

Каспийский университет технологии и инжиниринга имени Ш. Есенова

УДК 504.062.2 (043)

На правах рукописи

БУКАЕВ ЕЛДАР ЗАХАРОВИЧ

**Улучшение экологии производства пиленого камня-известняка
переработкой отходов в инновационные строительные материалы**

8D05201 (6D060800) – Экология

Диссертация на соискание степени
доктора философии (PhD)

Научные консультанты
Серикбаева А.К.
канд. техн. наук, профессор
КУТИ имени Ш.Есенова
Республика Казахстан
Муталибова Г.К.
канд. техн. наук, доцент
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,
Российская Федерация

Республика Казахстан
Актау, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	4
ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	6
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	9
ВВЕДЕНИЕ.....	11
1 АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗВЕСТНЯКА-РАКУШЕЧНИКА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	17
1.1 Влияние добычи строительного камня известняка-ракушечника на окружающую среду.....	21
1.2 Современные подходы для минимизации экологических последствий добычи известняка открытым способом.....	28
1.3 Обзор технологий в области получения материалов из отходов известняка-ракушечника.....	29
Выводы по 1 разделу.....	45
2 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	47
2.1 Экологическая оценка производства пиленого камня-известняка в Мангистауской области.....	47
2.2 Методика проведения исследования физико-химических свойств материалов на основе отсевов дробления карбонатных пород.....	52
2.2.1 Методы анализа заполнителя бетона на основе крупной фракции отходов пиления известняковых пород	55
2.3 Определение статистической достоверности полученных результатов.....	59
2.4 Определение свойств материалов на основе отходов пиления известняка-ракушечника.....	61
Выводы по 2 разделу	67
3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕАБОТКИ ОТХОДОВ ПИЛЕНОГО КАМНЯ С ПОЛУЧЕНИЕМ НОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	69
3.1 Изучение взаимосвязи между содержанием воды и прочностью бетонных смесей на основе ракушечных заполнителей.....	69
3.2 Влияние свойств цемента и заполнителя на подвижность бетонной смеси.....	75
3.3 Влияние тепловлажностной обработки на прочность полимерцементной композиции из известнякового наполнителя... ..	78
3.4 Проектирование состава бетонных смесей на основе основных параметров прочности, жесткости и режимов затвердения.....	83
3.5 Разработка нового материала на основе полимерцементной композиции.....	86

3.6	Анализ материалов из полимерцементной композиции на основе отходов известняка с различными минеральными добавками.....	88
	Выводы по 3 разделу	91
4	ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ И РАСЧЕТ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	93
4.1	Проверка технологии изготовления бетонитовых изделий на полигоне ТОО «FirmaFial».....	93
4.2	Экологическая эффективность инновационной технологии переработки отходов известняка-ракушечника.....	96
4.3	Экономическая и технологическая эффективность новой технологии получения материалов с высокими характеристиками из отходов известняка-ракушечника.....	97
	Выводы по 4 разделу	100
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	101
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	103
	ПРИЛОЖЕНИЕ А - Патент на полезный модель.....	113
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б - Технологический регламент.....	114
	ПРИЛОЖЕНИЕ В - Акт о проведении опытно-промышленных испытаний.....	120
	ПРИЛОЖЕНИЕ Г - Акт производственной проверки.....	122
	ПРИЛОЖЕНИЕ Д - Акт внедрения в учебный процесс.....	123
	ПРИЛОЖЕНИЕ Е - Сертификаты соответствия и протоколы лабораторных испытаний	124
	ПРИЛОЖЕНИЕ Ж - Дипломы и сертификаты	138

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:
Инструкция по оформлению диссертации и автореферата (утверждена приказом Председателя ВАК МОН Республики Казахстан от 28 сентября 2004 г. № 377-Зж);

ГОСТ 7.32-2001 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления»;

ГОСТ 7.1-2003 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления»;

Приказ Министра образования и науки Республики Казахстан от 31 марта 2011 года № 127 «Об утверждении Правил присуждения степеней» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 22.01.2023 г.);

ГОСТ 8.417-2002 «Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин» (с поправкой);

ГОСТ 7.9-95 (ИСО 214-76) «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация. Общие требования»;

ГОСТ 965-89 (СТ СЭВ 6086-87) «Портландцементы белые. Технические условия»;

ГОСТ 31108-2020 «Цементы общестроительные. Технические условия»;

ГОСТ 9179-2018 «Известь строительная. Технические условия»;

ГОСТ 22856-89 «Щебень и песок декоративные из природного камня. Технические условия»;

ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия» (с поправками) (изм. 1);

ГОСТ 23342-2012 «Изделия архитектурно-строительные из природного камня. Технические условия»;

ГОСТ 24211-2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия» (изм. 1);

ГОСТ 30459-2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Определение и оценка эффективности»;

ГОСТ 8728-88 «Пластификаторы. Технические условия»;

ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия» (с поправкой) (изм.1);

ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия» (изм. 1-4);

ГОСТ 30515-2013 «Цементы. Общие технические условия» (изм. 1) (поправка);

ГОСТ 31424-2010 «Материалы строительные нерудные из отсеков дробления плотных горных пород при производстве щебня. Технические условия»;

СТ РК 1217-2003 «Песок для строительных работ. Методы испытаний»;
ГОСТ 10181-2014 Смеси бетонные. Методы испытаний. М.:
Стандартиформ. 2015. - 28с;
ГОСТ 310.4-81 Цементы. Методы определения предела прочности при
изгибе и сжатии. Межгосударственный стандарт. Издательство стандартов:
2003;
ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным
образцам. Межгосударственный стандарт: ФГУП «Стандартинформ», 2018;
ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости.
Межгосударственный стандарт: ФГУП «Стандартинформ», 2018;
ГОСТ 12730.1-78 Бетоны. Метод определения плотности.
Межгосударственный стандарт: ФГУП «Стандартинформ», 2018;
ГОСТ 12730.3-78 Бетоны. Метод определения водопоглощения.
Межгосударственный стандарт: ФГУП «Стандартинформ», 2007;
ГОСТ 25820-2021 «Бетоны легкие. Технические условия»;
ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов
промышленного производства для строительных работ. Методы физико-
механических испытаний» (изм. 1, 2) (с поправкой);
ГОСТ 7473–2010 «Межгосударственный стандарт смеси бетонные» (с
поправкой);
ГОСТ 27006-2019 «Бетоны. Правила подбора состава» (с поправкой);
ЭСН РК 8.05-01-2022 «Элементные сметные нормы на ремонтно-
строительные работы. Общие положения по применению элементных сметных
норм на ремонтно-строительные работы»;
ГОСТ 4001-2013 «Камни стеновые из горных пород. Технические условия».

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Экология – наука, изучающая взаимосвязи живых организмов между собой и с окружающей средой;

Известняк-ракушечник – осадочная горная порода, состоящая в основном из кальцита, часто содержащая окаменелые остатки морских организмов;

Пиленные отходы – остатки материала, возникающие в процессе пиления известняка и других горных пород;

Полимерцементная композиция – строительный материал, состоящий из полимеров и цемента, используемый для повышения прочности и устойчивости строительных изделий;

Минеральные добавки – вещества, добавляемые в строительные материалы для улучшения их свойств;

Строительный камень – натуральный или искусственный материал, применяемый для возведения зданий и сооружений;

Технико-экономическая эффективность – оценка экономической целесообразности технологических решений с учетом затрат и получаемых результатов;

Инновационные строительные материалы – материалы, созданные с использованием новейших технологий и обладающие улучшенными характеристиками;

Отходы производства – побочные продукты, возникающие в процессе производства, которые могут быть переработаны или утилизированы;

Рациональное использование природных ресурсов – оптимальное использование ресурсов с минимальными негативными последствиями для окружающей среды;

Экологическая эффективность – степень воздействия деятельности на окружающую среду, оцениваемая по экологическим параметрам;

Карбонатные породы – осадочные породы, состоящие преимущественно из карбонатов кальция и магния;

Переработка отходов – процесс превращения отходов в полезные материалы или энергию;

Устойчивое развитие – развитие, удовлетворяющее потребности настоящего без ущерба для возможности будущих поколений удовлетворять свои потребности;

Эксплуатационные характеристики – параметры, определяющие пригодность и эффективность использования материалов в строительстве;

Стандарты качества – нормативные документы, устанавливающие требования к качеству продукции;

Технологический регламент – документ, описывающий технологические процессы и требования к их выполнению;

Государственные стандарты – обязательные нормы и правила, устанавливаемые государственными органами для различных видов деятельности;

Межгосударственные стандарты – стандарты, применяемые в нескольких странах, обеспечивающие единство требований к качеству продукции;

Рудные месторождения – участки земной коры, содержащие полезные ископаемые, добываемые промышленным способом;

Нерудные месторождения – участки земной коры, содержащие минеральные ресурсы, не относящиеся к руде (например, известняк);

Производственные испытания – комплекс мер, направленных на проверку и оценку характеристик материалов и изделий в условиях, близких к реальным;

Климатические условия – совокупность погодных факторов, влияющих на эксплуатацию строительных материалов;

Морозостойкость – способность материалов выдерживать многократные циклы замораживания и оттаивания без разрушения;

Водопоглощение – способность материала поглощать и удерживать воду;

Прочность на сжатие – максимальная нагрузка, которую материал может выдержать без разрушения при сжатии;

Износостойкость – способность материала сопротивляться разрушению под действием механических нагрузок;

Экологическая безопасность – состояние защищенности окружающей среды от негативного воздействия антропогенных факторов;

Экономическая целесообразность – оценка оправданности затрат на проведение мероприятий по сравнению с ожидаемыми результатами;

Технические условия – документ, содержащий требования к качеству продукции, методы контроля и правила приемки;

Регенерация ресурсов – процесс восстановления и повторного использования материалов или энергии;

Бетонные смеси – композиционные материалы, состоящие из цемента, заполнителей и воды, используемые в строительстве;

Технологические отходы – побочные продукты, образующиеся в процессе производства и требующие утилизации или переработки;

Технические требования – нормативы, предъявляемые к качеству и характеристикам продукции;

Производственная мощность – максимальное количество продукции, которое может быть произведено за определенный период при оптимальных условиях;

Межгосударственный стандарт – стандарт, действующий в нескольких государствах, устанавливающий единые требования к качеству продукции;

Цемент – вяжущее вещество, используемое в строительстве для приготовления бетона и растворов;

Бетонные смеси – композиционные материалы, состоящие из цемента, заполнителей и воды, применяемые для производства строительных изделий;

Каменные блоки – строительные элементы, изготовленные из природного камня или бетона, используемые для строительства стен и других конструкций;

Технические условия на каменные блоки – нормативный документ, устанавливающий требования к качеству каменных блоков;

Строительная известь – вяжущее вещество, получаемое путём обжига известняка, применяемое в строительных работах;

Классификация бетонных смесей – систематизация бетонов по различным критериям, таким как прочность, плотность и морозостойкость;

Методы определения прочности бетонов – стандартные процедуры для оценки прочности бетонов на сжатие, изгиб и другие виды нагрузки;

Морозостойкость бетонов – способность бетонов сохранять свои свойства при многократном замораживании и оттаивании;

Плотность бетонных смесей – масса на единицу объёма, определяющая их прочностные характеристики и долговечность;

Водопоглощение бетонных смесей – способность материалов впитывать и удерживать влагу, что сказывается на их долговечности и прочности;

Минеральные добавки для бетонов – компоненты, вводимые в состав бетонов с целью улучшения их эксплуатационных свойств;

Технические условия на бетоны – нормативный документ, устанавливающий требования к качеству бетонов;

Щебень и гравий – заполнители для бетонов и растворов, получаемые из плотных горных пород;

Цементы общестроительные – цементы, используемые для различных строительных целей, соответствующие установленным техническим условиям.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ГОСТ	– Государственный стандарт
СНиП	– Строительные нормы и правила
ТУ	– Технические условия
В	– Математическая зависимость, позволяющей определять водосодержание смеси по одному замесу
ССБ	– Сульфитно-спиртовая барда
ПАА	– Полиакриламид
В/Ц	– Водоцементное отношение
США	– Соединённые Штаты Америки
NDVI/НРВИ	– Normalized difference vegetation index/Нормализованный разностный вегетационный индекс"
LST	– Landsat Surface Temperature
LU/LC	– Land Use/Land Cover
LU/LCC	– Land Use/Land cover change
АHP	– Analytical Hierarchy Process
ОВОС	– Оценка воздействия на окружающую среду
MCDA	– Multi Criteria Decision Analysis
FCC	– False Color Composites
MSAVI/ МИРКП	– Modified Soil-Adjusted Vegetation Index/Модифицированный индекс растительности с коррекцией на почву
Quantum GIS (QGIS)	– Quantum Geographic Information System
Га	– Гектар
ТЗМ	– Тяжелые землеройные машины
СНГ	– Содружество Независимых Государств
ТМО	– Техногенно-минеральные образования
АСПиР РК	– Агентство по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан
PM	– Particulate Matter
FSP	– fine suspended particles
ВОЗ	– Всемирная организация здравоохранения
ИКВ	– Индекс качества воздуха
SKK	– Siam Cement Kaeng Khoi Co. Ltd.
МПа	– Мегапаскаль (единица измерения давления)
Вт/м·°С	– Коэффициент теплопроводности
УГВС	– Углекислотная газовоздушная смесь
A _{эфф}	– Удельная эффективная активность естественных радионуклидов
ДТА	– Дериватографический анализ
РФА	– Рентгенофазовый анализ
ρ	– Расчет истинной плотности

СТ РК	– Стандарт Республики Казахстан
$M_{кр}$	– Модуль крупности песка
$\rho_{нас}$	– Насыпная плотность
Др	– Показатель дробимости
БС	– Бетонная смесь
$R_{сж}$	– Прочность бетона при сжатии
ν	– коэффициент вариации
S	– Среднеквадратичное отклонение
$F_{разр}$	– Разрушающая сила, кг
K	– Коэффициент пересчета прочности образцов
R	– Коэффициент корреляции
СН РК	– Санитарные нормы Республики Казахстан
мк	– Микрометр
ж	– Жесткость
Ц	– Цемент
Щ/Н	– Щебень/Наполнитель
В	– Вода
У	– Объем кислоты
F100	– Морозостойкость
НДС	– Налог на добавленную стоимость
Э	– Экономический эффект
$C_{ст}$	– Себестоимость 1 м ³ (одного кубического метра) бетонной смеси по старой технологии
C_n	– Себестоимость 1 м ³ (одного кубического метра) полимерцементной композиции по новой технологии бетонной смеси
0,15 (К)	– Коэффициент удельных капитальных вложений для строительной отрасли
N	– Объем выпуска, м ³

ВВЕДЕНИЕ

Оценка современного состояния решаемой научной или научно-технологической проблемы

Республика Казахстан обладает значительными ресурсами месторождений строительного камня различных пород. В Западном Казахстане сосредоточены крупные залежи известняка-ракушечника. В настоящее время активно разрабатываются карьеры и ведется добыча этого строительного материала.

Приоритетные направления научных работ, обозначенные Главой государства Касым-Жомарта Кемеловича Токаева, включают охрану и рациональное использование природных ресурсов. Новые стратегии и научные исследования в этой области становятся ключевыми в свете устойчивого развития и экологической безопасности, что актуально для текущего состояния и перспектив развития Республики Казахстан [1].

Главным недостатком проблемы разработки месторождений известняка-ракушечника, является большие потери делового камня, связанные, как с процессом добычи, так и геологического характера залегания продуктивных слоев камня. Отходы накапливаются в отвалах в большом количестве, и, разносимые ветром, создают загрязнение воздуха близлежащих территорий значительно выше ПДК, нанося вред населению и окружающей среде.

Одним из путей повышения эффективности разработки месторождений известняка-ракушечника, в соответствии с ГОСТ 4001-2013 «Камни стеновые из горных пород. Технические условия» [2], является использование отходов, которые достигает 40-50% и более суммарной добычи делового камня. Существует различное использование отходов в химическом производстве, изготовлении цемента, в косметологии, но накопление отходов в итоге идёт быстрее, чем их использование ввиду недостаточного использования данного материала.

Создание эффективной технологии изготовления строительных материалов из отходов известняка-ракушечника в полимерцементной композиции с минеральными добавками позволит сделать накопленные отходы востребованным производственным сырьём, устранив в результате имеющееся критическое загрязнение воздуха и окружающей среды.

Основание и исходные данные для разработки темы

Основанием для разработки темы диссертационной работы является инициативный проект, проведенный при Каспийском университете технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова (Государственный регистрационный номер №0118РКИО426), ответственным исполнителем которого является настоящий соискатель степени PhD.

Диссертационная работа выполнена в рамках государственного гранта Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан «Жас Ғалым», № АР22686399 «Снижение воздействия на окружающую среду использованием отходов производства пиленого камня известняковых пород в новых строительных материалах».

Обоснование необходимости проведения научно-исследовательской работы

Обоснование необходимости проведения научно-исследовательской работы заключается в решении вопроса снижения критического содержания известняковой пыли в воздухе близлежащих к карьерам населенных пунктов, способствующих увеличению респираторных заболеваний, снижению эффективности солнечной и ветровой генерации электроэнергии, загрязняющей пастбища, что вызывает значительную социальную напряжённость в регионе.

Это можно достичь путем создания востребованного рынком строительного материала с низкой себестоимостью изготовления на основе отходов известняка-ракушечника, что позволит в обозримые сроки ликвидировать накопленные отвалы мелкодисперсной пыли, создающих неприемлемую экологическую угрозу окружающей среде и населению.

Сведения о планируемом научно-техническом уровне разработки, о патентных исследованиях и выводы из них

В планируемую научно-техническую разработку входят теоретическое обоснование и практическое подтверждение эффективности предлагаемой новой технологии создание строительного материала на основе полимерцементной композиции из отходов известняка-ракушечника, образующегося при добыче пиленого строительного камня.

Научно-технический уровень разработки подтверждается использованием современных методов исследования и анализа литературных данных и патентных материалов в области добычи строительного камня; более эффективного использования запасов месторождений за счет изготовления новых материалов полимерцементных композиции из отходов добычи известняка-ракушечника.

Патентный поиск, в направлении создания новых технологий изготовления строительных материалов, на основе полимерцементной композиции и известняка-ракушечника, и их исследования, показал отсутствие аналогов запатентованных работ, близких к предложенным техническим решением.

Предложен состав и технология изготовления строительного материала из отходов известняка-ракушечника и водного раствора полимерцементной композиции. Этот способ позволяет получать материалы с улучшенными эксплуатационными свойствами.

По результату исследований получен патент на полезную модель № 4370 «Полимерцементная композиция», опубликованный 25.10.2019, бюллетень №43 в РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности» МЮ РК (Приложение А).

Сведения о метрологическом обеспечении диссертации

Исследования по теме диссертации выполнены с использованием имеющихся приборов и оборудования. Эксперименты проводились с применением контрольно-измерительных приборов для замера весовых характеристик, давления и температуры, которые прошли метрологическую поверку.

В исследованиях использовалось аттестованное оборудование для испытания на прочность строительных материалов. Результаты работы основаны на апробированных инженерных методах расчета и математическом моделировании. Сходимость экспериментальных данных и теоретических расчетов подтверждена актами испытаний и производственной проверки.

Актуальность темы

На современном этапе экономического и социального развития Республики Казахстан особое место занимает проблема рационального и комплексного использования природных сырьевых и топливно-энергетических ресурсов. Насыщение производства современной техникой, и интенсивные темпы добычи полезных ископаемых, повысило число происходящих техногенных воздействий на природную среду.

Проблема переработки отходов становится особенно важной в свете необходимости сохранения природных ресурсов и минимизации ущерба экологии. Одним из перспективных решений является разработка технологий повторного использования отходов добычи в производстве строительных материалов. Это не только снизит объемы отходов, но и создаст условия для экономии сырья и снижения себестоимости продукции.

Половина разрабатываемых месторождений добычи известняка, дает камни прочностью до 15 кг/см², что отражается на сравнительно низком выходе стандартного камня, в лучшем случае 70%, от объема разработанной горной породы, при среднем выходе камня около 50% [3].

В этой связи особую актуальность приобретают проблемы комплексного и системного подхода к вопросам утилизации отходов добычи известняка-ракушечника. В исследованиях применяется комплексный метод исследования. Работа представлена совокупностью теоретических и экспериментальных исследований.

Научная новизна темы заключается в разработке новых материалов на основе отходов пиленого камня-известняка, полиакриламидных компонентов, цементно-водного состава для производства строительных изделий низкой себестоимости и с улучшенными потребительскими свойствами и технологии их изготовления.

Целью исследований является улучшение экологии производства пиленого камня-известняка путем интенсивной переработки его отходов в результате разработки на их основе инновационных строительных материалов, обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.

Объект исследования: Отходы пиленого камня на карьерах по добыче известняка-ракушечника.

Предмет исследования: Улучшение экологии производства пиленого камня-известняка через переработку отходов в инновационные строительные материалы.

Задачи исследований, их место в выполнении научно-исследовательской работы в целом:

- анализ и оценка экологического воздействия производства известняка-

ракушечника на окружающую среду;

- исследование процессов создания новых материалов из отходов известняка-ракушечника при добыче пиленого строительного камня;

- разработка новой технологии производства строительных материалов из отходов пиленого камня известняка-ракушечника;

- обоснование технико-экономической эффективности способа переработки отходов известняка-ракушечника;

- подготовка технологического регламента на изготовлении полимерцементной композиции из отходов пиленого камня.

Основные исследования проводились в лабораториях кафедры «Экология и геология» и в «Научно-исследовательском институте» Каспийского университета технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, а также в строительных компаниях ТОО «Shell Stone» и ТОО «FirmaFial» (г. Актау).

Методологическая база исследований

Результаты исследования получены на основе теоретических и практических положений экспериментальной химии и физики, а также теории планирования эксперимента и статистической обработки данных. Экспериментальные исследования проводились на действующем оборудовании с использованием оригинальных методик, современной измерительной аппаратуры, а также методов математического и физического моделирования.

Научная новизна работы

В работе получены следующие новые научные результаты:

- повышено качество полимерцементной композиции и снижен расход материалов и воды, в разработанном составе нового материала, содержащего: портландцемент, водный раствор полиакриламида, уайт-спирит и ускоритель твердения, где в качестве наполнителя используются отходы пиленого камня известняка-ракушечника;

- установлена связь водопоглощения известнякового заполнителя и с водопотребностью полученной смеси, описываемой математической зависимостью, позволяющей определять водосодержание смеси от фракционного распределения исходной смеси;

- экспериментально установлено, что с уменьшением размера фракций заполнителя уменьшается и их водопоглощение. Для отсева с размером фракций до 5 мм колеблется в пределах 4,3-7,15 % вес.

Положения, выносимые на защиту:

- экологическая оценка производства пиленого камня-известняка на окружающую среду в Мангистауской области республики Казахстан;

- инновационный состав полимерцементной композиции, включающей портландцемент, водный раствор полимера, уайт-спирит и ускоритель твердения на основе хлорида алюминия водный раствор полиакриламида, отходы известняка-ракушечника в качестве наполнителя, что позволяет повысить качество полученного материала и снизить расход цемента и воды;

- формализованные зависимости водопоглощения известнякового заполнителя от водопотребности растворной смеси в пределах 4,13-7,15% (170-

190 л/м³), полученные экспериментальным путём, позволяющий рассчитывать расход требуемой воды по фракционному составу исходной смеси;

– технология изготовления инновационного материала для производства строительных изделий на основе отходов пиления известняка-ракушечника;

– обоснование влияния химического взаимодействия цементного теста с карбонатным заполнителем, повышающего адгезию материалов, вследствие чего прочность изделий на основе отсева известняка возрастает более чем в полтора раза, в отличие от использования кварцевого песка.

Практическая значимость работы:

Предлагаемая технология позволяет максимально эффективно использовать отходы карьерного хозяйства с получением строительного материала с улучшенными свойствами (пластичность, подвижность смеси, прочность и водоотталкивающие свойства) при значительно меньшем расходе цемента (в 2 раза) и полимера (в 3 раза).

Использование местных известняков в качестве заполнителя для изготовления строительных изделий (стенового камня, тротуарной плитки, облицовочных панелей), позволяет получать изделия с меньшим объемным весом и повышенными тепло- и звукоизоляционными качествами, применение которых, в зданиях и сооружениях, обеспечивает общее снижение их стоимости, за счет уменьшения собственного веса конструкций, снижения транспортных расходов, расходов на материалы и рабочую силу.

По результатам исследования получен патент на полезную модель № 4370 «Полимерцементная композиция», опубликованный 25.10.2019, бюллетень №43 в РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности» МЮ РК, подготовлен технологический регламент на изготовлении полимерцементной композиции из отходов известняка-ракушечника (Приложение Б).

Результаты исследования переданы для использования в производство камнеобрабатывающего предприятия по обработке камня ТОО «FirmaFial» (Казахстан) (Приложения В, Г) и использованы в учебном процессе при подготовке бакалавров по образовательной программе 6В05201 – «Экология» в Каспийском университете технологий и инжиниринга имени Ш.Есенова (Приложение Д).

Личный вклад автора в науку заключается в постановке цели и задач исследований, разработке составов полимерцементной композиции на пористых заполнителях с применением отходов известняка-ракушечника, создании комплексных добавок, регулирующих физико-технические свойства полимерцементной композиции, а также в разработке технологического регламента для изготовления полимерцементной композиции на основе отходов пиленого строительного камня из известняка-ракушечника. Все результаты работы получены автором самостоятельно.

Апробация работы. Основные положения диссертации и результаты исследования докладывались и обсуждались на Международной научно-практической конференции «Развитие науки и техники в освоении недр Казахстана», посвященной 90-летию академика Ш.Есенова кафедры «Экология

и химия» (Актау, 2017); Международной научно-практической конференции «Арктика: Современные подходы к производственной и экологической безопасности в нефтегазовом секторе» (Тюмень, 2019); Международная научно-практическая конференция «Global Science – 2019» (Орск, 2020), XXXIII Международная научно-практическая конференция «Фундаментальные и прикладные научные исследования: Актуальные вопросы, достижения и инновации» (Пенза, 2020), Труды Сатпаевских чтений «Сатпаевские чтения – 2020» (Алматы, 2020); III International Book Edition of the countries of the Commonwealth of Independent States “BEST YOUNG SCIENTIST – 2021” (April, 2021) (Приложение Е).

Публикации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 18 печатных работах, включая 1 статью в научном журнале, индексируемом в базе данных Scopus; 6 статей в журналах, рекомендованных Комитет по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (КОКНВО МНВО РК); 4 статьи в научных журналах Российской Федерации; 7 публикаций на международных конференциях, из которых 3 – зарубежные; а также получен патент на полезную модель, зарегистрированный в РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности» Министерства юстиции Республики Казахстан.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, выводов по каждому разделу и заключения, изложенных на 145 страницах. Она содержит 34 рисунков, 26 таблиц, 134 использованных источника и 7 приложения.

Диссертационная работа выполнена на кафедре «Экология и геология» Каспийского университета технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова.

1 АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗВЕСТНЯКА-РАКУШЕЧНИКА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

На текущий момент в СНГ ежегодно добывается более 20 млн. м³ добычи известняка-ракушечника, из которых примерно 60% после первичной переработки отправляется на отвалы и в хвостохранилища. Уровень использования отходов камнедобывающей отрасли остается низким, составляя всего около 10% от общего объема отходов [4].

Горнодобывающая отрасль Республики Казахстан является одной из ведущих в стране, продемонстрировав устойчивый рост после 1999 года благодаря привлечению иностранных инвестиций. Казахстан занимает второе место после России в СНГ по объемам добычи полезных ископаемых, а по общему объему добычи твердых полезных ископаемых республика находится на 13-м месте среди 70 горнодобывающих стран мира.

В стране накоплено около 31,6 млрд. тонн промышленных отходов, в которые ежегодно добавляется около 1 млрд. тонн. Основную часть составляют техногенно-минеральные образования (ТМО), такие как вскрышная порода и золошлаки (70% от общего объема), отходы обрабатывающей промышленности (10%) и прочие виды деятельности (20%). Ведутся работы по переработке этих отходов, и, согласно последнему отчету, в 2020 году доля переработанных и утилизированных отходов составила 29,7% [5].

Половина разрабатываемых месторождений известняка в Казахстане дает камень с прочностью до 15 кг/см², что влияет на относительно низкий выход стандартного камня – до 70% от объема разработанной горной породы, а средний выход камня составляет около 50%. Оставшаяся часть отправляется на отвал [3, с. 10].



Рисунок 1 – Негативное влияние отходов горнодобывающей промышленности на окружающую среду (с. Шетпе)

Загрязнение окружающей среды отходами горнодобывающей промышленности представляет собой одну из наиболее острых экологических проблем в Казахстане. Огромные объемы отходов, образующихся в процессе добычи полезных ископаемых, негативно воздействуют на различные компоненты экосистемы. Хранение отходов в отвалах оказывает пагубное влияние на состояние почвы, загрязняет атмосферный воздух и подземные воды, создавая условия для деградации природных ресурсов. В ряде случаев накопление отходов может оказывать воздействие и на локальные климатические условия, что особенно заметно в регионах с активной горнодобывающей деятельностью. Такие площади оказываются выведенными из оборота и не могут быть использованы для сельского хозяйства, строительства или рекреационной деятельности. Кроме того, длительное хранение отходов способствует дальнейшему ухудшению состояния этих территорий, так как химические вещества и пылевые частицы из отходов проникают в почву и атмосферу, усугубляя экологические проблемы (рисунок 1).

В настоящее время значительные объемы добычи известняка-ракушечника приводят к росту количества отходов и увеличению запыленности атмосферного воздуха. Объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу за 2023 год представлен на рисунке 2, согласно данным Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан [6].



Рисунок 2 – Количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу за 2023 год по данным бюро национальной статистики АСПиР РК (28.06.2023)

По последнему релизу данных Бюро национальной статистики АСПиР РК в 2023 году выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников составили 2 257,5 тыс. тонн. мкг/м³. Акмолинская – 69,8 мкг/м³; Актюбинская – 112,1 мкг/м³; Алматинская – 28,4 мкг/м³; Атырауская – 140,1 мкг/м³; Западно-Казахстанская – 34,4 мкг/м³; Жамбылская – 51,2 мкг/м³; Карагандинская – 455,0 мкг/м³; Костанайская – 118,3 мкг/м³; Кызылординская – 25,3 мкг/м³; Мангистауская – 86,2 мкг/м³; Павлодарская – 694,2 мкг/м³; Северо-Казахстанская – 58,9 мкг/м³; Туркестанская – 26,7 мкг/м³; Восточно-Казахстанская – 80,9 мкг/м³; г. Астана – 46,4 мкг/м³; г. Алматы – 44 мкг/м³ и г. Шымкент – 29,3 мкг/м³ [6, с.1].

Из общего объема выброшенных в атмосферный воздух загрязняющих веществ 80,7% составили газообразные и жидкие вещества, 19,3% – твердые.

В Мангистауской области наблюдается ежегодный рост выбросов загрязняющих веществ, и среднее содержание загрязняющих веществ в воздухе за последние пять лет составляет 75,42 мкг/м³ при рекомендации ВОЗ не более 25 мкг/м³. Выбросы загрязняющих веществ, превышающие установленные нормативы, могут наносить значительный ущерб окружающей среде и здоровью населения, проживающего в затронутом регионе. Постоянное превышение предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в воздухе приводит к ухудшению качества атмосферного воздуха, что может вызвать различные заболевания дыхательной системы и аллергические реакции у людей (рисунок 3).

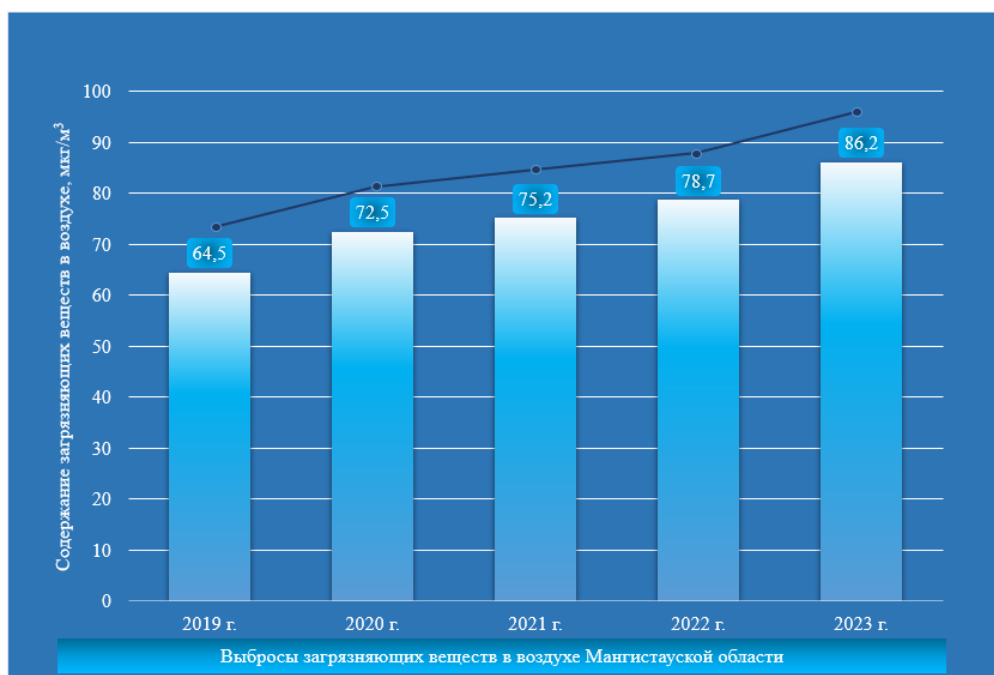






















Рисунок 3 – Динамика выбросов загрязняющих веществ по Мангистауской области по данным бюро национальной статистики АСПиР РК

В глобальном рейтинге стран по качеству воздуха Казахстан находится на 40-м месте из 134 стран, где 1-е место соответствует наихудшему качеству воздуха, а последнее – наилучшему. Уровень загрязнения воздуха в стране составляет 22,2 мкг/м³, что указывает на средний уровень загрязнения (таблица 1).

Таблица 1 – Рейтинг стран по качеству воздуха за 2023 год по данным бюро национальной статистики АСПиР РК

Рейтинг стран по качеству воздуха. 2023			
Место	Страна		Индекс (мкг/м ³)
1	Бангладеш		79.9
2	Пакистан		73.7
3	Индия		54.4
4	Таджикистан		49
5	Буркина-Фасо		46.6
6	Ирак		43.8
7	Объединенные Арабские Эмираты		43
8	Непал		42.4
9	Египет		42.4
10	Демократическая Республика Конго		40.8
18	Кыргызстан		33.1
19	Китай		32.5
23	Узбекистан		28.6
40	Казахстан		22.2
44	Турция		20.3
94	Россия		10
96	Япония		9.6
103	Германия		9
107	Украина		8.6
134	Французская Полинезия		3.2

Наибольшее загрязнение воздуха в мире наблюдается в Бангладеш с уровнем 79,9 мкг/м³, Пакистане – 73,7 мкг/м³ и Индии – 54,4 мкг/м³. На другом конце спектра находится Французская Полинезия с самым чистым воздухом, где уровень загрязнения составляет всего 3,2 мкг/м³.

Среди стран СНГ Украина и Россия демонстрируют более благоприятные показатели по качеству воздуха, с уровнями загрязнения 8,6 мкг/м³ и 10 мкг/м³

соответственно, по сравнению с Казахстаном. В то же время, такие страны как Кыргызстан (33,1 мкг/м³), Таджикистан (49 мкг/м³), Узбекистан (28,6 мкг/м³) и Армения (26,4 мкг/м³) имеют более высокие уровни загрязнения [7].

1.1 Влияние добычи строительного камня известняка-ракушечника на окружающую среду

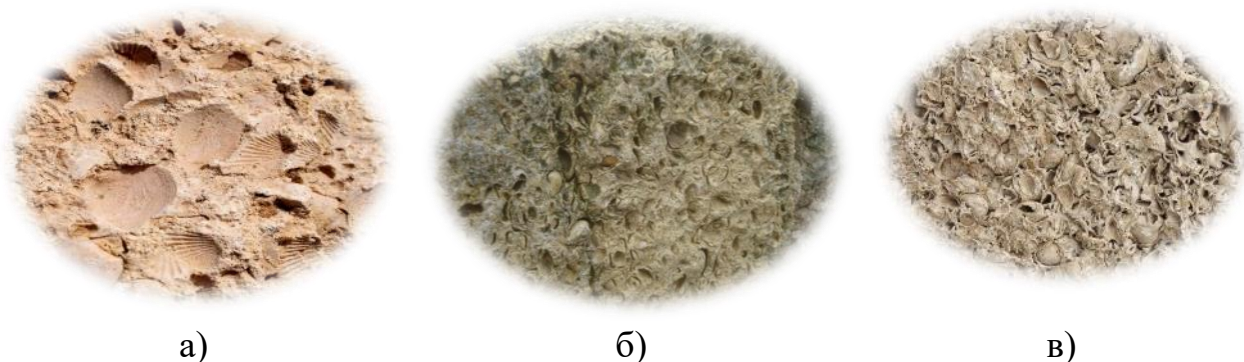
Производство строительных материалов играет ключевую роль в строительной отрасли [8,9]. С ростом объёмов строительства увеличивается потребность в качественных строительных материалах. Развитие индустрии строительных материалов происходит через повышение качества продукции, расширение ассортимента и внедрение технологий безотходного производства [10].

Оптимальное применение сырьевых ресурсов имеет важное значение. Введение техногенного сырья в производство строительных материалов способствует расширению сырьевой базы [11,12].

