

УДК 691.32:666.972:664.735  
AGRIS J11

https://doi.org/10.33619/2414-2948/127/51

## ЦЕМЕНТНЫЙ КОМПОЗИТ НА ОСНОВЕ РИСОВЫХ ОТХОДОВ

©*Айдаралиев Ж. К.*, ORCID: 0000-0002-1100-3237, SPIN-код: 9538-9938, д-р техн. наук,  
Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова,  
г. Бишкек, Кыргызстан, janlem@mail.ru

©*Бекболот кызы Б.*, ORCID: 0009-0005-8998-3334, Кыргызпатент,  
г. Бишкек, Кыргызстан, b.bekbolot.kyzy@ilim.gov.kg

©*Суйунбек уулу А.*, ORCID: 0000-0001-9477-4944, Институт физики им. Ж. Жээнбаева  
Национальной академии наук Кыргызской Республики,  
г. Бишкек, Кыргызстан, akzhol.toktomushov@mail.ru

## CEMENT COMPOSITE BASED ON RICE WASTE

©*Aidaraliev Zh.*, ORCID: 0000-0002-1100-3237, SPIN-code: 9538-9938, Dr. habil, Kyrgyz State  
Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyzstan, janlem@mail.ru

©*Bekbolot kyzy B.*, ORCID: 0009-0005-8998-3334, Kyrgyzpatent,  
Bishkek, Kyrgyzstan, b.bekbolot.kyzy@ilim.gov.kg

©*Suyunbek uulu A.*, ORCID: 0000-0001-9477-4944, Institute of Physics named after Z. Jeenbaev  
National Academy of Sciences, Bishkek, Kyrgyzstan, akzhol.toktomushov@mail.ru

*Аннотация.* Рассматривается разработка и исследование цементного композита на основе рисовых отходов как перспективного экологически безопасного строительного материала. Актуальность работы обусловлена необходимостью утилизации агропромышленных отходов и снижением негативного воздействия строительной индустрии на окружающую среду. *Цели исследования:* разработка и научное обоснование эффективного цементного композита с использованием рисовых отходов (рисовой шелухи и/или золы рисовой шелухи) с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными характеристиками, а также оценка его экологической и экономической эффективности. *Материалы и методы исследования:* в работе проведён обширный обзор методов переработки и получения продуктов из рисовой шелухи. С использованием гидрокавитатора и пиролизной установки рисовая шелуха была переработана с целью её применения в качестве наполнителя для цементных композиций. *Результаты исследования:* получены цементные композиции с добавлением рисовой шелухи как до, так и после её переработки. Проведённые экспериментальные исследования показали, что оптимальное содержание добавки РШ в цементной композиции составляет 10%. *Выводы:* оптимальный состав цементной композиции включает: портландцемент — 90%, золу РШ — 10%. При этом материал характеризуется следующими показателями: плотность — 1400 кг/м<sup>3</sup>; водопоглощение — 20%; прочность на сжатие — 28,4 МПа; прочность на изгиб — 3,75 МПа.

*Abstract.* Addresses the development and investigation of a cement composite based on rice waste as a promising environmentally friendly construction material. The relevance of the study is обусловлена the need for utilization of agro-industrial waste and reduction of the negative environmental impact of the construction industry. *Research objectives:* the objective is to develop and provide scientific justification for an effective cement composite using rice waste (rice husk and/or rice husk ash) with improved physical, mechanical, and performance characteristics, as well as to evaluate its environmental and economic efficiency. *Materials and methods:* the study includes

a comprehensive review of methods for processing and obtaining products from rice husk. Using a hydrodynamic cavitation device and a pyrolysis unit, rice husk was processed for its subsequent use as a filler in cementitious composites. *Results*: cement composites were obtained with the addition of rice husk both before and after its processing. Experimental studies showed that the optimal content of rice husk additive in the cement composition is 10%. *Conclusions*: the optimal composition of the cement composite includes: Portland cement — 90%, rice husk ash — 10%. The material is characterized by the following properties: density — 1400 kg/m<sup>3</sup>; water absorption — 20%; compressive strength — 28.4 MPa; flexural strength — 3.75 MPa.

