АННОТАЦИЯ

диссертационной работы

на тему **«Разработка технологии модифицированных бетонов на основе техногенных отходов строительной индустрии и цветной металлургии юга Казахстана»**, представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07340 – «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»

НУРЫМБЕТОВОЙ РАУШАН УАЛИХАНОВНЫ

Цель исследования. Разработка технологий производства бетонов с использованием промышленных отходов для изготовления продукции предприятий строительной индустрии с одновременным снижением негативного воздействия на окружающую среду и обеспечением защиты населения от вредного влияния техногенных отходов.

Для достижения цели диссертации были определены следующие задачи:

- Проанализировать современное состояние использования техногенных отходов в строительной отрасли;
- Обосновать возможность их использования в качестве заполнителей в тяжелом бетоне путем комплексного анализа отходов строительной и цветной металлургической промышленности Южного Казахстана;
- Определение зависимости физико-механических свойств бетона от типа и минералогического состава заполнителей на основе техногенных отходов;
- Исследование влияния заполнителей на основе техногенных отходов на физико-механические свойства тяжелого бетона и выбор оптимального состава тяжелого бетона на основе техногенных отходов;
- Обоснование технико-экономической эффективности использования техногенных отходов в технологии производства тяжелого бетона.

Объект исследования. Тяжелый бетон, модифицированный техногенными отходами металлургической и строительной промышленности Южного Казахстана.

Рабочая гипотеза: Гармоничное использование количества традиционных и техногенных наполнителей, связующего и модифицирующих добавок позволяет целенаправленно управлять процессом гидратации и структурирования, снижать расход цемента и природного сырья и получать бетон с высокой долговечностью за счет формирования плотной структуры цементного камня.

Предмет исследования. Изучение влияния промышленных отходов на реологические свойства бетонных смесей, процессы гидратации цемента и формирование фазового состава и микроструктуры цементного камня, а также физико-механические и эксплуатационные свойства тяжелого бетона.

Методы исследования. Физико-химические исследования сырья и полученных бетонов проводились в лаборатории ИРЛИП «КиБМ» Южно-

Казахстанском Университете им. М.Ауэзова, рентгенодифракционный анализ выполнялся на приборе D&ENDEAVOR компании Bruker (Германия), Интерпретация дифрактограмм проводилась с использованием данных картотеки JCDD: база порошковых дифрактометрических данных PDF2 и дифрактограмм чистых от примесей минералов. Химический состав отходов определялся методом растровой электронной микроскопии, на растровом электронном микроскопе (РЭМ) JEOL-6490 LV. Результаты дифференциального термического анализа определяли на дериватографе L.Erdey Q 1500 D (Demo) на воздухе в диапазоне температур от 20 д о 1000 °С в режиме динамического нагрева (эталонный материал – прокаленный AL_2O_3) (dT/dt = 10) и навеска пробы – 500 мг с ценой деления шкалы изменения веса образца - 500 μV. Физико-механические испытания образцов проводили на основе стандартных методик в лаборатории «Испытание строительных материалов, изделий и конструкций» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова.

Основные положения, выносимые для защиты (доказанные научные гипотезы и другие выводы, рассматриваемые как новые знания):

- Результаты анализа исследований техногенных отходов Южного Казахстана и обоснования возможности их поддержки в тяжелого бетона;
- Результаты физико-химических исследований техногенных отходов;
- Результаты исследования зависимости физико-механические свойств тяжелого бетона от вида, минералогического состава и количества техногенных отходов;
- Результаты исследований влияния техногенных отходов на физико-механических свойства тяжелого и минералогический состав гидротации цемента и новообразований;
- Результаты сравнительного анализа физико-механических свойств тяжелых бетонов на основе техногенных отходов и оптимального состава бетона;
- Технико-экономическая эффективность использования техногенных отходов в технологии производства тяжелого бетона.

Актуальность темы. Накопление техногенных отходов является одной из наиболее острых проблем современного мира. Эта проблема вызывает особую озабоченность, особенно учитывая, что промышленный комплекс Казахстана в основном ориентирован на добычу и переработку ресурсов, что приводит к образованию большого количества отходов. Очевидно, что комплекс мер по ликвидации общих техногенных отходов и исследования в этом направлении расширят их масштабы и повысят уровень эффективного использования общих ресурсов за счет экономии затрат на разведку, добычу и переработку минерального сырья.

Исследования показали, что только в Южном Казахстане скопилось более 200 миллионов тонн промышленных отходов. Использование этих отходов в строительной отрасли, в свою очередь, открывает перед рынком

строительных материалов прекрасную возможность увеличить производство с использованием отходов местных предприятий, удовлетворить основные потребности, снизить себестоимость продукции и зависимость от импорта, задействовать крупные свалки и улучшить экологическую ситуацию в регионе.