Ракушечник представляет собой один из видов известняков, относящихся к осадочным горным породам. Он в основном состоит из CaCO₃ (карбоната кальция) и содержит минимальные количества йода и солей, что придаёт ему антимикробные свойства [10, с. 631].

Известняк-ракушечник уже долгое время успешно применяется как стеновой и облицовочный материал. По своим физико-механическим характеристикам он значительно превосходит не только бетонные плиты и шлакобетоны, но и обожжённый кирпич. Цветовая палитра этого отделочного материала варьируется от нежно-розового и кремового до белого. Белый известняк отличается высокой чистотой, а кремовые и розовые оттенки свидетельствуют о наличии примесей железа и марганца (рисунок 4) [13].

Прогнозируемые запасы известняка-ракушечника исчисляются миллиардами кубометров.



а) Нежно-розовый известняк-ракушечник; б) Кремовый известняк-ракушечник; в) Белый известняк-ракушечник.

Рисунок 4 – Цветовая гамма пород известняка-ракушечника

Сегодня крупнейшими производителями известняка являются Китай, США, Россия, Япония, Индия, Бразилия, Германия, Мексика и Италия [14]. Из-за высокого спроса на известняк и его переработанные продукты добыча осуществляется в значительных объемах по всему миру.

Добыча известняка оказывает разнообразное воздействие на окружающую среду, что приводит к изменению ландшафта, разрушению экосистем, изменению режима грунтовых вод, а также к образованию пыли и шума во время горных работ, таких как бурение, взрывные и вскрышные работы.

Анализируя проблемы добычи известняка в различных странах, стоит обратить внимание на несколько регионов. Эти регионы интересны и важны из-за своей уникальности и значимости. Рассмотрим несколько таких регионов с проблемами добычи известняка.

Индия, штат Тамил Наду. Авторы [15] использовали мультиспектральные изображения Landsat-7 (ETM+) и Landsat-8 (OLI) с буферной зоной 10 км для оценки растительного покрова (NDVI) и температуры поверхности (LST) на месторождении известняка в районе Ариялур. LST показал увеличение на 6,9%, 9,48% и 8,94% в зонах I, II и III соответственно. Авторы пришли к выводу, что растительность в этих зонах уменьшилась на 29,99%, 16,62% и 29,58% соответственно между двумя временными периодами.

Буркина-Фасо, Западная Африка. Авторы [16] исследовали изменения характеристик использования и покрытия земли (LU/LC) в используя алгоритм классификатора случайного леса. Для проверки использовалась справочная база данных, включающая изображения высокого разрешения, аэрофотографии и полевую информацию. Они установили, что общая точность изменений LU/LC составляет 92%, а потеря характерной растительности оценивается в 17,9% ± 2,5% [17].

В Колагхате, Западная Бенгалия, Индия, для оценки качества почвы были собраны образцы из 13 различных мест. Вес каждого фактора был рассчитан с использованием метода анализа иерархий (АНР). Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) региона была проведена с использованием многофакторного анализа (MCDA). Ученые обнаружили, что основной проблемой в образцах почвы является содержание летучей пыли [18,19].

В исследовании на юго-востоке Раджастана, Индия [20] была предпринята попытка оценить изменения в землепользовании и растительном покрове с использованием временных спутниковых данных. Карты были получены на основе геокодированных ложных цветовых композиций (FCC) IRS с использованием платформы Arc GIS. Горнодобывающая промышленность и связанные с ней объекты увеличились, в то время как лесной и кустарниковый покров сократились. Наиболее значительные изменения наблюдались в поселковых и промышленных зонах, которые увеличились на 8,8 км² и 1,33 км² соответственно. Разработка карьеров уничтожила пахотные земли, естественный растительный покров, верхний слой почвы и почвенный профиль района.

В промышленной зоне Йеррагунтла в округе ЕСР штата Андхра-Прадеш, Индия, активно строятся заводы по производству известняка. Из-за высокого

спроса на строительные материалы экологические условия в строительных отраслях не соблюдаются. Для расчета нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) и модифицированного индекса растительности с коррекцией на почву (MSAVI) ученые использовали программное обеспечение Quantum GIS (QGIS) на основе изображений Landsat-5/8. В результате исследований было установлено, что земельные территории этого региона уменьшились, а плодородные свойства земли снизились. По данным ученых, площадь добычи известняка в промышленной зоне Йеррагунтла увеличилась с 307 до 469,92 гектаров (рисунок 5).

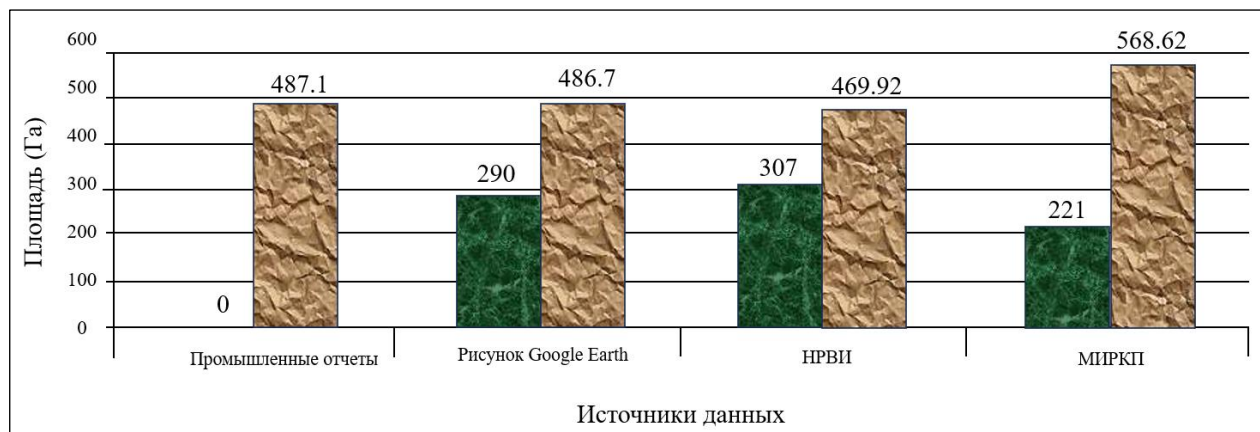


Рисунок 5 – Сравнение изменений в землепользовании добычи известняка в промышленной зоне Йеррагунтла, Индия (С. Venkata Sudhakar., 2023)

Кроме того, площадь непродуктивных земель увеличилась с 1061 га до 4874 га, а территория залежей уменьшилась с 9424 га до 5392 га соответственно [21]. Не все месторождения известняка дают чистую продукцию, что приводит к увеличению объёмов отходов. В известняковом карьере в районе Тирунелвели, Индия, коэффициент отходов составляет примерно от 0,26 до 1 при добыче известняка. В результате в различных местах уже образовалось около 0,3 тыс. га отходов горнодобывающей промышленности [22]. В образцах содержится более 70% кальцита, который затем используется в цементной промышленности. Оценка качества известняковых образцов с использованием традиционных методов является сложным и трудоемким процессом. В будущем важно найти наиболее чистый известняк, чтобы сократить образование отходов [23]. Авторы предлагают использовать изображения Hyperion для более точного распознавания месторождений известняка [24].

Снижение растительного покрова и загрязнение почвы в местах добычи известняка приводит к повышению уровня пыли в атмосферном воздухе и ухудшению здоровья населения в этих районах. Современные способы извлечения полезных ископаемых предполагают использование лишь небольшой доли извлечённого ресурса, в то время как отвалы с отходами занимают значительные территории, достигающие нескольких тысяч гектаров, что имеет негативное воздействие на экологическую обстановку [10, с. 632].

В бассейне реки Келехай, Индия, при интенсивных открытых горных работах отходы известняка часто откладываются в формах рельефа. В карьерах пылевые частицы содержат большое количество карбонатов [25]. Ученые из Саудовской Аравии установили, что эти пылевые частицы влияют на распределение растительности и повышают температуру поверхности [26]. Пыль проникает в почву, влияя на качество грунтовых вод [27].

В округе Семин, регентство Гунунгкидул, Индонезия воздухоносные частицы из отвалов также повышают содержание твердых частиц в воздухе. Газообразные загрязнители, такие как диоксид серы (SO_2) и оксиды азота (NO_x), выбрасываются тяжёлыми землеройными машинами, такими как самосвалы и экскаваторы [28]. В районе добычи известняка близлежащие окрестности покрыты пылью, образующейся в результате добычи и переработки известняка (см. рисунок 6) [29].



Рисунок 6 – Район добычи известняка в округе Семин, регентство Гунунгкидул, Индонезия (Ayu Candra Kurniati, et al., 2023)

Добыча известняка в Тубане, Индонезия, оказывает значительное воздействие на окружающую среду, включая загрязнение пылью и разрушение дорог. Процесс добычи может нанести вред окружающей среде и общественным объектам в регионе. Загрязнение пылью может снижать видимость и вызывать проблемы с дыханием у населения, проживающего в районе добычи [30,31]. Кроме того, пылевое загрязнение может мешать участникам дорожного движения и снижать видимость водителей, что увеличивает риск дорожно-транспортных происшествий.

Итальянская карьерная промышленность занимает значительное место в мировой добыче полезных ископаемых, что приводит к образованию большого количества отходов. В некоторых случаях карьеры расположены вблизи экологически уязвимых и охраняемых территорий и побережий, что представляет повышенный риск для биоразнообразия (например, добыча известняка в Трапани, Сицилия). В районе Масса-Каррары находится около 200 карьеров, а в Кустоначи – около 70. Только 20% добытого материала используется в коммерческих целях, тогда как оставшиеся 80% – это отходы, образующиеся в процессе работы. По оценкам, около 50% отходов составляют горные породы разного размера, а 30% – пыль. В Италии добывается 6

миллионов тонн известняка в год, из которых 4,8 миллиона тонн составляют отходы, включая 1,8 миллиона тонн пыли.

В результате интенсивной карьерной деятельности на протяжении многих лет, мраморные (известняковые) бассейны Кустоначи (см. рисунок 7, 8) и Масса-Каррары характеризуются огромными объемами накопленных отходов, образовавшихся в результате карьерной деятельности. В некоторых случаях их площадь может достигать десятков гектаров. Обычно отходы сбрасываются на склоны вблизи карьеров, угрожая целостности ландшафта и окружающей среде, а также загрязняя атмосферу вследствие рассеивания пыли [30-32].



а) Вид на Сицилию с указанием района Кустоначи (в красном круге); в) Район Кустоначи с указанием (белым цветом) распределения карьеров.

Рисунок 7 – Вследствие интенсивной карьерной деятельности Кустоначи и Масса-Каррара (Cavaleri, L., et al 2018)



Рисунок 8 – Карьерная пыль в Кустоначи (Cavaleri, L., et al 2018)

Кроме того, изучалась распространенность респираторных симптомов среди работников, занимающихся резьбой по камню в Раджастане, Индия. Работники горнодобывающей промышленности, разработчики карьеров, резчики по камню и скульпторы из камня подвержены риску профессиональных легочных заболеваний [33]. Постоянное воздействие пыльной рабочей среды приводит к развитию пневмокониоза [34]. Такие распространенные материалы, как кварц, асбест и уголь, образуют вдыхаемые частицы пыли размером от 0,5

µm до 5 µm [35]. Камень содержит значительное количество свободного кремнезема, и в процессе его обработки в рабочую среду попадает большое количество кремнеземной пыли [36]. Наибольшее количество пыли выделяется в процессе шлифования [37], и неконтролируемое образование пыли может привести к многочисленным экологическим последствиям [38]. Множество факторов, таких как тип пыли, продолжительность воздействия, плотность и количество частиц пыли в рабочей зоне, влияют на осаждение кварцевой пыли в дыхательных путях [39]. В таблице 2 показана частота встречаемости респираторных симптомов среди резчиков по камню [40]. В группе, подвергшейся воздействию, было значительно больше случаев кашля (63,8%) по сравнению с контрольной группой (18,4%) при уровне значимости $p < 0,01$. Аналогичным образом, распространенность мокроты была выше в группе, подвергшейся воздействию (57,8%), по сравнению с контрольной группой (15,7%) при $p < 0,01$. Кроме того, заболевания грудной клетки чаще встречались в группе воздействия (48,2%) по сравнению с контрольной группой (26,3%) при уровне значимости $p < 0,05$. Распространенность хрипов была выше в группе воздействия, в то время как одышка, мокрота и заложенность носа чаще встречались в контрольной группе.

Таблица 2 – Встречаемость легочных симптомов среди резчиков по камню (Yogesh Mishra, et al 2023)

Респираторная симптомы	Облученная группа n (%)	Контроль n (%)	P – value
Кашель			
Да	53 (63.8)	7 (18.4)	< 0.01
Нет	30 (36.2)	31 (81.6)	
Мокрота			
Да	48 (57.8)	6 (15.7)	< 0.01
Нет	35 (42.2)	32 (84.3)	
Хрип			
Да	9 (10.8)	4 (10.5)	0.95
Нет	74 (89.2)	34 (89.5)	
Одышка			
Да	4 (4.8)	2 (5.2)	0.91
Нет	79 (95.2)	36 (94.8)	
Болезнь грудной клетки			
Да	40 (48.2)	10 (26.3)	0.02
Нет	43 (51.8)	28 (73.7)	
Мокрота			
Да	14 (16.8)	8 (21.1)	0.58
Нет	69 (83.2)	30 (78.9)	
Заложенный нос			
Да	22 (26.5)	11 (28.9)	0.78
Нет	61 (73.5)	27 (71.1)	

В таблице 3 представлены факторы, связанные с респираторными проблемами участников. Респираторные симптомы, такие как кашель, мокрота и заболевания грудной клетки, чаще встречались у участников со стажем работы более десяти лет. Напротив, такие симптомы, как хрипы, одышка и мокрота, были более выражены у участников со стажем работы от шести до десяти лет. Кроме того, признаки заложенности носа были выше среди работников с опытом работы от одного до пяти лет [40, с. 1584].

Таблица 3 – Факторы, связанные с легочными симптомами у резчиков по камню (Yogesh Mishra, et al 2023)

Параметры	Кашель	Мокрота	Хрип	Одышка	Болезнь грудной	Мокрота клетки	Заложенный нос
Опыт работы (годы)							
1 - 5	16 (26.7)	12 (22.2)	3 (23.1)	1 (16.7)	13 (26.0)	6 (27.3)	13 (39.4)
6 - 10	20 (33.3)	18 (33.3)	6 (46.1)	3 (50.0)	16 (32.0)	9 (40.9)	11 (33.3)
> 10	24 (40.0)	24 (44.5)	4 (30.8)	2 (33.3)	21 (42.0)	7 (31.8)	9 (27.3)
Р-значение	< 0.01	< 0.01	0.13	0.26	< 0.01	0.08	0.45
Ношение маски во время работы							
Да	18 (30.0)	30 (55.6)	7 (53.9)	4 (66.7)	27 (54.0)	9 (40.9)	18 (54.5)
Нет	42 (70.0)	24 (44.4)	6 (46.1)	2 (33.3)	23 (46.0)	13 (59.1)	15 (45.5)
Р-значение	< 0.01	0.31	0.79	0.41	0.51	0.32	0.57
Курение							
Да	39 (65.0)	23 (42.6)	3 (23.1)	1 (16.7)	29 (58.0)	6 (27.3)	13 (39.4)
Нет	21 (35.0)	31 (57.4)	10 (76.9)	5 (83.3)	21 (42.0)	16 (72.7)	20 (60.6)
Р-значение	< 0.01	0.14	0.32	0.32	< 0.01	0.37	0.58

Симптомы кашля были значительно связаны с ношением маски во время работы при уровне значимости $p < 0,01$. Кашель и мокрота чаще появлялись у резчиков, не имевших привычки носить маску во время работы. Кашель и заболевания грудной клетки были значимо связаны с привычкой курить (при $p < 0,01$), в то время как остальные показатели были выше среди некурящих.

Т. Ингратамасук и др. [41] заявили о более частом возникновении кашля и мокроты у резчиков по камню в Таиланде. Аналогичным образом, А.Н. Нвибо и др. [42] отметили, что нигерийские рабочие, занимающиеся обработкой камня, чаще страдают от респираторных заболеваний, таких как кашель и инфекции грудной клетки. Кроме того, исследование, проведенное в Замбии [43], показало,

что кашель и мокрота встречаются чаще, хотя исследование, проведенное среди бразильских камнерезов [44], показало, что кашель был более распространен.

Частота возникновения кашля была выше среди резчиков по камню, которые не носили маски во время работы, и эта связь была значительной при уровне значимости $p < 0,01$. В кросс-секционном исследовании резчиков по камню в Испании [45] также сообщается о подобной связи. Кашель и заболевания грудной клетки были значительно связаны с курильщиками при $p < 0,01$. Аналогичным образом, в индийском исследовании Э. Арумугама и др. [46] сообщалось, что курение и более длительный стаж работы в карьерах связаны с закупоркой дыхательных путей у работников карьеров.

1.2 Современные подходы для минимизации экологических последствий добычи известняка открытым способом

Из-за особенностей технологических процессов добычи строительного камня, где продукция должна иметь прямоугольную форму, большая часть извлеченной горной массы превращается в отходы. Это происходит, поскольку добыча и обработка природного камня включают несколько последовательных операций: оконтуривание блоков резанием или буровзрывными работами, откол и погрузка, распиловка на крупные плиты, распиловка на более мелкие плиты, окантовка, шлифовка и полировка [4, с. 26]

Для снижения негативного влияния отходов на окружающую среду необходимо разработать и внедрить специальные меры по их снижению. Применение эффективных технологий и методов утилизации отходов, а также соблюдение строгих экологических стандартов помогут уменьшить негативное воздействие на окружающую среду и сделать добычу известняка более экологически безопасной.

Автор статьи [47] рассматривает основные компоненты окружающей среды, подвергающиеся влиянию отходов добычи известняка, и предлагает конкретные меры по их снижению для сохранения экологического баланса и здоровья природы.

Для снижения воздействия на земельную и почвенную среду важно хранить плодородный верхний слой почвы отдельно от вскрышных пород и использовать его в кратчайшие сроки для создания зеленых зон. Необходимо строить дренажные системы вокруг отвалов для предотвращения эрозии и потерь. Также возможны мероприятия по рекультивации земель, такие как засыпка выработанных карьеров, укрепление склонов или превращение карьеров в водохранилища [48].

Для снижения воздействия шума следует проводить контролируемые взрывные работы в благоприятное время, избегая раннего утра и ночных периодов. Машины, используемые для взрывных работ и транспортировки, должны быть оснащены системами глушения шума. Создание зеленых полос и густых насаждений по периметру горнодобывающей территории также способствует снижению уровня шума. Работники, находящиеся в зонах с высоким уровнем шума, должны иметь средства индивидуальной защиты [49].

Для уменьшения воздействия на воздушную среду при бурении и взрывных работах рекомендуется использовать мокрое бурение для снижения летучих выбросов. В условиях нехватки воды можно применять буры с пылеуловителями. Дороги, используемые для транспортировки известняка, должны регулярно поливаться водой, а дробилки для известняка должны работать с пылеуловителями. Зеленые насаждения и 7,5-метровая зона безопасности помогают улавливать твердые частицы. Транспортные средства с действующим сертификатом по контролю загрязнения должны быть допущены к эксплуатации на территории карьера.

Для сохранения экологической и биологической устойчивости арендуемой территории, включая 7,5-метровую зону безопасности, необходимо высаживать местные растения и следить за их выживаемостью [50].

В Таиланде компания Siam Cement Kaeng Khoi Co. Ltd. (SKK) использует полуоткрытую добычу, которая сочетает открытую и карьерную добычу, оставляя часть лесного массива (около 40% площади аренды карьера) в качестве буферной зоны вдоль границы карьера. Это снижает уровень шума и пыли, сохраняет лесной покров и позволяет проводить рекультивацию выработанных земель одновременно с производственным процессом [51].

Полностью механизированная добыча открытым способом была применена на известняковом карьере Тулар Мадрасского цементного завода в Тамилнаде, Индия. Для снятия верхнего слоя почвы используются экскаваторы, а для добычи известняка – карьерные комбайны. Отсутствие бурения и взрывных работ снижает загрязнение воздуха и уровень шума, а карьерные комбайны оснащены встроенной системой пылеподавления [52].

1.3 Обзор технологий в области получения материалов из отходов известняка-ракушечника

Включение отходов, образующихся при добыче и обработке камня, в производственные процессы может значительно улучшить экологическую ситуацию, связанную с производством пиленого камня. Утилизация этих отходов в качестве вторичного сырья стала значимым направлением в развитии отрасли, особенно в последние годы. Основным аспектом данного подхода является возможность снижения выбросов и уменьшения накопления отходов, что способствует улучшению экологической ситуации. Важно также учитывать, что запасы природных ресурсов не бесконечны [10, с. 630].

В наше время большое количество техногенных отходов используется в строительной индустрии, включая доменные шлаки, различные шламы и отходы угледобычи. Одним из значимых источников сырья для создания строительных материалов остаются отходы горнодобывающей отрасли. Опыт прошлых лет показывает, что такие отходы можно применять в качестве компонента для производства бетонных заполнителей и других материалов.

Применение техногенных отходов в строительных материалах позволяет снизить себестоимость продукции при сохранении исходных свойств, так как промышленные отходы и природное сырье имеют схожие технические

характеристики. Вопрос утилизации известняковых отходов продолжает оставаться важным и требует поиска эффективных решений для их применения в строительной отрасли. Современные методы переработки отходов камнеобработки в основном сосредоточены на крупных и средних фракциях, которые используются для производства бетона низкого класса. Мелкодисперсные фракции остаются невостребованными, что создает потребность в разработке новых технологий их переработки, особенно в таких сферах, как сельское хозяйство, дорожное строительство и производство строительных материалов [53].

Анализ литературы показывает, что во всем мире ведутся активные работы по переработке отходов [54]. Разрабатываются технологии производства мозаичных, орнаментальных и облицовочных плит, а также сложных архитектурных деталей, используя отходы камнепиления. Особое внимание уделяется созданию блоков из ракушечника, которые не уступают по характеристикам природному камню. Например, ракушечно-бетонные блоки, произведенные на основе отходов камнепиления, обладают прочностью на сжатие 5-7,5 МПа и плотностью 1800 кг/м³. Их производство осуществляется методом полусухого прессования при давлении 10-15 МПа, что обеспечивает высокую производительность (600-700 блоков в час).

Таким образом, использование отходов горнодобывающей и камнеобрабатывающей промышленности позволяет создавать качественные строительные материалы, соответствующие современным стандартам, снижая при этом нагрузку на окружающую среду и затраты на производство (см. таблицу 4).

Таблица 4 – Составы продуктов и изделий, полученных с использованием шламов от обработки камня (Н.А. Калдыбаев и др., 2014)

№ п/п	Наименование средств	Содержание компонентов	
		Шламы, %	Прочие компоненты, %
1	2	3	4
1	Полимерные композиции **	45-50 (1,2,3)	смолы ЭД-20, ЭД-16, ПН-1, Э-40, Э-41, ПН-12-50 – 55%
2	Кирпич стеновой пористый**	1-6 (1,2,3)	Лигнин – 40-85%, глина – 14-45%
3	Угольные брикеты **	1-4 (1,2,3,4)	Лигнин – 10-18%, угольная пыль – 78-88%
4	Чистящее бытовое вещество**	68-85 (3,4)	сода – 4-10%, горчичный порошок – 1-2%, сульфенол – 5-20%
5	Чистящее вещество	68-85 (1,2,4)	сода – 4-10%, сульфенол – 5-22%
6	Замазка оконная	80-85 (1,2,3)	олифа – 1 0-3%, масло индустриаль – 2-10%
7	Шпатлевка "Карболат"	40-50 (1,2, 3)	латекс – 5-10%, карбоксилметил-целлюлоза – Na – 2%, карбамид – 5-10%

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4
8	Средство чистящее "Чистоль"	92-94 (3)	дифталан – 1-2%, сода – 1,5-5%, стекло жидкое – 2%
9	Замазка универсальная морозостойкая	54-60 (1,2, 3)	латекс – 24-28%, асбест – 2-4%, белила цинковые – 3-4%, пластификатор ДБФ – 2-3%, стекло жидкое – 2-3%, синтимид – 1%
10	Герметик «Термопласт»	70-75 (3)**	бутилкаучук -10-14%, масло индустр. – 16-18%, глицерин сырой – 1%
11	Средство для чистки медных и алюминиевых изделий "Асидол"	60 (1,2,3)	мыло – 2%, стеариновая кислота – 12%, кислота щавелевая – 3%, аммиак водный – 23%
12	Средство чистящее для кухонных плит "Норма"	59 (1,2, 4)*	моющее средство «Прогресс» - 5%, стекло жидкое – 1,5%, триполифосфат натрия – 5%, глицерин сырой – 2,85%, вода – остальное
13	Сухие штукатурные смеси различного назначения	зависит от назначения смеси(1,2,3)*	гипс, известь-кипечка, портландцемент марка 400
Примечание: * Цифры в скобках указывают вид шлама согласно вышеприведенной классификации. ** Указанные составы имеют авторские свидетельства и заявки на изобретения.			

Было разработано новое решение для производства строительных материалов, которое позволяет создавать строительные изделия (например, блоки) из композитов на основе комплексного вяжущего и органического наполнителя, которые затвердевают в среде с высоким содержанием углекислого газа (CO₂) [55].

Таблица 5 – Влияние состава композиции на физико-механические характеристики изделий

№	Расход ингредиентов, масс. %			Характеристика изделий			
	Комплексные вяжущие	Мелкодисперсный известняк	Органический наполнитель	Вода сверх 100% смеси ингредиентов	Прочность при сжатии, МПа	Плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·°С
Гашеная известь							
1	10	90	20	20	5,7	800	0,17
2	10	90	40	22	3,5	670	0,14
3	30	70	20	25	2,5	550	0,12
4	30	70	40	30	2,0	450	0,08

Существует причинно-следственная связь между совокупностью существенных признаков изобретения и его техническим результатом. В этой композиции применение смеси гашеной извести и мелкодисперсных

известняковых отходов в качестве комплексного вяжущего служит основой для достижения требуемых физико-механических свойств материала благодаря процессу карбонатного твердения извести (твердение в присутствии CO_2) [55, с. 4].

Во время твердения изделий, содержащих гашеную известь, в среде с высоким уровнем углекислого газа происходит перекристаллизация гидрооксида кальция в карбонат кальция. Этот процесс приводит к образованию прочной структуры, которая обеспечивает необходимые физико-механические свойства изделий (таблица 5) [55, с. 4].

Состав для производства конструкционно-теплоизоляционных изделий включает органический наполнитель и комплексное вяжущее вещество. Уникальность данной композиции заключается в использовании древесной дробленки в качестве органического наполнителя, а также смеси гашеной извести и мелкодисперсных известняковых отходов в качестве комплексного вяжущего. Соотношение компонентов по сухому веществу (в мас.%): вяжущее вещество – смесь гашеной извести (10-30%) и мелкодисперсных известняковых отходов (70-90%), в общей сложности 60-80%; древесная дробленка – 20-40%; вода – 20-30% сверх 100% от смеси комплексного вяжущего и органического наполнителя (таблица 6) [55, с. 5].

Таблица 6 – Воздействие состава на физико-механические свойства изделий согласно данным прототипа

№ п/п	Компоненты	Содержание, мас. %	
		Состав №1	Состав №2
1	Портландцемент	41,5	45
2	Древесная дробленка	29,2	27,2
3	Гипс	0,5	1
4	Полимер этилгидросилоксана	0,3	0,5
5	Нарезанное на отрезки 3-30 мм капроновое волокно	0,5	0,3
6	Вода	28	26
7	Физико-механические характеристики		
8	Прочность на сжатие не менее, МПа	5,0	5,0

Применение комплексного вяжущего вещества в объеме менее 60% не обеспечивает необходимых свойств материала, в то время как превышение 80% становится нецелесообразным из-за значительных затрат на самый дорогой компонент композиции [55, с. 4].

Процесс приготовления композиции включает несколько этапов. Сначала необходимо точно отмерить сухие компоненты в следующих пропорциях, мас.%: комплексное вяжущее вещество – 60-80% (включает гашеную известь –

10-30% и мелкодисперсные известняковые отходы – 70-90%); древесная дробленка – 20-40%; вода – 20-30% сверх 100% от общей массы смеси вяжущего и органического наполнителя. Все компоненты затем тщательно смешиваются в принудительном смесителе. Полученная смесь увлажняется водой в количестве 20-30% от массы сухих компонентов и снова перемешивается. После этого смесь помещается в закрытую пресс-форму, оборудованную для подачи и отвода углекислотной газовой смеси (УГВС). Прессованные изделия подвергаются карбонизации при давлении, например, 1,0 МПа, с использованием газовой смеси, содержащей 35% углекислого газа, в течение 15 минут, что обеспечивает достижение необходимой прочности на сжатие [55, с. 5].

Использование композиции, состоящей из комплексного вяжущего и органического наполнителя, который затвердевает в условиях повышенной концентрации углекислого газа, позволяет получить искусственный материал с прочностью в диапазоне 2,0-5,7 МПа, средней плотностью от 450 до 800 кг/м³ и коэффициентом теплопроводности от 0,08 до 0,17 Вт/м·°С. Эти характеристики делают данный материал идеальным для производства стеновых блоков, в которых могут быть использованы отходы древесной переработки и солома [55, с. 5].

Основной результат данного изобретения заключается в увеличении эффективности работы технологической линии, улучшении стабильности качества продукции, упрощении производственного процесса и утилизации выбросов СО₂, который используется в качестве сырьевого материала [55, с. 5].

Данное изобретение относится также к области производства строительных материалов, включая гидрофобизацию плит из известняка-ракушечника методом объемной пропитки водным раствором полисульфида кальция с добавлением красителя для получения декоративно-облицовочного материала [56].

Задачей данного изобретения является разработка способа гидрофобизации плит из природного известняка-ракушечника методом пропитки водным раствором полисульфида кальция, что позволяет повысить морозостойкость и прочность для использования в строительстве, в том числе в качестве декоративного облицовочного материала.

Преимущество данного метода заключается в удешевлении процесса гидрофобизации за счет применения полисульфида кальция – продукта взаимодействия обожженной извести и серы, являющегося отходом нефтедобычи и очистки. В результате пропитки плит полисульфидом кальция с красителем происходит снижение водопоглощения и повышение прочности, морозостойкости и грязеустойчивости. Объемная масса материала увеличивается не более чем на 5%, обеспечивая длительную эксплуатацию без ухудшения гидрофобных свойств и повышение декоративных качеств.

В качестве красителя используют пиритные огарки, количество которых может варьироваться от 0 до 10 мас.%. Процесс пропитки известняка-ракушечника включает распил плит, их сушку и последующую объемную

пропитку раствором полисульфида кальция, с последующей естественной или термической сушкой.

Предварительная сушка плит способствует глубокому проникновению раствора в поры материала, обеспечивая максимальное заполнение пор полисульфидом кальция. В процессе высыхания раствора происходит выделение элементной серы, формирующей на поверхности пор водоотталкивающий слой, препятствующий проникновению влаги. Сера является неорганическим гидрофобным веществом, устойчивым к разрушению, что отличает её от полимерных пропиток.

Основное преимущество данного метода перед пропиткой полимерами заключается в том, что полисульфид кальция дешевле и не требует термообработки после пропитки, в отличие от полимерных пропиток, которые требуют дальнейшей полимеризации. Пропитка направлена на повышение водонепроницаемости пористых плит из известняка-ракушечника за счет заполнения пор плотным водоустойчивым материалом – раствором полисульфида кальция.

Предлагаемый способ значительно улучшает физико-механические свойства ракушечника, придавая ему повышенную надежность и долговечность даже в сложных условиях эксплуатации. Установлено, что для достижения высокой стойкости против агрессивных факторов достаточно пропитать только поверхностный слой плит толщиной 10-15 мм. Пропитка осуществляется в открытых ваннах при атмосферном давлении, что упрощает процесс и обеспечивает проникновение раствора в поры камня под действием капиллярных сил [56, с. 2].

Комплект пропиточной установки включает следующие элементы: камера нагрева или сушильная камера, реактор для подготовки раствора полисульфида, пропиточная ванна и камера охлаждения. Продолжительность пропитки варьируется в зависимости от пористости и начальной влажности образцов, плотности пропитываемого раствора и разности давлений внутри и снаружи изделия.

Этапы процесса пропитки:

Сушка плит из известняка-ракушечника в сушильной камере.

Погружение высушенных плит в пропиточную ванну с раствором полисульфида на 60-90 минут при естественной температуре.

Высушивание пропитанных плит на воздухе.

Шлифовка или полировка поверхности плит.

Способ 1

Плиты из известняка-ракушечника высушиваются естественным или термическим способом, после чего погружаются в ванну с раствором полисульфида кальция, содержащего краситель, на 60-90 минут. Затем плиты извлекаются из раствора и высушиваются естественным способом. После высыхания проводится механическая обработка лицевой поверхности с последующей резкой плит на нужные размеры.

Раствор полисульфида кальция проникает в естественные пустоты камня под действием капиллярных сил и гидрофильности порового пространства известняка-ракушечника. Глубина пропитки зависит от времени пребывания в растворе: короткое время заполняет только крупные поры, а длительная пропитка обеспечивает полное заполнение всех пор полисульфидом.

Известняк-ракушечник химически не взаимодействует с полисульфидом, поэтому при разложении раствора выделяется ультрадисперсная сера, которая оседает на поверхности пор плотным слоем, придавая материалу плотную структуру.

Способ 2

Отличие от способа 1 заключается в том, что после пропитки плиты сушатся термическим способом при температуре 110-120⁰С, что приводит к значительному улучшению физико-механических характеристик материала.

Итоговый продукт представляет собой облицовочные плиты естественного цвета известняка-ракушечника с контрастными цветовыми разводами и вкраплениями. Поверхность плит может быть шлифованной, лощеной или полированной, что улучшает их декоративные свойства (см. таблицу 7) [56, с. 3].

Таблица 7 – Физико-механические показатели плит

№ п/п	Показатели	Значения показателей образцов		
		Образец размером 200×200×10мм	Образец размером 200×200×20мм	Образец размером 200×200×10мм
1	Подготовка известняка-ракушечника	естественная сушка	термообработка	естественная сушка
2	Истираемость, г/см ²	0,37	0,35	0,38
3	Предел прочности, МПа (кгс/см ²) - при сжатии - при изгибе	20 (200) 4(40)	30 (300) 4(40)	20 (200) 3(30)
4	Водопоглощение по массе, %	0,7	0,6	0,7
5	Морозостойкость, циклы	400	400	400

Преимущества предложенного метода по сравнению с прототипом [57] заключаются в эффективной утилизации серы, снижении себестоимости строительных материалов за счет использования недорогих производственных отходов, а также в значительном увеличении прочности и плотности благодаря заполнению естественных пустот известняка-ракушечника. Метод также повышает морозостойкость, устойчивость к пыли и грязи, а также водо- и солестойкость, что приводит к значительному снижению водопоглощения. Изобретение относится к области строительных материалов и направлено на получение щебня с высокими эксплуатационными характеристиками путем его пропитки расплавом серы, что может быть использовано в дорожном

строительстве [58]. Основной задачей данного изобретения является разработка метода упрочнения малопрочного природного щебня известняка-ракушечника с помощью пропитки расплавом серы. Пропитка расплавом серы предназначена для укрепления щебня из пористых известняков-ракушечников путем заполнения их пор водоотталкивающим материалом. Образцы, пропитанные серой, демонстрируют высокую водонепроницаемость, морозостойкость и повышенную прочность, что делает их подходящими для использования в строительстве и дорожных работах. Технический результат включает снижение материальных затрат, упрощение технологического процесса и утилизацию отходов некоторых производств. Улучшение физико-механических и химических характеристик материалов после пропитки расплавом серы объясняется тем, что сера в обычных условиях инертна ко многим элементам, а заполнение капиллярно-пористого пространства защищает поверхностные слои, значительно снижая проницаемость и ограничивая проникновение агрессивных жидкостей внутрь материала, что предотвращает разрушение. Природное образование известняка-ракушечника из остатков организмов и их обломков в геохимической среде способствует превращению растворимого бикарбоната кальция в нерастворимый карбонат в ультрадисперсном состоянии. Явление капиллярного всасывания расплава серы в структуру ракушечника обусловлено закономерностями карбонатного осадкообразования, что обеспечивает заполнение порового пространства серой. Сера в устойчивой модификации и ультрадисперсном состоянии кристаллизуется при охлаждении, так как формирование происходит в условиях геометрических ограничений узких капиллярных пор ракушечника, обладающего природной микропористостью. Важно отметить, что сера в расплавленном состоянии имеет низкий коэффициент поверхностного натяжения - 61 мН/м . Основной особенностью технологии пропитки известняка-ракушечника серой является физический процесс взаимодействия компонентов, где лиофильная поверхность известняка-ракушечника впитывает лиофобный расплав серы, обеспечивая высокую адгезию между ними. Это свойство "сродства" известняка-ракушечника и расплава серы объясняет высокие прочностные характеристики пропитанных образцов. Кроме того, при исследовании микроструктуры порового пространства известняка-ракушечника, пропитанного расплавом серы, был обнаружен процесс формирования линейных структур серы, которые оказывают армирующее действие и повышают модуль упругости образцов, формированию которых способствуют капиллярно-поровые каналы ракушечника. Пропитка расплавом серы значительно улучшает физико-механические свойства исходного ракушечника, придавая ему повышенную надежность и долговечность даже в сложных условиях эксплуатации. Установлено, что достаточно пропитать только поверхностный слой толщиной 10-15 мм, чтобы изделие приобрело высокую стойкость к физически или химически агрессивной среде. Для испытаний используются отходы добычи и обработки известняка-ракушечника, которые рассеиваются на фракции в соответствии с требованиями ГОСТ. Пропитывались образцы щебня, высушенные до постоянной массы, и

образцы щебня с естественной влажностью. Пропитка известняка-ракушечника производилась в расплаве серы двумя методами: 1. Сухие образцы, предварительно подогретые до 160°C , погружались в расплав серы при температуре 155°C и выдерживались в изотермическом режиме в течение 60-90 минут, затем погружались в холодную воду; 2. Образцы исходного сырья с естественной влажностью погружались в расплав серы при температуре 175°C и выдерживались в изотермическом режиме в течение 1 часа. Затем проводилось снижение температуры системы до 130°C . Время выдержки при этой температуре составляло 1 час, после чего образцы охлаждались в холодной воде. Пропитанные образцы отстаивались в течение 24 часов, после чего проводилось определение показателей полученных образцов: истираемости в полочном барабане, предела прочности при сжатии и изгибе, водопоглощения и морозостойкости образцов, результаты приведены в таблице 9. Способ 1. 3. Сушка щебня из известняка-ракушечника в сушильной камере; 4. Высушенный щебень погружается в пропиточную ванну с расплавом серы и выдерживается в течение 60-90 минут при температуре 160°C ; 5. Пропитанный щебень выгружается в емкость с холодной водой для охлаждения. Способ 2. 6. Щебень с естественной влажностью погружается в расплав серы с температурой 175°C , выдерживается 60 минут [56, с. 3].