*Ключевые слова*: композит, рисовые отходы, рисовая шелуха, гидрокавитатор, пластическая масса РШ, пиролиз. микрокремнезем, цементная композиция.

*Keywords*: composite, rice waste, rice husk, hydrodynamic cavitation, rice husk plastic mass, pyrolysis, silica fume, cementitious composite.

Одним из перспективных направлений в области материаловедения является разработка технологий композитов различного назначения с использованием наполнителей из органического сырья. В качестве такого наполнителя широко применяется рисовая шелуха (РШ), которая активно используется в Китае, Индии, США, России, Казахстане и других странах [1–3].

Переработка рисовых отходов позволяет получать ценные продукты, такие как аморфный диоксид кремния (АДК), кристаллический кремний, целлюлозное волокно, активированный уголь, а также щелочной лигнин [4–6].

Применение аморфного диоксида кремния и углеродных наполнителей на основе рисовой шелухи способствует улучшению физико-механических свойств эластомерных композиционных материалов [7–10].

Рисовая шелуха и продукты её переработки (зола, карбонизаты) широко исследованы в качестве сорбентов для извлечения металлов и газов, а также в качестве наполнителей полимерных и эпоксидных композитов [11–16; 20].

Основные характеристики рисовой шелухи: содержание целлюлозы составляет 40÷45%, лигнина — 20÷25%, гемицеллюлозы — около 15%; истинная плотность — 0,735 г/см<sup>3</sup>, насыпная плотность — 0,1 г/см<sup>3</sup>. При переработке 1 т риса образуется около 200 кг лузги, из которой после сжигания остаётся примерно 40 кг золы [2].

Кремнезёмная пыль рисовой шелухи обладает удельной поверхностью 14 ÷ 30 м<sup>2</sup>/г и используется для формирования нанопористой структуры керамики, способствуя улучшению её теплофизических и механических свойств [24–26].

Использование отходов рисового производства и их золы в керамических и огнеупорных материалах, а также в теплоизоляционных плитах позволяет снижать теплопроводность до 0,054÷0,055 Вт/(м·К) при температурах до 1450°C [26].

Такие материалы обеспечивают экономическую эффективность, способствуют рациональному использованию отходов рисового производства и организуют новые классы наполнителей для композиционных материалов [1–18].

Целью настоящей работы является разработка цементных композиций с добавлением переработанной рисовой шелухи.

#### *Материалы и методы исследования*

Состав и свойства рисовых отходов приведены в работах [26–28].

Для переработки рисовой шелухи с целью получения микродобавки для бетона первоначально в 30 л воды диспергировали 6 кг рисовой шелухи. Полученную смесь подавали в гидрокавитатор [28].

Устройство подключали к электрической сети, при этом продолжительность обработки составляла 2 часа.

В процессе кавитации за счёт трения температура раствора повышалась до 40°C, а давление, согласно показаниям манометра, достигало 0,1 МПа. По завершении обработки рисовую шелуху отделяли от водной среды методом фильтрования через фильтрующий материал, после чего высушивали в сушильном шкафу при температуре 105°C.

Параметры рисовой шелухи после обработки в гидрокавитаторе (время — 120 мин, температура нагрева за счёт трения — 35°C, давление — 0,1 МПа) распределились следующим образом: грубая фракция — 4,5 кг (75%), пластическая масса — 0,95 кг (15,83%), дисперсная часть, оставшаяся в водной среде, — 0,55 кг (9,6%).

Термореактор оснащён электрическим нагревателем, термопарой и электронными приборами. Температура нагрева регулируется автоматически с помощью электромагнитного реле по заданному температурному режиму. Электронагреватель и термореактор изолированы термоизоляционными материалами.

Сырьё загружается в реактор и нагревается до определённой температуры без доступа воздуха (процесс пиролиза). В результате пиролиза при стабильной температуре происходит выделение органических веществ, которые отводятся через трубку. В это время клапан открыт. Газообразные продукты пиролиза проходят по трубке и улавливаются в специальном поглотителе.

