеханических проявлений [19, 20]. Присутствие в системе наноразмерных частиц способствует увеличению объема адсорбционно и хемосорбционно связываемой ими жидкости. А это приводит к уменьшению объема не только капиллярно-связанной но и свободной жидкости, что повышает пластичность формовочной массы и прочностных показателей изделий.

При уменьшении размера зерен увеличивается общая величина поверхности раздела фаз, уменьшается средний радиус кривизны выпуклых участков, растет их избыточная поверхностная энергия, уменьшаются расстояния между источниками и поглотителями вакансий в системе. Экспериментальные исследования и богатый практический опыт керамических производств подтверждают важнейшую роль степени измельчения (или

использования наноразмерных сырьевых материалов). За счет действия одного этого фактора удается в ряде случаев снизить требуемую температуру спекания на 50-100°C и более.

Выводы

Таким образом, исследовано влияние нанотехногенного высокоглиноземистого сырья — отработанного катализатора ИМ-2201 и отхода углеобогащения на физико-механические свойства жаростойких композитов на основе фосфатных связующих. Полученные жаростойкие бетоны имели высокие показатели по механической прочности, термостойкости, кислотостойкости и морозостойкости

Эффект от внедрения наноразмерных частиц принципиально выражается в том, что в системе появляется не только дополнительная граница раздела, но и носитель квантовомеханических проявлений. Присутствие в системе наноразмерных частиц способствует увеличению объема адсорбционно и хемосорбционно связываемой ими воды, которое уменьшает объем капиллярно-связанной и свободной воды, что приводит к повышению пластичности формовочной массы и прочностных показателей изделий.

Использование отходов производств в производстве строительных материалов способствует: а) утилизации промышленных отходов; б) охране окружающей среды; в) расширению сырьевой базы для получения жаростойких бетонов на основе фосфатных связующих.

Благодаря использованию ортофосфорной кислоты в качестве связующего удалось утилизировать 80-90% отходов химической промышленности и получить жаростойкие бетоны с высокими физико-механическими показателями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дадыкин В.С., Дадыкина О.В. Методика расчета необходимого прироста запасов в управлении воспроизводством минерально-сырьевой базы // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2019. №3. С. 54-57.
2. Хасаев Г.Р., Власов А.Г. Государственная кадастровая оценка в системе социально-экономического развития региона. Монография. Самара: Самарский государственный экономический университет, 2019. 200 с.
3. Абдрахимов В.З. Использование золошлакового материала и нанотехногенного карбонатного шлама в производстве кирпича на основе бейделлитовой глины // Строительство и реконструкция. 2019. №2. С. 81-89.
4. Ашихмина О.С., Суворова С.П. Проблема промышленности строительных материалов в России // Студенческий: электронный научный журнал. 2018. № 7(27). URL: <https://sibac.info/journal/student/27/103102>
5. Бархатенко В.В., Бурдонов А.Е., Зелинская Е.В., Толмачева Н.А., Головина А.В., Самороков В.Э. Исследование свойств современных строительных материалов на основе промышленных отходов // Фундаментальные исследования. 2013. № 10-12. С. 2599-2603.
6. Кальнер В.Д. Экологически ориентированная среда обитания – интегральный критерий качества жизни // Экология и промышленность России. 2019. Т.23. №11. С. 50-54.
7. Смятская Ю.А., Фазуллина А.А., Политаева Н.А., Чусова А.Н., Безбородов А.А. Очистка сточных вод от ионов железа (III) остаточной биомассой микроводорослей *chlorella sorokiniana* // Экология и промышленность России. 2019. Т.23. №6. С. 22-27.
8. Коммонер Б. Замыкающий круг. М.: Гидрометеиздат, 1974. 280 с.
9. Дубовик О.Л. Реформа Европейского Законодательства об отходах // Российское право: образование, практика, наука. 2005. №5. С. 80-84.
10. Хлыстов А.И., Исаев Д.И. Фосфатное связывание минеральных тонкомолотых отходов промышленности // Градостроительство и архитектура. 2019. Т. 9. №3. С. 85-91.
11. Хлыстов А.И., Сульдин В.В. Повышение стойкости и долговечности жаростойких бетонов // Огнеупоры и техническая керамика. 2017. №3. С. 35-40.
12. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Применение высокоглиноземистого и щелочноземельного нанотехногенного сырья в производстве жаростойких бетонов на основе фосфатных связующих // Экологическая химия. 2017. Том 26. №5. С. 285-290.
13. Литвинова Т.И., Пирожкова В.П., Петров А.К. Петрография неметаллических включений. М.: «Металлургия», 1972. 184 с.

14. Хлыстов А.И., Соколова С.В., Власов А.В. Повышение эффективности жаростойких композитов за счет применения химических связующих // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2012. №9. С. 38-42.
15. Геннадиев А.Н., Пиковский Ю.И., Цибарт А.С., Смирнова М.А. Углеводороды в почвах: происхождение, состав, поведение // Почвоведение. 2015. №10. С. 1195-1209.
16. Mao D., Lookman R., Van de Weghe H., Weltens R., Vanermen G., De Brucker N., Dies L. Estimation of ecotoxicity of petroleum hydrocarbon mixtures in soil based on HPLC – GCXGC analysis // Chemosphere. 2009. V. 77. N 1. P. 1508-1513.
17. Barnes D.L., Chuvilin E. Migration of Petroleum in Permafrost-Affected Regions // Soil Biol. 2009. V. 16. P. 263-278.
18. Хлыстов А.И., Абдрахимов В.З., Ковков И.В. Экологические и практические аспекты использования пиритных огарков и высокоглиноземистых отходов нефтехимии в производстве безобжиговых огнеупорных композитов // Огнеупоры и техническая керамика. 2009. №4-5. С. 35- 42.
19. Абдрахимов В.З., Колпаков А.В. Инновационные направления использования кальцийсодержащего нанотехногенного сырья: осадок-отхода сточных вод, отхода пыли-уноса асфальтобетонных заводов, шлама от водоочистки воды и гальванического шлама в производстве кирпича // Известия вузов. Строительство. -2013. №8. С. 41-46.
20. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. К вопросу использования алюмосодержащего нанотехногенного сырья в производстве керамических композиционных материалов // Материаловедение. 2014. №12. С. 44-50.