Наиболее эффективным способом использования техногенных отходов является их применение в качестве строительных материалов, поскольку только строительная индустрия могут использовать их в объеме в качестве строительных материалов, соизмеримом с объемом образующихся отходов. Техногенные месторождения полезных ископаемых обладают значительными запасами ценного сырья, однако отсутствие эффективных технологий его переработки и использования обусловило необходимость проведения соответствующих исследований. Исследования в этой области позволяют экономить ресурсы за счет расширения сферы применения и снижения затрат на разведку, добычу и переработку минерального сырья.

Обоснование необходимости проведения научно-исследовательской работы. Предлагаемая диссертационная работа сочетает в себе современные теоретические концепции бетонирования и потенциал комплексной переработки региональных промышленных отходов, обеспечивая достижение высоких научных и прикладных, ресурсосберегающих и экологически безопасных результатов.

Описание основных результатов исследования.

- Впервые теоретически и экспериментально продемонстрирована возможность использования промышленных отходов Южного Казахстана в тяжелом бетоне с заданными эксплуатационными характеристиками, определена его эффективность, что заложило необходимую основу для его практического применения;

- Выявлено, что увеличение прочности бетона на основе техногенных отходов зависит от удельной поверхности и минералогического состава заполнителей. Физико-химические исследования показали, что техногенные отходы содержат минералы карбоната кальция, кварцита и доломита, а цементное тесто взаимодействует с карбонатными заполнителями с образованием карбоната кальция различного состава в системе $CaCO_3$-$Ca(OH)_2$-H_2O, что положительно влияет на увеличение механической прочности контактной зоны между цементным камнем и карбонатной породой. Диоксид кремния образует прочную контактную адгезию с цементным камнем, поскольку вступает в реакцию ($Ca(OH)_2+SiO_2+mH_2O=CaO\cdot SiO_2\cdot nH_2O$) с образованием низкоосновных гидросиликатов кальция;

- Выявлено, что химическая стойкость тяжелого бетона зависит от минералогического состава техногенных заполнителей; чем выше содержание глинозема в заполнителях, тем хуже их сульфатокоррозионная стойкость; сульфатокоррозионная стойкость бетона на основе используемых

заполнителей возрастает в направлении «Бадам заполнитель» → «свинцовый шлак» → «Achots» → «Anskhv» .

- Разработан оптимальный состав тяжелого бетона на основе техногенных заполнителей, обеспечивающий высокую прочность и химическую стойкость. Сравнительный анализ физико-механических свойств образцов бетона на основе техногенных отходов показал, что замена 50% традиционных заполнителей заполнителями на основе отходов «Anskhv» в технологии тяжелого бетона дает высокую эффективность. Экспериментальные исследования, проведенные для оптимизации состава бетона на основе техногенных заполнителей «Anskhv» с поликарбоксилатными суперпластификаторами, показали, что использование 0,8% суперпластификатора JP-700HQ при получении бетонной смеси с той же подвижностью снижает соотношение В/Ц с 0,42 до 0,39, что позволяет производить бетон класса В40 с высокой химической стойкостью (Кт = 0,83); Было обнаружено, что присутствие до 11% высокодисперсной баритовой пыли в отходах «Anskhv» смещает направление реакции гидратации этих минералов в сторону интенсивного выделения продуктов гидратации, связывающих их с нерастворимыми соединениями. Эти продукты, взаимодействуя с $Ca(OH)_2$, образуют низкоосновные гидросиликаты, что позволяет оптимизировать физико-механические свойства бетона;

- Определена технико-экономическая эффективность использования заполнителей на основе техногенных отходов в технологии тяжелого бетона. Применение заполнителей на основе техногенных отходов в технологии тяжелого бетона показало, что замена 50% традиционных заполнителей на техногенные отходы месторождения Ансай дает экономическую эффективность 2834,4 тенге на каждый 1м³ бетона, а использование модифицированного оптимального состава – 2190 тенге. Доказано, что использование модифицированного состава демонстрирует высокую технико-эксплуатационную эффективность за счет улучшения физико-механических свойств бетона.