При термическом воздействии (пиролиз при температуре 900°C в течение 45 мин) потери массы грубой рисовой шелухи составили 25%, а пластической массы — 20%. Это обусловлено удалением органических компонентов, разлагающихся и испаряющихся в процессе нагревания.

Параметры пластической массы, полученной из рисовой шелухи с использованием гидрокавитации, характеризуются следующими значениями: объёмная усадка — 12,5÷28,75%, плотность — 600÷760 кг/м<sup>3</sup>, прочность на сжатие — 128÷136 кгс/см<sup>2</sup>.

Микрокремнезём представляет собой тонкодисперсный порошок, состоящий преимущественно из частиц диоксида кремния (SiO<sub>2</sub>) размером 0,1–0,3 мкм.

Основной химический состав микрокремнезёма следующий: диоксид кремния — 85÷98%; оксид алюминия — 0,2÷0,8%; оксид железа — 0,1÷0,5%; оксид кальция — около 0,5%.

### *Результаты и обсуждение*

Состав смеси для цементной композиции был выбран следующим образом: цемент — 50÷80%; песок — 10÷40%; микрокремнезём марки М85 — 10%; отходы рисовой шелухи (грубая фракция) — 10%; отсев — 10% отходы рисовой шелухи (мелкая фракция) — 10÷30%. В состав смеси добавляли воду, после чего компоненты перемешивали в лабораторной мешалке в течение 10 мин.

Полученную смесь формовали в специальные формы для проведения испытаний. Результаты физико-механических испытаний представлены в Таблицах 1 и 2.

Из Таблиц 1 и 2 видно, что оптимальное содержание добавки рисовой шелухи (РШ) в цементной композиции составляет 10%. При увеличении содержания РШ наблюдается ухудшение физико-механических характеристик материала.

Таблица 1

МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
 ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ДОБАВЛЕНИЕМ РШ

Цемент	Состав смеси в %				Механические характеристики	
	песок	К 85	РШ (грубый)	РШ (мелкий)	$R_{сж}$ кг·с/см <sup>2</sup>	$R_{изг}$ кг·с/см <sup>2</sup>
80	-	-	-	20	100	10
70	-	-	-	30	30	8
90				10	100	9,8
90			10		2800	46,7
80		0	10		2900	38,3
80		0		10	2700	30,4
80	10		10		3100	43,5
80	10			10	100	10,3
70	20			10	2100	37,2
70	20			10	2600	42
50	40			10	380	40
50	40			10	3	5

Таблица 2

МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
 ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ДОБАВЛЕНИЕМ РШ

Цемент	Состав смеси. в %				Механические характеристики	
	Отсев	песок	РШ (грубый)	РШ (мелкий)	$R_{сж}$ кг·с/см <sup>2</sup>	$R_{изг}$ кг·с/см <sup>2</sup>
80	10	-	10		200	26
85	-	5	10		1540	40
5		5	-	10	1500	9
0	-	0	-	10	600	10

Далее образцы формовали из пластической массы рисовой шелухи, полученной с использованием кавитации, с добавлением цемента. Результаты проведённых испытаний представлены в Таблице 3.

Таблица 3

СОСТАВ И ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИТА  
 НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТА И ПЛАСТИЧЕСКОЙ МАССЫ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ

Состав композита			Физико-технические характеристики			
Цемент, %	Пластическая масса из РШ, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Водопоглощение, %	Прочность на сжатие, $R_{сж}$ , МПа	Прочность на изгиб, $R_{изг}$ , МПа	
90	10	1580	18,18	9,80	0,96	
80	20	1440	29	9,80	0,98	
70	30	1352	34	2,94	0,78	

Результаты, приведённые в таблице 3, также показывают, что оптимальное содержание добавки рисовой шелухи (РШ) в цементной композиции составляет 10%, при этом наблюдается наибольшее водопоглощение.

Полученную грубую массу рисовой шелухи после обработки в гидрокавитаторе первоначально высушивали в сушильном шкафу при температуре 105°C, после чего

подвергали обжигу в муфельной печи при температуре 900°C в течение 45 мин в открытом режиме.