Образцы щебня помещаются в ванну с расплавленной серой, нагретой до 130°C , и выдерживаются в течение 90 минут. После этого пропитанные образцы извлекаются и охлаждаются в холодной воде. При температуре расплава в 160°C остаточная влага из пор щебня испаряется, образуя парогазовую смесь, что создает вакуум, который заполняется серой при снижении температуры до $125-130^{\circ}\text{C}$. Глубина проникновения серы в пористую структуру щебня зависит от времени его нахождения в расплаве: при кратковременной обработке заполняются только крупные поры, тогда как длительная пропитка позволяет заполнить всю пористую структуру [56, с. 3].

Сравнительный анализ показал, что второй режим пропитки дает лучшие результаты, увеличивая степень насыщения серой с 36% до 45%, что на 9% выше, чем при первом способе. Второй метод также является более экономичным, так как не требует предварительной сушки щебня. В процессе пропитки остаточная влага испаряется, создавая вакуум, который способствует более глубокому проникновению серы в поры. При дальнейшем понижении температуры вязкость расплава увеличивается, что препятствует его утечке из пор, а резкое охлаждение формирует на поверхности прочный монолитный слой (таблицу 8).

При работе с расплавленной серой необходимо соблюдать строгие меры безопасности из-за ее токсичности и огнеопасных свойств. Пропиточные ванны следует герметизировать и устанавливать на открытых площадках или под навесами, а также обеспечивать их эффективной общей и местной вентиляцией. Важно иметь в наличии пенные огнетушители, асбестовые одеяла и другие средства для обеспечения пожарной безопасности. Рабочие должны быть обеспечены специальной защитной одеждой для минимизации рисков [56, с. 3].

Таблица 8 – Значения показателей образцов щебня после (до) пропитки расплавом серы

№ п/п	Показатели	Значения показателей образцов щебня после (до) пропитки расплавом серы		
		Образец фр. до 20мм.	Образец фр. до 10мм.	Образец фр. до 5 мм.
1	Истираемость в полочном барабане, % по массе	24 (41)	23 (45)	25 (47)
2	Предел прочности, МПа(кгс/см ²) при сжатии в водонасыщенном состоянии	22 (11)	28 (10)	20 (10)
3	Водопоглощение по массе, %	0,6	0,5	0,6
4	Морозостойкость, циклы	Мрз 500	Мрз 600	Мрз 600

Основными преимуществами предлагаемого метода перед прототипом является возможность утилизации больших объемов серы, снижение себестоимости продукции благодаря использованию промышленных отходов, значительное повышение прочностных характеристик (как на сжатие, так и на изгиб) за счет полного заполнения пористости известняка-ракушечника. Кроме того, материал приобретает улучшенные морозостойкость и водостойкость, а также существенно уменьшается его водопоглощение.

Данное изобретение относится к области строительных материалов на основе известково-цементных вяжущих и может использоваться для производства отделочных материалов, в том числе декоративно-отделочных изделий или облицовки фасадов зданий [59].

Сегодня фасады зданий часто облицовываются плитами из натурального камня, что связано с высокими трудозатратами и расходом материалов. Кроме того, такие работы увеличивают массу конструкции и загрязняют окружающую среду отходами, образующимися при распиловке камня на карьерах и в мастерских.

Широко используются сухие строительные смеси на основе известково-цементных вяжущих, песка и органических добавок (таких как водоудерживающие и адгезионные вещества), которые придают материалу специальные свойства. Перед использованием такие смеси разводят водой [60].

В состав сухой смеси входят гидратная известь и известняковый песок с содержанием CaCO₃ 90-95% и размером частиц от 0,001 до 0,8 мм, который является отходом производства извести. В зависимости от размера песчинок, состав смеси включает: фракцию 0,001-0,09 мм в количестве 25,0-35,0% и фракцию 0,09-0,8 мм в количестве 65,0-75,0%. В состав смеси также входят портландцемент (10,0-16,0%), гидратная известь (3,0-7,0%), известняковый

песок (80,7-84,825%), а также различные добавки, такие как метилгидроксиэтилцеллюлоза, этилгидроксиэтилцеллюлоза и другие компоненты (см. таблицу 9).

Таблица 9 – Сухая декоративно-отделочная смесь для приготовления композиционного материала

№ п/п	Наименование компонента	Массовая часть компонентов
1	Цемент	10-25
2	Известковое вяжущее	6,45-22
3	Наполнитель	20-62,09
4	Заполнитель	0-40,85
5	Метилэтилгидроксиэтилцеллюлоза	0,01-0,2
6	Этилгидроксиэтилцеллюлоза	0,01-0,2
7	Сульфонат олефина и соль натрия	0-1
8	Пластифицирующая добавка	0,04-0,2
9	Полипропиленовые фиброволокна	0-0,4
10	Дисперсионные полимерные порошки	0,02-7
11	Сополимер этиленоксида и пропиленоксида	0-1
12	Стеарат кальция или стеарат цинка	0-2
13	Нитрат натрия	0,1-1
14	Оксид титана (IV)	0-0,5
15	Пигменты	0-0,5
16	Гашеная известь	0-0,5

Этот состав обеспечивает высокую устойчивость к сползанию, отсутствие склонности к трещинообразованию и усадке, а также высокую прочность сцепления с основанием. Однако недостатками являются слабые водоудерживающие и пластифицирующие свойства, и такая смесь предназначена для внутренней штукатурки.

Целью изобретения является снижение трудоемкости облицовочных работ, создание декоративно-отделочной смеси с улучшенными водоудерживающими, пластифицирующими и адгезионными свойствами, а также повышение устойчивости к усадке и трещинообразованию. Техническое решение задачи заключается в использовании сухой смеси с измененным составом, включающим цемент, известь, кварцевый песок и известняк-ракушечник или измельченный мрамор в качестве заполнителя.

Задача решается также путем нанесения строительного раствора из указанной сухой смеси композиционного материала на облицовочную поверхность. Этот процесс включает как ручное, так и механизированное нанесение, выравнивание, финальную обработку и создание декоративного рисунка.

Кроме того, задача решается путем изготовления декоративно-отделочных изделий. Для этого используется формовочная смесь из заявленной сухой смеси, которая затем формируется в требуемые изделия.

Также предусмотрено использование инструмента для создания декоративного рисунка, который включает режущее устройство и формовочную линейку.

В качестве цемента можно применять белый цемент класса 52,5 N по ГОСТ 965-89 (СТ СЭВ 6086-87), серый цемент класса 52,5 N по ГОСТ 31108-2020, алюминаткальциевый цемент по ГОСТ 31108-2020 или их смесь [61,62].

Известковое вяжущее представляет собой известняк по ГОСТ 9179-2018 с содержанием CaCO_3 70-99 мас.% или измельченный мрамор по ГОСТ 22856-89 [63,64]. Использование мелкой фракции известняка, являющейся отходом производства извести, позволяет утилизировать избыточные фракции и рационально использовать природные ресурсы.

Применение кварцевого песка по ГОСТ 8736-2014 и известняка-ракушечника по ГОСТ 23342-2012 или измельченного мрамора в качестве наполнителя и заполнителя улучшает физико-механические и технологические свойства растворов [65,66]. Добавление песка повышает удобоукладываемость, снижает водоцементное соотношение и улучшает дисперсию фиброволокон. Известняк-ракушечник обеспечивает высокую прочность, тепло- и шумоизоляцию.

Улучшение трещиностойкости, прочности, эластичности, водостойкости и морозостойкости достигается за счет применения органических модифицирующих добавок (ГОСТ 24211-2008, ГОСТ 30459-2008) [67,68].

Водоудерживающие свойства смеси обеспечиваются сочетанием двух видов целлюлозы – метилэтилгидроксиэтилцеллюлозы (МГЭЦ) и этилгидроксиэтилцеллюлозы (ЭГЭЦ), что способствует более эффективной гидратации цементных минералов. Эти добавки обеспечивают значительное удержание воды и улучшают пластичность раствора, предотвращая оседание частиц наполнителя.

Для улучшения пластичности и смачиваемости применяются порообразователь на основе сульфоната олефина и соли натрия, а также пластифицирующие добавки - лигносульфонат (ТУ 2455-002-00281039-00) и/или нафталинсульфонат или пластификатор "Полипласт СП-1" (ТУ 5870-005-58042865-05). Дисперсионные полимерные порошки, такие как сополимер винилацетата и этилена или их комбинации, усиливают адгезию и армируют раствор.

Полипропиленовые фиброволокна (ГОСТ 24211-2008) предотвращают трещины, а сополимер оксида этилена и оксида пропилена улучшает технологичность нанесения и предотвращает сползание раствора. Стеарат кальция (ТУ 6-22-05800165-722-93) или стеарат цинка (ГОСТ 8728-88) используются для гидрофобизации материала [69].

Пигменты, такие как желтый, коричневый, кирпично-красный, темно-серый, черный и диоксид титана (IV), добавляются для улучшения цвета и защиты от ультрафиолетового воздействия. Гашеная известь (0-0,5%) увеличивает прочность раствора, а белковый или протеиновый пенообразователь может использоваться для уменьшения массы материала (например, RENMENT

SB31L (Германия), GreenFroth, Laston (Италия), Ареком-4, Микропор ТУ 2481-039-4365924105).

Композиционный материал под торговым названием "FasNatural" готовят следующим образом: сначала создается фракционированный состав минеральных и органических компонентов сухой смеси. Затем компоненты дозируются и смешиваются до получения однородной смеси. После этого "FasNatural" разводят водой из расчета 3-5 литров на 25 кг сухой смеси.

Перед нанесением смеси "FasNatural" облицовочную поверхность очищают от загрязнений, промывают и смачивают водой. Для выравнивания устанавливают вертикальные направляющие профили на расстоянии 2 см от стены (рисунок 9)

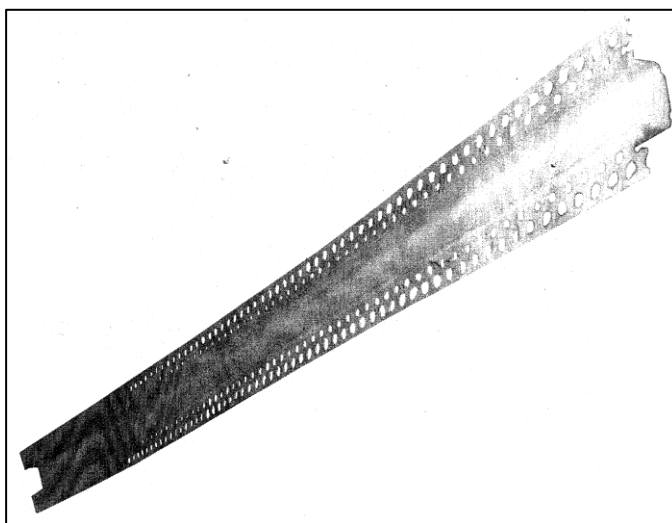
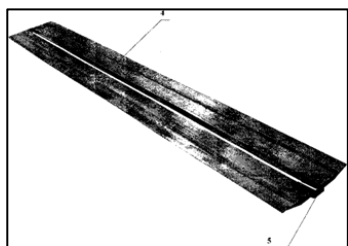


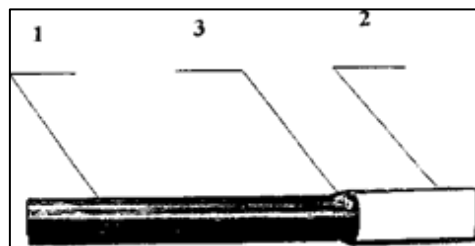
Рисунок 9 – Вертикально выравнивающие анопрофили

Формирование плит и их фасок выполняется с помощью специализированного инструмента. Для этого используют формовочную линейку "Профпарамон" (рисунок 10) и режущее приспособление "Тирка" (рисунок 11).



а)

Рисунок 10 – Линейка "Профпарамон"



в)

Рисунок 11 – Режущее приспособление "Тирка"

Режущее приспособление "Тирка" включает корпус 1, режущую пластину 2 и детали крепления 3. Режущая пластина 2 выполнена в виде рамки толщиной от 1 до 1,5 см. Формовочная линейка "Профпарамон" состоит из двух планок 4,

которые сужаются от центра к краям и имеют продольный рельеф по всей длине. Эти планки скреплены П-образным соединительным элементом 5 (рисунки 10 и 11).

Сухую смесь наносят на облицовочную поверхность при температуре от 5 до 30⁰С. Для нанесения композиционного материала "FasNatural" на большие площади стен используют штукатурные машины различных марок, таких как Putzmeister, PFT, М-ТЕК, Koza и Euromac. Процесс включает присоединение трубы машины к водопроводной системе, регулировку воды, смешивание с сухой смесью в миксере и последующее нанесение на стену под давлением. Если температура применения смеси "FasNatural" отклоняется от 5 до 30⁰С, необходимо подождать до достижения нужной температуры. Смесью не следует пользоваться при жаркой (выше 30⁰С), дождливой или ветреной погоде. При просроченном сроке использования добавлять воду или сухую смесь нельзя. Все инструменты и принадлежности после работы нужно тщательно промыть водой. Затвердевшую смесь удаляют механически.

Для ручного нанесения материала "FasNatural" на небольшие поверхности сухую смесь постепенно высыпают в чистую воду (3-5 л на 25 кг порошка), выдерживают 3 минуты и затем перемешивают до получения однородной массы. Готовый раствор следует использовать в течение 80 минут. Нанесение раствора на фасад здания происходит между анопрофилями толщиной 3 см, затем поверхность выравнивают алюминиевой рейкой и удаляют излишки смеси. После нанесения "FasNatural" швы глубиной 1/3 от толщины раствора вырезают формовочной линейкой "Профпарамон" и специальным инструментом "Тирка", затем заполняют смесью для швов. Для получения декоративных швов и фасок.

Если требуется усилить цвет швов, в поверхностном слое толщиной 3 см вырезают швы глубиной 1,5 см, которые через 24 часа заполняют раствором "FugNatural" темного цвета толщиной 0,5 см.

При нанесении "FasNatural" на поверхности из XPS, EPS, полиуретана, прессованной минеральной ваты, кирпича, известнякового камня или пенобетона рекомендуется предварительное нанесение жидкой грунтовки "Параконтакт" толщиной 0,3-0,5 мм для создания прочного контакта между поверхностью и материалом. "Параконтакт" представляет собой темно-коричневую густую жидкость на полимерной основе и с добавлением кварцевого песка. Температура эксплуатации 5-30⁰С, срок использования 80 минут, срок высыхания 24 часа. Для более эффективного результата на XPS или пенопласте рекомендуемая толщина слоя раствора составляет 0,4 см. Установление промежуточных профилей или использование электрической фрезы для швов между плитами улучшает прочность и внешний вид облицовки. Нанесение раствора толщиной 0,4 см на XPS значительно уменьшает массу облицовки по сравнению с натуральным известняковым камнем, сохраняя при этом дизайн.

После затвердевания поверхности в течение 10-15 дней выполняют шлифовальные работы для достижения декоративного вида, похожего на натуральный камень.

Процесс изготовления декоративных изделий включает фотографирование фасада здания, создание дизайна с помощью компьютерных программ и изготовление форм для декоративных элементов. Готовые элементы устанавливают на фасад по проекту. Для создания каменных композиций, скульптур и блоков, смесь заливают в формы и извлекают через 3-24 часа. Плотность готового изделия в 5 раз меньше плотности натурального камня.

Через 15-20 лет можно обновить облицовку, сняв 1 мм слоя посредством шлифовки. Состав сухой смеси композиционного материала "FasNatural" и технологическая характеристика раствора представлены в таблицах 10 и 11 соответственно.

Для получения нужной консистенции раствора количество воды подбирается индивидуально. Использование пенообразователей и добавок, таких как стиролакриловый сополимер или жидкость на основе силикона, позволяет уменьшить массу и улучшить свойства материала.

При нанесении раствора на 1 м² поверхности толщиной 3 см используется 40-45 кг сухой смеси "FasNatural". Для толщины 0,4 см требуется 5,3-6 кг смеси на 1 м². Сухую смесь упаковывают в 25-килограммовые мешки и срок хранения составляет 12 месяцев в сухом месте в закрытой упаковке.

Таблица 10 – Способ приготовления сухой смеси композиционного материала "FasNatural"

№ п/п	Наименование компонентов	Соотношение компонентов, мас. ч. %			
		Пр. 1	Пр. 2	Пр. 3	Пр. 4
1.	Цемент	25	22	20	21
2.	Известняк с содержанием CaCO ₃ 70-99 мас. % с размером частиц (0,001-1) мм	8,97	9	16,47	14,03
3.	Кварцевый песок с содержанием SiO ₂ 70-99 мас. % и размером частиц (0,001-1) мм	30	35,02	30	26
4.	Известняк-ракушечник с размером частиц (0,001-1) мм	30	30	30	32,91
5.	Метилэтилгидроксиэтилцеллюлоза	0,06	0,075	0,06	0,075
6.	Этилгидроксиэтилцеллюлоза	0,02	0,025	0,02	0,025
7.	Сульфонат олефина и соль натрия	0,05	0,05	0,05	0,7
8.	Пластификатор лигнин сульфонат	0,1	0,1	0,1	0,1
9.	Сополимер этиленоксида и пропиленоксида	0,05	0,05	0,05	0,2
10.	Полипропиленовые фиброволокна	0	0,01	0	0,01
11.	Сополимер винил ацетата и этилена	3	2,5	1,5	3,5
12.	Стеарат кальция	2	1	1	1
13.	Нитрат натрия	0,6	0,1	0,6	0,1
14.	Двуокись титана (IV)	0	0,02	0	0,3
15.	Железооксидный желтый пигмент	0,05	0,05	0,05	0,05
16.	Гашеная известь	0,1	0,1	0,1	0,1

Таблица 11 – Технологическая характеристика раствора сухой смеси композиционного материала

№ п/п	Цвет	Цвет природного облицовочного камня
1.	Температура использования, °С	+5 -+30
2.	Вода/сухая смесь, л/кг	3-5/25
3.	Срок использования, мин	80
4.	Минимальная толщина покрытия, см	0,3
5.	Максимальная толщина покрытия, см	3-4
6.	Насыпная плотность в сухом состоянии (НПС), кг/л	1,4
7.	Плотность свежеприготовленного раствора (ПСР), кг/л	1,8
8.	Предел прочности, МПа - при изгибе не менее - при сжатии не менее	5 10
9.	Сопротивление отрыва (МПа) - от XPS не менее - от с нанесенным на него «Параконтактом» не менее - от бетона не менее - от кирпича не менее	11 11 15 15
10.	Марка по морозостойкости, цикл не менее	F25
11.	Водопоглощение, %	0,9 и более
12.	Коэффициент размягчения	0,7 и более

В данном исследовании оценивалось влияние замены портландцемента на 0%, 5%, 10%, 15% и 20% наполнителем из строительных и сносных отходов (СиСО) при производстве самоуплотняющегося бетона (СУБ). Смеси СУБ анализировались как в свежем состоянии (по текучести, тесту J-кольца, устойчивости к сегрегации и удельному весу), так и в затвердевшем (по прочности на сжатие и раскалывание, удельному весу, пористости и водопоглощению). Результаты показали, что смеси с СиСО соответствовали стандартам на любом уровне замены без изменения водоцементного отношения или содержания суперпластификатора. Наполнитель из СиСО улучшал устойчивость к сегрегации и минимизировал снижение текучести. Все смеси через 28 дней имели прочность на сжатие выше 50 МПа, и замена до 20% не снижала прочность значительно. Прочность на раскалывание составила до 92,5% от контрольной смеси, а коэффициент водопоглощения и пористость увеличились максимум на 1,60%. Использование до 20% СиСО для замены цемента является целесообразным для СУБ [70].

В другом экспериментальном исследовании изучались свойства высокопрочных бетонов, состоящих из портландцемента, природных

заполнителей и песка, с добавлением известняковой пыли в качестве замены песка в пропорциях 10% и 20%. Результаты показали, что прочность на сжатие образцов бетона с заменой песка на 10% и 20% известняковой пыли была выше на 4%-12% по сравнению с контрольными образцами, в зависимости от прочности на сжатие (60, 80 и 100 Н/мм²). Прочность на изгиб также увеличилась на 12%-13%. Наблюдалось повышение модуля упругости, снижение проницаемости, а также улучшение стойкости к сульфатам и кислотам. Эти улучшенные прочностные характеристики и долговечность таких бетонов делают их более подходящими для крупных строительных проектов [71].

Таким образом, из отходов природного камня можно производить различные изделия и строительные материалы [72-79]. Для этого отходы следует рассортировать по размерам, видам и фракциям. Изобретатели предложили более 20 способов промышленного и сельскохозяйственного использования мелких фракций. Например, их можно применять в питательных субстратах для гидропоники, для раскисления почв и в качестве фильтров для водоочистных сооружений. Для каждого случая разработан соответствующий метод переработки.

На данный момент разработано множество вариантов использования отходов пиления известняка-ракушечника, но это не повлияло на ситуацию с многочисленными отвалами на каменных карьерах. Основная причина – высокая себестоимость производства строительных материалов из этих отходов и их низкие потребительские качества. Ситуацию можно изменить, предложив частным компаниям надежную технологию производства с низкой себестоимостью и привлекательной по цене и качеству для потенциальных покупателей.

Использование отходов известняковой породы будет способствовать уменьшению эксплуатации природных ресурсов и сокращению отходов камнепиления. Кроме того, новые технологии производства строительных материалов могут быть реализованы непосредственно на местах добычи известняковых пород, что снизит необходимость в транспортировке и дополнительных производственных затратах. Это имеет большой потенциал для применения в индустрии и строительстве, и может способствовать созданию более устойчивой среды и снижению экологического воздействия.

В результате, отходы пиленого камня могут стать полноценным сырьем для производства строительных материалов, что позволит в будущем избавиться от многочисленных пылящих отвалов, загрязняющих окружающую среду и негативно влияющих на здоровье населения в этих регионах. Кроме того, использование отходов пиленого камня в строительной индустрии способствует снижению затрат на сырье и улучшению экологической обстановки за счет уменьшения объема промышленных отходов.

Выводы по 1 разделу

1. Отрасль камнедобычи разных стран оказывает существенное негативное воздействие на окружающую среду и здоровье населения близлежащих

населенных пунктов. Добыча камня известняка требует больших земельных площадей, что приводит к деградации почвы и разрушению природных экосистем. Кроме того, процесс добычи может привести к загрязнению водных ресурсов и атмосферного воздуха, что в свою очередь негативно сказывается на здоровье человека. Ярким примером является ситуация в Мангистауской области, где вокруг поселка Шетпе расположено 19 карьеров. Сильные ветра поднимают пыль с накопленных десятилетиями отвалов, что приводит к повышению респираторных заболеваний, ухудшению пастбищ скота, выходу из строя альтернативных источников энергии.

2. Для минимизации отрицательного воздействия добычи известняка-ракушечника на окружающую среду в мире внедрено современные подходы, которые уменьшают площадь выемки камня и снижают выбросы вредных веществ в атмосферу. Но имеющиеся технологии не в состоянии оказать влияние на уменьшение количества отвалов образуемой при добыче пиленого строительного камня в карьерах известняка-ракушечника.

3. Требуется создание новых строительных материалов на основе отходов производства известняка-ракушечника, которые откроют перспективы для устойчивого развития строительной отрасли и снижения негативного влияния на окружающую среду. Важно продолжать исследования и развитие новых технологий, чтобы создать более эффективные и экологически безопасные способы добычи и использования природных запасов известняка-ракушечника.

Цели и задачи исследования

Цель работы – разработка эффективной технологии переработки отходов производства пиленого камня-известняка в имеющие потребительский спрос строительные материалы с целью улучшения экологической обстановки и повышения эффективности использования природных ресурсов.

В соответствие целью диссертационной работы сформулированы следующие задачи исследования:

- анализ влияния добычи пиленого камня известняка ракушечника на текущую экологическую обстановку в Мангистауской области Республики Казахстан и оценка актуальности разработки перспективных технологий переработки отходов производства;

- исследование взаимодействия различных компонентов в строительной смеси для создания новых изделий с улучшенными потребительскими свойствами из отходов известняка-ракушечника;

- разработка нового материала и технологии его изготовления из отходов пиленого камня известняка-ракушечника;

- обоснование экологической и технико-экономической эффективности получения строительных изделий из разработанного инновационного материала;

- разработка технологического регламента изготовления потребительских изделий из предложенной полимерцементной композиции на основе отходов известняка-ракушечника.

2 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Экологическая оценка производства пиленого камня-известняка в Мангистауской области

Основные запасы известняка в Казахстане сосредоточены в Мангистауской области. Эти залежи уникальны по своему разнообразию, мощности и удобству разработки, и не имеют аналогов в мировой геологии. Известняк-ракушечник, который широко используется как строительный материал, пользуется спросом не только в странах СНГ, но и за рубежом.

По данным управления земельных отношений Мангистауской области, в регионе действуют 25 карьеров по добыче строительных камней. Частые сильные ветры способствуют повышенному содержанию пыли в воздухе, что превышает предельно допустимые концентрации, загрязняет пастбища и влияет на фотоэлектрические панели солнечных электростанций.

Текущее исследование выявило, что проблемы с дыхательными путями чаще встречаются у работников, подвергающихся воздействию каменной пыли. Основными факторами, способствующими респираторным заболеваниям, являются наличие пыли в воздухе, курение и отсутствие масок [80].

Постоянное воздействие мелких пылевых частиц может привести к их отложению в легких работников и стать причиной легочных заболеваний.

Запыление в Мангистауской области представляет собой серьезную проблему. Помимо климатических особенностей региона, значительную роль играют человеческие факторы, что подтверждается результатами исследований, проведенных в разные годы (рисунок 12).

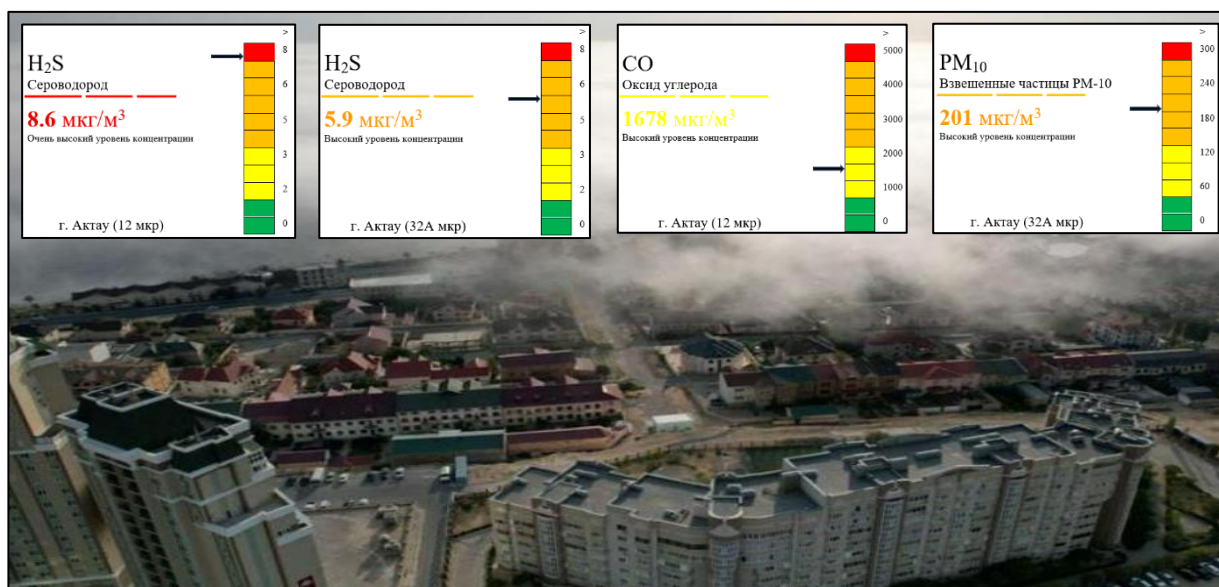


Рисунок 12 – Загрязнение воздуха Мангистауской области (по данным airkaz.org)

По данным экологического мониторинга, уровень загрязнения в Актау считается высоким из-за большого содержания взвешенных частиц (пыли), что связано с сильными ветрами. Основные экологические проблемы региона включают пыление от деятельности карьеров по добыче строительных камней. В 2022 году уровень переработки и утилизации отходов составил всего 31% [81].

Согласно данным карты загрязнения воздуха airkaz.org, в различных районах региона, таких как Жанаозен, Курыке и Шетпе, зафиксированы превышения предельно допустимых норм вредных веществ.

В Жанаозене, Курыке и Шетпе зафиксировано превышение нормы вредных веществ PM2.5 (рисунок 13). Показатели содержания PM2.5 в атмосферном воздухе составили: Актау – 70 мкг/м³, Шетпе – 55 мкг/м³, Жанаозен – 54 мкг/м³, Курык – 404 мкг/м³ [82].

PM2.5 представляет собой воздушный загрязнитель, состоящий как из твердых микрочастиц, так и мельчайших капелек жидкостей. Эти частицы также известны как FSP (fine suspended particles), что в переводе с английского означает мелкодисперсные взвешенные частицы или тонкодисперсная пыль [83].

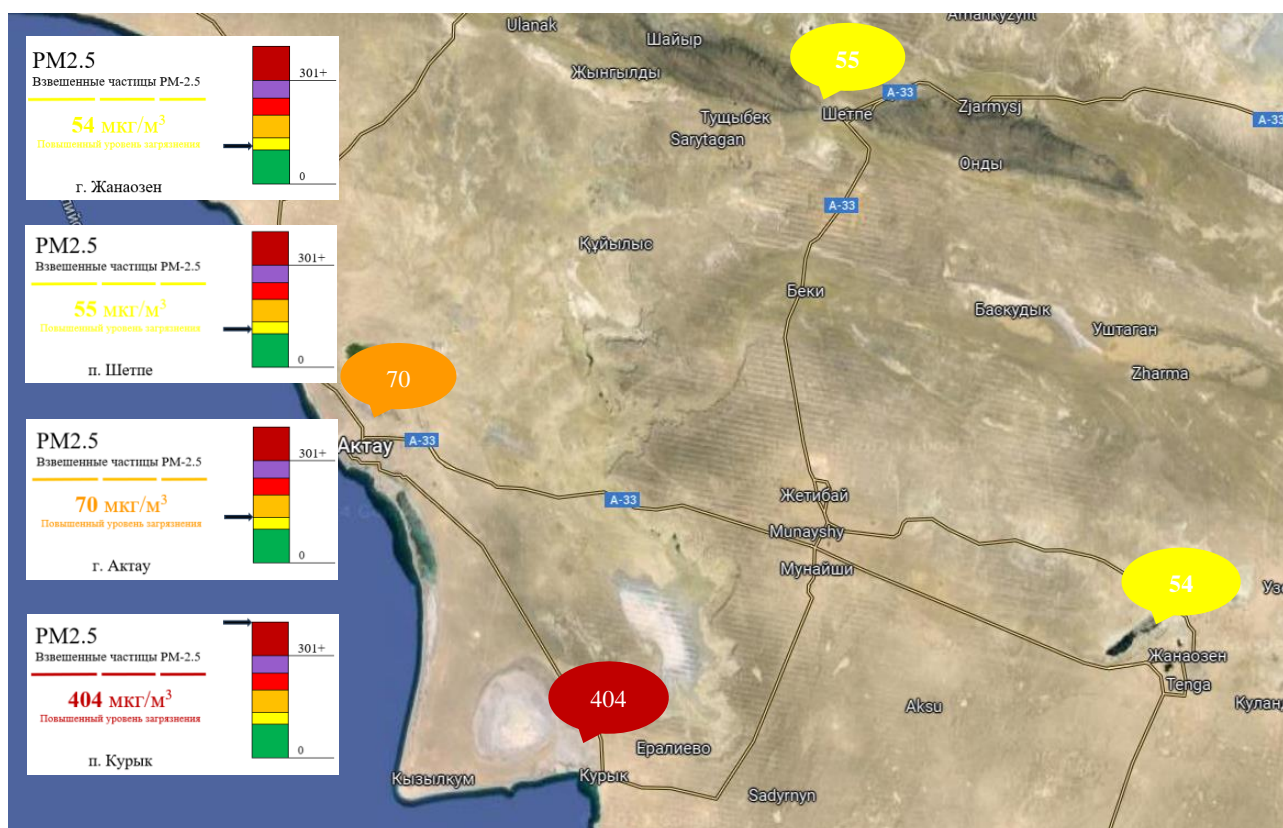


Рисунок 13 – Карта загрязнения воздуха Мангистауской области по шкале индекса качества воздуха США (данные iqair.com и Google maps)

По данным iqair.com, концентрация PM2.5 в Актау сейчас в 3,5 раза выше рекомендуемого ВОЗ среднегодового значения качества воздуха [83, с. 1].

В последние годы в Мангистауской области отмечается рост респираторных заболеваний [84].

Ситуация в селе Шетпе сложная: он окружен карьерами по добыче строительного камня. Главная проблема Шетпе – пыль. В настоящее время в этом районе работают 19 карьеров [85]. Жители жалуются на плохое качество воздуха, частую запыленность, от которой страдают как люди, так и растительность.

Пыль с карьеров покрывает населенный пункт, создавая туманную пелену. Небогатая растительность не в силах улучшить состояние воздуха. Пыль также оседает на зелени с огородов и траве, которой питается скот [86].

Местные жители жалуются на ухудшение здоровья. Близость карьеров (самый близкий находится в 500 метрах от села) и использование варварских методов добычи камня без соблюдения стандартов безопасности и качества продукции усугубляют ситуацию. Недостаточное регулирование и отсутствие проверок со стороны акимата также являются серьезной проблемой.

По данным центральной больницы, в селе Шетпе увеличилось количество людей с аллергическими заболеваниями, хроническим бронхитом (с 39 до 42 человек), астмой (со 145 до 149 человек) и хронической обструктивной болезнью легких (с 20 до 25 человек). Масштабные проверки выявили 29 карьеров по добыче строительных камней, практически все они расположены вокруг села [87].

По данным iqair.com, концентрация PM2.5 в Шетпе сейчас в 1,5 раза выше рекомендуемого ВОЗ среднегодового значения качества воздуха (по состоянию на 19.04.2024) [88].

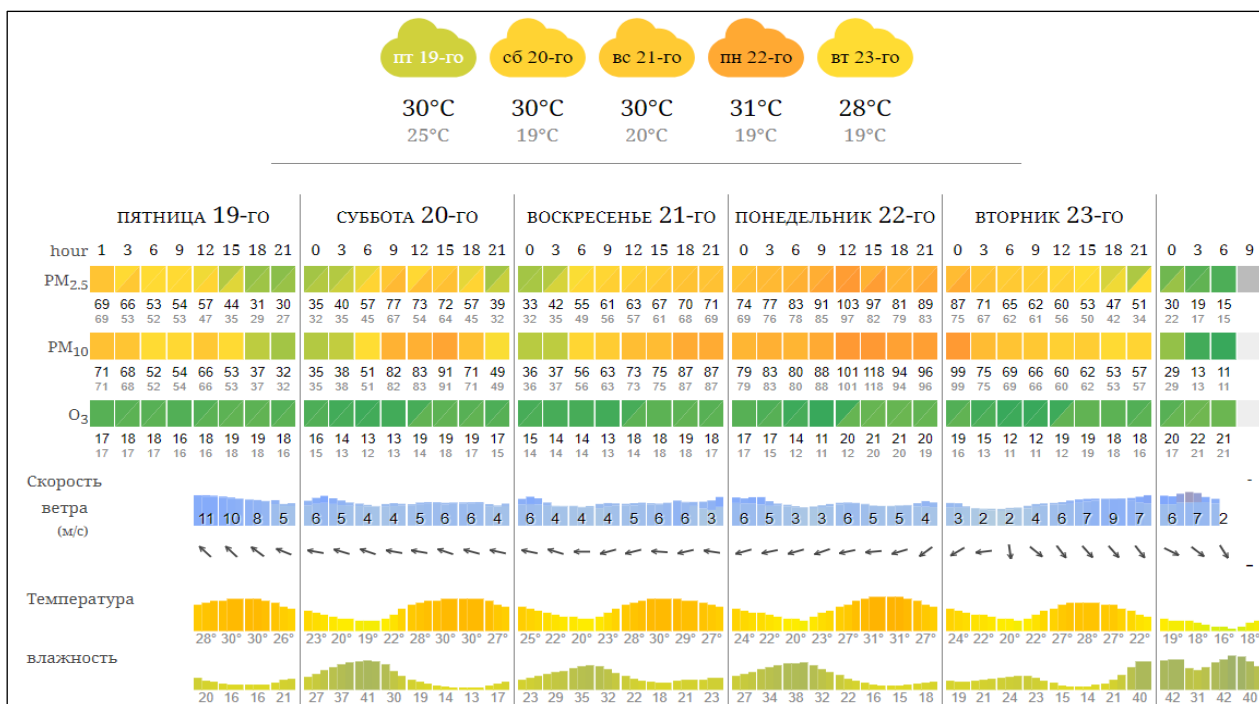


Рисунок 14 – Диаграмма загрязнения воздуха села Шетпе (по данным airkaz.org, 19.04.2024)

Как показано на рисунке 14, в селе Шетпе, по данным airkaz.org, индекс качества воздуха (ИКВ) для взвешенных веществ PM2.5 и PM10 в основном оценивается как удовлетворительный и нездоровый для чувствительных групп (по состоянию на 19.04.2024). Однако в прошлом году, по данным airkaz.org, ИКВ для взвешенных веществ PM2.5, PM1 и PM10 в декабре, январе и феврале 2023 года был очень опасным (рисунки 15-17) [89].