REFERENCES

1. Dadykin V.S., Dadykin O.V. The methodology for calculating the necessary increase in reserves in managing the reproduction of the mineral resource base // Bulletin of Samara State University of Economics. 2019. №3. S. 54-57.
2. Khasaev G.R., Vlasov A.G. State cadastral valuation in the system of socio-economic development of the region. Monograph. Samara: Samara State University of Economics, 2019. 200 p.
3. Abdrakhimov V.Z. The use of ash and slag material and nanotechnogenic carbonate sludge in the production of bricks based on beidellite clay // Construction and reconstruction. 2019. №2. S. 81-89.
4. Ashikhmina O.S., Suvorova S.P. The problem of the building materials industry in Russia // Student: electronic scientific journal. 2018. No. 7 (27). URL: <https://sibac.info/journal/student/27/103102>.
5. Barakhtenko V.V., Burdonov A.E., Zelinskaya E.V., Tolmacheva N.A., Golovkina A.V., Samorokov V.E. The study of the properties of modern building materials based on industrial waste // Basic research. 2013. No. 10-12. S. 2599-2603.
6. Kalner V.D. Ecologically oriented habitat - an integral criterion for the quality of life // Ecology and Industry of Russia. 2019. V. 23. No. 11. P. 50-54.
7. Smyatskaya Yu.A., Fazullina A.A., Politaeva N.A., Chusova A.N., Bezborodov A.A. Wastewater treatment of iron (III) ions by the residual biomass of microalgae chlorella sorokiniana // Ecology and Industry of Russia. 2019. V.23. No. 6. P. 22-27.
8. Commoner B. The closing circle. M.: Gidrometeoizdat, 1974. 280 p.
9. Dubovik O.L. Reform of the European Legislation on Waste // Russian Law: Education, Practice, Science. 2005. No 5. P. 80-84.
10. Khlystov A.I., Isaev D.I. Phosphate binding of mineral fine-ground industrial wastes // Urban planning and architecture. 2019. Vol. 9. No. 3. P. 85-91.
11. Khlystov A.I., Suldin V.V. Improving the resistance and durability of heat-resistant concrete // Refractories and technical ceramics. 2017. No. 3. S. 35-40.
12. Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S. The use of high-alumina and alkaline-earth nanotechnogenic raw materials in the production of heat-resistant concrete based on phosphate binders // Ecological chemistry. 2017. Vol. 26. No. 5. S. 285-290.
13. Litvinova T.I., Pirozhkova V.P., Petrov A.K. Petrography of non-metallic inclusions M.: Metallurgy, 1972. 184 p.
14. Khlystov A.I., Sokolova S.V., Vlasov A.V. Improving the efficiency of heat-resistant composites through the use of chemical binders // Building materials, equipment, technologies of the XXI century. 2012. №9. WITH. P.38-42.
15. Gennadiev A.N., Pikovskiy Yu.I., Zibert A.S., Smirnova M.A. Hydrocarbons in soils: origin, composition, behavior // Pedology. 2015. N10. P. 1195-1209.
16. Mao D., Lookman R., Van de Weghe H., Weltens R., Vanermen G., De Brucker N., Dies L. Estimation of ecotoxicity of petroleum hydrocarbon mixtures in soil based on HPLC – GCXGC analysis // Chemosphere. 2009. V. 77. N 1. P. 1508-1513.

17. Barnes D.L., Chuvilin E. Migration of Petroleum in Permafrost-Affected Regions // Soil Biol. 2009. V. 16. P. 263-278.
18. Khlystov A. I., Abdrakhimov V.Z., Kovkov I.V. Ecological and practical aspects of the use of pyrite cinder and high-alumina petrochemical waste in the production of non-ignition refractory composites // Refractories and technical ceramics. 2009. №4-5. P. 35 - 42.
19. Wu G., Zhu X., Ji H., Chen D. Molecular modeling of inter actions between heavy crude oil and the soil organic matter coated quartz surface // Chemosphere. 2015. V. 119. P/ 242-249.
20. Huesemann M.H., Hausmann T.S., Fortman T.J. Does Bioavailability limit biodegradation? Acomparision of hydrocarbon biodegradation and desorption rates in aged soils // Biodegradation. 2014. V. 15. P. 261-274.

Информация об авторах:

Абдрахимов Владимир Закирович

Самарский государственный экономический университет, г. Самара, Россия,
доктор технических наук, профессор кафедры землеустройства и кадастров.
E-mail: 3375892@mail.ru

Абдрахимова Елена Сергеевна

Самарский университет (Национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева),
г. Самара, Россия,
кандидат технических наук, доцент кафедры химии.
E-mail: 3375892@mail.ru

Information about authors:

Abdrakhimov Vladimir Z.

Samara State University of Economics, Samara, Russia,
doctor of technical sciences, professor of Land Management and Cadastres Department.
E-mail: 3375892@mail.ru

Abdrakhimova Elena S.

Samara University (National Research University named after Academician S.P. Koroleva), Samara, Russia,
candidate of technical sciences, associate professor of Chemistry Department.
E-mail: 3375892@mail.ru