Полученную золу рисовой шелухи вводили в состав цементной композиции и перемешивали с водой, оставшейся после гидрокавитации. Данная вода содержит около 9,6% мелкодисперсных частиц и органических водорастворимых компонентов РШ.

Образцы формовали в специальных формах, а испытания проводили после 28 суток выдерживания. Результаты испытаний представлены в таблице 4.

Таблица 4

СОСТАВ И ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИТА  
НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТА И ЗОЛЫ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ

Состав композита		Физико-технические характеристики			
Цемент, %	Золы из РШ, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Водопоглощение, %	Прочность на сжатие, R <sub>сж</sub> , МПа	Прочность на изгиб, R <sub>из</sub> , МПа
95	5	1540	18,56	264,77	2,55
90	10	1400	20	284,39	3,75
70	30	1080	29	50,008	0,16
80	20	1200	23,75	25,96	0,29

*Выводы*

В результате проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Установлено, что оптимальное содержание добавки рисовой шелухи (РШ) в цементной композиции составляет 10%. При этом наблюдается увеличение водопоглощения, что обусловлено формированием более пористой структуры материала;
2. Добавление золы рисовой шелухи, полученной после гидрокавитации и последующего пиролиза, приводит к значительному улучшению физико-механических свойств цементной композиции и снижению водопоглощения материала;
3. Оптимальный состав цементной композиции включает: портландцемент — 90%, золу РШ — 10%. При этом материал характеризуется следующими показателями: плотность — 1400 кг/м<sup>3</sup>; водопоглощение — 20%; прочность на сжатие — 28,4 МПа; прочность на изгиб — 3,75 МПа.

*Список литературы:*

1. Со Вин Мьинт, Зин Мое, Нистратов А. В., Клушин В. Н. Адсорбционноактивные производные рисовой шелухи и оболочек семян манго // Успехи в химии и химической технологии. 2020. Т. 34. №11. С. 83-85.
2. Ефремова С. В., Сухарников Ю. И., Королев Ю. М., Сарсембаева Н. Б., Жарменов А. А. Углеродминеральный продукт переработки рисовой шелухи: характеристика и применение // Российский химический журнал. 2017. №4(61). С. 3-8.
3. Усова К. А., Захаров П. С., Шкуро А. Е. Перспективные направления применения лигнина в производстве полимерных и композиционных материалов // Молодой ученый. 2023. №8(455). С. 11-16.
4. Арефьева О. Д., Сединкина Е. С., Земнухова Л. А., Смицких К. В. Эколого-экономическая оценка комплексной схемы переработки рисовой шелухи // Вестник ДВО РАН. 2020. №6. С. 91-98
5. Готлиб Е. М., Ха Ф. Т., Хасанова А. Р., Галимов Э. Р., До Н. Износостойкость эпоксидных покрытий, наполненных синтетическим волластонитом на основе рисовой

шелухи // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2021. №1. С. 66-73. <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2021-6-1-66-73>

6. Балкевич В. Л., Перес Ф. С., Когос А. Ю. Синтез волластонита из природной карбонатно-кремнеземистой композиции // Стекло и керамика. 2005. №1. С. 20-21.

7. Гладун В. Д., Акатьева Л. В., Андреева Н. Н., Холькин А. И. Получение и применение синтетического волластонита из природного и техногенного сырья // Химическая технология. 2004. №9. С. 4-11.

8. Коробочкин В. В., Нгуен М. Х., Усольцева Н. В., Нгуен В. Т. Получение активированного угля пиролизом рисовой шелухи Вьетнама // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. №328(5). С. 6-15.

9. Акшураева И. М. Химически модифицированные угольно-пастовые электроды на основе композита из рисовой шелухи // Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований. 2013. №4. С. 152-156.

10. Купчик Л. А., Денисович В. А., Салавор О. М., Ничик О. В. Использование мерсеризованной рисовой шелухи в качестве сорбентов ионов Cd(II), Pb(II) и Sr(II) из растворов // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2017. №2(33). С. 95-100.