Таблица 12 – Шкала индекса качества воздуха по стандартам Агентства по охране окружающей среды США

AQI	Уровень загрязнения воздуха	Последствия для здоровья	Предостережение (для PM2,5)
0 - 50	Хороший	Качество воздуха считается удовлетворительным, а загрязнение воздуха представляет небольшой риск или вообще не представляет никакого риска.	Никто
51 - 100	Умеренный	Качество воздуха приемлемое; однако некоторые загрязняющие вещества могут представлять умеренную угрозу для здоровья очень небольшого числа людей, которые необычайно чувствительны к загрязнению воздуха.	Активным детям и взрослым, а также людям с респираторными заболеваниями, такими как астма, следует ограничить длительную физическую нагрузку на открытом воздухе.
101 - 150	Вредно для чувствительных групп	Члены чувствительных групп могут испытывать последствия для здоровья. Широкая общественность вряд ли пострадает.	Активным детям и взрослым, а также людям с респираторными заболеваниями, такими как астма, следует ограничить длительную физическую нагрузку на открытом воздухе.
151 - 200	Нездоровый	Каждый может начать испытывать последствия для здоровья; члены чувствительных групп могут испытывать более серьезные последствия для здоровья	Активным детям и взрослым, а также людям с респираторными заболеваниями, такими как астма, следует избегать длительных нагрузок на открытом воздухе; всем остальным, особенно детям, следует ограничить длительные нагрузки на свежем воздухе
201 - 300	Очень вредно для здоровья	Предупреждения о чрезвычайных ситуациях. Скорее всего, пострадает все население.	Активные дети и взрослые, а также люди с респираторными заболеваниями, такими как астма, должны избегать любых физических нагрузок на открытом воздухе; всем остальным, особенно детям, следует ограничить нагрузки на свежем воздухе.
300+	Опасный	Предупреждение о здоровье: каждый может столкнуться с более серьезными последствиями для здоровья	Каждый должен избегать любых физических нагрузок на свежем воздухе.

Для оценки уровня опасности загрязнителей в таблице 12 представлена шкала индекса качества воздуха, основанная на стандартах Агентства по охране окружающей среды США [90].

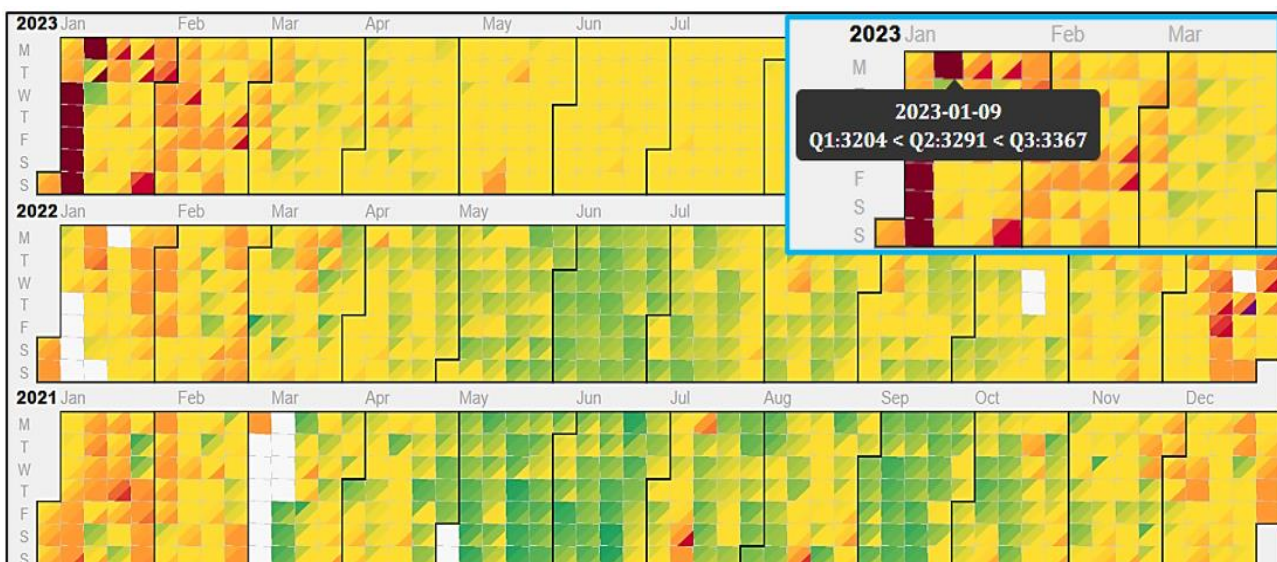


Рисунок 15 – Карта загрязнения воздуха село Шетпе по загрязнителю PM2.5 (по данным airkaz.org, 19.04.2024)

Как видно на рисунке 15, уровень загрязнения воздуха в селе Шетпе по показателю PM2.5 за декабрь, январь и февраль был очень высоким. Наибольший индекс качества воздуха (ИКВ) был зафиксирован в январе с результатами Q1:3204<Q2:3291<Q3:3367. Повышенная концентрация взвешенных веществ в воздухе наблюдалась на протяжении 12 дней.

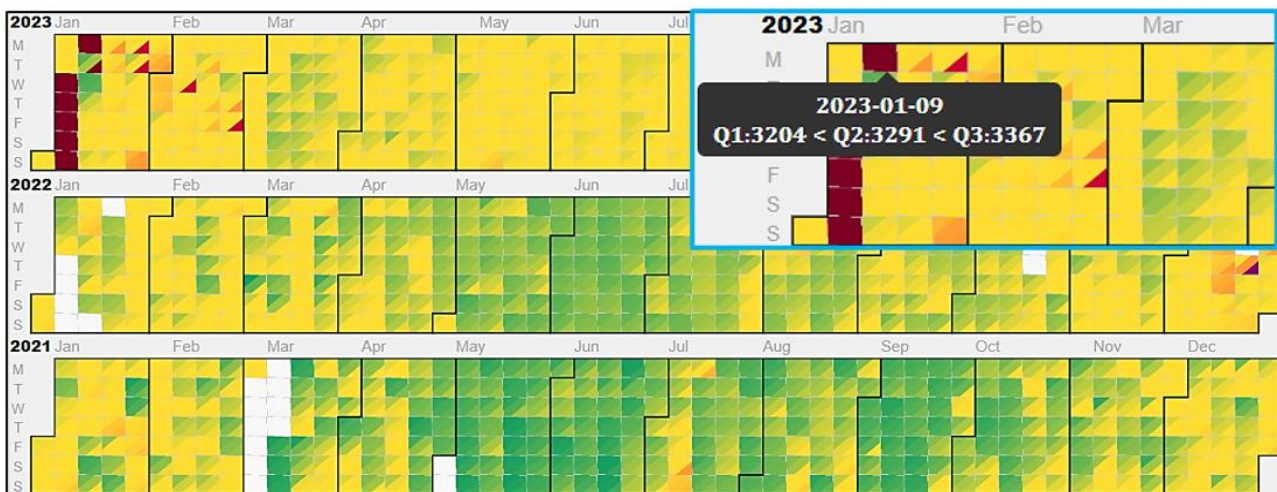


Рисунок 16 – Карта загрязнения воздуха село Шетпе по загрязнителю PM1 (по данным airkaz.org, 19.04.2024)

На рисунке 16 показано, что уровень загрязнения воздуха в селе Шетпе по показателю PM1 за декабрь, январь и февраль был очень высоким. Наибольший индекс качества воздуха (ИКВ) был зафиксирован в январе с результатами Q1:3204<Q2:3291<Q3:3367. Повышенная концентрация взвешенных веществ в воздухе наблюдалась на протяжении 9 дней.

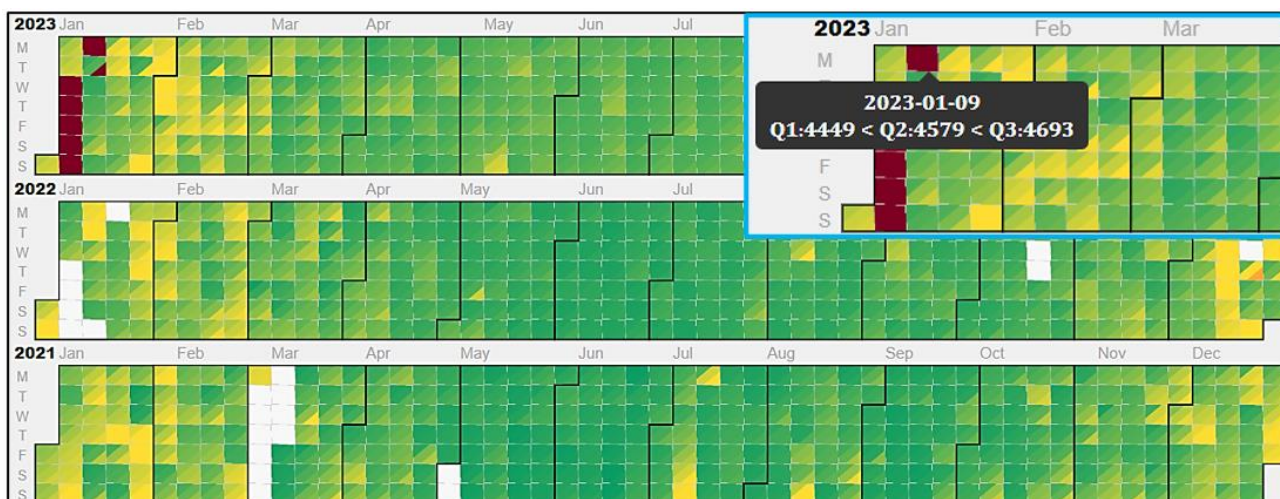


Рисунок 17 – Карта загрязнения воздуха село Шетпе по загрязнителю PM10 (по данным airkaz.org, 19.04.2024)

На рисунке 17 показано, что уровень загрязнения воздуха в селе Шетпе по показателю PM10 за январь был очень высоким. Наибольший индекс качества воздуха (ИКВ) был зафиксирован с результатами $Q1:4449 < Q2:4579 < Q3:4693$. Повышенная концентрация взвешенных веществ в воздухе наблюдалась на протяжении 7 дней.

Таким образом, загрязнение воздуха в селе Шетпе по показателям PM2.5 и PM1 в основном находится на уровне умеренного и вредного для чувствительных групп, особенно в декабре, январе и феврале. Лица с респираторными заболеваниями могут испытывать ухудшение состояния при длительном пребывании на открытом воздухе. В январе уровень PM10 был особенно высоким, что создало дополнительную опасность. В целом, ИКВ в селе Шетпе в основном хорошее, но местами умеренное. Однако, для людей с респираторными заболеваниями длительное пребывание на открытом воздухе может привести к ухудшению состояния.

2.2 Методика проведения исследования физико-химических свойств материалов на основе отсевов дробления карбонатных пород

Исследования, проведенные в рамках данной работы, осуществлялись на кафедрах "Экология и геология" и "Строительный инжиниринг", а также в Научно-исследовательском институте и Научно-аналитической экспертной лаборатории Каспийского университета технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, а также в испытательной лаборатории ТОО "ЦелСИМ" и на карьерах ТОО "FirmaFial" и ТОО "ShellStone". Исследования проводились с использованием современного оборудования и методов, соответствующих стандартам Республики Казахстан, описанным в ГОСТах (см. таблицу 13) [91-95].

Выбор крупного пористого заполнителя зависит от назначения, а также от структурных особенностей бетонной смеси, требований к прочности и средней плотности, видов и свойств применяемого мелкого заполнителя, а также формы

и структуры крупного заполнителя. Марка крупного пористого заполнителя по прочности определяется прочностью легкого бетона и должна соответствовать требованиям ГОСТ 25820-2021 «Бетоны легкие. Технические условия» [96,97].

Качество мелкого заполнителя оценивалось по методикам, изложенным в СТ РК 1217-2003 «Песок для строительных работ. Методы испытаний» [98], в соответствии с требованиями, предъявляемым к песку ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия» (с поправками) (изм. 1) [65, с. 2] и ГОСТ 31424-2010 «Материалы строительные нерудные из отсевов дробления плотных горных пород при производстве щебня. Технические условия» как мелкому заполнителю [53, с. 9, 99]

В качестве заполнителя использовались отсевы дробления карбонатных пород Жетыбайского месторождения.

а) Определение зернового состава и модуля крупности.

Проводили по методике СТ РК 1217-2003 «Песок для строительных работ. Методы испытаний» [98, с. 10]. Образец ОДКП высушивались в нормальных условиях до постоянной массы затем просеивались через сито 20 и 5 мм.

«Расчет истинной плотности (ρ) производили по формуле [97, с. 30]:

$$\rho = (m-m_2)\rho_v/V-m_1+m_2-m_3, \quad (2.1)$$

где m – масса пикнометра с наполненного отсевом, г;

m_1 – масса пустого пикнометра, г;

m_2 – масса пикнометра наполненного дистиллированной водой, г;

m_3 – масса пикнометра наполненного дистиллированной водой без пузырьков воздуха, г;

ρ_v – истинная плотность воды, равная 1 г/см³.

Насыпная плотность определялась в соответствии с СТ РК 1217-2003 [98, с. 31]. Для определения насыпной плотности использовалось оборудование (конус для определения насыпной плотности, весы). Сначала взвешивается пустой мерный сосуд, затем он устанавливается под конусом, и пористый заполнитель засыпается в конус. После этого открывается задвижка, и колба заполняется, лишнее аккуратно убирается до краев линейкой или ножом. Затем производится взвешивание колбы с пористым заполнителем с применением противовеса в 1 кг. Результаты, полученные в ходе исследований, заносятся в таблицу. Насыпную плотность отсева ρ_n в кг/м³ рассчитывали по формуле [97, с.31]:

$$\rho_i = \frac{m_1 - m}{V}, \quad (2.2)$$

где m – масса пустого мерного сосуда, кг; m_1 – масса сосуда наполненного отсевом, кг; V – объем мерного сосуда, м³.

Насыпная плотность в уплотненном состоянии определялась согласно методике СТ РК 1217-2003. Для этого сосуд с отсевом помещается на

лабораторную виброплощадку и уплотняется до достижения максимальной плотности. После этого излишки отсева аккуратно срезаются до уровня краев сосуда, и затем сосуд взвешивается [98, с. 30]. Расчет насыпной плотности проводился по формуле [97, с. 31]:

$$\rho_{\text{нас}} = \frac{m - m_1}{m_1} \cdot 100, \quad (2.3)$$

где m – масса сосуда, кг; m_1 – масса сосуда заполненного отсевом, кг; V – объем мерного сосуда, м³.

Пустотность, определяемая как объем пустот между зернами заполнителя в стандартном неуплотненном состоянии, рассчитывалась на основе насыпной и истинной плотности, которые были установлены ранее [97, с. 32]:

$$V_{\text{м.о.}} = (1 - \rho_{\text{н}}/\rho \cdot 1000) \cdot 100, \quad (2.4)$$

где ρ - истинная плотность отсева, г/см³; $\rho_{\text{н}}$ - насыпная плотность отсева, кг/см³.

б) Определение наличия глинистых и пылевидных частиц.

Определялось с помощью метода отмучивания по методике СТ РК 1217-2003 [98, с. 14]. Пылевидные частицы, содержащиеся в заполнителе, вычисляются в процентах по массе с использованием следующей формулы:

$$P_{\text{отм}} = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100, \quad (2.5)$$

где m – масса сухой навески до отмучивания, г; m_1 – масса сухой навески после отмучивания, г. [98, с. 14].

Зерновой состав песка определяют при помощи стандартного набора сит с ячейками размера: 5, 2,5, 1,25, 0,63, 0,315 и 0,16. «Навеску сухого песка просеивают через набор сит и определяют сначала частные (%), а затем полные остатки на каждом сите. Полный остаток на любом сите равен сумме частных остатков на этом сите и всех ситах большего размера. Размеры полных остатков характеризуют зерновой состав песка» [98, с. 10]. «На основании результатов ситового анализа рассчитывают безразмерный показатель - модуль крупности песка ($M_{\text{кр}}$) [97, с. 32]:

$$M_{\text{кр}} = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}) / 100, \quad (2.6)$$

где: $A_{2,5}$, $A_{1,25}$, $A_{0,63}$, $A_{0,315}$, $A_{0,16}$ – полные остатки на ситах с размерами ячеек соответственно 2,5, 1,25, 0,63, 0,315 и 0,16 мм.

Насыпная плотность песка определяется с использованием цилиндрического сосуда объемом 1 дм³ (предварительно необходимо измерить массу пустого сосуда (m_c), г). С помощью совка песок засыпается в мерный сосуд с высоты 10 см до тех пор, пока не образуется конус над краями сосуда. Излишки песка аккуратно срезаются до уровня краев сосуда, после чего сосуд с песком взвешивается для определения массы песка в нем по формуле [97, с. 33]:

$$\rho_{\text{нас}} = m_{\text{с+п}} - m_c / V, \quad (2.7)$$

где $m_{\text{с+п}}$ – масса сосуда с песком, г, V – объем сосуда, см³.

Содержание пылевидных и глинистых частиц в песке определяются по методике методом отмучивания в процентах по массе по формуле [97, с. 33]:

$$P_{\text{отм}} = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100, \quad (2.8)$$

где: m – масса сухой навески до отмучивания, г, m_1 – масса сухой навески после отмучивания, г.

2.2.1 Методы анализа заполнителя бетона на основе крупной фракции отходов пиления известняковых пород

В качестве заполнителя для бетона использовали известняковый щебень крупностью 5 – 10 мм. Качество щебня определяется в соответствии с требованиями ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний» (изм. 1, 2) (с поправкой)» [53, с. 33, 100].

Насыпная плотность $\rho_{\text{нас}}$ определяется путем взвешивания пробы заполнителя в сосуде с известной вместимостью по формуле:

$$\rho_{\text{нас}} = (m - m_c) / V_c \quad (2.9)$$

где m - масса пробы заполнителя с сосудом, кг, m_c - масса сосуда, кг. V_c - вместимость сосуда, м³ [53, с. 33]».

Прочность крупного заполнителя определяется методом раздавливания его пробы в сухом или насыщенном водой состоянии в металлическом цилиндре с вычисление показателя дробимости D_p (%) [97, с. 33].

Дробимость заполнителя оценивается по количеству мелочи, образующейся при сдавливании пробы щебня в стальной форме под определенным усилием [100, с. 16]». Показатель дробимости D_p (%) вычисляют с погрешностью до 1% по формуле [97, с. 34]:

$$D_p = (m_1 - m_2 / m_1) 100, \quad (2.10)$$

где m_1 – испытываемая проба щебня, кг, m_2 – остаток на контрольном сите после просеивания раздробленной в цилиндре пробы щебня, кг.

Марка щебня устанавливается на основе показателя дробимости, который зависит от типа горной породы и метода испытания. Содержание пластинчатых (лещадных) и игловатых зёрен в щебне определяется визуально путем отбора образцов, где толщина или ширина зёрен меньше их длины в три и более раза. Затем взвешивается количество таких зёрен, и их содержание вычисляется в процентах от общей массы. На основании полученных данных определяется группа щебня в зависимости от содержания зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы [100, с. 15]. Оценка свойств бетонных смесей проводилась в соответствии с ГОСТ 7473–2010 «Межгосударственный стандарт смеси бетонные» [101], ГОСТ 10181–2014 «Методы испытаний бетонных смесей» [102], а подбор состава бетона осуществлялся по ГОСТ 27006-2019 «Бетоны. Правила подбора состава» (с поправкой) [103]. Объем цементного теста определялся на основе его плотности, которая вычислялась в мерном цилиндре, исходя из массы цемента и его объема. Объем цементного теста и заполнителя определялся для их долей в смеси, обеспечивающих необходимую консистенцию [97, с. 34].

Смесь готовилась с использованием лабораторного смесителя. Химические добавки вводились в соответствии с их техническими требованиями. Прочность вяжущих при изгибе и сжатии определялась по методикам ГОСТ 310.4-81 на образцах-балочках размером 40x40x160 мм. Для определения предела прочности при изгибе использовался гидравлический пресс, а половинки балочек, полученные после испытания на изгиб, применялись для испытания на сжатие с использованием специальных пластин площадью 25 см² [91, с. 19; 97, с. 35].

Заполнители, используемые в процессе приготовления бетонных смесей, делятся на две группы. В первую группу входит гранодиалитный песок, а ко второй – образцы, приготовленные с комбинированием доломитовой муки и гранодиалитного песка, содержание доломитовой муки в которых варьируется от 10% до 100% [97, с. 35].

Определение прочности бетона при сжатии проводилось по истечении 28 суток твердения в нормальных условиях. Испытания осуществлялись на кубах с ребром 70 мм и 100 мм [97, с. 35].

а) Определение прочности бетонов. Предел прочности при сжатии мелкозернистых бетонов определялся на образцах-кубах размером 100x100x100 мм в количестве 4 штук в серии на прессе и рассчитывался по формуле [97, с. 35]:

$$R_{сж} = \alpha \frac{P}{S}, \quad (2.11)$$

где: $R_{сж}$ – прочность бетона при сжатии, МПа; P – разрушающая нагрузка, кН;

S - площадь поверхности образца, m^2 ; α – масштабный коэффициент зависящий от размера образца, равный 0,95.

Фактическая средняя прочность бетона при сжатии рассчитывалась по формуле [97, с. 35]:

$$R_{сж} = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{n}, \quad (2.12)$$

где: R_i - единичный результат; n - число единичных результатов. Однородность прочности характеризовали среднеквадратичным отклонением S и коэффициентом вариации v :

$$S_m = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_{сж})^2}{n - 1}, \quad (2.13)$$

$$v_m = \left(\frac{S_m}{R_{сж}} \right) \cdot 100\%, \quad (2.14)$$

Результаты предела прочности при сжатии образцов в виде кубиков размером 70x70x70 и 100x100x100 мм были скорректированы с использованием коэффициентов 0,85 и 0,95 соответственно, по сравнению с пределом прочности стандартных образцов. Образцы изготавливались сериями, состоящими не менее чем из трех единиц [97, с. 36].

Для изучения возможности применения отсевов дробления карбонатных пород в качестве заполнителя для бетона использовались известняковый щебень фракции 5-10 мм и отсевы дробления карбонатных пород из месторождений Жетыбай. Отсевы дробления карбонатных пород размером 0-20 мм вводились в состав пластичной бетонной смеси в количестве 0, 30, 50, 70 и 100% [97, с. 36].

Для исследований были выбраны оптимальные составы бетонов, соответствующие конкретным задачам. Подвижность бетонных смесей была установлена в пределах от 4 до 8 см. Оптимальный состав бетона определялся расчетно-экспериментальным методом в три этапа:

- Проектирование состава бетона на основе исходных данных с использованием формул, графиков и таблиц [53, с. 26];

- Определение фактического расхода составляющих материалов на 1 m^3 бетона, исходя из расхода материалов на оптимальный пробный замес и объема этого замеса, вычисленного по экспериментально определенной средней плотности бетонной смеси [97, с. 37].

В конечном итоге состав бетона выражается в виде расхода материалов на 1 m^3 бетона или в частях по массе или объему относительно цемента, при этом соотношение воды к цементу (В/Ц) всегда указывается по массе [97, с. 37].



Рисунок 18 – Пресс для проведения испытаний на сжатие

Изготовленные образцы в виде кубов размером 70x70x70 мм и балочек размером 40x40x160 мм, после извлечения из форм на второй день, выдерживались в нормальных условиях твердения в течение 7, 14 и 28 суток. Предел прочности при сжатии определялся на гидравлическом прессе с нагрузкой 50 т, используя бетонные образцы размером 70x70x70 мм. Перед испытаниями на прочность все бетонные образцы были измерены и взвешены с погрешностью не более 1%. Прочностные характеристики образцов определялись в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам» [92, с. 3] (рисунок 18), [97, с. 37].

Нагрузка на образцы во время испытания на сжатие увеличивалась постепенно до момента их разрушения, при этом максимальное усилие фиксировало разрушающую нагрузку.

Предел прочности при сжатии $R_{сж}$ (МПа) испытуемого образца рассчитывают по формуле:

$$R_{сж} = 10 F_{раз}/A, \quad (2.15)$$

где A - площадь поперечного сечения образца, $см^2$, $F_{раз}$ – разрушающая сила, кг.

При испытании образцов-кубов бетона размером 70,7x70,7x70,7 мм в соответствии с требованиями ГОСТ имеется коэффициент пересчета прочности образцов данного размера на прочность образцов стандартного размера (150 x 150 мм) $K = 0,85$ [53, с. 38; 100, с. 32].

2.3 Определение статистической достоверности полученных результатов

Методами математической статистики, разработанной для числа определений ($n > 5$) рассчитана точность проведенных нами опытов.

Поэтому необходимо убедиться в статистической достоверности результатов. С этой целью вычисляем совокупный коэффициент корреляции R при нескольких факториальных признаках.

Для нашего случая R определяется как [104]:

$$R_{x,y} = \sqrt{\frac{\Delta^*}{\Delta}}, \quad (2.16)$$

где:

$$\Delta^* = \begin{vmatrix} r_{x_1x_2} \rightarrow r_{x_1y_1} \rightarrow 0 \\ 1 \rightarrow \rightarrow r_{x_2x_1} \rightarrow r_{x_2x_1} \end{vmatrix}, \quad (2.17)$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 \rightarrow r_{x_1x_2} \rightarrow r_{x_2y_1} \\ r_{y_1y_2} \rightarrow r_{y_1x_1} \rightarrow 1 \end{vmatrix}, \quad (2.18)$$

Коэффициенты корреляции r_{xy} определяются выражениями [104, с. 67]:

$$r_{xy} = \frac{\Sigma(x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})}{\sqrt{\Sigma(x - \bar{x})^2 \Sigma(y - \bar{y})^2}}, \quad (2.19)$$

Совокупный коэффициент корреляции показывает степень тесноты связи между результативным признаком и совокупный влиянием факториальных признаков. Используя правило 3σ определим интервал, в котором могут колебаться значения y , по формуле [104, с. 67]:

$$14,0 - 3\sigma_{y_1} \leq y_1 \leq 14,0 + 3\sigma_{y_1}, \quad (2.20)$$

Для определения статистической зависимости целевых функций от своих аргументов в соответствии с сеткой экспериментов вычислим частные коэффициенты корреляции r_{xe} .

Определение частного коэффициента корреляции производим по формуле [104, с. 67]:

$$r_{xy} = \frac{\Sigma(x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})}{n \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y}, \quad (2.21)$$

где n – число наблюдений:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\Sigma(x - \bar{x})^2}{n - 1}}, \quad (2.22)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\Sigma(y - \bar{y})^2}{n - 1}}, \quad (2.23)$$

Совокупный коэффициент корреляции определялся [104, с. 67]:

$$R = \sqrt{\frac{r_{x_1y_1}^2 + r_{x_2y_1}^2 - 2r_{x_1x_2} \cdot r_{x_1y_1} \cdot r_{x_2y_1}}{1 - r_{x_1x_2}}}, \quad (2.24)$$

Для проведения исследований и получения достоверных данных использовалось современное высокоточное оборудование, обеспечивающее минимальную погрешность измерений. Ниже приведена таблица, в которой представлены модели используемого оборудования, их основные характеристики, включая диапазон измерений и предельную погрешность.

Таблица 13 – Характеристики измерительного оборудования, используемого в исследовании

№ п/п	Наименование оборудования	Модель	Диапазон измерений	Погрешность	Год выпуска	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
1.	Рентгеновский дифрактометр	ДРОН-3М	0-160 ⁰ по 2θ	± 0,02 ⁰	2015	Анализ фазового состава материалов
2.	Дериватограф	Q-1500D	Температура: 20-1500 ⁰ С	± 1 ⁰ С	2010	Термогравиметрический анализ
3.	Измеритель прочности	ИПА-МГ4	0-100 МПа	± 1%	2018	Определение прочности на сжатие
4.	Измеритель влажности	МГ4	0-99,9%	± 0,1%	2017	Определение влажности материалов
5.	Электронные лабораторные весы	15,2-A22	До 15 кг	± 0,01 г	2016	Взвешивание образцов материалов
6.	Портативный рН-метр	315i	рН 0-14	± 0,01 рН	2019	Измерение уровня кислотности

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7
7.	Аналитические весы	Сарториус с CPA225D	До 220 г	$\pm 0,00001$ г	2020	Высокоточное взвешивание
8.	Прибор Вика	ОГЦ-1	Время схватывания : 0-180 мин	± 1 мин	2014	Определение времени схватывания цемента
9.	Лазерный гранулометр	Mastersize r 3000	0,01 - 3500 мкм	$\pm 0,6\%$	2017	Анализ фракционного состава отходов
10.	Влагомер строительных материалов	Protimeter MMS2	0-99,9%	$\pm 0,1\%$	2019	Измерение влажности материалов
11.	Спектрофотометр УФ/Вид	Cary 60 UV-Vis	190-1100 нм	± 1 нм	2016	Определение химического состава
12.	Сканирующий электронный микроскоп	Phenom ProX	5-1000000 крат	± 2 нм	2018	Исследование структуры материалов
13.	Автоматический плотномер	Anton Paar DMA 35	0-3 г/см ³	$\pm 0,001$ г/см ³	2017	Определение плотности переработанных отходов

Использование данного оборудования позволило минимизировать погрешности измерений и обеспечить высокую статистическую достоверность полученных результатов. Применяемые приборы сертифицированы и отвечают современным требованиям к точности и надежности, что подтверждает корректность сделанных выводов и рекомендаций.

2.4 Определение свойств материалов на основе отходов пиления известняка-ракушечника

Для исследования строительных смесей использовался карбонатный заполнитель из месторождений Жетыбай (предоставленный ТОО "ShellStone"), а в качестве пластифицирующих добавок применялись полиакриламиды ПАА.

В качестве мелкого заполнителя в соответствии с требованиями ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия» (с поправкой) (изм.1) применяют мелкие, средние и крупные пески определенного зернового (гранулометрического) состава с модулем крупности $M_{кр}$ от 1,5 до 3,25 [97, с. 20; 105].

В качестве заполнителя с применением отсевов дробления карбонатных пород был использован щебень известняковых пород. Щебень имеет фракцию 5 – 10 мм, что соответствует требованиям ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из

плотных горных пород для строительных работ. Технические условия» (изм. 1-4) (таблицу 14) [97, с. 20; 106].

Таблица 14 – Технические характеристики известнякового щебня

№ п/п	Наименование технической характеристики	Значение технической характеристики
1.	Марка по дробимости	M1500
2.	Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы	I группа (до 10%)
3.	Марка по истираемости	И1
4.	Насыпная плотность	1480 кг/м ³
5.	Морозостойкость	F300
6.	Содержание пылевидных и глинистых частиц, % по массе	0,9
7.	Содержание глины в комках, % по массе	Нет
8.	Содержание зерен слабых пород, % по массе	Нет
9.	Содержание вредных примесей	Нет
10.	Удельная эффективная активность естественных радионуклидов	Менее 380 Бк/кг, 1 класс для любых видов строительства

«При выполнении экспериментальных исследований в качестве вяжущего использовался быстротвердеющий цемент ЦЕМ II/A-И 42.5Б, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 31108-2020 «Цементы общестроительные. Технические условия» и ГОСТ 30515-2013 «Цементы. Общие технические условия» (изм. 1) (поправка) (ООО «Цементум Центр») (таблицу 15) [53, с. 21; 107] (Приложение Е).

Таблица 15 – Показатели качества цемента ЦЕМ II/A-И 42.5Б

№ п/п	Показатели	Значение
	1 Строительно-технические свойства цемента	
1	2	3
1.	Предел прочности при сжатии в возрасте: 2 суток	15,2 МПа
2.	28 суток	40,7 МПа
3.	Начало схватывания	159 мин
4.	Конец схватывания	203 мин
5.	Нормальная плотность цементного теста	28,8 %
6.	Наличие ложного схватывания	Отсутствует

Продолжение таблицы 15

1	2	3
7.	Тонкость помола, проход через сито №008	92,5±2,5 %%
8.	Равномерность изменения объема	1,0 мм
9.	Содержание минеральной добавки (гранулированный шлак + опока)	13,5±2,0%
10.	2 Минералогический состав клинкера (расчетный), %	
11.	Трехкальциевый силикат (C ₃ S)	69,0
12.	Двухкальциевый силикат (C ₂ S)	8,2
13.	Трехкальциевый алюминат (C ₃ A)	5,4
14.	Четырехкальциевый алюмоферрит (C ₄ AF)	12,7
15.	CaOсв.	1,8
16.	3 Санитарно-эпидемиологические свойства цемента	
17.	Калий-40	87±44
18.	Радий-226	50,7±9,2
19.	Торий-232	24,4±6,5
20.	Удельная эффективная активность естественных радионуклидов A _{эфф}	90±13 Бк/кг

Произведено исследование отсевов дробления, полученных при производстве щебня из карбонатных пород Жетыбайского месторождения. Характеристики этих отсевов дробления представлены в таблице 16, а минералогический состав – в таблице 17.

Песок из отсевов дробления карбонатных пород по значению модуля крупности относится к группе песка «средний». Отсевы дробления в своем составе содержат 23,79 % зерен крупностью 5-10 мм и 2,52 % - 10-20 мм (Приложение Е) [97, с. 22].

Таблица 16 - Характеристика отсевов дробления карбонатных пород

№ п/п	Характеристика	Наименование материала	
		Отсевы дробления 0-5 мм	Отсевы дробления 0-20 мм
1	2	3	4
1.	Насыпная плотность, кг/м ³	1490	1600
2.	Гранулометрический состав Остатки на ситах, мм (частный/полный)		
3.	20	–	–
4.	10	–	2,52
			2,52
5.	5	–	23,79
			26,31
6.	2,5	24,4	17,98
		24,4	44,29

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4
7.	1,25	<u>15,4</u> 39,8	<u>11,35</u> 55,64
8.	0,63	<u>5,2</u> 45,0	<u>3,83</u> 59,47
9.	0,315	<u>11,4</u> 26,31	<u>8,4</u> 67,87
10.	0,16	<u>0,16</u> 68,4	<u>8,84</u> 76,71
11.	<0,16	<u>31,6</u> 100	<u>23,29</u> 100
12.	М кр.	2,34	—

Сведения о свойствах карбонатных пород представлены в таблице 17 и рисунках 19, 20 (Приложение Е).

Таблица 17 – Минералогический состав отсевов дробления карбонатных пород

№ п/п	Виды пород	Содержание CaCO ₃ ,%	Содержание MgCO ₃ ,%
1.	Известняк	95 - 100	5 - 0
2.	Доломитистый известняк	75 - 95	25 - 5
3.	Доломитовый известняк	50 - 75	50 - 25
4.	Доломит	0 - 5	100 - 95
5.	Известковистый доломит	5 - 25	95 - 75
6.	Известковый доломит	25 - 50	75 - 50

Дериватографический анализа пробы известняка-ракушечника приведены на рисунке 12.

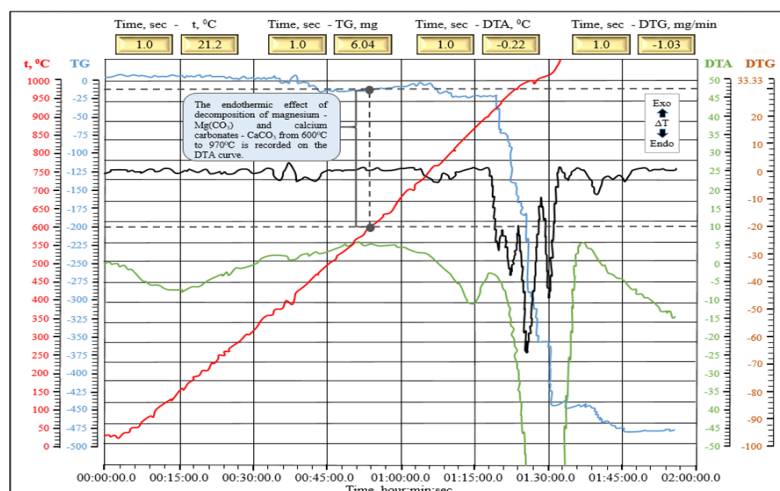


Рисунок 19 – Дериватографический анализ (DTA) пробы известняка-ракушечника месторождений Жетыбай

На кривой ДТА зафиксирован эндотермический эффект разложения карбонатов магния и кальция от 600⁰С до 970⁰С.