Практическая значимость исследования:

- Предложенные бетонные составы на основе техногенных заполнителей могут широко применяться в гражданском, промышленном строительстве и дорожном строительстве, а также в объектах гражданской обороны, на рудниках по добыче урана и при строительстве атомных электростанций;

- Предлагаемая технология производства бетона на основе техногенных отходов позволяет развивать ресурсо- и энергосберегающие технологии в производстве тяжелого бетона и снизит производственные затраты, поскольку по сравнению с традиционной технологией не требует дополнительного оборудования;

- Применение предложенных решений позволит сэкономить минеральное сырье и улучшить экологическую ситуацию в регионе за счет утилизации производственных отходов;

- Использование заполнителей на основе техногенных отходов в технологии тяжелого бетона обеспечивает экономическую эффективность в 2834,4 тенге при замене 50% традиционных заполнителей техногенными заполнителями на 1м³ бетона и в 2190 тенге при использовании модифицированного оптимального состава.

Достоверность и правдивость научных принципов, выводов и рекомендаций:

Достоверность результатов, научных выводов и заключений, полученных в диссертационной работе, подтверждается тем фактом, что экспериментальные данные не противоречат теоретическим правилам, достоверностью результатов физико-химических исследований, а также соответствием результатов лабораторных испытаний данным промышленных испытаний.

Соответствие направлениям развития науки или Государственным программам.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с государственно-бюджетным научно-исследовательским планом Южно-Казахстанского университета имени М. Ауэзова ГБ НИР-21-02-06 по теме «Повышение эксплуатационной эффективности строительных материалов, изделий и конструкций на основе сырья Туркестанской области».

Личный вклад автора. Автор провела обзор литературы по теме диссертации, выполнила комплексный анализ техногенных отходов Южного Казахстана, и изучила влияние техногенных отходов на физико-механические свойства тяжелого бетона, предложила оптимальный состав бетона и определила технико-экономическую эффективность использования техногенных отходов в технологии тяжелого бетона.

Опробация работы.

По теме диссертации опубликовано 9 статей, включая 1 статью в научном издании, индексируемом в международных базах данных Scopus (входит в категорию Q2), 3 статьи в научных изданиях, рекомендуемых КОКСОН МНиВО РК, 5 статей были опубликованы в рецензируемых научных журналах, а также в материалах международных научно-практических конференций и научно-практических изданиях. Получен Патент на полезную модель Республики Казахстан по теме «Бетонная смесь».

Публикации:

- Study on the Possibilities of UtilizingWastes of Polymetallic Combines in South Kazakhstan for the Production of Composite Heavy Concrete (статья) Journal of Composites Science, 9, 468 September 2025. https://doi.org/10.3390/jcs9090468 (Q2)

- Concretes based on technogenic wastes formed during the mechanical processing of carbonate rocks (статья) Technobius, 4(3) №0061, Astana, 2024. https://doi.org/10.54355/tbus/4.3.2024.0061

- Возможности применения отходов свинцового производства в производстве строительных материалов (статья) Механика и технологии, №3 (85) Тараз 2024. – С.229-239. https://doi.org/10.55956/ZSJC3549.

- Математическое моделирование влияния заполнителей на основе отходов горнодобывающих предприятии на физико-механические свойства тяжелого бетона (статья) Механика и технологии, №2 (92) Тараз 2026. – С.358-376. https://doi.org/10.55956/ZLLS1468

- Металл өндірісі қалдықтарын жеңіл бетондар өндірісінде қолдану (статья) «Әуезов оқулары-22: Академик Қаныш Сәтбаев- Қазақстан ғылымының негізін қалаушы» Академик Қаныш Сәтбаевтың 125 жылдығына» арналған ХҒТК еңбектері. Том 7. Шымкент, 2024ж. -Б.134-138.

- Металлургия қалдықтарын бетон технологиясында минералды қоспа ретінде пайдалану мүмкіндігі (мақала) «Әуезов оқулары-22: Академик Қаныш Сәтбаев- Қазақстан ғылымының негізін қалаушы» Академик Қаныш Сәтбаевтың 125 жылдығына» арналған ХҒТК еңбектері. Том 7. Шымкент, 2024ж. -Б.130-134.

- Бетоны на техногенных отходах юга Казахстана (статья) Eurasian Education, Science and Innovation Journal Proceeding of the XIV International scientific practical conference “Digital technologies in science and education” Volume 13, 30-31 January 2023. - P.35-38

- Металлургия қалдықтары негізіндегі минералды қоспалармен композитті материалдар (статья) International scientific conference «Progress and Science» Brussel, Belgium. 22-23.2.24. February 2024, № 5, стр 40

- Қожды кеуекті толтырғыштарды жеңіл бетон өндірісінде қолданудың тиімділігі Proceedings of the 5th International Scientific Conference «Reviews of Modern Science» (February 1-2, 2024). Zürich,Switzerland. - Б.81-85

- Бетонная смесь. Полезная модель к Патенту. № 12448, 19.06.2026 г.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка из 150 источников и 4 приложений. Диссертация представлена на 138 страницах, содержит 56 таблиц и 51 рисунков.