11. Назарова Ю. П., Аунг Хтут Тху, Захаров А. И. Исследование влияния примесей и термообработки на цветовые характеристики золы рисовой шелухи // Успехи в химии и химической технологии. 2017. Т. 31. №3. С. 77-80.

12. Валеева А. Р., Гареев Б. И., Ситнов С. А., Соколова А. Г., Готлиб Е. М. Износостойкие эпоксидные материалы, наполненные продуктами переработки рисовой и гречневой шелухи // Экономика строительства. 2022. №8(46). С. 1-9.

13. Земнухова Л. А., Шкорина Е. Д., Филиппова И. А. Изучение сорбционных свойств шелухи риса и гречихи по отношению к нефтепродуктам // Химия растительного сырья. 2005. №2. С. 51-54.

14. Арефьева О. Д., Пироговская П. Д., Панасенко А. Е., Ковехова А. В., Земнухова Л. А. Кислотно-основные свойства аморфного диоксида кремния из соломы и шелухи риса // Химия растительного сырья. 2021. №1. С. 327-335.

15. Нго Х. Н., Зенитова Л. А., Ле К. З. Комплексная переработка отходов рисового производства с одновременным получением диоксида кремния, лигнина и целлюлозы // Экология. 2019. №2. С. 5-11. <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2019-12005>

16. Назарова Ю. П., Захаров А. И. Пигмент на основе золы рисовой шелухи // Успехи в химии и химической технологии. 2018. Т. 32. №2. С. 128-130

17. Готлиб Е. М., Садыкова Д. Ф., Соколова А. Г., Милославский Д. Г. Пластифицированные ПВХ материалы, модифицированные золой рисовой шелухи // Инновации и инвестиции. 2022. №3. С. 260-265.

18. Вураско А. В., Дриккер Б. Н., Мозырева Е. А., Земнухова Л. А., Галимова А. Р., Гулемина Н. Н. Ресурсосберегающая технология получения целлюлозных материалов при переработке отходов сельскохозяйственных культур // Химия растительного сырья. 2006. №4. С. 5-10.

19. Шевелева И. В., Холомейдик А. Н., Войт А. В., Земнухова Л. А. Сорбенты на основе рисовой шелухи для удаления ионов Fe(III), Cu(II), Cd(II), Pb(II) из растворов // Химия растительного сырья. 2009. №4. С. 171-176.

20. Сыман А. Д., Яблонский А. П., Кашко И. А., Гирель К. В., Бондаренко А. В. Структурные свойства частиц пористого кремния, формируемых методом

магнийтермического восстановления диоксида кремния, изготовленного из кремнийсодержащих растений // Доклады БГУИР. 2016. №1(95). С. 19-25.

21. Галимова А. Р., Дураска А. В., Дрикер Б. Н., Земнухова Л. А., Федоришева Б. А. Получение волокнистых полуфабрикатов при комплексной переработке соломы риса // Химия растительного сырья. 2007. №3. С. 47-53.

22. Назарова Ю. П., Захаров А. И. Пигмент на основе золы рисовой шелухи // Успехи в химии и химической технологии. 2018. Т. 32. №2. С. 128-130.

23. Морозова Л. В. Условия получения нанопористой керамики на основе муллита // Физика и химия стекла. 2021. №47(2). С. 201-208. <https://doi.org/10.31857/S0132665120060153>

24. Назарова Ю. П., Захаров А. И., Бакатович А. А., Чжан И., Гаспар Ф. Изоляционные композиты на основе смеси рисовой лузги и соломы // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2022. №14. С. 2-9. <https://doi.org/10.52928/2070-1683-2022-32-14-2-9>

25. Соколова А. Г. Эпоксидные композиционные материалы с наполнителем из золы рисовой шелухи // Строительные материалы. 2024. №8. С. 40-48.

26. Бекболот кызы Б. Физико-химические основы комплексной переработки рисовой шелухи: Автореф. дисс. ... канд. хим. наук. Бишкек. 2018.