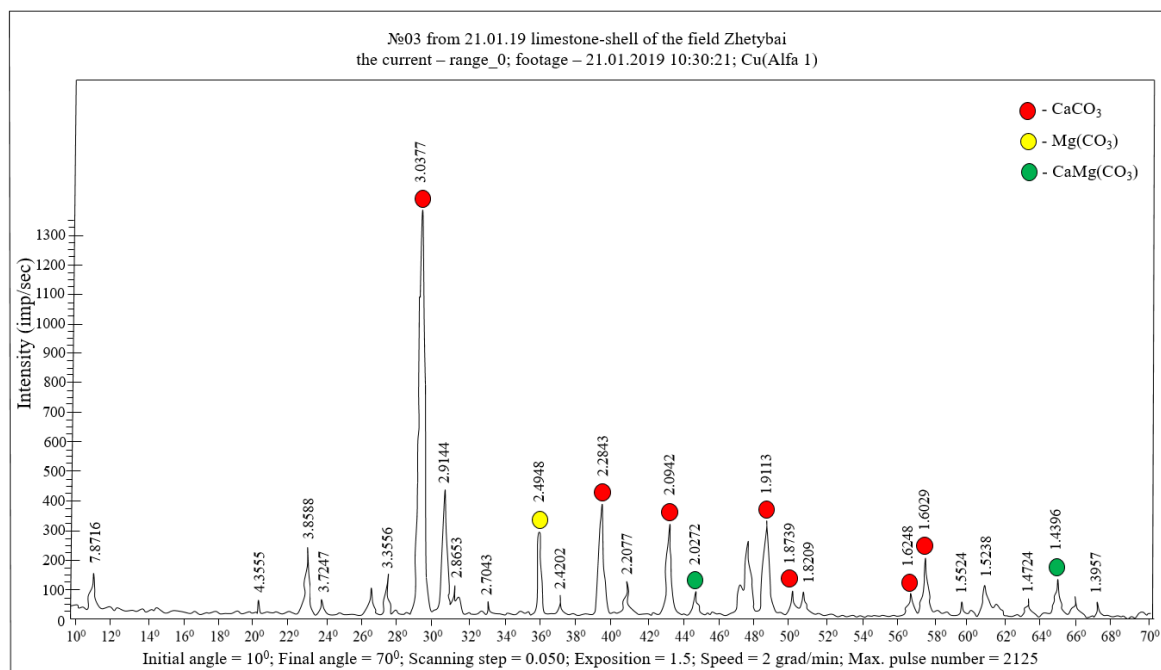


Рисунок 20 – Рентгенофазовый анализ пробы известняка-ракушечника месторождений Жетыбай

Данные рентгенофазового анализа показывает о присутствии в пробе кальцита CaCO_3 и небольшого количества магнезита $\text{Mg}(\text{CO}_3)$ и доломита $\text{CaMg}(\text{CO}_3)$ с межплоскостными расстояниями, d Å (см. рисунок 13) [108]:

- CaCO_3 (кальцит): 1,6248; 1,6029; 1,8739; 1,9113; 2,0942; 2,2843; 3,0377;
- $\text{Mg}(\text{CO}_3)$ (магнезит): 1,4396; 2,0272;
- $\text{CaMg}(\text{CO}_3)$ (доломит): 2,4948.

Отсевы дробления карбонатных пород оценивали в соответствии с ГОСТ 31424-2010 «Материалы строительные нерудные из отсеков дробления плотных горных пород при производстве щебня. Технические условия» [97, с. 25; 99, с. 8].

Отсевы дробления карбонатных пород имеют группу по модулю крупности «повышенной крупности». По остатку на сите с размером 0,63 мм отсева соответствуют требования ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия» (с поправками) (изм. 1) [65, с. 9; 97, с. 25].

Пылевидные и глинистые частицы, содержащиеся в отсевах дробления карбонатных пород их процентное соотношение равно 0,1 %, по нормам ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия» (с поправками) (изм. 1) [65, с. 11]. Так же отсутствует глина в образцах [97, с. 25].

Органические примеси в отсевах дробления карбонатных пород были определены в соответствии с СТ РК 1217-2003 «Песок для строительных работ.

Методы испытаний» [98, с. 21]. Отсев имеют угловатую форму и шероховатую поверхность [97, с. 26].

В качестве пластифицирующих добавок использовались полиакриламид ПАА. Полиакриламидные пластификаторы обладают высокой эффективностью в водопонижении до 30%, что способствует достижению однородности бетонной смеси. Принцип работы полиакриламидных пластификаторов заключается в их способности адсорбировать воду на поверхности цемента, после чего они начинают отталкивать частицы, обеспечивая оптимальное распределение и укрепление структуры бетона [97, с. 27; 108, с. 297].

Схема испытаний образца на изгиб представлена на рисунке 21.

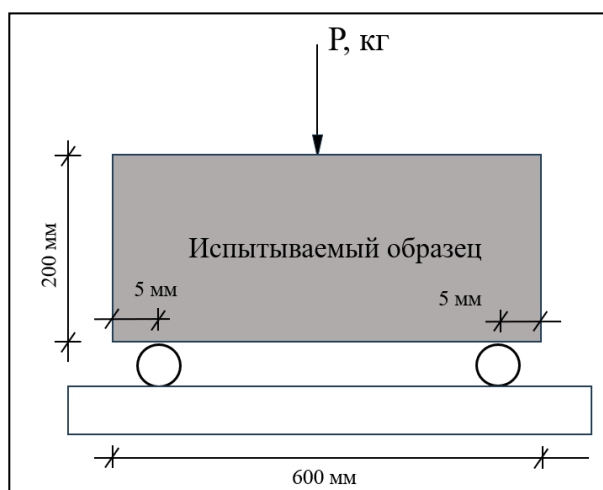


Рисунок 21 – Схема испытаний образца на изгиб

Эффекты и преимущества полиакриламидного пластификатора:

- Увеличение прочности и долговечности изделий из смеси;
- Экономия цемента и снижение себестоимости;
- Повышение водонепроницаемости и уменьшение количества затворенной воды;
- Облегчение укладки смеси и повышение ее подвижности;
- Предотвращение расслоения и обеспечение однородности бетона;
- Увеличение марочной и ранней прочности, а также увеличение долговечности;
- Предотвращение появления трещин и выцветания поверхности;
- Совместимость с различными типами бетонных конструкций, включая армированные и предварительно напряженные элементы;
- Эффективное использование при термообработке образцов;
- Повышение активности вяжущего и полноты гидратации;
- Повышение продолжительности работоспособности смеси и увеличение времени ее обработки.

В дополнение к вышеупомянутым продуктам, в экспериментах также использовались следующие компоненты в полимерцементной композиции:

Уайт-спирит:

- Уайт-спирит применяется в композиции в качестве добавки для регулирования вязкости и консистенции смеси;
- Обеспечивает легкость и удобство в обработке композиций;
- Повышает подвижность смеси и улучшает его распределение в форме при заливке;
- Способствует ускоренному высыханию и отвердеванию полученной массы, что уменьшает время обработки и повышает эффективность процесса изготовления.

Ускоритель твердения – раствор хлорида алюминия и магния в 1% концентрации:

- Хлорид алюминия и магния обеспечивают высокую скорость начала и завершения процесса твердения смеси, что позволяет быстрее достигать необходимой прочности конструкции;
- Разбавленный 1% концентрации раствор обеспечивает оптимальные условия для равномерного распределения ускорителя твердения по всей массе строительной смеси;
- Использование ускорителя твердения позволяет сократить время выдержки и ускорить темпы строительства, что особенно важно в случае необходимости оперативного выполнения работ или в условиях ограниченного времени.

Добавки были введены в бетонную смесь вместе с водой. Эффекты полимерных пластификаторов на свойства бетонных смесей и бетонов были изучены с использованием разносторонних методов исследования, представленных в официальных нормативно-технических документах [53, с. 32].

Для оценки подвижности бетонной смеси применяются стандартные процедуры в соответствии с ГОСТ 10181-2014 «Смеси бетонные. Методы испытаний». Бетонную смесь загружают в стандартный конус на металлическом поддоне. Перед началом испытания все компоненты конуса очищаются и увлажняются. Загрузка смеси производится тремя слоями, каждый из которых уплотняется 25 раз. Конус должен быть плотно прижат к поддону во время загрузки. После уплотнения смеси избыток удаляется, чтобы его верхний край совпадал с верхним краем конуса. Затем конус аккуратно снимается, а его осадка измеряется с использованием металлической линейки. Осадка конуса, измеренная в сантиметрах, служит показателем подвижности смеси [97, с. 29; 102, с. 8].

Выводы по 2 разделу

1. Анализ и оценка экологического состояния воздуха Мангистауской области и в Актау показали высокое содержание взвешенных частиц карбоната кальция, значительно превышающее рекомендации Всемирной Организации Здравоохранения, что вызвано, в том числе, сильными ветрами, разносящими пылевидные отходы пиления камня с мест добычи известняка-ракушечника.

2. Согласно данным карты загрязнения воздуха airkaz.org, показатели содержания PM2.5 в атмосферном воздухе в отдельные периоды времени

составили: Актау – 70 мкг/м³, Шетпе – 55 мкг/м³, Жанаозен – 54 мкг/м³, Курык – 404 мкг/м³ при рекомендованных значениях 10 мкг/м³. Данное значение находится на уровне умеренного и вредного для чувствительных групп, особенно в декабре, январе и феврале. Лица с респираторными заболеваниями могут испытывать ухудшение состояния при длительном пребывании на открытом воздухе.

3. Текущее исследование выявило, что проблемы с дыхательными путями чаще встречаются у работников, подвергающихся воздействию каменной пыли. Постоянное воздействие мелких пылевых частиц может привести к их отложению в легких работников и стать причиной легочных заболеваний.

4. Был проведен анализ отсевов дробления, полученных при производстве щебня из карбонатных пород Жетыбайского карьера. Установлено, что отсева дробления относятся к группе с модулем крупности «повышенной крупности», что открывает новые возможности для их применения в производстве строительных материалов.

5. Были проведены детальные исследования физических и механических свойств отсевов дробления карбонатных пород. Установлены показатели плотности, прочности, влажности, а также гранулометрический состав. Полученные данные свидетельствуют о высокой пригодности материала для дальнейшей переработки.

6. Детально описаны примененные методики испытаний и анализов, используемые для изучения физико-механических характеристик бетонов. Это включает определение прочности, влажности, времени схватывания и других важных параметров, обеспечивающих качество конечного продукта.

7. Результаты проведенных испытаний и измерений подверглись статистическому анализу с использованием современного оборудования, что обеспечило высокую достоверность и репрезентативность полученных данных.

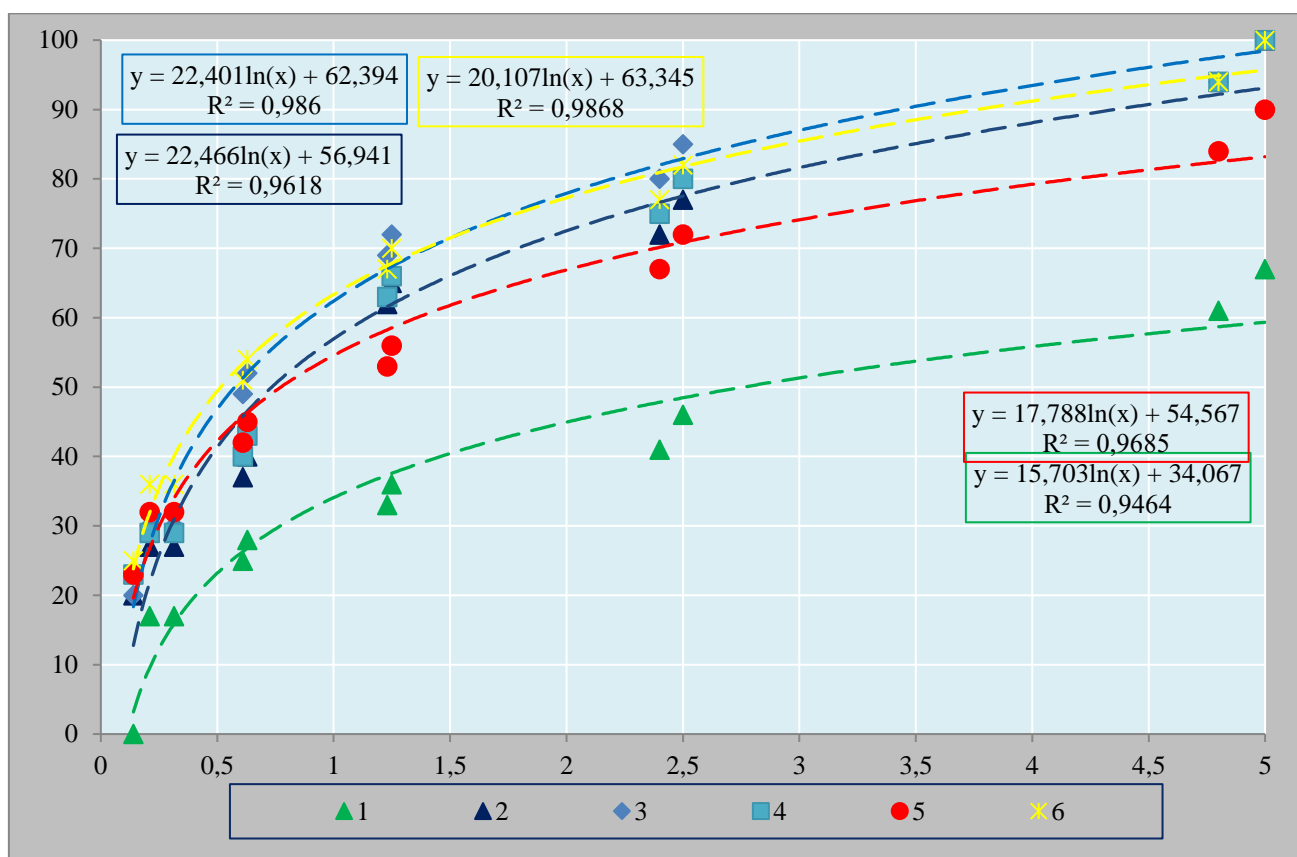
8. На основании проведенных исследований использование отходов известняковой породы будет способствовать уменьшению эксплуатации природных ресурсов, сокращению отходов камнепиления. Кроме того, эти новые технологии производства строительных материалов могут быть произведены на местах добычи известняковых пород, что снизит необходимость в транспортировке и дополнительных затратах на производство. Работа имеет большой потенциал для применения в промышленности и строительстве, и может способствовать созданию более устойчивой среды и снижению экологического следа.

3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПИЛЕННОГО КАМНЯ С ПОЛУЧЕНИЕМ НОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

3.1 Изучение взаимосвязи между содержанием воды и прочностью бетонных смесей на основе ракушечных заполнителей

Гранулометрический состав заполнителя, используемого в бетоне, обычно анализируется с помощью «кривых просеивания». Для построения графиков просеивания заполнителя размеры отверстий сит располагаются на горизонтальной оси, а на вертикальной оси указываются процентные значения полных остатков на ситах. Полные остатки рассчитываются как сумма частичных остатков на всех ситах с большими отверстиями, плюс остаток на текущем сите [109].

Если кривая просеивания не попадает в заштрихованную область, соответствующую рекомендованному составу заполнителя для данного бетона, необходимо добавить дополнительные фракции и размеры [110].



3; 5 – Шетпе; 2 - Жетыбайское; 4 - Бейнеуское; 6 - Ералиевское; 1 – ГОСТ 8736-2014. Область применения наполнителей допустимых для ракушечниковых смесей.

Рисунок 22 - График гранулометрического состава заполнителей, полученных из ракушечников различных месторождений

В данном графике представлены рекомендуемые пределы зернового состава ракушечникового заполнителя, используемого для производства качественных бетонов, основанные на многолетних исследованиях известняковых бетонов [110, с. 35].

Как видно из рисунка 22, кривые зернового состава ракушечникового заполнителя, применяемого в экспериментах, смещены в сторону мелкого заполнителя [110, с. 35].

Качество песка-заполнителя также определяется модулем крупности, который для известняковых песков из исследуемых месторождений варьируется от 2,27 до 2,68. Это позволяет классифицировать их как подходящие для мелкозернистого бетона с удовлетворительным гранулометрическим составом. Несмотря на разнообразие исходной структуры камня в этих месторождениях, зерновой состав дробленого заполнителя остается схожим. Дробление ракушечника приводит к образованию зерен всех фракций песка, что обеспечивает непрерывную гранулометрию получаемого заполнителя [110, с. 35; 111].

Рассев показал, что технологические отходы, возникающие при добыче стеновых изделий из ракушечника, также обладают непрерывной гранулометрией. Таким образом, дробленный ракушечниковый заполнитель или отходы камнеобработки, отсеиваемые через сита с отверстиями 5-10 мм, могут быть использованы для производства ракушечникового бетона без необходимости в фракционировании. Это особенно важно, поскольку карьерные отходы известняка часто имеют высокую влажность, что усложняет их фракционирование: мелкие влажные частицы ракушечникового песка могут забивать сортировочные сита [110, с. 36; 111, с. 24].

Кроме зернового состава, важным показателем качества заполнителя является объем пустотности, так как для заполнения пустот требуется вяжущее тесто. При высоком уровне пустотности необходимо больше вяжущего. Пустотность ракушечникового заполнителя, использованного в исследованиях, колебалась от 48 до 63%, в то время как пустотность качественного кварцевого песка составляет 43,6% [110, с. 36; 111, с. 24].

Основным требованием к ракушечниковому заполнителю является наличие мельчайших фракций размером менее 0,14 мм, от содержания которых существенно зависит механическая прочность бетона и его другие характеристики [110, с. 36]. В используемых заполнителях доля фракций менее 0,14 мм достигает 27%. Эти мельчайшие частицы не следует путать с «пылевыделением» обычного кварцевого песка; они образуются в процессе измельчения известняковой породы и правильнее будет называть их высокодисперсными известняковыми частицами. Эти частицы не являются инертными в качестве заполнителей в бетоне, и значительная их часть взаимодействует с клинкерными минералами цемента, что приводит к образованию новых прочных соединений, положительно влияющих на прочность бетона [110, с. 36-37; 111, с. 25].

Высокодисперсные известняковые частицы действуют как разбавитель для цемента, увеличивая его объем и способствуя улучшению связности бетонной смеси и ее плотности. Однако, несмотря на положительное влияние этих мельчайших фракций на прочность бетона, их чрезмерное содержание в ракушечниковом заполнителе недопустимо, так как это может привести к снижению прочности бетона из-за сильного разбавления цемента и ухудшения его деформационных свойств [111, с. 25]. Согласно ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия» (с поправками и изменениями), ракушечниковый песок, используемый для производства мелкозернистых бетонов, должен содержать не более 20% частиц размером более 0,14 мм [65, с. 13].

Объемный вес и водопоглощение известнякового заполнителя имеют значительное значение для характеристик бетона, особенно в случае низкопрочного пыльного известняка. Как и для других пористых заполнителей, эти параметры зависят от зернового состава и свойств отдельных фракций. Существует наблюдение, что с уменьшением размера зерен заполнителя увеличивается их объемный вес. Данные о объемном насыщенном весе ракушечникового заполнителя для различных фракций представлены в таблице 18 [109, с. 67; 111, с. 24].

Таблица 18 – Плотность насыщенного ракушечникового заполнителя в зависимости от размеров его тел

№ п/п	Идентификация месторождения	Плотность по размерам частиц, кг/м ³ , для диапазона от и до, мм							
		22-12	12-7	7-2,7	2,7-1,4	1,4-0,8	0,8-0,5	0,5-0,16	менее 0,16
1	Жетыбай	678	695	763	828	853	964	1029	1236
2	Бейнеу	939	962	984	1018	1068	1169	1249	1502

В Жетыбайском месторождении объемный вес заполнителя из ракушечника изменяется в пределах 678-1236 кг/м³ при уменьшении гранулометрического состава в пределах 20-0,14 мм, что соответствует двукратному увеличению. Для заполнителей из Бейнеуского месторождения плотность варьируется от 939 до 1502 кг/м³, что соответствует увеличению объемного веса на 60%. Более высокая пустотность песка приводит к уменьшению его объемного веса. Например, песок из ракушечника Жетыбайского месторождения имеет максимальную пустотность 65% при объемном весе исходного камня 1200 кг/м³ [111, с. 25]. Существует определенная связь между прочностью известняков и их объемными весами [109, с. 68].

При увеличении прочности заполнителя наблюдается рост его объемного веса. Это связано с кристаллическим сростком известняка, примесями и состоянием раковин. Например, желтый известняк Жетыбайского месторождения тяжелее белого из Бейнеуского карьера, но прочность у него ниже [109, с. 68].

Это объясняется тем, что в белом известняке хорошо сохранились обломки и целые раковины, которые лучше сцементированы известковым раствором и обладают высокой твердостью и прочностью по сравнению с желтым известняком. Прямая зависимость между насыпным объемным весом дробленого заполнителя из низкопрочного пыльного известняка и объемным весом исходного камня не всегда наблюдается. В случаях, когда известняк имеет выраженную крупнопористую структуру и высокую степень кристаллизации, получаемый заполнитель может иметь больший объемный вес, чем заполнитель из известняка с мелкой структурой, даже при одинаковом объемном весе исходного материала [109, с. 68; 111, с. 26].

Водопоглощение известнякового наполнителя исследовалось отдельно для различных фракций, которые варьировались от 5-2,5 до 0,6-0,3 мм. Для полного насыщения зерен заполнителя водой достаточно было выдержать их всего 15 минут. Исследования показали, что с уменьшением размера фракций наблюдается снижение их водопоглощения. В частности, для изучаемых месторождений пыльного камня водопоглощение крупного песка с фракциями до 5 мм колебалось в диапазоне от 4,3% до 7,15% по весу [109, с. 68; 111, с. 27].

Таким образом, известняки с мелкими порами имеют большее водопоглощение, поскольку вода в крупных порах лишь смачивает стенки, не удерживаясь и вытекая, как только камень извлекается из воды [109, с. 68].

На основе испытаний различных составов известнякового бетона с заполнителями из известняка, добытого на разных месторождениях, были разработаны наиболее эффективные составы цементно-песчаного бетона и бетона с использованием заполнителя из низкопрочного пыльного известняка. Результаты представлены в таблице 19, которая содержит данные о максимальной прочности известнякового бетона, достигнутой при использовании оптимальных составов и водоцементных соотношений [109, с. 68].

Анализ таблицы оптимальных составов известняковых бетонов с использованием заполнителей из различных исследуемых месторождений показывает, что в отличие от мелкозернистых бетонов на плотных заполнителях, изменение расхода цемента в гораздо меньшей степени влияет на потребление воды для оптимальных составов, но в значительной мере сказывается на водоцементном отношении. Например, при изменении расхода цемента с 190 до 530 кг/м³ (с заполнителем из Жетыбайского месторождения) водоцементное отношение варьировалось от 1,2 до 0,45, в то время как водосодержание находилось в диапазоне 222-255 л/м³. Для цементно-песчаных бетонов изменение расхода цемента от 222 до 540 кг/м³ приводило лишь к изменению водоцементного отношения с 0,55 до 0,41, а водосодержание колебалось от 110 до 230 л/м³ [109, с. 68].

Таблица 19 – Наиболее эффективные составы цементно-песчаного бетона и бетона с использованием заполнителя из пыльного известняка с низкой прочностью

№ п/п	Состав	ВЦ	Расход материала			Влажность смеси	Объемный вес бетона, кг/м ³				Предела прочности при сжатии образцов		
			цемент	наполнитель	вода		Свежеприготовленная	После испарения	28 суток на испарении	Хранение на 28 суток	После испарения	28 суток на испарении	Хранение на 28 суток
Полимерцементный материал													
1	1:7,1	0,55	222	1580	122	6,8	1920	1870	1900	1960	50	70	90
2	1:5,7	0,5	287	1630	143	7,5	2060	2000	1917	2000	90	120	140
3	1:4,75	0,47	357	1690	167	8,2	2220	2160	2117	2150	140	169	180
4	1:4,1	0,45	400	1620	178	8,9	2240	2140	2097	2130	200	210	240
5	1:3,2	0,42	485	1550	204	10,1	2260	2190	2154	2180	280	300	320
6	1:2,9	0,41	540	1535	221	10,7	2300	2250	2232	2240	300	360	389

На рисунке 23 представлен график влияния количества воды на прочностные характеристики и плотность известнякового бетона (заполнитель из ракушечника Жетыбайского месторождения) [109, с. 68].

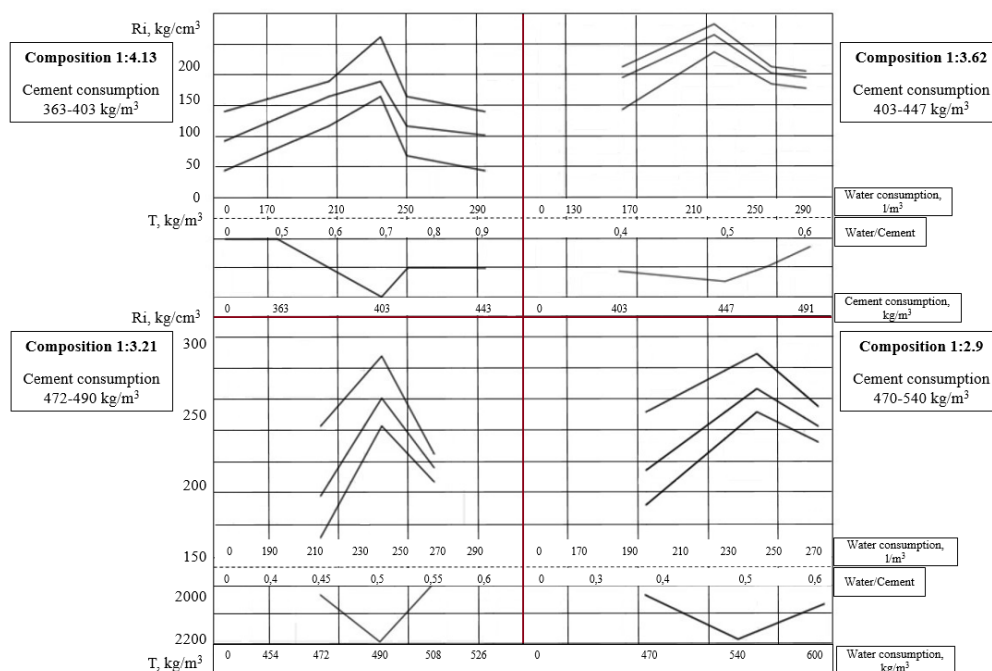


Рисунок 23 – График влияния количества воды на прочностные характеристики и плотность известнякового бетона (заполнитель из ракушечника Жетыбайского месторождения)

Это вновь подтверждает, что для бетонных смесей с пористым заполнителем возможно использование приближенного правила постоянства водопотребности, в отличие от мелкозернистых бетонов с плотным заполнителем, в диапазоне 0,68-1,1 для расходов цемента до 200 кг/м³ при количестве заполнителя от 612 до 1800 кг/м³ [110, с. 40; 111, с. 27].

Таким образом, разумно расширить допустимые пределы изменения водосодержания бетонной смеси в практическом использовании. Для гарантии запаса прочности бетона целесообразно строить кривую зависимости прочности бетона (R_б) от водоцементного отношения (В/Ц), учитывая не только оптимальные значения, но и возможные колебания расхода воды в практических условиях. Зависимость прочности бетона (R_б) от водоцементного отношения (В/Ц) может изменяться при отклонениях от оптимальных значений расхода воды как в сторону уменьшения, так и увеличения на 10-15 л/м³. В результате возможны потери прочности бетона в диапазоне 6-14%, при этом наименьшие потери наблюдаются у составов с низким расходом цемента, а наибольшие у составов с высоким расходом [110, с. 40].

Таким образом, объем воды, используемой для замешивания бетона на основе известнякового заполнителя, оказывает более значительное влияние на его прочность при сжатии по сравнению с обычным бетоном. В известняковом бетоне наблюдаются негативные последствия как от избытка, так и от недостатка воды. Даже небольшие отклонения от оптимального уровня водопотребления могут привести к снижению плотности, что, в свою очередь, уменьшает прочность материала [109, с. 95].

Зависимость прочности известнякового бетона от водоцементного отношения (В/Ц) или расхода воды представлена кривой с четко выраженным максимумом и двумя ветвями. При увеличении количества воды в смеси прочность известнякового бетона сначала возрастает благодаря улучшению удобоукладываемости и снижению пустотности бетонной смеси, достигая своего максимума при оптимальном содержании воды. После этого прочность начинает снижаться из-за уменьшения объема пор в цементном камне. Однако это снижение происходит более плавно по сравнению с обычным бетоном, поскольку пористый заполнитель частично поглощает избыточную воду из цементного теста [110, с. 40; 111, с. 27].

Снижение прочности бетона при уменьшении соотношения воды к цементу (В/Ц) или расхода воды по сравнению с оптимальным значением (левая ветвь кривых) можно объяснить недостаточным уплотнением смеси. Однако в данном случае также следует учитывать плохую однородность перемешивания. При снижении вязкости цементного теста по сравнению с оптимальным уровнем заполнитель не получает полного покрытия цементной матрицей, что в свою очередь приводит к ухудшению прочностных характеристик бетона [109, с. 71].

Уменьшение прочности известнякового бетона при увеличении расхода воды выше оптимального уровня (правая ветвь кривой) объясняется ростом пористости, что негативно влияет на прочность цементного камня. Кроме того,

снижение объемного веса связано с тем, что вода замещает более тяжелые компоненты бетонной смеси [110, с. 40; 111, с. 27].

На основе математической обработки большого объема экспериментальных данных с использованием метода наименьших квадратов была получена усредненная степенная зависимость между водосодержанием и жесткостью бетонных смесей, использующих ракушечниковые заполнители [110, с. 40]:

$$B = AЖ^v \quad (3.1)$$

где: B – водосодержание смеси, л/м³; $Ж$ – жесткость смеси, сек; v – показатель степени, равный 0,15; A – константа, зависящая от свойств используемых материалов, в основном от водопоглощения заполнителя.

Выведенная математическая зависимость (3.1) позволяет на основе одного замеса определить необходимое водосодержание смеси и оценить, насколько его следует изменить для достижения требуемой жесткости. Это существенно упрощает процесс подбора состава бетонов, использующих заполнители из отходов известняка-ракушечника с низкой прочностью [110, с. 41].

При неизменном водосодержании бетонной смеси жесткость ее зависит от свойств составляющих материалов: цемента и заполнителя. Влияние свойств цемента на жесткость бетонной смеси освещено в работах [111-114].

В формуле (3.1) значения константы A для заполнителей из исследуемых месторождений указаны в таблице 20 [110, с. 41].

Таблица 20 - Значения константы A для различных месторождений

№ п/п	Наименование месторождения	Значения константы A
1	Месторождение Бейнеу	457
2	Месторождение Тасбулат	424
3	Месторождение Жетыбай	398
4	Месторождение Узень	383
5	Месторождение Шетпе	349
6	Месторождение Ералы	316

3.2 Влияние свойств цемента и заполнителя на подвижность бетонной смеси

В проведенных исследованиях тип цемента оставался неизменным. Сравнивались бетоны с различными ракушечниковыми заполнителями, отличающимися степенью водопоглощения пористого материала [110, с. 41].

На основе полученных экспериментальных данных, представленных на рисунке 24 и в таблице 21, можно сделать вывод о влиянии низкопрочного заполнителя из исследуемых месторождений на водопотребность бетонной смеси [110, с. 41].

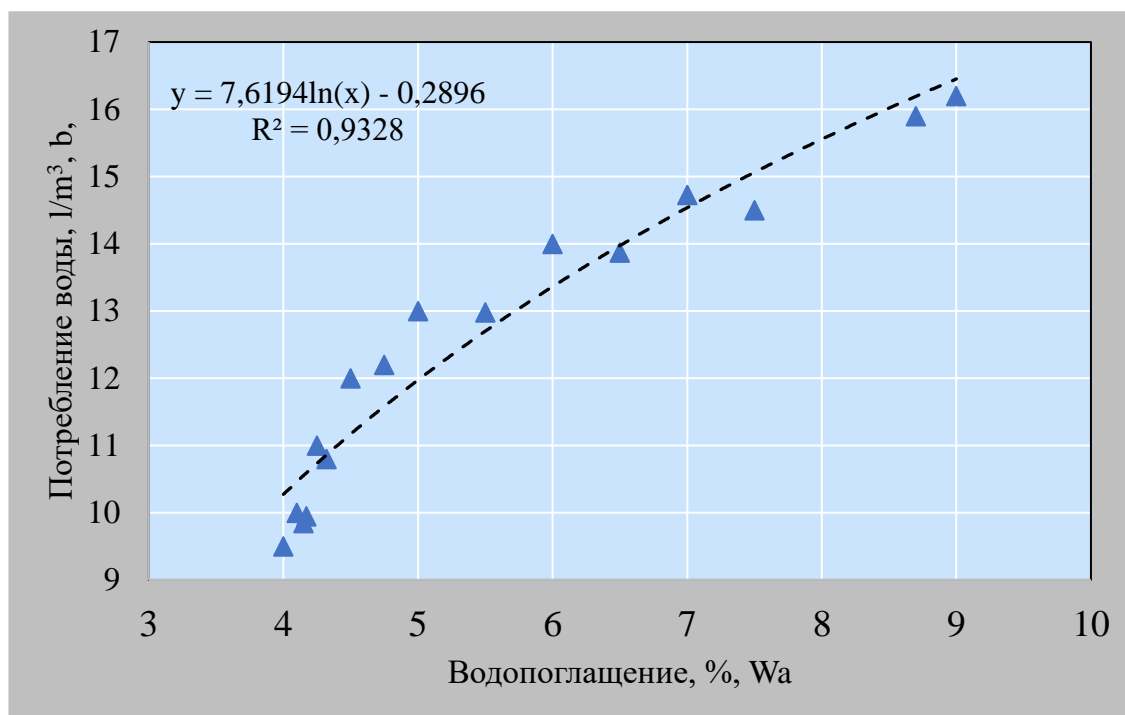


Рисунок 24 – График зависимости между водопоглощением известнякового заполнителя от водопотребности бетонной смеси.

Следует подчеркнуть, что водопотребность бетонной смеси на основе известнякового заполнителя значительно превышает таковую в обычных тяжелых бетонах. Влияние низкопрочного известнякового заполнителя из различных месторождений на водопотребность бетонной смеси в основном обусловлено его водопоглощением: чем выше водопоглощение известнякового заполнителя, тем больше водопотребность бетонной смеси [110, с. 41].

На рисунке 24 представлено влияние водопоглощения известнякового заполнителя на водопотребность бетонной смеси при оптимальной жесткости в диапазоне 30-40 секунд. Водопоглощение известняковых песков из исследуемых месторождений варьировалось от 4,13% до 7,15%. Песок из ракушечника Жетыбайского месторождения демонстрирует наименьшее водопоглощение, в то время как песок из Бейнеуского месторождения имеет наибольшее [110, с. 41].

Водопотребность бетонной смеси на песке-заполнителе с минимальным водопоглощением составляет 190 л/м³, тогда как при увеличении водопоглощения известнякового заполнителя до 7,15% водопотребность смеси возрастает до 275 л/м³ [110, с. 42].

С использованием математической обработки экспериментальных данных была выведена расчетная зависимость водопотребности бетонной смеси. Зная водопоглощение ракушечникового заполнителя из низкопрочного известняка, можно определить оптимальную водопотребность бетонной смеси при жесткости 30-40 сек [110, с. 42].

При установлении зависимости прочности бетона на ракушечниковом заполнителе от расхода цемента, прежде всего, необходимо было выяснить,

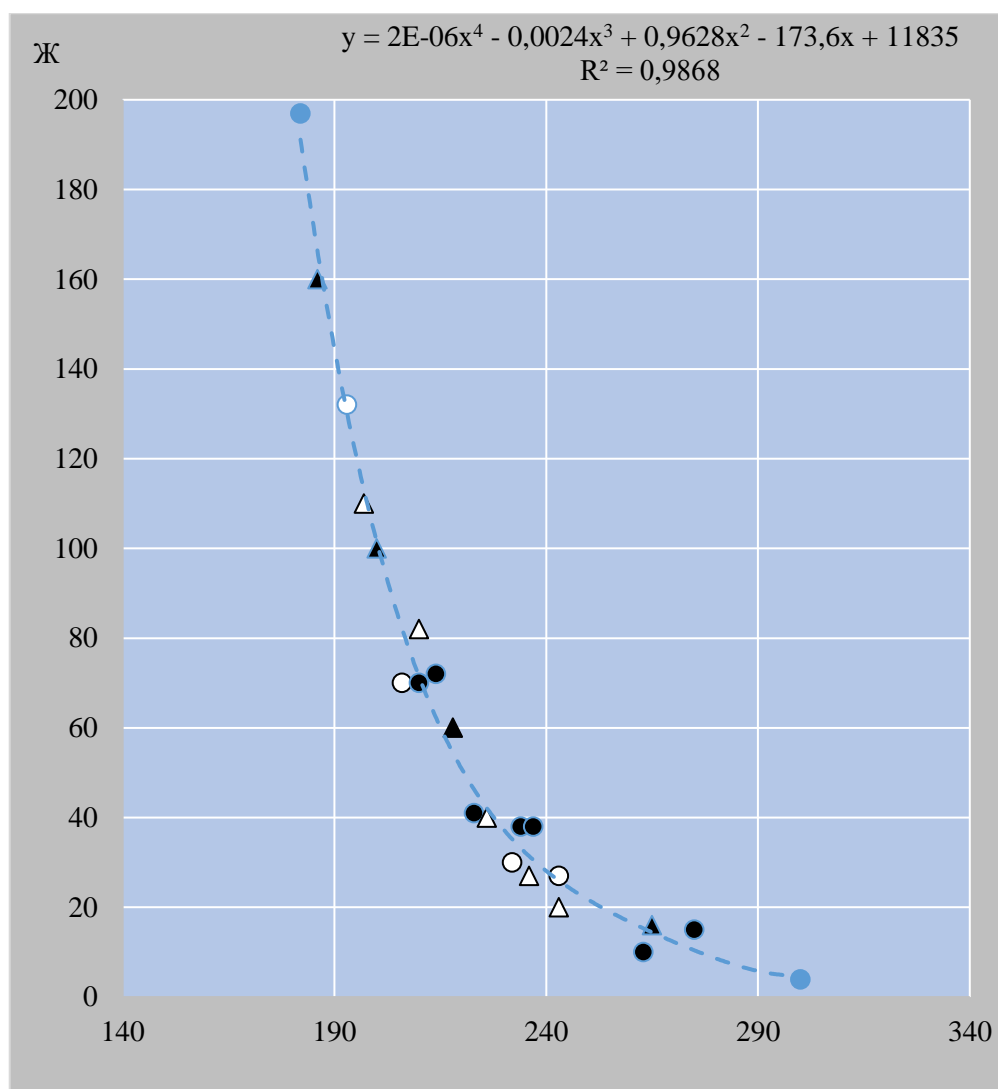
подчиняется ли этот бетон известному положению, подтвержденному опытами многих исследований [115].

При фиксированном водосодержании бетонной смеси (т.е. количестве воды на 1 м³ бетона) изменение расхода цемента при использовании одних и тех же заполнителей не влияет на консистенцию или удобоукладываемость (жесткость) бетонной смеси ($Sl; Ж=const$), которая остается постоянной. Это утверждение, известное как правило постоянства водосодержания бетонной смеси, верно как для малоподвижных, так и для жестких бетонных смесей, использующих плотные и прочные заполнители. Исследования показывают, что количество воды, необходимое для достижения заданной консистенции бетона, не зависит от расхода цемента (Приложение Е). В таблице 21 приведен объем воды, требуемый для достижения нужной консистенции бетона, в зависимости от количества используемого цемента [110, с. 42].

Таблица 21 – Объем воды, необходимый для получения желаемой консистенции бетона, зависит от количества применяемого цемента.

Номинальный состав по объему	Расход цемента в бетоне, кг/м ³	Водоцементное отношение по весу, В/Ц	Осадка конуса, см	Содержание песка в смеси инертных, %	Содержание воды в бетоне, л/м ³
1 : 2,5 : 4,0	265	0,60	0,5	0,385	159
1 : 3,6 : 4,5	211	0,75	0,5	0,445	158
1 : 2,5 : 4,0	262	0,72	6,7	0,385	189
1 : 3,6 : 4,5	209	0,90	6,2	0,445	189
1 : 1,7 : 3,2	328	0,65 0,85	15,0	0,35	213
1 : 3,2 : 3,3	254		15,1	0,49	216

Для проверки применимости правила постоянства водосодержания к мелкозернистым бетонным смесям на известняковом заполнителе были изготовлены образцы бетона с различными составами, отличающимися расходом цемента, но с использованием одного и того же заполнителя. В каждой серии составов бетона было изменено водосодержание, что позволило рассмотреть смеси от жестких до подвижных. На рисунке 25 представлен график зависимости между расходом цемента и водосодержанием бетонной смеси, а также для сравнения показана аналогичная зависимость для песчаного бетона, изготовленного на основе обычного кварцевого песка [110, с. 43].



○ - 1 : 9,7; Δ - 1 : 7,25; + - 1 : 5,8; ● - 1 : 4,15; ▲ - 1:3,21.

Рисунок 25 – График зависимости между расходом цемента, водосодержанием бетонной смеси и ее жесткостью: состав бетона (цемент и известняковый наполнитель).

3.3 Влияние тепловлажностной обработки на прочность полимерцементной композиции из известнякового наполнителя

В процессе схватывания и твердения бетонных смесей происходят сложные объемные изменения в структуре цементного геля. Эти изменения возникают из-за того, что при гидратации цементных зерен вода постепенно поглощается цементом, а излишки испаряются из материала. В результате гелевая структура цемента, насыщенная водой, начинает уплотняться, поскольку оставшаяся в порах геля вода создает внутреннее натяжение, притягивая частицы геля ближе друг к другу. Этот процесс приводит к усадке бетона постепенному уменьшению его объема. Усадка наиболее выражена на ранних стадиях твердения, однако ее скорость со временем уменьшается. В некоторых случаях усадочные процессы могут продолжаться на протяжении нескольких лет, вызывая постепенные изменения в структуре и объеме бетона, что следует

учитывать при проектировании и эксплуатации бетонных конструкций [110, с. 49].

Исследования усадки бетонита проводились на двух основных стадиях его твердения. Первая стадия заключалась в изучении образцов при постоянной влажности, которые были защищены от высыхания с помощью гелиопокрытия. Вторая стадия включала испытания на открытом воздухе, где образцы высыхали естественным образом. В течение первых семи суток после изготовления образцов основное внимание уделялось той части усадки, которая связана с изменениями в гелевой структуре цемента, то есть внутренними процессами, не зависящими от внешних условий. Этот период является критическим, так как именно в это время формируются начальные характеристики прочности и устойчивости бетонного материала [110, с. 49].

Для исключения влияния внешнего высыхания на результаты измерения усадки в ранние стадии твердения были созданы специальные герметичные формы для образцов. Эти формы имели вид усеченного конуса, расположенного меньшим основанием вверх. Чтобы обеспечить герметичность, боковые стенки конуса и его дно были изготовлены из тонкой оцинкованной стали. Все швы конструкции были тщательно пропаяны, что предотвращало попадание влаги извне. Внутренние поверхности формы обкладывались несколькими слоями пергаментной бумаги, пропитанной солидолом, что минимизировало трение между стенками формы и бетонным образцом. Это позволяло образцу свободно оседать при усадке, что обеспечивало получение точных данных об изменениях его объема без искажений, вызванных внешними факторами [110, с. 49].

Результаты измерения усадки бетонита в герметично закрытой форме отображены на графике (см. рисунок 26) [110, с. 50].

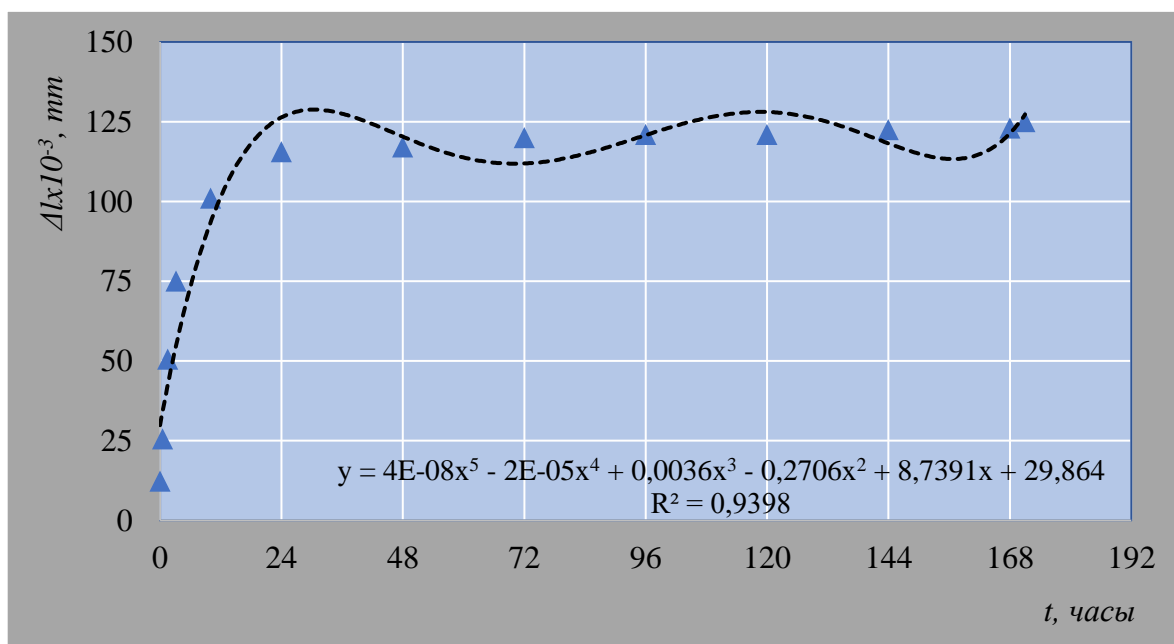


Рисунок 26 – График зависимости усадки бетонита при стабильной влажности

Таким образом, исследование усадки бетонных материалов на ранних стадиях твердения играет ключевую роль для понимания долговременной стабильности бетонных конструкций [109, с. 81].

После забивки формы жесткой бетонной смесью, поверхность образца укрывалась дюралюминиевым диском и пергаментной бумагой. Для обеспечения герметичности верхняя часть образца покрывалась битумом. Размеры образцов составляют: диаметр верхней части – 80 мм, нижней – 90 мм, высота – 28 мм. Спустя час образец помещался в термостатическую установку с биметаллическим датчиком для фиксации индикатора [109, с. 81].

Из графика видно, что через сутки усадка бетонита практически завершается, так как в течение следующих 5 суток прирост составляет менее 0,5% [109, с. 81].

Через 7 дней после изготовления образец вынимался из формы, которая затем распаивалась, и бетонитовый цилиндр снова помещался в прибор для измерения усадки, связанной с естественным высыханием. В помещении поддерживалась температура в пределах 19°C-25°C при среднем уровне влажности 50%. На рисунке 27 представлен график усадки бетонита в указанных условиях, где данные абсолютных деформаций усадки были получены в процессе испытаний. Значения скорректированы с учетом коэффициента линейного расширения для стабильной температуры 25°C, что обеспечивает точность оценки изменений размеров образцов в заданных условиях [109, с. 81-82].

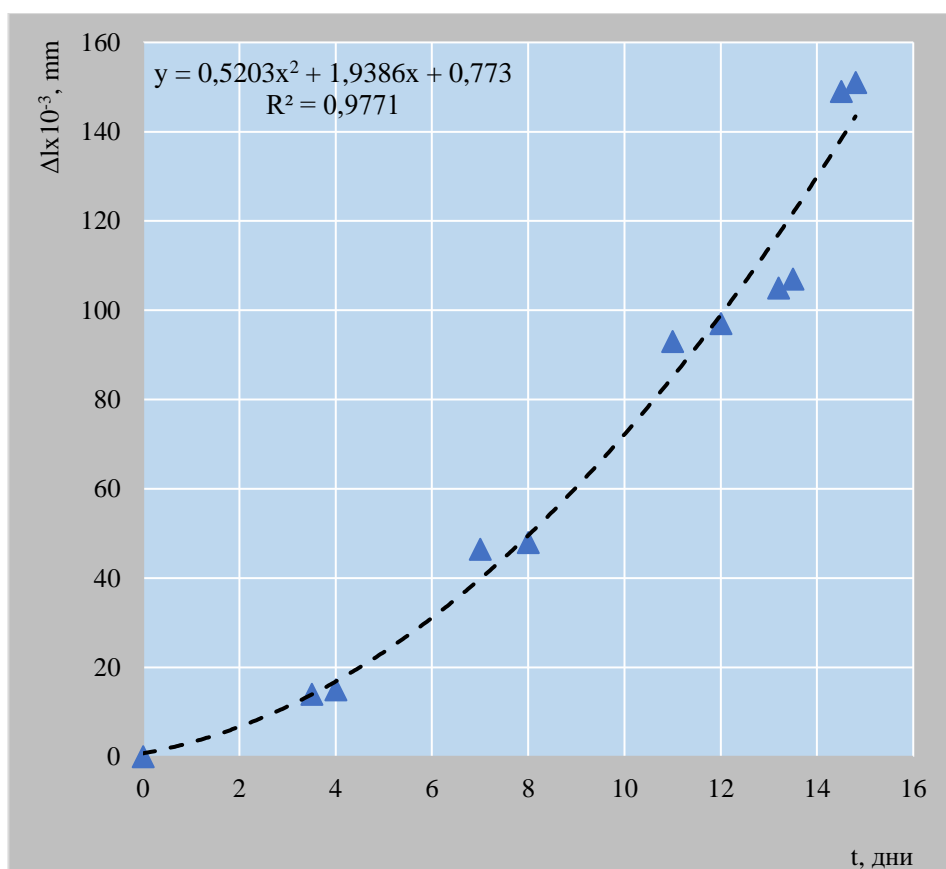


Рисунок 27 - График зависимости изменения усадки бетонита во время высыхания

Форма кривой усадки цементного раствора на воздухе аналогична процессу высыхания образца. В течение первых 3-4 дней происходит испарение влаги с поверхности, в то время как внутренняя часть сохраняет влагу, что замедляет усадочные деформации (пологий участок кривой). В течение следующих 16-18 дней начинается высыхание внутренней части раствора, что приводит к ускорению деформаций усадки (более крутой участок кривой). На данном сегменте графика примерно линейная связь между усадкой и количеством утраченной влаги. В последние три дня деформации усадки практически не изменяются, что указывает на период равномерного высыхания всего объема образца до состояния воздушно-сухого [109, с. 82].

Изучение кривых усадки бетонита показывает, что в отличие от тяжелого бетона, усадка бетонита происходит с большей скоростью и быстрее достигает своего предела. На развитие усадки бетонита и скорость этого процесса значительное влияние оказывает известняковый заполнитель, который, в зависимости от уровня водонасыщения, способен проявлять как разбухание, так и усадку [109, с. 82].

Активная усадка бетонита в первые сутки после его производства может быть проанализирована следующим образом: пористый известняковый песок в процессе смешивания с водой сухой рабочей смеси активно поглощает влагу, что приводит к его разбуханию. Поглощение воды цементными частицами происходит значительно медленнее, и поэтому через некоторое время начинается миграция влаги от заполнителя к частицам цемента, вызывающая усадку самого заполнителя. Сочетание усадки цементного теста и усадки заполнителя в начальной фазе затвердевания бетонита приводит к значительному увеличению объемных деформаций образцов [109, с. 83].

Кроме того, известняковый микрозаполнитель, как уже упоминалось, может вступать в химическую реакцию с алюмосодержащими компонентами портландцементного клинкера, такими как C_3A и C_4AF , что приводит к образованию карбоалюмината кальция. Этот продукт имеет свойства, которые значительно отличаются от свойств первоначальных компонентов. Минерал четырехкальциевого алюминия и железа (C_4AF) является гелеобразующим компонентом. При гидратации в обычных условиях он преобразуется в новообразование: $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O$ (кристаллический сросток) и $CaC \cdot Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ (гель), что является одной из причин усадки и ползучести бетона. Вероятно, связывание C_4AF карбонатным микрозаполнителем снижает общее количество геля в цементном камне и, как следствие, приводит к уменьшению усадки цемента в бетоните [109, с. 83].

Исследования других авторов на небольших образцах обычного бетона показали, что его усадка варьируется в пределах 0,2-0,4 мм/м, в некоторых случаях достигает 0,7 мм/м (для бетонов, возраст которых на момент начала измерений составлял несколько дней) [109, с. 83].

В отличие от тяжелых бетонов, бетонит обладает более выраженной усадкой, которая для образцов, хранившихся при воздушно-сухих условиях, составляет 0,75 мм/м. Однако эта величина укладывается в диапазон усадки,

характерный для мелкозернистых тяжелых и легких бетонов, который составляет 0,4-1,2 мм/м [109, с. 83].

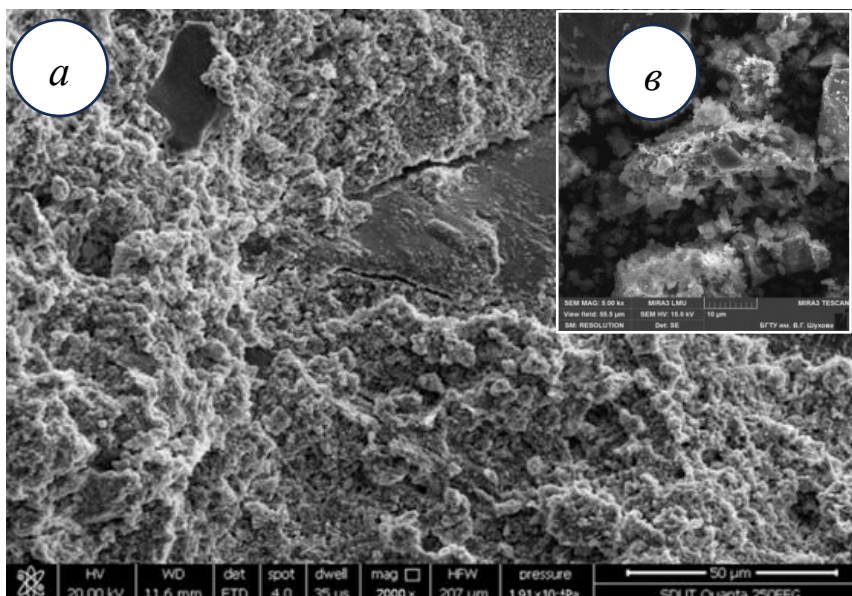


Рисунок 28 - Микроструктура (а) и контактная зона «известняковый заполнитель – цементный камень» (б), выполненные с помощью микроскопа Phenom ProX

Сила бетона определяется его внутренним строением, которое подвержено изменениям. Эти изменения происходят как из-за физико-химических реакций, связанных с процессом затвердевания цементного камня, так и под воздействием внешних факторов [109, с. 96].

На рисунке 28, а представлены светлые частицы заполнителя в бетонной смеси, которые связаны с основной гидратированной массой цементного компонента [109, с. 83]. Контактная область между «цементным камнем и известняковым заполнителем» четко отображена на рисунке 28, в где можно наблюдать фрагменты крупного заполнителя, а также мелкие зерна известняка. Крупные и мелкие частицы соединены гидратированной матрицей цементного раствора. В условиях нормального схватывания структура цементного раствора формируется в стабильной обстановке, поскольку основные компоненты бетона не подвергаются значительным объемным изменениям из-за влияния наружных температур. При данных обстоятельствах температурные градиенты формируются исключительно вследствие саморазогрева бетона, возникающего в результате экзотермических реакций гидратации цемента, однако их величина остается достаточно небольшой [109, с. 83].

В процессе формирования структуры бетона во время тепловлажностной обработки необходимо учитывать негативное влияние воздуха, который присутствует в значительных количествах в бетонной смеси с пористыми известняковыми заполнителями, по сравнению с традиционными бетонами. При увеличении температуры во время пропаривания бетона воздух, находящийся в

порах, будет стремиться расширяться, что приведет к раздвижению частиц бетона и увеличению занимаемого объема [109, с. 83].

Это расширение воздуха способствует увеличению общей пористости и формированию ориентированных каналов. Под воздействием нагрева воздух в бетоне начинает двигаться к открытой поверхности изделия, что вызывает высушивание и расслаивание верхних слоев; тепловлажностная обработка ускоряет гидратацию, но снижает уровень гидратаента, что приводит к понижению прочности 28-дневных пропаренных образцов бетона по сравнению с образцами, прошедшими нормальное твердение. Количество цемента не имеет значительного воздействия на прочность пропаренного известнякового цементного раствора, хранящегося в нормальных условиях. Однако было замечено, что отклонение от оптимального расхода воды, как в сторону уменьшения, так и увеличения, оказывает некое отрицательное влияние [109, с. 85].

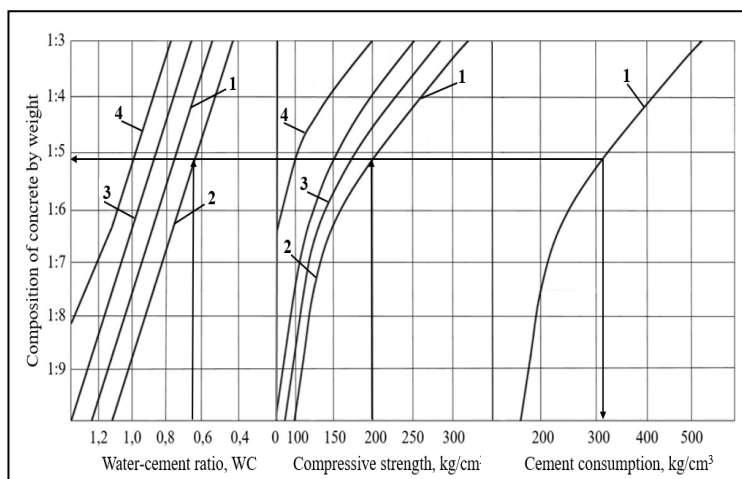
Данное явление можно связать с увеличением объема воздуха, возникающим при изменении оптимального соотношения воды. Спустя сутки после термической обработки известняковый бетон достигает в среднем примерно 80% от прочности, которую он должен иметь через 28 суток в условиях пропаривания [109, с. 85].

Исследования продемонстрировали, что характеристики заполнителей, такие как прочность, впитываемость воды и зерновой состав, не имеют значительного влияния на изменения вышеуказанных закономерностей. При разработке рецептур различных видов бетона основное внимание уделяется достижению оптимального соотношения компонентов с минимальным расходом цемента. Такой сбалансированный состав не только обеспечивает максимальную прочность и легкость укладки бетонной смеси, но и способствует улучшению других ключевых характеристик бетона, таких как прочность на изгиб, устойчивость к морозу, уровень усадки, ползучесть и другие важные параметр [109, с. 85].

3.4 Проектирование состава бетонных смесей на основе основных параметров прочности, жесткости и режимов затвердения

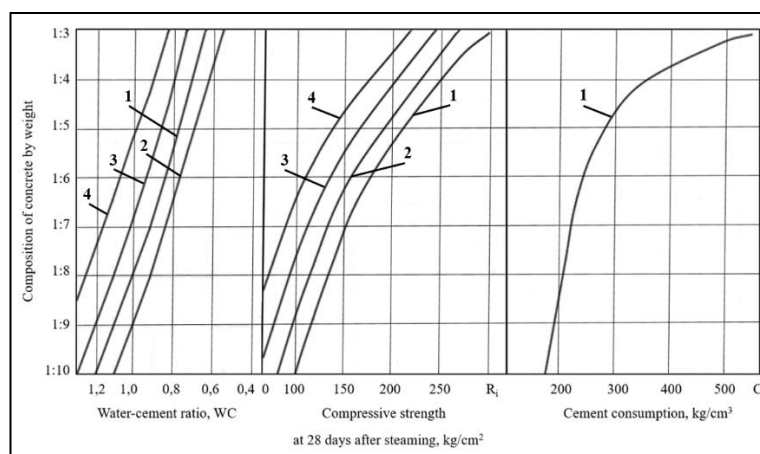
При проектировании состава бетона исходят из основных параметров: жесткости бетонной смеси, назначаемой в соответствии с характеристиками формирующего изделие из бетонной смеси механизма и достижения требуемой прочности бетона с режимом твердения [109, с. 85].

На основании проведенных экспериментов для оптимальных составов бетона с жесткостью $J=35$ сек на заполнителях из месторождений известняка даны рекомендуемые расходы цемента и водоцементные отношения В/Ц для марок 300 и 400, а также составлены графики, позволяющие определить расход цемента ($\text{кг}/\text{м}^3$) и водоцементное отношение в зависимости от заданной жесткости бетонной смеси и прочности известнякового бетона, используя отходы камнепиления Жетыбайского месторождения (рисунки 29, 30) [109, с. 85-86].



1 - время жесткости 30-40 секунд; 2 - время жесткости 6 секунд; 3 - время жесткости 20-10 секунд; 4 - осадка стандартного конуса составляет 6-8 сантиметров.

Рисунок 29 - График зависимости составов известнякового бетона на основе заполнителя из известняка месторождения Жетыбай.



1 - время достижения жесткости 30-40 секунд; 2 - время достижения жесткости 60-80 секунд; 3 - время достижения жесткости 20-10 секунд; 4 - осадка стандартного конуса составляет 0-8 см.

Рисунок 30 - График зависимости выбора составов известнякового бетона с использованием заполнителя из месторождения Бейнеу.

Способ пользования графиком заключается в следующем. Например, необходимо подобрать состав известнякового бетона марки 200 с жесткостью бетонной смеси 30-40 сек [109, с. 85].

По графику рисунке 29 определяется точка пересечения вертикали, соответствующая прочности 200 кг/см² в графе «предел прочности», с кривой заданной жесткости. Затем по горизонтали, проходящей через найденную точку, отмечается весовой состав, равный в данном случае 1:5:1, водоцементное

отношение 0,7 и расход цемента на 1 м³ бетона, равный 325 кг. Следовательно, оптимальный состав для известнякового бетона марки 200 требует на 1 м³ бетона 325 кг цемента, 1655 кг известнякового заполнителя и 228 литров воды при перемешивании бетонной смеси в обычной горизонтальной растворомешалке и уплотнении с пригрузом 40 г/см³ [109, с. 88].

Составление аналогичных графиков после предварительных подборов составов известнякового бетона значительно облегчит производственный подбор составов бетона [109, с. 88].

При проектировании составов известняковых бетонов в составлении графиков необходимо учитывать основные свойства и особенности бетонной смеси и бетона на известняковом заполнителе (зависимость между жесткостью и водосодержанием бетонной смеси, правило постоянства водосодержания, зависимость между прочностью заполнителя и прочностью бетона) [109, с. 88].

Расчетный метод назначения состава бетона не дает полной гарантии получения всех требуемых показателей бетона. На окончательную прочность бетона могут влиять много различных факторов, зависящих как от характеристик примененного для приготовления бетона заполнителя и цемента, так и технологических параметров [109, с. 88].

Поэтому согласно указаниям ЭСН РК 8.05-01-2022 запрещается назначать состав бетона или водоцементное отношение только по таблицам и графикам или расчетно-теоретическим путем. Необходимо обязательно производить опытную проверку принятого состава бетона путем испытания его непосредственно в бетоне [116].

При двустороннем прогреве верхние и нижние слои в течение суток получают примерно такое же количество тепла, как и центральные зоны. Максимальная температура, различающаяся по толщине образца во время его прогрева, достигает 25⁰С. Температура в верхних слоях может повышаться со скоростью 13⁰С в час, тогда как в нижних слоях эта скорость составляет 7⁰С в час. Таким образом, использование гелиотехнической схемы обеспечивает значительное повышение температуры бетона и разницу температур по толщине образца, что не должно негативно сказываться на основных физико-механических характеристиках и долговечности полимербетона, созданного из переработанных материалов известнякового ракушечника [109, с. 88].

3.5 Разработка нового материала на основе полимерцементной композиции

Изобретение касается промышленности строительных материалов с добавлением дополнительных компонентов и может быть применено для производства полимерцементных плиток различного назначения, а также стеновых материалов [108, с. 298; 117].

Известна керамическая масса для изготовления облицовочных плит, содержащая следующее соотношений компонентов, мас. %: глина 45-55, доломит 8-12, кварцевый песок 12-15, нефелин – сиенит 18-25, бой плиток 2,9-6,4 и дополнительно полиакриламид, с целью повышения сырьевой прочности плиток

и снижения водопоглощения 1. Однако, известная керамическая масса обладает низкой прочностью изделий из-за отсутствием в нем цемента, причем очень дорогая технология изготовления изделий, требующие сушку, обжигания, прессования, глазурирование затем повторном обжигания [117, с. 2].

Наиболее близкой к изобретению по технической сущности и достигаемому результату является полимерцементная композиция, включающая следующий состав в мас. %: цемент белый 17-20, кварцевый песок молотый 10-12, бутадиенстирольный латекс 5,5-6,0, пиритные огарки 1,7-2,0 кирпич глиняный молотый 54-61 и воду 2 [118].

Основным недостатком этой композиции является низкая прочность готовых изделий при значительном расходе цемента и полимера.

Целью настоящего изобретения является снижение расхода цемента и повышение качества и физико-механических свойств изделия [119].

Для достижения поставленной цели используется полимерцементная композиция, состоящая из белого цемента, заполнителя и водного раствора полимера. Дополнительно в состав входят уайт-спирит и ускоритель твердения – раствор дюралюмина в соляной кислоте в соотношении 1:10, разбавленный до 1% концентрации. В качестве заполнителя применяется молотый известняковый отсев ракушечника, а для водного раствора полимера используется 0,15%-ный раствор полиакриламида с указанным соотношением компонентов в мас. % (см. таблицу 22) [108, с. 297; 119, с. 1]:

Таблица 22 - Компоненты и их массовое соотношение в составе смеси

№ п/п	Наименование компонентов	Соотношение масс, %
1.	Цемент (белый)	7-8
2.	Указанный наполнитель	68-73
3.	Указанный водный раствор полимера	15-18
4.	Уайт-спирит	0,5-1,0
5.	Указанный ускоритель твердения	0,7-1,2

Получение строительных изделий на основе предлагаемой полимерцементной композиции достигают следующим образом. Для приготовления полимерсвязующей композиции применяют 0,15%-ной л водный раствор полиакриламида. Приготовление раствора позволят непосредственно перед вводом в наполнитель с цементом. В приготовленный объем водного раствора полиакриламида добавляют водный раствор солей хлористого алюминия, а также уайт-спирит в вышеуказанных соотношениях и активно смешивают путем взбалтывания в промежуточной емкости (рисунок 31) [108, с. 297; 119, с. 2]:



Рисунок 31 – Процесс приготовления строительной смеси на основе предлагаемой полимерцементной композиции

Необходимое количество кислоты определяется по формуле:

$$y = \frac{450 \cdot M}{\rho \cdot C}, \quad (4.1)$$

где Y – объем кислоты, m^3 ; M – масса алюминия, кг; ρ – плотность кислоты, kg/m^3 ; C – концентрации кислоты, %.

Полученный таким образом полимерсвязующее вводят в предварительно подготовленную смесь наполнителя с цементом и тщательно перемешивают. После этого полученная полимерцементную композицию заливают в форму. Смесь наполнителя с цементом готовят заранее. Ниже в таблице 23 приведено сравнение свойств полученных полимерцементных изделий на основе предлагаемой полимерцементной композиции с известной технологией (Приложение Е) [119, с. 2].

Таблица 23 – Сравнение свойств полученных полимерцементных изделий с известной технологией

№ п/п	Состав при соотношении компонентов, масс %	Прототип [1]	Предлагаемая полимерцементная композиция на основе полиакриламида [2]			
			1	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7
1	Цемент (белый)*	17-20	-	-	-	-
2	Цемент (белый)**	-	8	7	8	7
3	Кварцевый песок*	10-12	-	-	-	-
4	Известняковый отсев ракушечника молотый**	-	73	68	73	68
5	Бутадиенстирольный латекс*	5,5-6,0	-	-	-	-

Продолжение таблицы 23

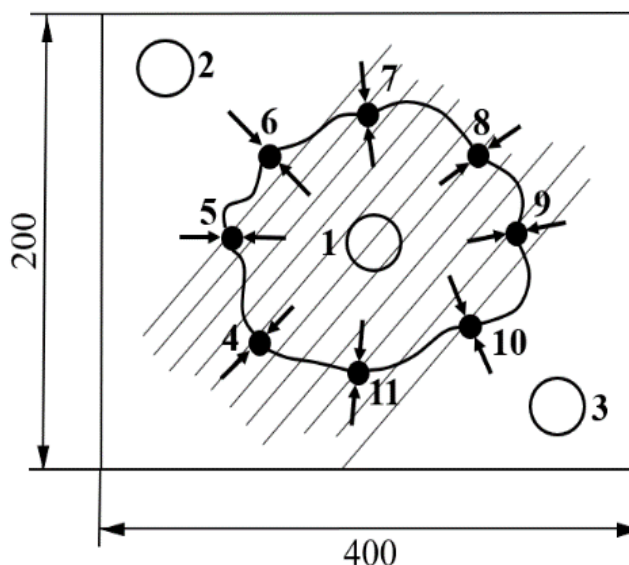
1	2	3	4	5	6	7
6	0,15% водный раствор**	-	18	15	18	15
7	ПАА**	-	0,028	0,023	0,028	0,023
8	Вода*	-	Остальные вода			
9	Пиритные огарки*	1,7-2,0	-	-	-	-
10	Кирпич глиняный молотый*	54-61	-	-	-	-
11	Уайт-спирит**	-	0,5	1,0	0,5	1,0
12	1%-ный водный раствор солей алюминия AlCl ₃ -**	-	0,7	1,2	-	-
13	Соляная кислота (HCl)**	-	0,007	0,0012	-	-
14	Алюминевый лом/пудра**	-	0,0007	0,00012	-	-
15	Вода**	-	Остальные вода			
16	Предел прочности на сжатие, кгс/см ² *	15,5-21,5	31-34	28-33	28-24	22-23
17	Водопоглощение, % **	-	2,8-3,6	2,9-3,5	1,6-0,9	0,9
18	Плотность, г/см ³ **	-	1,69-1,7	1,7-1,72	1,65-1,6	1,7
Примечание: * - Авторское свидетельство СССР №1004304 СО4В 25/02; ** - Патент 4370 РК. Полимерцементная композиция.						

Как видно из таблицы, предлагаемое изобретение по сравнению с известной технологией достаточно обеспечивает увеличение свойствам строительных материалов по прочности и водопроницаемости при значительно меньшем расходе цемента (в 2 раза), полимера (в 3 раза меньше) [108, с. 298]. Кроме того, оно позволяет утилизировать отходы карьерного хозяйства [120-122].

3.6 Анализ материалов из полимерцементной композиции на основе отходов известняка с различными минеральными добавками

Прочность сцепления цементного камня с шлифованными минеральными пластинами различного химического состава для известняков в несколько раз выше, чем для гранита, лабрадора, кварца и др. Исследование процессов, происходящих в контактной зоне между туфом и пеплопемзой с цементным камнем, проведенное под микроскопом, показало, что пористый наполнитель играет ключевую роль в формировании структуры. Это проявляется в механическом взаимодействии с затвердевающим цементным вяжущим, которое происходит за счет заполнения неровностей поверхности зерен и проникновения продуктов гидратации в поры наполнителя. Также наблюдается изменение плотности цементирующей массы из-за поглощения жидкой фазы пористым наполнителем, что приводит к уменьшению соотношения воды и цемента [123].

На рисунке 32 показано расположение измерительных точек в образцах цементного раствора с наполнителем. [109, с. 91-92].



1 - в массе зерна заполнителя; 2,3 - в массе цементного камня; 4-11 - в контактном слое.

Рисунок 32 – Расположение измерительных точек в образцах цементного раствора с наполнителем

Графики изменения микротвердости в области взаимодействия цементного камня и частиц известняковых заполнителей: 1 - известняк-ракушечник из Жетыбайского месторождения; 2 - известняк-ракушечник из Бейнеу; 3 и 3' - известняк-ракушечник из Мангышлакского месторождения, представленные для образцов с естественным твердением и пропаренных (пунктирная линия); 4 и 4' - известняк из Тасболатского месторождения, также для образцов с естественным твердением и пропаренных [109, с. 92].

В последующем по мере твердения и высыхания бетона баланс восстанавливается. Установлено, что в контактном слое цементного камня с вулканическим шлаком микротвердость увеличивается в 1,2–1,8 раза по сравнению с областью, не находящейся в контакте [109, с. 93; 123, с. 176].

На рисунке 33 представлен график, отображающий изменения микротвердости в области взаимодействия цементного камня и зерен известняковых заполнителей, показывают, как микротвердость варьируется в зависимости от расстояния от линии контакта. Эти кривые иллюстрируют влияние структуры и свойств заполнителей на механические характеристики цементного камня в контактной зоне [109, с. 93].

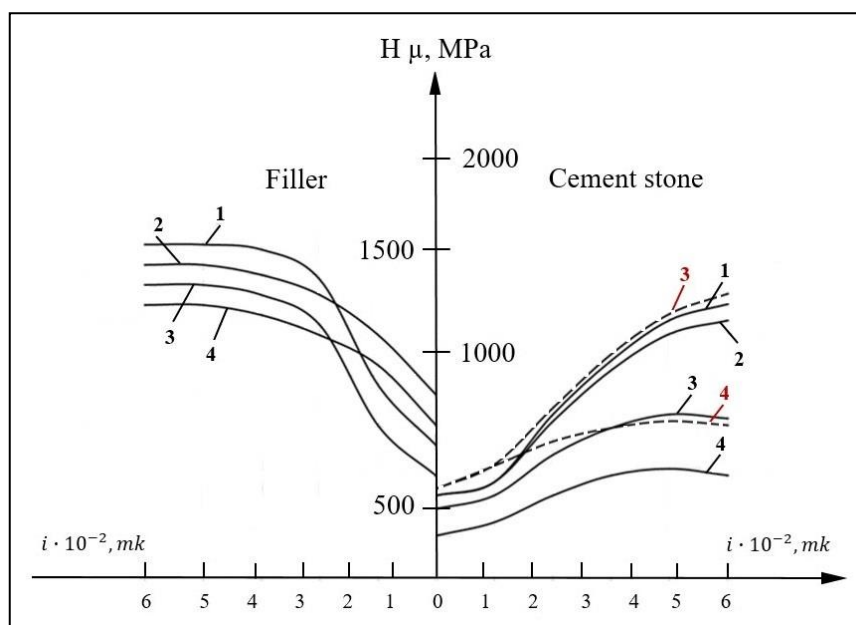


Рисунок 33 – График зависимости изменения микротвердости в контактной зоне между цементным камнем и зернами известняковых заполнителей.

Исследование разрушения контактной зоны туфобетона и бетонов с различными природными пористыми заполнителями показало, что поверхность соединения этих заполнителей с цементным камнем покрыта тонким слоем цементирующего материала. В отличие от этого, поверхность контакта плотного заполнителя остается незагрязненной после разрушения. Эти данные подтверждают, что сцепление цементного камня с пористыми заполнителями значительно превосходит сцепление с плотными [109, с. 93; 123, с. 176].

При применении пористых заполнителей из слабых осадочных и вулканических пород для создания конструкционных бетонов с высокой прочностью, максимальный размер щебня, как правило, не должен превышать 20 мм. Для очень слабых пород целесообразно ограничить этот размер до 5-10 мм. Уменьшение максимального размера зерен заполнителей снижает локальные микроструктурные напряжения в контактных участках, улучшает равномерность технических характеристик бетона и обеспечивает более подходящие условия для бетонирования армированных элементов [109, с. 93].