27. Айдаралиев Ж. К., Рысбаева И. А., Бекболот к. Б., Чимчикова М. К., Рашид к. Б. Получение поликристаллического кремния хлорированием из рисовой шелухи и очистки хлорсодержащих газов адсорбционным методом // Нанотехнологии в строительстве. 2023. Т. 15. №6. С. 592–601. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2023-15-6-592-60128>

28. Айдаралиев Ж. К., Бекболот кызы Б., Рашид кызы Б., Бокова Е.С., Абдиев М. С. Переработка рисовой шелухи и получение керамического композита на ее основе // Нанотехнологии в строительстве. 2025. Т. 17. №5. С. 594–608.

#### References:

1. So Win Myint, Zin Moe, Nistratov, A. V., & Klushin, V. N. (2020). Adsorption-active derivatives of rice husk and mango seed shells. *Advances in Chemistry and Chemical Technology*, 34(11), 83–85.

2. Efremova, S. V., Sukharnikov, Y. I., Korolev, Y. M., Sarsembayeva, N. B., & Zharmenov, A. A. (2017). Carbon-mineral product of rice husk processing: Characteristics and application. *Russian Chemical Journal*, 4(61), 3–8.

3. Usova, K. A., Zakharov, P. S., & Shkuro, A. E. (2023). Prospective directions for lignin application in polymer and composite materials production. *Molodoy Uchenyy*, 8(455), 11–16.

4. Arefyeva, O. D., Sedinkina, E. S., Zemnukhova, L. A., & Smitskikh, K. V. (2020). Eco-economic assessment of an integrated rice husk processing scheme. *Vestnik DVO RAN*, 6, 91–98.

5. Gotlib, E. M., Ha, F. T., Khasanova, A. R., Galimov, E. R., & Do, H. (2021). Wear resistance of epoxy coatings filled with synthetic wollastonite based on rice husk. *Vestnik Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*, 1, 66–73. <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2021-6-1-66-73>

6. Balkevich, V. L., Peres, F. S., Kogos, A. Yu. (2005). Synthesis of wollastonite from natural carbonate-silica composition. *Glass and Ceramics*, 1, 20–21.

7. Gladun, V. D., Akatyeva, L. V., Andreeva, N. N., & Kholkin, A. I. (2004). Production and application of synthetic wollastonite from natural and technogenic raw materials. *Chemical Technology*, 9, 4–11.