Для бетонов с прочностью в диапазоне от 7,5 до 15 МПа, применяемых в массивных конструкциях, таких как фундаменты и подпорные стены, при наличии достаточных обоснований допускается увеличение крупности зерен природных пористых заполнителей до 40 мм и более [123, с. 176]. Состав зерен заполнителей, полученных из пористых горных пород и отходов камнеобработки, предназначенных для конструкционных бетонов, должен соответствовать основным требованиям, направленным на достижение максимально плотной упаковки частиц при минимальном использовании цемента. В отличие от кварцевого песка, в песке из горных пород допускается значительно большее содержание мелких фракций (менее 0,14 мм), а также возможно понижение нижней предельной границы зернового состава [109, с. 93].

Природные заполнители, полученные из пористых горных пород, имеют разнообразные значения удельной поверхности и способности к водопоглощению. Это приводит к тому, что легкие и облегченные конструктивные бетоны, созданные на их основе, показывают различия в водопотребности, даже при одинаковой подвижности смеси. Исследования, проведенные различными авторами, продемонстрировали, что изменение количества цемента в пределах от 200 до 400 кг/м³ практически не оказывает значительного влияния на водопотребность бетонной смеси с заданной жесткостью [123, с. 130].

Влияние размера пористого заполнителя на свойства бетона не является значительным. Это связано с тем, что при увеличении максимального размера щебня его пористость и способность к водопоглощению возрастают, в то время как общая площадь смачивания уменьшается. Таким образом, действие одного фактора уравнивается воздействием другого [109, с. 93].

Введение поверхностно-активных веществ в бетон, созданный на основе природного пористого заполнителя, обеспечивает значительные технико-экономические преимущества, поскольку позволяет уменьшить количество используемого цемента [109, с. 93; 123, с. 408].

Исследование влияния добавок сульфитно-спиртовой барды, полиакриламида и мылонафта на свойства бетонита показывает, что сульфитно-спиртовая барда и полиакриламид оказывают положительное воздействие как на тяжелый, так и на легкий бетон, в то время как мылонафт имеет отрицательный эффект. Оптимальная доза сульфитно-спиртовой барды и полиакриламида в обычных и легких бетонах составляет 0,2% от массы цемента, что способствует увеличению прочности на сжатие обычных бетонов на 24-33% и легких бетонов на 1,5-11%. Также наблюдается снижение плотности бетона [109, с. 94; 123, с. 166].

Применение воздухововлекающей добавки мылонафта в обычных и легких бетонах помогает предотвратить расслаивание бетонной смеси, однако приводит к снижению прочности на сжатие: в обычных бетонах этот показатель уменьшается на 4,4-19%, а в легких – на 18-29% [109, с. 94; 123, с. 166].

В ходе экспериментов жесткость смеси оставалась неизменной и составляла 25 секунд, в то время как водоцементное отношение для всех составов было установлено на уровне 0,65. Как показано в таблице 4.5, добавление ПАА в бетон позволяет сохранить почти одинаковую прочность, при этом достигается экономия цемента до 10% [109, с. 94].

Эксперименты продемонстрировали, что добавление ПАА значительно снижает жесткость бетонной смеси на основе пористых известняков. Например, при добавлении 0,2% ПАА жесткость смеси уменьшается более чем в два раза по сравнению с жесткостью смеси без добавки (при Ж = 40 с) [110, с. 62; 123, с. 204].

Добавление полиакриламида позволяет увеличить прочность бетона до 20% (таблица 24). При дозировке ПАА в 0,2% от массы цемента подвижность бетонной смеси возрастает на 35-40% (Приложение Е) [110, с. 62; 123, с. 204].

Таблица 24 - Влияние добавления полиакриламида (ПАА) на прочность бетонной смеси и изменение расхода цемента.

№ п/п	Расход материалов, кг, на 1 м ³ бетона				ПАА, % по массе цемента	Прочность бетона в возрасте 28 сут., МПа	Экономия цемента, %
	Ц	П	Щ	В			
1	1	692	1014	230	0	27,3	0
2	2	706	1034	217	0,1	31,2	5,65
3	3	711	1045	206	0,15	27,9	10,17
4	4	714	1046	209	0,2	30,3	9,9

Выводы по 3 разделу

1. На основании проведенных экспериментов для оптимальных составов бетона (при жесткости 35 сек) на заполнителях из исследованных месторождений известняка, даны рекомендуемые расходы цемента и водоцементные отношения В/Ц для бетонов марок 100, 150, 200, 250, 300 и 400;

2. Использование местных известняков в качестве заполнителя для бетонов, позволяет получать бетоны с меньшим объемным весом и повышенными тепло- и звукоизоляционными качествами, применение которых, в зданиях и сооружениях, обеспечивает общее снижение их стоимости, за счет уменьшения собственного веса конструкций, снижения транспортных расходов, расходов на материалы и рабочую силу;

3. Включение добавок сульфитно-спиртовой барды (ССБ) и полиакриламида (ПАА) в обычные и легкие бетоны (0,2% от массы цемента) способствует увеличению предела прочности на сжатие для обычных бетонов на 24-33% и для легких бетонов на 1,5-11%;

4. Интенсивная усадка бетонита в течение первых суток после его изготовления сопровождается его расширением в результате активного впитывания влаги, поглощение воды цементными частицами происходит значительно медленнее, вследствие чего, через некоторое время, начинается миграция влаги от заполнителя к частицам цемента, вызывая усадку самого заполнителя, что приводит к значительному росту объемных деформаций образцов;

5. С повышением температуры пропаривания бетона, расширяющийся воздух, в порах бетона, будет стремиться раздвинуть частицы бетона и занять больший объем, что приводит к повышению общей пористости и к образованию направленных капилляров;

6. Предложена новая полимерцементная композиция для изготовления стеновых блоков из отходов добычи пиленого камня из известняков-ракушечников.

4 ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ И РАСЧЕТ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Проверка технологии изготовления бетонитовых изделий на полигоне ТОО «FirmaFial»

Технология производства бетонита достаточно проста, что позволяет организовать его изготовление на любом полигоне или строительном дворе с минимальными капиталовложениями [110, с. 56].

На рисунке 34 приведена технологическая схема промышленного производства бетонитовых изделий, которая была апробирована на строительном полигоне ТОО «Firma Fial» при изготовлении бетонных и известняковых изделий. При разработке карьеров образуются отходы пыльных известняков в виде крупных кусков и опилок, которые отправляются на дробильно-сортировочное оборудование. Там они перерабатываются в известняковый песок с размером фракций до 5 мм, при этом пылевидные частицы не отсекаются [109, с. 88-89]. После определения влажности песка его подают на растворный узел, где перемешивают в растворомешалках с цементом до получения однородной массы, в которую затем вводится вода. Затворенная смесь тщательно перемешивается до равномерного распределения воды по всему объему шихты (Приложение Б).



Рисунок 34 - Технологическая схема производства бетонных изделий на полигоне ТОО «Firma Fial»

Расход воды, необходимой для затворения рабочей смеси, определяется с учетом исходной влажности заполнителя и времени, которое смесь остается перед укладкой в формы. Для улучшения удобоукладываемости материала и снижения расхода цемента в смесь при затворении был добавлен пластификатор (ПАА, ССБ) [110, с. 57].

Приготовленная рабочая смесь транспортируется в формовочный цех с помощью передвижных бункеров или другими способами, где она подвергается уплотнению на вибростолах в зависимости от используемого оборудования. Из-за высокого коэффициента уплотнения рабочей смеси (приблизительно 2) формы, используемые в процессе, должны быть оснащены насадками [109, с. 89].

При изготовлении бетонитовых изделий высота насадки может быть значительно уменьшена за счет заполнения формы при включенном вибраторе. Рекомендуется устанавливать время вибрационного заполнения формы в диапазоне от 15 до 30 секунд. Высокая плотность отформованных изделий обеспечивает им определенную несущую способность, что позволяет извлекать их из форм без необходимости предварительной выдержки [109, с. 89].

Новая продукция направляется на площадку для созревания, где используются светопрозрачные покрытия. В зимний период, после однодневной выдержки, изделия помещаются в пропарочные камеры для дальнейшей обработки [109, с. 89].

При производстве бетонита различных марок в промышленных условиях предполагается следующий расход цемента ЦЕМ II/A-И 42.5Б (M400) для марки «35» - 50 кг/м³, для марки «50» - 75 кг/м³ и для марки «75» - 110 кг/м³ [109, с. 90].

Высокая прочность бетонита позволяет создавать широкий ассортимент строительных изделий, включая дорожные плиты, перегородочные панели, бордюры, пешеходные плитки и другие [109, с. 90].

Известняковые породы, как будучи доступным местным ресурсом, активно используются в строительстве, в частности, в форме пильных камней, блоков и плит. Большинство пород известняков, начиная с марки «7», применяются в качестве стенового материала. Это направление оправдано и подтверждено многолетним опытом строительства [109, с. 90].

Кроме того, известняки находят применение в качестве заполнителей для бетонов, что открывает новые возможности для их использования в строительных смесях [109, с. 90].

Использование местного известнякового щебня вместо плотного и прочного гравия в бетонах позволяет создавать смеси с уменьшенной плотностью и улучшенными тепло- и звукоизоляционными свойствами. Использование легкого бетона в строительстве способствует снижению общей стоимости зданий и сооружений благодаря уменьшению их собственного веса, а также снижению затрат на транспортировку, материалы и рабочую силу [109, с. 90].

Из известнякового бетона изготавливаются стеновые блоки, панели, столбы и гидротехнические конструкции [109, с. 90].

Из известнякового железобетона производятся различные элементы, подверженные изгибу и внецентренному сжатию, поскольку при низких процентах армирования уменьшение прочности бетона незначительной степени влияет на несущую способность железобетонных конструкций [109, с. 90].

Исследования подтверждают, что низкопрочные известняковые породы могут быть использованы более эффективно в качестве сырья для нового строительного материала – бетонита [109, с. 90].

Основным преимуществом бетонитов по сравнению с известняковыми бетонами является более рациональное использование потенциала низкопрочных известняков. Это позволяет достигать прочности материалов, которая в 10-15 раз превышает исходную прочность применяемого заполнителя, даже при минимальных затратах цемента. Цементный расход на единицу прочности в бетонитах варьируется от 0,95 до 1,6 кг, что в 7-9 раз ниже, чем в бетонах с аналогичными заполнителями [108, с. 296; 109, с. 90].

В качестве исходного материала для бетонитов могут применяться известняковые породы любых марок, включая те, которые обычно не используются в строительстве из-за их недостаточной прочности. Использование бетонитов марки «100» и выше позволит производить армированные элементы, подверженные изгибу и внецентренному сжимаемым конструкциям, для значительного расширения их области применения. Тем не менее, для конечного выбора данного вопроса требуются дополнительные исследования [109, с. 90].

Активное внедрение бетонита в строительную отрасль может привести к снижению затрат на строительство, уменьшению нехватки прочных стеновых материалов и решению проблемы комплексного использования низкопрочных пиленых известняков [109, с. 91].

Контактная зона, которая включает в себя поверхность раздела между заполнителями и цементным камнем, а также слои взаимодействия цементного камня и заполнителя, может рассматриваться как отдельный элемент бетонной структуры, оказывающий значительное влияние на его технические характеристики. Свойства и структура этой зоны зависят от характеристик заполнителей и вяжущих материалов, а также от методов их подготовки и уплотнения, условий твердения и других факторов [53, с. 76]. При недостаточной адгезии цементного камня к заполнителям разрушение бетона происходит на границе между цементным раствором и заполнителями, что приводит к неполному использованию прочности как заполнителей, так и цементного раствора, что, в свою очередь, снижает технические и экономические показатели бетонов [109, с. 91; 123, с. 408].

Адгезия зависит от множества факторов, включая характеристики клея, а также состояние и свойства поверхностей, которые требуется соединить [109, с. 91].

При соединении пористых материалов важную роль играет механическая адгезия, которая зависит от шероховатости поверхности, а также формы и

размера пор. Проникая в поры, клей усиливает сцепление и трение, а молекулы адсорбируемого клеящего вещества образуют максимальное количество контактов с молекулами соединяемых поверхностей. Связь между известняком и кальцитом обеспечивается взаимным структурным прорастанием цементного камня и заполнителей [109, с. 91; 123, с. 166].

В каждом образце (полированном шлифе) проводилось измерение микротвердости в 6-8 точках на границе контакта, а также в 3 точках внутри заполнителей и цементного камня. Таким образом, в каждом образце было выполнено 9-11 измерений (см. рисунок 32). В зоне контакта измерения микротвердости проводились по линии, перпендикулярной поверхности заполнителя. Измеренные данные показаны в виде графиков, где вертикальная ось отображает линию контакта (см. рисунок 33). Левая кривая иллюстрирует распределение значений микротвердости в зерне заполнителя на различных расстояниях (мк) от этой линии контакта, в то время как правая кривая отображает данные, относится к цементному камню. Анализ кривых выявил, что микротвердость значительно снижается в непосредственной близости к линии контакта как в цементном камне, так и в заполнителе, что указывает на влияние контактной зоны на механические свойства материалов. Это относится ко всем исследуемым заполнителям [109, с. 91].

4.2 Экологическая эффективность новой инновационной технологии переработки отходов известняка-ракушечника

Экологическое обоснование применения новой технологии получения новых материалов с высокими эксплуатационными характеристиками из отходов известняка-ракушечника [124].

Применение новой технологии позволяет значительно сократить объем накопленных отходов известняка-ракушечника, которые образуются при добыче и обработке строительного камня. Использование технологии переработки этих отходов в полимерцементные композиции способствует их утилизации, что уменьшает негативное воздействие на окружающую среду.

Использование отходов известняка-ракушечника в качестве сырья для производства новых строительных материалов помогает сократить количество этих отходов в отвалах. Это, в свою очередь, снижает риск загрязнения почвы и водных источников, что является важным экологическим аспектом [125].

Применение новой технологии способствует рациональному использованию природных ресурсов, так как отходы, которые ранее считались бесполезными, превращаются в ценные материалы для строительной индустрии. Это способствует более эффективному использованию имеющихся природных запасов и снижению необходимости добычи новых материалов.

Производство полимерцементных композиций из отходов известняка-ракушечника может способствовать снижению выбросов углекислого газа. Это связано с тем, что данный процесс требует меньше энергии по сравнению с традиционными методами производства строительных материалов. Таким образом, использование новой технологии способствует уменьшению

углеродного следа строительной отрасли [126]. Новые материалы, полученные по предлагаемой технологии, обладают высокими эксплуатационными характеристиками, что увеличивает их долговечность и уменьшает необходимость в частой замене или ремонте. Это, в свою очередь, снижает потребление ресурсов и объем отходов в долгосрочной перспективе [127, 128]. Использование новой технологии получения строительных материалов из отходов известняка-ракушечника имеет существенное значение для улучшения состояния окружающей среды в Мангистауской области. Она позволяет не только утилизировать отходы и уменьшить их негативное воздействие на окружающую среду, но и способствует рациональному использованию природных ресурсов, снижению выбросов углекислого газа и созданию долговечных строительных материалов [108, с. 296; 129, 130].

4.3 Экономическая и технологическая эффективность новой технологии получения материалов с высокими характеристиками из отходов известняка-ракушечника

Оценка экономической эффективности и рекомендации по применению полимерцементных бетонных композиций. Стоимость производства обычного мелкозернистого бетона марки ПЗ и бетона на основе полимерцементной композиции с использованием комплексной добавки, состоящей из белого цемента, заполнителя, водного раствора полимера, а также уайт-спирита и ускорителя твердения (раствор дюралюмина в соляной кислоте, разбавленный до 1% концентрации), определяется разницей в ценах на исходные сырьевые компоненты для традиционной и новой технологии производства блочного камня. В качестве наполнителя используется молотый известняковый отсев ракушечника, а для водного раствора полимера применяется 0,15% раствор полиакриламида [109, с. 51; 119, с. 3, 131].

В таблице 25 представлена стоимость материалов, необходимых для производства одного кубического метра мелкозернистого бетона марки ПЗ заводского изготовления.

Таблица 25 – Стоимость материалов для производства одного кубического метра мелкозернистого бетона марки ПЗ заводского изготовления

Наименование материала	Ед. изм.	Расход на 1 м ³	Цена, тг.	Стоимость, тг.
Цемент (с учетом доставки)	т	0,650	23100	15015
Песок	т	1,460	4080	5956,8
Вода	м ³	0,286	114	32,604
ИТОГО на 1 м ³	-	-	-	21004,4
НДС 18%	-	-	-	3780,79
Всего на 1 м ³ с НДС	-	-	-	24785,19

Сравнение себестоимости показывает, что экономический эффект от замены бетона с крупными заполнителями (известняковый щебень) на бетон с полимерцементной композицией составляет в среднем 35-40%. Область применения полимерцементной композиции весьма широка [131, с. 137].

В качестве местного сырья, обладающего высокими технологическими и эксплуатационными характеристиками, высокой морозостойкостью (F100) и долговечностью, а также деформационными и прочностными свойствами, близкими к обычным мелкозернистым бетонам, эти материалы демонстрируют повышенную ударную вязкость при динамических нагрузках. Это связано с меньшим интервалом трещинообразования и разрушения, что делает новую композицию бетона более пластичной по сравнению с обычными бездобавочными бетонами. Бетоны с карбонатными микрозаполнителями представляют собой ценный резерв строительных материалов в строительной технологии и материаловедении (Приложение В) [131, с. 137].

В таблице 26 представлена стоимость материалов для приготовления одного кубического метра полимерцементной композиции.

Таблица 26 – Стоимость материалов для приготовления одного кубического метра полимерцементной композиции

№ п/п	Состав при соотношении компонентов, масс %	Предлагаемая полимерцементная композиция на основе полиакриламида			
		Ед.изм	Расход на 1 м ³	Цена, тг	Стоимость, тг
1.	Цемент белый	Т	0,07-0,08	23000 за 1 тонну	1840
2.	Известняковый отсев ракушечника молотый	м ³	0,73	1200 за тонну	1138,8
3.	0,15% водный раствор ПАА вода	кг	18 0,028 остальные	1280 за кг*15	3456
4.	Уайт-спирит	%	5	300 за литр	1500
5.	вода	-	-	-	-
	1%-ный водный раствор солей алюминия AlCl ₃ -в.т.ч. соляная кислота алюминевый лом вода	%	0,7 0,007 0,0007 остальн.остатки	1020 тг за л 728,64 за 1 кг	306 218,59
6.	ИТОГО на 1 м ³	-	-	-	8459,39
7.	НДС 18%	-	-	-	1522,69
8.	Всего на 1 м ³ с НДС	-	-	-	9982,08

В настоящее время строительство активно развивается с применением современных методов и технологий, которые способствуют достижению оптимальных технико-экономических показателей. Эти подходы направлены на

повышение эффективности строительных процессов, и их основными целями являются значительное снижение себестоимости строительства, уменьшение материалоемкости и трудозатрат, а также упрощение производственных технологий [131, с. 137]. Важнейшими задачами современного строительства являются также ускорение сроков капитального строительства, рациональное использование ресурсов и повышение уровня экологической безопасности при реализации проектов.

Применение современных строительных технологий позволяет добиться значительной экономии ресурсов, что способствует не только снижению производственных затрат, но и уменьшению негативного воздействия на окружающую среду. Одним из ключевых направлений является разработка новых материалов с высокими эксплуатационными характеристиками, получаемых из переработанных отходов, таких как известняк-ракушечник.

Для объективной оценки эффективности использования новой технологии производства строительных материалов из отходов известняка-ракушечника необходимо провести всесторонний сравнительный экономический анализ. В ходе этого анализа будут рассмотрены базовые технологии, применяемые в строительстве, и новые технологии, предлагаемые нами. Такой анализ позволит выявить преимущества новых методов с точки зрения снижения затрат, увеличения сроков эксплуатации, а также их экологической безопасности.

Расчет экономической эффективности новой технологии произведен согласно методике экономической эффективности внедрения новой техники [132].

Расчет экономической эффективности использования полимерцементной композиции выполнен с целью оценки возможностей её применения на Жетыбайском месторождении стенового камня для добычи и обработки камня.

Расчет произведен в ценах 2023 года.

При новом способе изготовления полимерцементных композиций бетонных смесей, с учетом изготовления бетонных блоков размеров 20x40x20 см, объем которых равен 16 000 см³, в одном кубическом метре бетонной смеси будет 60 штук стеновых блоков в соответствии с ГОСТ 4001-2013 «Камни стеновые из горных пород» [133] (Приложение Г).

Ожидаемый экономический эффект, рассчитанный по формуле, на одну установку составит:

$$\mathcal{E} = (C_{\text{ст}} - (C_{\text{н}} - 0,15C_{\text{н}})) \cdot N, \quad (4.2)$$

где: $C_{\text{ст}}$ - себестоимость одного кубического метра бетонной смеси по старой технологии;

$C_{\text{н}}$ – себестоимость м³ полимерцементной композиции новой технологии бетонной смеси;

$K = 0,15$ – коэффициент удельных капитальных вложений для строительной отрасли;

N – объем выпуска м³.

$$\Xi = (24785,19 - (9982,08 - 0,15 \cdot 9982,08)) \cdot 1000 = 16\,300\,000 \text{ тенге}, \quad (4.3)$$

В нашем расчете принимаем расходы на заработную плату и электроэнергию идентично старой технологии.

Экономия на текущих издержках эксплуатации и отчислениях от сопутствующих капитальных вложений принимаем равной нулю при одинаковом сроке службы оборудования.

Срок окупаемости новой технологии оценивается как:

$$C_{ст}/C_{н} = \frac{24785,19}{9982,08} = 2,48 \text{ года}, \quad (4.4)$$

Применение новой технологии полимерцементной композиции для изготовления бетонных блоков (камней) значительно улучшит условия труда рабочих, повысит производительность труда и обеспечит дополнительный экономический эффект более 16 млн тг [134].

Выводы по 4 разделу

1. На основе проведенных исследований подготовлен технологический регламент на изготовлении полимерцементной композиции из отходов известняка-ракушечника для использования на камнеобрабатывающем предприятии ТОО «FirmaFial» (Казахстан).

2. Экологическая эффективность предлагаемой технологии заключается в снижении количества накопленных отходов производства известняка-ракушечника благодаря переработке в полимерцементные смеси. Это позволяет уменьшить загрязнение окружающей среды и сократить объемы захоронения промышленных отходов.

3. Экономическая эффект создания новых строительных материалов из отходов производства стенового камня составляет более 16 млн тенге в год, при объеме выпуска 1000 м³ полимерцементной смеси (или 60 тыс. шт. стенового камня).

4. Применение новой технологии полимерцементной композиции для производства бетонных блоков (камней) позволяет значительно экономить ресурсы, что способствует не только снижению производственных затрат, но и уменьшению негативного воздействия на окружающую среду. Кроме того, эта технология значительно улучшает условия труда рабочих и повышает производительность труда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное диссертационное исследование посвящено изучению состояния окружающей среды на территории, где разрабатываются карьеры и ведется добыча известняка-ракушечника и разработке эффективной технологии изготовления строительных материалов с использованием накопленных отходов с целью снижения загрязнения воздуха и окружающей среды.

Основные результаты диссертационной работы могут быть сформированы следующим образом:

1. По результатам анализа и оценки экологического состояния воздуха Мангистауской области, уровень загрязнения в Актау считается высоким из-за большого содержания взвешенных частиц (пыли), что связано с сильными ветрами. Основные экологические проблемы региона включают пыление от деятельности карьеров по добыче строительных камней.

2. Согласно данным карты загрязнения воздуха airkaz.org, в районах населённых пунктов Жанаозен, Курыке и Шетпе, зафиксированы превышения предельно допустимых норм вредных веществ. В Жанаозене, Курыке и Шетпе зафиксировано превышение нормы вредных веществ РМ2.5. Показатели содержания РМ2.5 в атмосферном воздухе составили: Актау – 70 мкг/м³, Шетпе – 55 мкг/м³, Жанаозен – 54 мкг/м³, Курык – 404 мкг/м³.

3. Текущее исследование выявило, что проблемы с дыхательными путями чаще встречаются у работников, подвергающихся воздействию каменной пыли. Постоянное воздействие мелких пылевых частиц может привести к их отложению в легких работников и стать причиной легочных заболеваний.

4. Проведен анализ текущего состояния добычи строительного камня из известняка-ракушечника, определен процент выхода делового камня и эксплуатационные потери, пригодные для вторичной переработки, с целью вовлечения объемов отходов в дальнейшую переработку.

5. Изучено влияние химического взаимодействия цементного теста с карбонатным заполнителем, что приводит к увеличению прочности бетона на карбонатном песке более чем в полтора раза по сравнению с кварцевым песком, что позволяет повысить прочность нового материала.

6. Разработана полимерцементная композиция для улучшения качества бетонитов и снижения расхода цемента и воды, которая включает портландцемент, водный раствор полимера с уайт-спиритом и ускорителем твердения на основе 1% хлорида алюминия, где в качестве наполнителя используются отходы пиления известняка-ракушечника в сочетании с 0,15% раствором полиакриламида.

7. Предложен новый состав полимерцементной композиции с соотношением компонентов (масс.%): белый цемент - 7-8; заполнитель - 68-73; раствор полимера - 15-18; растворитель - 0,5-1,0; ускоритель схватывания - 0,7-1,2 [119, с. 2].

8. Введение сульфитно-спиртовой барды (ССБ) и полиакриламида (ПАА) в состав обычных и легких бетонов (0,2% от массы цемента) приводит к

увеличению предела прочности при сжатии: для обычных бетонов на 24-33%, а для легких – на 1,5-11%. Этот строительный материал обеспечивает отличную удобоукладываемость и подвижность смеси, а также улучшает прочность и водонепроницаемость при значительно меньших затратах на цемент (в 2 раза меньше) и полимер (в 3 раза меньше) [119, с. 3].

9. Установлена связь водопоглощения известнякового заполнителя и водопотребностью бетонной смеси, находящиеся в пределах 4,13-7,15%,. Водопотребность бетонной смеси на заполнителе с минимальным водопоглощением составляет 190 л/м³. С увеличением водопоглощения известнякового заполнителя до 7,15%, водопотребность смеси возрастает до 275 л/м³.

10. Экологическая эффективность предлагаемой технологии заключается в снижении количества накопленных отходов производства известняка-ракушечника благодаря переработке в полимерцементные смеси. Это позволяет уменьшить загрязнение окружающей среды и сократить объемы захоронения промышленных отходов.

11. Экономическая эффект создания новых строительных материалов из отходов производства стенового камня составляет более 16 млн тенге в год, при объеме выпуска 1000 м³ полимерцементной смеси (или 60 тыс. шт. стенового камня).

Все предложенные задачи успешно реализованы, и поставленная цель достигнута в полном объеме.

Использование местных известняков в качестве заполнителя для разработанных строительных материалов позволяет уменьшить их удельный вес и повысить тепло- и звукоизоляционные свойства, что позволит снизить стоимости зданиях и сооружений за счет уменьшения собственного веса конструкций, снижения транспортных расходов, стоимости материалов и трудозатрат.

Материалы исследований также применяются в учебном процессе при подготовке бакалавров по образовательной программе 6B05201 – «Экология» в Каспийском университете технологий и инжиниринга имени Ш.Есенова.

По результатам диссертационных исследований получен патент на полезную модель № 4370 «Полимерцементная композиция», опубликованный 25.10.2019, бюллетень №43 в РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности» МЮ РК.

На основе проведенных исследований подготовлен технологический регламент на изготовлении полимерцементной композиции из отходов известняка-ракушечника для использования на камнеобрабатывающем предприятии ТОО «FirmaFial» (Казахстан).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Официальный сайт Президента Республики Казахстан. URL: <https://www.akorda.kz/ru/glava-gosudarstva-vstretilsya-s-molodymi-uchenyimi-v-zdani-nacionalnoy-akademii-nauk-314414>. 31.05.2024.
- 2 ГОСТ 4001-2013. Камни стеновые из горных пород. Технические условия. – Введ. 2015-01-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.
- 3 Мещеряков С.В., Потулов О.Е. Известняк-ракушечник Мангышлака и Устюрта. - Алма-Ата: Наука, 1974 г. - 93 с.
- 4 Калдыбаев Н.А. Инновационные технологии переработки отходов камнедобывающей промышленности // «Инновации в науке»: материалы IX международной заочной научно-практической конференции. – Новосибирск: Изд. «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. - С. 25-3.
- 5 Электронное правительство: egov.kz. Информация о сокращении, переработке и вторичном использовании отходов. https://egov.kz/cms/ru/articles/ecology/waste_reduction_recycling_and_reuse. 10.04.2024.
- 6 Бюро национальной статистики АСПиР РК. Об охране атмосферного воздуха в Республике Казахстан. <https://stat.gov.kz/ru/industries/environment/stat-eco/publications/182402>. 10.04.2024.
- 7 Самые загрязненные страны и регионы мира. 2024 год. <https://www.iqair.com/world-most-polluted-countries>. 10.04.2024.
- 8 Ключев С.В., Ключев А.В. Исследование физико-механических свойств композиционных вяжущих // Успехи современной науки. - 2015. - № 1. - С. 21 – 24.
- 9 Гулимова Е.В. Экологическая безопасность строительных материалов изделий: учеб. пособие. – 2-е изд., доп. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2014. – 108 с.
- 10 Гафарова Н.Е. Применение отходов ракушечника для монолитного строительства // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 6. – С. 630-632.
- 11 Ключев С.В. Высокопрочный мелкозернистый фибробетон на техногенном сырье и композиционных вяжущих с использованием нанодисперсного порошка // Бетон и железобетон. – 2014. – № 4. – С. 14 – 16.
- 12 Chernyak L.P., Melnyk L.I., Dorogan N.O., Goloukh I.A. Integrated use of technogenic raw materials in cement technology. – 2021. - №2(51).- p.18-26 DOI: 10.26909/csl.2.2021.3. 10.04.2024.
- 13 Lide D.R. CRC handbook of chemistry and physics, 1998–1999. - Boca Raton: CRC Press, 1998.- p.481.
- 14 Critchfield K. Worldatlas.com. Retrieved 12 Apr 2019. – 2017. <https://www.worldatlas.com/articles/limestone-facts-geology-of-the-world.html>. 10.04.2024.
- 15 Kumar G.S., Nallapa Reddy A. Application of remote sensing to assess environmental impact of limestone mining in the Ariyalur district of Tamilnadu, India // Journal of Geomatics. - 2016. - Vol. 10. – №2. – P. 158-163.

16 Benewinde J-B.Z., Christopher C., Leonard K.A., Michael T., Evariste D.D., Gerald F., Fabian L.Z. Multi-temporal landsat images and ancillary data for land use/cover change (LULCC) detection in the Southwest of Burkina Faso, West Africa // *Remote Sensing*. – №7. - 2015. – P. 12076-12102.

17 Praveen R., G. Ramya D., V.K. Manoj K., Sukesh O.P. Tensile and shear strength evaluation in joining dissimilar plates of mild steel with aluminum alloy through explosive cladding approach // *Materials Today: Proceedings*. – Vol.80. – 2021. – P. 2753-2759. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.032>.

18 Mondal I., Maity S., Das B., Bandyopadhyay J., A. Kumar Mondal. Modeling of environmental impact assessment of Kolaghat thermal power plant area, West Bengal, using remote sensing and GIS techniques // *Modeling Earth Systems and Environment*. - 2016. - № 2-139. - P. 1-12. <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0186-7>.

19 Elango K.S., Vivek D., Krishna Prakash G., Paranidharan M. J., Pradeep S., Prabhukesavaraj M. Strength and permeability studies on PPC binder pervious concrete using palm jaggery as an admixture // *Materials Today Proceedings*. – 2021.- Vol. 37. - P. 2239-2333. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.006>.

20 Fatima N., Javed A. Assessment of Land Use Land Cover Change Detection Using Geospatial Techniques in Southeast Rajasthan // *Journal of Geoscience and Environment Protection*. – 2021. - №9. - P. 299-319. <https://doi.org/10.4236/gep.2021.912018>.

21 Sudhakar C.V., Galiveeti U.R. Mapping and Change Assessment of Captive Limestone Mining Areas Using Landsat-5/8 Images // *Emerging Science Innovation*. – vol. 1. – 2023. – P. 10-21.

22 Sudalaimuthu K., Sudalayandi Kaliappan, Karthiga R., Divya C. Surface area estimation, volume change detection in lime stone quarry, tirunelveli district using cartosat-1 generated digital elevation model (dem) // *Circuits and Systems*. - 2016. – №7. - P. 849-858. <http://dx.doi.org/10.4236/cs.2016.76073>.

23 Balakrishnan M., Kalaiselvi K., Vigneshkumar B., Ramesh K. Pollution Assessment of Marudhamalai at Coimbatore, Tamilnadu, India // *International Journal of Innovative Science and Research Technology*.– 2018. – Vol. 3, Iss. 8. - P. 524-530.

24 Parthiban P., Sakthi Ganapathy R., Karthick S., Navin Ganesh V., Selvaraj Praburanganathan, Satish G. Athawale. A review on environmental impact assessment of limestone mining operations // *AIP P Conference Proceedings* 2690. - 2023. – P. 1-8. <https://doi.org/10.1063/5.0119833>.

25 Sar N., Chatterjee S., Adhikari M. D. Integrated remote sensing and GIS based spatial modelling through analytical hierarchy process (AHP) for water logging hazard, vulnerability and risk assessment in Keleghai river basin, India // *Modeling Earth Systems and Environment*. –2015. - №1:31. - P. 1-21. <https://doi.org/10.1007/s40808-015-0039-9>.

26 Matar S.S., Bamousa A.O. Integration of the ASTER thermal infra-red bands imageries with geological map of Jabal Al Hasir area, Asir Terrane, the Arabian Shield // *Journal of Taibah University for Science*. – 2013. – №7. – P. 1-7 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtusci.2013.01.001>.

- 27 Zaini N., F. Van der Meer, H. Van der Werff. Determination of carbonate rock chemistry using laboratory-based hyperspectral imagery // *Remote sensing*. — 2014. — №6(5). - P. 4149-4172. <https://doi.org/10.3390/rs6054149>.
- 28 Lamare R.E., Singh O.P. Limestone mining and its environmental implications in Meghalaya, India // *ENVIS Bull Himalayan Ecology*. — 2016. — Vol.24. — P. 87-100.
- 29 Ayu C.K., Wahyu E. Ch., Putri A.Z., Yeni R., Saurina T.S. Promoting Environmental Education for Elementary School Students Around Limestone Mining Area, Gunungkidul Regency, Indonesia // *Journal educative: Journal of Educational Studies*. — 2023. Vol. 8, № 1. - P.24-38. <https://doi.org/10.30983/educative.v8i1.6243>.
- 30 Nadiva A.S.Z., Aktivitas P. B., Kapur (Saren) D.D., Leran K.K., Palang K.T. // *Antro Unairdot Net*. - 2017. - № 6(1). - P. 39-49.
- 31 Tolinggi S., Nakoe M. R., Gobel A., Sengke J., Keman S., Sudiana K., Ririh Yudhastuti, Mukono, Azizah R. Effect Inhaling of Limestone Dust Exposure on Increased Level of IL-8 Serum and Pulmonary Function Decline to Workers of Limestone Mining Industry // *International Refereed Journal of Engineering and Science*. — 2014. — №3(8). - P. 66-72.
- 32 Cavaleri L., Borg R.P., La Mantia F.P., Liguori V. Quarry limestone dust as fine aggregate for concrete // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 442.— 2018. — P.1-11. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/442/1/012003>.
- 33 Mishra Y., Ashish Kumar Singh., Makkhan Lal Meena., Govind Sharan Dangayach. Assessment of Respiratory Health Issues Among Stone Carvers of Rajasthan, India. Vol. 10, Iss. 3, - 2023. — P. 1581-1587.
- 34 Vlahovich K.P., Sood A. A 2019 update on occupational lung diseases: a narrative review // *Pulmonary Therapy*. — No.7. — 2021. — P. 75-87. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.13313066>.
- 35 Priya S.V., Rajalingam R., Vallabhaneni V., Varghese J. A cross-sectional study of lung functions and respiratory morbidity in stone sculptors in rural areas of Kanchipuram District // *Indian Journal of Respiratory Care*. — Vol.11(3). — 2022. — P. 261-266. https://doi.org/10.4103/ijrc.ijrc_73_22.
- 36 Tiwari R.R., Sathwara N.G., Saiyed H.N. Serum copper levels among quartz stone crushing workers: a cross sectional study // *Indian journal of physiology and pharmacology*. — Vol. 48(3). — 2004. — P. 337-342.
- 37 Patel J., Robbins M. The agate industry and silicosis in Khambhat, India // *New solutions: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy*. -Vol. 21(1). — 2011. — P. 117-139. <https://doi.org/10.2190/NS.21.1.1>.
- 38 Rivai A.T., Yonezu K., Syafrizal S., Watanabe K. Mineralogy and Geochemistry of Host Rocks and Orebodies at the Anjing Hitam Prospect (Dairi, North Sumatra, Indonesia) and Their Environmental Implications // *Evergreen*. — Vol. 6(1). — 2019. — P. 18-28. <https://doi.org/10.5109/23209974>.
- 39 Sahu S., Moitra S., Maity S., Pandit A.K., Roy B. A comparative ergonomics postural assessment of potters and sculptors in the unorganized sector in West Bengal, India // *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. — Vol. 19(3). — 2013. — P. 455-462. <https://doi.org/10.1080/10803548.2013.11077001>.

40 Mishra Y., Singh A.K., Meena M.L., Dangayach G.S. Assessment of Respiratory Health Issues Among Stone Carvers of Rajasthan, India // EVERGREEN Joint Journal of Novel Carbon Resource Sciences and Green Asia Strategy. - Vol. 10, Issue 03. - 2023. – P. 1581-1587. <https://doi.org/10.5109/7151706>.