8. Korobochkin, V. V., Nguyen, M. H., Usoltseva, N. V., & Nguyen, V. T. (2017). Production of activated carbon by pyrolysis of Vietnamese rice husk. *Izvestiya Tomsk Polytechnic University. Engineering of Geo-resources*, 328(5), 6–15.
9. Akshuraeva, I. M. (2013). Chemically modified carbon-paste electrodes based on rice husk composite. *Novoye Slovo v Nauke i Praktike: Hypotheses and Testing of Research Results*, 4, 152–156.
10. Kupchik, L. A., Denisovich, V. A., Salavor, O. M., & Nichik, O. V. (2017). Use of mercerized rice husk as sorbents for Cd(II), Pb(II), and Sr(II) ions from solutions. *Vestnik Vitebsk State Technological University*, 2(33), 95–100.
11. Nazarova, Y. P., Aung Htut Thu, & Zakharov, A. I. (2017). Influence of impurities and heat treatment on color characteristics of rice husk ash. *Advances in Chemistry and Chemical Technology*, XXXI(3), 77–80.
12. Valeeva, A. R., Gareev, B. I., Sitnov, S. A., Sokolova, A. G., & Gotlib, E. M. (2022). Wear-resistant epoxy materials filled with rice and buckwheat husk processing products. *Economics of Construction*, 8(46), 1–9.
13. Zemnukhova, L. A., Shkorina, E. D., & Filippova, I. A. (2005). Adsorption properties of rice and buckwheat husks toward petroleum products. *Chemistry of Plant Raw Materials*, 2, 51–54.
14. Arefyeva, O. D., Pirogovskaya, P. D., Panasenko, A. E., Kovehova, A. V., & Zemnukhova, L. A. (2021). Acid-base properties of amorphous silica from straw and rice husk. *Chemistry of Plant Raw Materials*, 1, 327–335.
15. Ngo, H. N., Zenitova, L. A., & Le, K. Z. (2019). Integrated processing of rice production waste with simultaneous extraction of silica, lignin, and cellulose. *Ecology*, 2, 5–11. <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2019-12005>
16. Nazarova, Y. P., & Zakharov, A. I. (2018). Pigment based on rice husk ash. *Advances in Chemistry and Chemical Technology*, 32 (2), 128–130.
17. Gotlib, E. M., Sadikova, D. F., Sokolova, A. G., & Miloslavskiy, D. G. (2022). Plasticized PVC materials modified with rice husk ash. *Innovations and Investments*, 3, 260–265.
18. Vurasco, A. V., Driker, B. N., Mozyreva, E. A., Zemnukhova, L. A., Galimova, A. R., & Gulemina, N. N. (2006). Resource-saving technology for obtaining cellulose materials from agricultural waste. *Chemistry of Plant Raw Materials*, 4, 5–10.
19. Sheveleva, I. V., Kholomeydik, A. N., Voit, A. V., & Zemnukhova, L. A. (2009). Rice husk-based sorbents for removal of Fe(III), Cu(II), Cd(II), Pb(II) ions from solutions. *Chemistry of Plant Raw Materials*, 4, 171–176.
20. Syman, A. D., Yablonsky, A. P., Kashko, I. A., Girel, K. V., & Bondarenko, A. V. (2016). Structural properties of porous silicon particles formed by magnesiothermic reduction of silica from silicon-containing plants. *Reports of BSUIR*, 1(95), 19–25.
21. Galimova, A. R., Durasca, A. V., Driker, B. N., Zemnukhova, L. A., & Fedorisheva, B. A. (2007). Production of fibrous semi-finished products in integrated rice straw processing. *Chemistry of Plant Raw Materials*, 3, 47–53.
22. Nazarova, Y. P., & Zakharov, A. I. (2018). Pigment based on rice husk ash. *Advances in Chemistry and Chemical Technology*, 32(2), 128–130.
23. Morozova, L. V. (2021). Conditions for obtaining nanoporous mullite-based ceramics. *Physics and Chemistry of Glass*, 47(2), 201–208. <https://doi.org/10.31857/S0132665120060153>
24. Nazarova, Y. P., Zakharov, A. I., Bakatovich, A. A., Zhang, I., & Gaspar, F. (2022). Insulating composites based on a mixture of rice husk and straw. *Vestnik of Polotsk State University. Series F: Construction. Applied Sciences*, 14, 2–9. <https://doi.org/10.52928/2070-1683-2022-32-14-2-9>

25. Sokolova, A. G. (2024). Epoxy composite materials with filler from rice husk ash. *Building Materials*, 8, 40–48.

26. Bekbolot kyzy, B. (2018). *Physico-chemical fundamentals of integrated rice husk processing* (Doctoral dissertation abstract, Bishkek).

27. Aidaraliyev, Zh. K., Rysbayeva, I. A., Bekbolot Kyzy, B., Chimchikova, M. K., & Rashid Kyzy, B. (2023). Production of polycrystalline silicon by chlorination of rice husk and purification of chlorine-containing gases by adsorption method. *Nanotechnologies in Construction*, 15(6), 592–601. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2023-15-6-592-60128>

28. Aidaraliyev, Zh. K., Bekbolot Kyzy, B., Rashid Kyzy, B., Bokova, E. S., & Abdiev, M. S. (2025). Rice husk processing and production of ceramic composite based on it. *Nanotechnologies in Construction*, 17(5), 594–608. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2025-17-5-594-608>

Поступила в редакцию  
07.04.2026 г.

Принята к публикации  
16.03.2026 г.

Ссылка для цитирования:

Айдаралиев Ж. К., Бекболот кызы Б., Суйунбек уулу А. Цементный композит на основе рисовых отходов // Бюллетень науки и практики. 2026. Т. 12. №6. С. 434-442. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/127/51>

Cite as (APA):

Aidaraliyev, Zh., Bekbolot kyzy, B., & Suyunbek uulu, A. (2026). Cement Composite Based on Rice Waste. *Bulletin of Science and Practice*, 12(6), 434-442. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/127/51>