41 Yingratanasuk T., Seixas N., Barnhart S., Brodtkin D. Respiratory health and silica exposure of stone carvers in Thailand // International journal of occupational and environmental health. – 2013.- Vol. 8(4). – P. 301-308. <http://dx.doi.org/10.1179/107735202800338722>.

42 Nwibo A.N., Ugwuja E.I., Nwambeke N.O., Emelumadu O.F., Ogonnaya L.U. Pulmonary Problems among Quarry Workers of Stone Crushing Industrial Site at Umuoghara, Ebonyi State, Nigeria // The International Journal of Occupational and Environmental Medicine. – 2012. – Vol. 3(4). - 178-185. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/emr-156233>.

43 Muneku E., Naidoo S. Dust exposure, respiratory symptoms and disease among informal quarry workers in Lusaka Province, Zambia // Occupational Health Southern Africa. – Vol. 21(6). - 2015. – P. 4-9. doi: 10.10520/EJC180728.

44 Antao V., Pinheiro G.A., Kavakama J., Terra-Filho M. High prevalence of silicosis among stone carvers in Brazil // American journal of industrial medicine. – Vol. 45(2). – 2004. – P. 194-201. <https://doi.org/10.1002/ajim.10331>.

45 Requena-Mullor M., Alarcon-Rodríguez R., Parron-Carreno T., Martinez-Lopez J.J., Lozano-Paniagua D., Hernández A.F. Association between crystalline silica dust exposure and silicosis development in artificial stone workers // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2021. - Vol.18(11). – P. 1-10. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115625>.

46 Arumugam E., Rajkumar P., Dhanaraj B., Govindasamy E., Jaganathasamy N., Mathiyazhakan M., Mariappan V.N., Shanmugam S., Durairajan C., Rajadurai S., Joshua V., Jayaraman Y. Determining pulmonary function and the associated risk factors among stone quarry workers in a suburban area of Chennai, Tamil Nadu, India // Lung India: Official Organ of Indian Chest Society. – 2021. - Vol. 38. – Iss. 6. – P. 558-563. https://doi.org/10.4103/lungindia.lungindia_63_21.

47 Harsh Ganapathi, Mayuri Phukan. Environmental Hazards of Limestone Mining and Adaptive Practices for Environment Management Plan // Environmental Processes and Management. - 2020. – P. 121-134. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38152-3_8.

48 Kundal M. Environmental impact assessment report upgraded after public hearing for Malundha Limestone Mine // Excel Environ Tech, Ahmedabad. - 2017. - P. 201–228.

49 Final Environmental Impact Assessment Report of Zinzarka Limestone Mine Mantec Consultants Pvt Ltd., 2016. – P. 148–153.

50 Uyanga Gankhuyag and Fabrice Gregoire. UNDP and UN Environment. Managing mining for sustainable development: a sourcebook. United Nations Development Programme, Bangkok. – 2018. – P. 68-73.

51 ASEAN Secretariat. The Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) Sustainable minerals development: best practices in ASEAN. ASEAN, Jakarta. – 2017. –Р. 4-5.

52 Indian Bureau of Mines Tular Limestone and Alathiyur Limestone Mines of Madras Cement Limited, Tamil Nadu. – 2014. – Р. 1-4.

53 Иванко М. В. Исследование состава высокопрочного бетона из отходов стекла и совершенствование технологии его приготовления: магистерская диссертация. – Тольятти: 2018. – 86 с.

54 Калдыбаев Н.А., Ысманова М., Султанов И.К. К выбору эффективных способов переработки мелкодисперсных отходов известняков-ракушечников // Известия ОшТУ. - 2014. - №2. - С.84-87.

55 Патент RU2740985C1 Российская Федерация. Композиция для изготовления конструкционно-теплоизоляционных изделий / Бахтин А.С., Любомирский Н.В., Бахтина Т.А., Федоркин С.И., Николаенко В.В.; опубл. 22.01.2021, Бюл. №3. - 6 с.

56 Патент №26447 РК. Способ получения декоративного строительного материала из природного известняка-ракушечника / Якупова Э.Н., Кожабеков Д.Б., Соломянко А.В., Карабалин У.С., Бачилова Н.В., Искалиев М.С., Сериков Ф.Т., Лызлов О.А.; опубл. 14.12.2012, - Бюл. №12. – 3 с.

57 А.С. №668916 СССР. Способ окраски природных декоративных камней / Смиронов В.С.; опубл. 25.06.1979, - Бюл. 23. – 2 с.

58 Патент №25294 РК. Способ повышения прочности щебня из известняка – ракушечника методом пропитки расплавом серы / Бачилова Н.В., Якупова Э.Н., Темирбаева А.Т., Сериков Ф.Т., Лызлов О. А., Карабалин У.С., Елеукулова А.Д.; опубл. 20.12.2011, - Бюл. №12.

59 Патент WO2011050422A1. Сухая декоративная смесь. / Баширов Э.Г. опубл. 05.05.2011, - Бюл. 10.

60 Горчаков Г.И., Баженов Ю.М. Строительные материалы: учебник для вузов. - М.: Стройиздат, 1986. – 688 с.

61 ГОСТ 965-89 (СТ СЭВ 6086-87). Портландцементы белые. Технические условия. – Введ. 1990-01-01. – М.: Госстандарт Россия: Изд-во стандартов, 2002. – 7 с.

62 ГОСТ 31108-2020. Цементы общестроительные. Технические условия. – Введ. 2021-03-01. – М.: Стандартиформ, 2020. – 28 с.

63 ГОСТ 9179-2018 Известь строительная. Технические условия. – Введ. 2019-05-01. – М.: Стандартиформ, 2018. – 11 с.

64 ГОСТ 22856-89. Щебень и песок декоративные из природного камня. Технические условия. – Введ. 1990-01-01. – М.: Стандартиформ, 2007. – 7 с.

65 ГОСТ 8736-2014. Песок для строительных работ. Технические условия (с поправками, изм. 1) – Введ. 2021-08-23. – М.: Стандартиформ, 2019. – 21 с.

66 ГОСТ 23342-2012. Изделия архитектурно-строительные из природного камня. Технические условия. – Введ. 2011-01-01. – М.: Стандартиформ, 2010. – 23 с.

67 ГОСТ 24211-2008. Добавки для бетонов и строительных растворов.

Общие технические условия (изм. 1). – Введ. 2011-01-01. – М.: Стандартиформ, 2019. – 17 с.

68 ГОСТ 30459-2008. Добавки для бетонов и строительных растворов. Определение и оценка эффективности. – Введ. 2011-01-01. – М.: Стандартиформ, 2010. – 20 с.

69 ГОСТ 8728-88. Пластификаторы. Технические условия. – Введ. 1990-01-01. – М.: Госстандарт Россия: Изд-во стандартов, 2003. – 12 с.

70 Felekoglu B. Utilization of High Volumes of Limestone Quarry Wastes in Concrete Industry (Self-Compacting Concrete Case). Resources, Conservation and Recycling. – 2007. – Vol.51(4). – P. 770-791. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2006.12.004>.

71 Kibriya T., Tahir L. Sustainable Construction-High Performance Concrete Containing Limestone Dust as Filler // World Journal of Engineering and Technology. – 2017. – Vol. 5. – P. 404-411. <https://doi.org/10.4236/wjet.2017.53034>;

72 Yang H., Liang D., Deng Z., Qin Y. Effect of limestone powder in manufactured sand on the hydration products and microstructure of recycled aggregate concrete // Construction and Building Materials. - 2018. – Vol.188. – P. 1045-1049.

73 Elçi H., Türk N., İřintek İ. Limestone dimension stone quarry waste properties for concrete in Western Turkey // Arabian Journal of Geosciences. - 2015. -Vol. 8(10). - P. 8951-8961.

74 Букаев Е.З., Серикбаева А.К. Перспективность применений серы, нефтепромышленности для получения строительных материалов // Материалы Международной научно-практической конференции «Развитие науки и техники в освоении недр Казахстана», посвященной 90-летию академика Ш.Есенова. - Актау, 2017. – С.273-276.

75 Букаев Е.З., Серикбаева А.К., Муталибова Г.К. Процессы тепловой обработки бетонитовых изделий из отходов известняка-ракушечника // Материалы Международной научно-практической конференции «Арктика: Современные подходы к производственной и экологической безопасности в нефтегазовом секторе». – Тюмень: ТИУ, 2019. – Т. I. - С. 278-282.

76 Букаев Е.З., Кенжетев Г.Ж., Серикбаева А.К., Муталибова Г.К. Разработка нового материала на основе полимерцементной композиции для производства бетонных блоков // Материалы Международной научно-практической конференции «Global Science – 2019». – Орск, SmartSkills. - 2020. – С. 341-345.

77 Букаев Е.З., Серикбаева А.К. Перспективы применения солнечной энергии для получения строительных материалов из отходов известняка-ракушечника // Сборник статей XXXIII Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные научные исследования: Актуальные вопросы, достижения и инновации». – Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2020. – С. 262-264.

78 Букаев Е.З. Процессы тепло - и массообмена при тепловой обработке бетонных изделий // Труды Сатпаевских чтений «Сатпаевские чтения – 2020». – Алматы, 2020. – Т. II. – С. 526-530.

79 Букаев Е.З. Применение оборудования для изготовления стенового камня из отходов известняка-ракушечника // Труды Сатпаевских чтений «Сатпаевские чтения – 2020». – Алматы, 2020 г. – Т. II. – С. 530-534.

80 Ophir N., Shai A.B, Korenstein R., Kramer M.R., Fireman E. Functional, inflammatory and interstitial impairment due to artificial stone dust ultrafine particles exposure // Occupational and Environmental Medicine. – Vol. 76(12). – 2019. – P. 875-879. <http://dx.doi.org/10.1136/oemed-2019-105711>.

81 Минэкологии: Уровень загрязнения Актау – высокий. Сетевое издание «Orda.kz»: URL: <https://orda.kz/minekologii-uroven-zagryazneniya-aktau-vysokij/>. 24.12.2022.

82 Карта загрязнения воздуха в Мангистау: превышение нормы вредных веществ зафиксировано в разных районах региона. Сетевое издание «Lada.kz». https://www.lada.kz/aktau_news/ecology/109822-karta-zagryazneniya-vozduha-v-mangistau-prevyshenie-normy-vrednyh-veschestv-zafiksirovano-v-raznyh-rayonah-regiona.html. 31.03.2023.

83 Индекс качества воздуха (AQI) и загрязнение атмосферы PM2.5 в Актау. <https://www.iqair.com/ru/kazakhstan/manghystau/aktau>. 31.03.2023.

84 В Мангистау отмечается рост заболеваемости ОРВИ и гриппом. Сетевое издание «Lada.kz». https://www.lada.kz/aktau_news/society/117102-v-mangistau-otmechaetsya-rost-zabolevaemosti-orvi-i-grippom.html. 02.12.2023.

85 Жители поселка Шетпе в Мангистау страдают от песчаных бурь с каменных карьеров. Сетевое издание «Lada.kz». https://www.lada.kz/aktau_news/ecology/120279-zhiteli-poselka-shetpe-v-mangistau-stradayut-ot-peschanyh-bur-s-kamennyh-karerov.html. 07.03.2024.

86 Пыль над Шетпе. Веб-сайт «www.ecocitizens.kz», URL:<https://ecocitizens.kz/pyl-nad-shetpe>. 17.10.2016.

87 Веб-сайт «inAktau.kz»: URL:<https://www.inaktau.kz/news/2526861/ziteli-setpe-nasi-deti-boleut-iz-za-blizosti-karerov-po-dobyce-kamna>. 19.09.2019.

88 Индекс качества воздуха (AQI) и загрязнение атмосферы PM2.5 в Шетпе. URL: <https://www.iqair.com/ru/kazakhstan/manghystau/shetpe>. 19.04.2024.

89 Исторические данные о качестве воздуха. <https://aqicn.org/station/kazakhstan-shetpe>. 19.04.2024.

90 Шкала индекса качества воздуха и цветовая легенда. URL: <https://aqicn.org/scale/ru>. 16.11.2024

91 ГОСТ 310.4-81. Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии. – М.: Госстандарт Россия: Изд-во стандартов, 2003. – 22 с.

92 ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Межгосударственный стандарт.– М.: Стандартинформ, 2018. – 36 с.

93 ГОСТ 10060-2012. Бетоны. Методы определения морозостойкости. Межгосударственный стандарт. – М.: Стандартинформ, 2014. – 24 с.

94 ГОСТ 12730.1-78. Бетоны. Метод определения плотности. Межгосударственный стандарт. – М.: Стандартинформ, 2018. – 7 с.

95 ГОСТ 12730.3-78. Бетоны. Метод определения водопоглощения.

Межгосударственный стандарт. – М.: Стандартиформ, 2007. – 4 с.

96 ГОСТ 25820-2021. Бетоны легкие. Технические условия. – Введ. 2022-09-01. – М.: Российский институт стандартизации, 2022. – 18 с.

97 Красильникова О.А. Использование техногенных отходов карбонатных пород в производстве бетонов: магистерская диссертация. – Тольятти: 2019. – 73 с.

98 СТ РК 1217-2003. Песок для строительных работ. Методы испытаний. – Астана. - 2011. – 48 с.

99 ГОСТ 31424-2010. Материалы строительные нерудные из отсеков дробления плотных горных пород при производстве щебня. Технические условия. – Введ. 2011-07-01. – М.: Стандартиформ, 2011. – 14 с.

100ГОСТ 8269.0-97. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний (изм. 1, 2 и с поправкой). – Введ. 1998-07-01. – М.: Стандартиформ, 2018. – 56 с.

101ГОСТ 7473–2010. Межгосударственный стандарт смеси бетонные (с поправкой) – Введ. 2012-01-01. – М.: Стандартиформ, 2011. – 22 с.

102ГОСТ 10181-2014. Смеси бетонные. Методы испытаний. – Введ. 2015-07-01. – М.: Стандартиформ, 2019. – 28 с.

103ГОСТ 27006-2019. Бетоны. Правила подбора состава (с поправкой). – Введ. 2020-01-01. – М.: Стандартиформ, 2019. – 20 с.

104Абышев А.А. Эффективные гипсовые изделия из местного гипсосодержащего сырья [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Науч. рук.: д.т.н. профессор Мавлянов А.С. - Бишкек: 2014. – 162 с.

105 ГОСТ 26633-2015. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия (с поправкой, изм.1). – Введ. 2016-09-01. – М.: Стандартиформ, 2016. – 15 с.

106 ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия (изм. 1-4). – Введ. 1995-01-01. – М.: Стандартиформ, 2018. – 21 с.

107 ГОСТ 30515-2013. Цементы. Общие технические условия (изм. 1) (поправка). – Введ. 2015-01-01. – М.: Стандартиформ, 2014. – 41 с.

108Букаев Е.З., Кенжетаев Г.Ж., Серикбаева А.К., Муталибова Г.К. Процессы создания новых материалов из отходов добычи стенового камня // Вестник КазНУ. – Алматы, 2020. – №4(140). – С. 290-299.

109Кенжетаев Г.Ж. Разработка технологий утилизации отходов добычи известняка и сбора амбарной нефти с применением гелиоустройств [Текст]: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Науч. рук.: д.т.н., профессор Ахмеджанов Т.К. - Алматы: [б. и.], 2004. - 241 с.

110Получение новых видов материалов с высокими эксплуатационными характеристиками из отходов известняка: отчет о НИР (заключительный) / АО «Нац. центр научно-техн. информ.»: рук. Кенжетаев Г.Ж.; исполн.: Букаев Е.З., Серикбаева А.К., Боранбаева А.Н. - Алматы, 2018. - 71 с. - № ГР 0118РКИ0426. -

Инв . № 0218РКИ0226.

111 Жайылхан Н.А. Исследование зависимости между водосодержанием и жесткостью бетонных смесей на ракушечниковых заполнителях // Научно-теоретический журнал «Вопросы Науки и Образования». – 2019. - 12(59). – С. 23-28.

112 Moon G.D., Oh S., Jung S. H., Choi Y. C. Effects of the fineness of limestone powder and cement on the hydration and strength development of PLC concrete // Construction and Building Materials. – 2017. – Vol. 135. – P. 129-136.

113 Panesar D. K., Aqel M., Rhead D., Schell H. Effect of cement type and limestone particle size on the durability of steam cured self-consolidating concrete // Cement and Concrete Composites. - 2017. – Vol. 80. – P.175-189.

114 Shadkam H. R., Dadsetan S., Tadayon M., Sanchez L. F., Zakeri J.A. An investigation of the effects of limestone powder and Viscosity Modifying Agent in durability- related parameters of self-consolidating concrete (SCC) // Construction and Building Materials. – 2017. – Vol. 156. – P.152-160.

115 Burroughs J.F., Shannon J., Rushing T.S., Yi K., Gutierrez Q.B., Harrelson D.W. Potential of finely ground limestone powder to benefit ultra-high performance concrete mixtures // Construction and Building Materials. – 2017. – Vol. 141. – P. 335-342.

116 ЭСН РК 8.05-01-2022. Элементные сметные нормы на ремонтно-строительные работы. Общие положения по применению элементных сметных норм на ремонтно-строительные работы. – Нур-султан, 2022. – 23 с.

117 А.с. №1368298 СССР. Керамическая масса для изготовления облицовочных плиток / Бобкова Н.М., Дешковец А.В., Качан И.С., Лившиц О.И., Терещенко И.М.; опубл. 23.01.1988, - бюл. №3. – 3 с.

118 А. с. №1004304 СССР. Полимерцементная композиция / Вейнер В.Ф., Волошин Б.Б., Зарецер Э.И., Ронин В.П.; опубл. 15.03.1983, - бюл. №10. – 3 с.

119 Патент №4370 РК. Полимерцементная композиция / Кенжетаев Г.Ж., Серикбаева А.К., Букаев Е.З., Айтимова А.М., Боранбаева А.Н., Баймукашева Ш.К.; опубл. 25.10.2019, - Бюл. № 43. – 3 с.

120 Bukayev E.Z. Prospects for the use of solar energy for the production of building materials from limestone-shell waste // Научно-методический журнал «Достижения науки и образования». 2023. - № 2 (89). – С. 76-77.

121 Bukayev E.Z. Prospects for the use of limestone for the production of building materials // Научно-методический журнал «Достижения науки и образования». 2023. - № 2 (89). – С. 77-79.

122 Букаев Е.З. Новая технология получения полимерцементной композиции из отходов добычи известняка-ракушечника // Научно-методический журнал «Достижения науки и образования». 2023. - № 2 (89). – С. 80-82.

123 Ахматов М.А. Эффективность применения легких бетонов и железобетонных конструкций на заполнителях из каменных отходов и рыхлых пористых пород вулканического происхождения [Текст]: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Науч. рук.: д.т.н.

профессор Манлянь Р.Н. – Нальчик: 1999. – 513 с.

124 Bukayev Y.Z. New technology for the production of polymer-cement composition from the waste of limestone-shell mining // III Международное книжное издание стран Содружество Независимых Государств «Лучший молодой ученый -2021»: III международная книжная коллекция научных работ молодых ученых. – Нур-султан, 2021. - С. 46-48.

125Букаев Е.З., Кенжетаяев Г.Ж., Серикбаева А.К., Муталибова Г.К. Проблемы добычи стенового камня из отходов известняка-ракушечника // Вестник КазНИТУ. – Алматы, 2020. – №5(141). – С. 719-728.

126Букаев Е.З., Серикбаева А.К., Муталибова Г.К. Исследование применения солнечной энергии в производстве строительных изделий из отходов известняка-ракушечника // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2020. – №9(185). – С. 50-55.

127Bukayev Ye.Z., Kenzhetayev G.Zh., Mutalibova G.K. Study of the chemical and mineralogical composition of a sample limestone-shell of the field Zhetybai in Mangystau region // Mining journal of Kazakhstan. – Almaty, 2020. - №10 (186). - P. 28-33.

128Букаев Е.З., Серикбаева А.К.. Исследование химико-минералогического состава известняка-ракушечника Мангистауской области // Журнал «Промышленность Казахстана». – Алматы, 2020. – №3 (111). – С. 66-70.

129Bukayev Ye., Serikbayeva A., Kenzhetayev G., Mutalibova G. Polymer cement composition on the basis of rock-sawing wastes of limestone-shell // Journal «Industry of Kazakhstan». – Almaty, 2020. - №3(111). - P. 48-51.

130Bukayev Ye.Z., Mutalibova G.K., Bukayeva A. A new technology for manufacturing polymer-cement composition from limestone-shell mining waste // News of the academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. - 2022. – Vol. 2, №452. - P.73-88. ISSN 2224-5278. <https://doi.org/10.32014/2022.2518-170X.161>.

131Куляев П.В. Эффективный мелкозернистый карбонатный бетон [Текст]: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Науч. рук.: д.т.н., профессор Белов В.В. – Тверь: 2017. – 163 с.

132 Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений // «Экономическая газета». - 1997. - №10. - С. 11-14.

133 ГОСТ 4001-2013. Камни стеновые из горных пород. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2019. – 14 с.

134 Bukayev E.Z. "Green construction" as one of the most important aspects of sustainable development // Научно-методический журнал «Достижения науки и образования». - 2023. – № 2 (89). - С. 79-80.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Патент на полезный модель

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  **РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН**

REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ПАТЕНТ
PATENT

№ 4370

ПАЙДАЛЫ МОДЕЛЬГЕ / НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ / FOR UTILITY MODEL

 (21) 2019/0229.2
(22) 11.03.2019

Қазақстан Республикасы Пайдалы модельдер мемлекеттік тізілімінде тіркеу күні / Дата регистрации в Государственном реестре полезных моделей Республики Казахстан / Date of the registration in the State Register of Utility Models of the Republic of Kazakhstan: 22.10.2019

(54) Полимерцементті композиция
Полимерцементная композиция
Polymer-cement composition

(73) Кенжетаяев Гусман Жардемович (KZ)
Kenzhetayev Gusman Zhardemovich (KZ)

(72) Кенжетаяев Гусман Жардемович (KZ)
Серикбаева Акмарал Кабылбековна (KZ)
Букаев Елдар Захарович (KZ)
Айтимова Айнажан Маратовна (KZ)
Боранбаева Асия Нурлыбаевна (KZ)
Баймукашева Шынар Хабибуллиевна (KZ)

Kenzhetayev Gusman Zhardemovich (KZ)
Serikbayeva Akmaral Kabylbekovna (KZ)
Bukayev Yeldar Zakharovich (KZ)
Aitimova Ainazhan Maratovna (KZ)
Boranbayeva Assiya Nurlybayevna (KZ)
Baimukasheva Shynar Khabibulliyevna (KZ)

  **Е. Осипов**
Y. Osipov

«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМК директоры
Директор РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности»
Director of the «National Institute of Intellectual Property» RSE

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Технологический регламент

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель строительной
компании
ТОО «Фирма Фиал»



М.Б. Мендалиев
« 2024 год

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ на изготовление полимерцементной композиции

Срок действия – 3 года

РАЗРАБОТАЛ:

Научный сотрудник НИИ
Университета Есенова
 Букаев Е.С.

СОГЛАСОВАНО:

Менеджер производственного
участка ТОО «Фирма Фиал»
 Мендалиева З.Б.

Актау 2024

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. Основные положения.....	3
2. Требования к сырьевым материалам.....	3
3. Технология производства комплексной добавки.....	4
4. Требования безопасности.....	5
5. Требование охраны окружающей среды.....	5
6. Правила приемки.....	5
7. Методы контроля.....	6
8. Транспортирование и хранение.....	6

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящий технологический регламент распространяется на изготовление полимерцементной композиции на основе отходов пиленого известняка. Полимерцементная композиция должна соответствовать требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия» (с поправкой) (изм.1), ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия», ГОСТ 4001-2013 «Камни стеновые из горных пород. Технические условия».

Эффективность применения добавки определяет по результатам испытаний по ГОСТ 10181-2014 «Методы испытаний бетонных смесей», ГОСТ 27006-2019 «Бетоны. Правила подбора состава» (с поправкой), ГОСТ 10181-2014 Смеси бетонные. Методы испытаний. Технические условия, ГОСТ 30459-2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Определение и оценка эффективности».

Технологический регламент включает в себя общую технологию изготовления полимерцементной композиции на основе отходов пиленого известняка.

2. ТРЕБОВАНИЯ К СЫРЬЕВЫМ МАТЕРИАЛАМ

Требования к сырьевым материалам, используемым для приготовления полимерцементной композиции на основе отходов пиленого известняка, приведены в соответствующих нормативных технических документах:

2.1. В качестве пластифицирующей добавки применяли полиакриламид ПАА удовлетворяющий требованиям ГОСТ 8728-88 «Пластификаторы. Технические условия», ГОСТ 24211-2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия» (изм. 1);

2.2. В качестве мелкого заполнителя применено отсева пиления карбонатных пород с модулем крупности $M_{кр}$ от 1,5 до 3,25 мм удовлетворяющий требованиям ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия» ТОО «Фирма Фиал»;

2.3. В качестве крупного заполнителя применено отсева пиления карбонатных пород с модулем крупности $M_{кр}$ от 5 до 10 мм ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия» ТОО «Фирма Фиал»;

2.4. В качестве вяжущего использовался быстротвердеющий цемент ЦЕМ II/A-И 42.5Б, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 31108-2020 «Цементы общестроительные. Технические условия» и ГОСТ 30515-2013 «Цементы. Общие технические условия» ООО «Цементум Центр»;

2.5. Вода - удовлетворяющая требованиям ГОСТа 23732-11. Вода не должна содержать сульфатов более 2700 мг/л (в пересчете на 804) и всех солей более 5000 мг/л.

Состав полимерцементной композиции, рекомендованных для получения полимерцементных плиток различного назначения и стеновых материалов в таблице 1.

Таблица 1 – Общие требования к добавкам, не более, %

№ п/п	Наименование компонентов	Соотношение масс, %
1.	Цемент (белый)	7-8
2.	Указанный наполнитель	68-73
3.	Указанный водный раствор полимера	15-18
4.	Уайт-спирит	0,5-1,0

Продолжение таблицы 1

1	2	3
5.	Указанный ускоритель твердения	0,7-1,2

*Уточнение состава комплексных добавок подбирает и утверждает строительная лаборатория предприятия – изготовителя.

3. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНОЙ КОМПОЗИЦИИ

3.1. Способ приготовления полимерцементной композиции состоит из двух самостоятельных технологических переделов: приготовление полимерного связующего раствора и подготовка полимерцементной композиции и формование изделия;

3.2. Приготовление полимерного связующего раствора состоит из следующих операций:

3.2.1. Подготовка водного раствора полиакриламида: Готовится 0,15%-ный водный раствор полиакриламида. Раствор готовят непосредственно перед его введением в смесь цемента и наполнителя;

3.2.2. Приготовление раствора ускорителя твердения: Для этого дюралюминиевый лом растворяют в соляной кислоте, затем разбавляют водой до концентрации 1%. Полученный раствор добавляют к водному раствору полиакриламида;

3.2.3. Смешивание компонентов: В водный раствор полиакриламида добавляют приготовленный раствор хлористого алюминия и уайт-спирит в указанных пропорциях. Все компоненты активно смешивают в промежуточной емкости;

3.3. Подготовка полимерцементной композиции и формование изделия;

3.3.1. Смешивание полимерного связующего с наполнителем и цементом: Полученный полимерсвязующий раствор добавляют в заранее приготовленную смесь цемента и молотого известнякового отсева ракушечника. Смесь тщательно перемешивается до получения однородной массы;

3.3.2. Формование изделия: Готовую полимерцементную композицию заливают в подготовленную форму для последующего затвердевания и получения конечного строительного изделия.

Технические характеристики и допустимое содержание добавок, рекомендованных для получения полимерцементных плиток различного назначения и стеновых материалов в таблице 2.

Таблица 2 - Технические характеристики и допустимое содержание добавок

№ п/п	Наименование добавки	Основные характеристики	Допустимое содержание (%)	Примечания
1	Полиакриламид (ПАА)	Чистота, растворимость, вязкость	0,15-1,0	Влияет на улучшение реологических свойств
2	Уайт-спирит	Чистота, растворимость в воде	0,5-1,0	Используется для улучшения текучести
3	Дюралюминиевый раствор	Концентрация, содержание хлористого алюминия	0,7-1,2	Ускоряет процесс твердения

Продолжение таблицы 2

4	Молотый известняковый отсев ракушечника	Размер частиц, чистота	68-73	Используется в качестве наполнителя
---	---	------------------------	-------	-------------------------------------

Полученная полимерцементная композиция транспортируется на склад готовой продукции. На складе осуществляется упаковка в соответствующие упаковочные материалы. Готовая продукция поставляется потребителю в контейнерах, упакованных в полиэтиленовые или бумажные мешки (возможно также использование картонных ящиков). Масса одного упаковочного единицы составляет от 800 до 1500 кг.

4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При производстве полимерцементной композиции на предприятии должны быть разработаны и утверждены главным инженером правила по технике безопасности на основании СН РК 1.03-052011 «Охрана труда и техника безопасности в строительстве», «Руководство по применению химических добавок в бетон» и межгосударственного стандарта ГОСТ 24211-2008;

4.2 К работе по приготовлению водных растворов добавок нельзя допускать лиц, имеющих повреждение кожи рук и лица;

4.3 Запрещается принимать пищу в помещениях, где хранятся или приготавливаются растворы добавок;

4.4 Условия труда на предприятии и на каждом рабочем месте должны отвечать требованиям стандартов, правил и норм по охране труда, санитарных норм и правил, действующих на территории Республики Казахстан;

4.5 Обучение работников безопасности труда на предприятии должно проводиться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005;

4.6 Производственные помещения должны быть оборудованы обменной и местной вытяжной вентиляцией;

4.7 Работающие на предприятии должны быть обеспечены специальной защитной одеждой и средствами индивидуальной защиты ног и рук по ГОСТ 12.4.103, а также респираторами ШБ-1 «Лепесток» по ГОСТ 12.4.028;

4.8 Контроль предельно допустимой концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны должен проводиться согласно требованиям ГОСТ 12.1.005.

5. ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

5.1 Мероприятия по охране окружающей среды должны проводиться в соответствии с требованиями действующего законодательства, стандартов, норм и правил Республики Казахстан;

5.2 При организации и ведении технологических процессов изготовления полимерцементной композиции необходимо: очистка выбрасываемого в атмосферу запыленного воздуха и газов должна осуществляться в соответствии с «Указаниями по расчету в атмосферу вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» СНиП 2.2-196; необходимо подсоединение к аспирационным системам узлов перегрузки пылящих материалов, оборудованных укрытиями;

5.3 Выбросы и стоки предприятия не должны загрязнять окружающую среду. Концентрация вредных веществ в воздухе должна соответствовать установленным нормативам и требованиям;

5.4 Допустимые концентрации вредных веществ в воздухе на предприятии должны устанавливаться в соответствии с правилами ГОСТ 17.2.3.02 и ГОСТ 12.1.005.

6. ПРАВИЛА ПРИЕМКИ

6.1. Полимерцементная композиция должно приниматься партиями в соответствии с требованиями, действующих технических документов на территории Республики Казахстан (ТУ, ГОСТ) и настоящего технологического регламента. Объем партий устанавливаются в количестве суточной выработки предприятия;

6.2. Партия, не принятая по результатам выборочного контроля должна подлежать поштучной приемке. При этом их приемка должна производиться по показателям, по которым партия не была принята;

6.3. Потребитель имеет право проводить контрольную проверку соответствия продукта требованиям, соблюдая правила приемки и методы контроля;

6.4. Каждая партия полимерцементной композиции должна сопровождаться документом о качестве, в котором указывают на казахском и русском языках:

- наименование предприятия изготовителя;
- наименование продукта;
- дата изготовления;
- номер партии;
- масса брутто и нетто (объем);
- вид тары и число упаковочных единиц в партии;
- результаты приемосдаточных испытаний данной партии полимерцементной композиции, предусмотренные нормативным или техническим документом, по которому выпускается добавка.

Документ о качестве должен быть подписан представителем предприятия изготовителя, ответственным за технический контроль.

7. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

7.1. Показатели качества полимерцементной композиции следует определять по нормативному или техническому документу, в соответствии с которым выпускается данный продукт;

7.2. Показатели эффективности действия добавок, в том числе комплексных, в смесях и бетонах следует определять по ГОСТ 30459-2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Определение и оценка эффективности».

8 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ

8.1. Добавки для бетонов и растворов транспортируют по ГОСТ 10674, ГОСТ 21398, обеспечивающим сохранность тары от механических повреждений, в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на существующих видах транспорта

8.2. Добавки транспортируют в виде водных растворов, эмульсий, маслообразных продуктов, паст, аморфных и кристаллических порошков. Транспортную тару маркируют в соответствии с ГОСТ 14192.

8.3. Запрещается совместное хранение добавок, способных выделять во внешнюю среду пожаро- и взрывоопасные продукты, с солями, легковоспламеняющимися газами и жидкостями, органическими и горючими материалами, веществами на спиртовой основе, едкими, взрывчатыми и радиоактивными веществами.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Акт о проведении опытно-промышленных испытаний

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель строительной
компании
ТОО «Фирма Фиал»



З.Б. Мендалиев
« 2024 год

АКТ

о проведении опытно-промышленных испытаний

Мы, нижеподписавшиеся: менеджер производственного участка строительной компаний ТОО «Фирма Фиал» З.Б. Мендалиева, проф. КУТИ им. Ш. Есенова А.К. Серикбаева, докторант КУТИ им. Ш. Есенова Букаев Е.З., составили настоящий акт о выпуске опытно-промышленной партии блоков из полимерцементной композиции на основе пористых заполнителях из отходов пиленого известняка.

Для приготовления полимерцементной композиции были приняты следующие сырьевые материалы: цемент ЦЕМ II/A-И 42.5Б от компаний ООО «Цементум Центр», пористый заполнитель Жетыбайского месторождения (Мангистауская область) с модулем крупности 0-5 и насыпной плотностью 1490 кг/см³, а качестве пластифицирующих добавок использовались полиакриламид ПАА.

В работу были включены составы полимерцементной композиции.

Таблица 1 – Рабочие составы полимерцементной композиции

№ п/п	Расход материалов, кг, на 1 м ³ бетона			В/Ц	Осадка конуса, см
	Ц	З	ПАА, % по массе цемента		
1	692	1014	0	0,72	6,7
2	706	1034	0,1	0,90	6,2
3	711	1045	0,15	0,65	15,0
4	714	1046	0,2	0,85	15,1

Таблица 2 – Физико-технические свойства полимерцементной композиции

№ п/п	Состав полимерцементной композиции	Прочность бетона на сжатие, МПа, 28 сут	Плотность бетона, кгс/м ³	Водопоглощение, %	Морозостойкость, циклы
1	Состав 1	31-34	1,69-1,7	2,8-3,6	F79
2	Состав 2	28-33	1,7-1,72	2,9-3,5	F87
3	Состав 3	28-24	1,65-1,6	1,6-0,9	F96
4	Состав 4	22-23	1,7	0,9	F100

Анализ полученных результатов показывает, что качество полученной полимерцементной композиции соответствует ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия» (с поправкой) (изм.1), ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия», ГОСТ 4001-2013 «Камни стеновые из горных пород. Технические условия».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Проведенные испытания показали, что полимерцементная композиция на основе пористых заполнителей из отходов пиленого известняка соответствует требованиям ГОСТ 26633-2015, ГОСТ 8267-93 и ГОСТ 4001-2013. Физико-технические показатели, такие как прочность на сжатие, плотность, водопоглощение и морозостойкость, находятся в пределах норм, что подтверждает высокое качество и надежность разработанного материала для использования в строительных работах.

Подписали:

Менеджер производственного участка
ТОО «Фирма Фиал»


З.Б. Мендалиева

Профессор КУТИ им. Ш. Есенова


А.К. Серикбаева

Докторант КУТИ им. Ш. Есенова


Е.З. Букаев

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Акт производственной проверки

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель строительной
компании
ТОО «Фирма Фиал»
М.Б. Мендалиев
2024 год



АКТ

Производственной проверки составов полимерцементной композиции на основе отходов пиленого известняка в условиях ТОО «Фирма Фиал»

На предприятии ТОО «Фирма Фиал» сотрудниками НАО "Каспийский Университет технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова" (Университет Есенова) выполнена производственная проверка – составов полимерцементной композиции на основе отходов пиленого известняка.

В работе принимали участие: представители Университета Есенова - руководитель работы, преподаватель кафедры «Экология и геология», к.т.н., профессор Серикбаева А.К., ответственный исполнитель работы, докторант кафедры «Экология и геология» Букаев Е.З., менеджер производственного участка ТОО «Фирма Фиал» Мендалиева З.Б.

В качестве базового выбран традиционный производственный состав строительной смеси, а качестве опытных испытаны 4 состава полимерцементной композиции на основе отходов пиленого известняка. Они оказались более экономичны по расходу цемента в сравнении с базовым традиционным производственным составом достаточно обеспечивает увеличение свойствам строительных материалов по прочности и водонепроницаемости при значительно меньшем расходе цемента (в 2 раза).

При новом способе изготовления полимерцементных композиций бетонных смесей, с учетом изготовления бетонных блоков размеров 20x40x20 см, объем которых равен 16 000 см³, в одном кубическом метре бетонной смеси будет 60 штук стеновых блоков в соответствии с ГОСТ 4001-2013 «Камни стеновые из горных пород».

По результатам испытаний предлагаемые составы рекомендуются для широкого внедрения в производство.

Подписали:

Менеджер производственного
участка ТОО «Фирма Фиал»


З.Б. Мендалиева

Профессор КУТИ им. Ш. Есенова


А.К. Серикбаева

Докторант КУТИ им. Ш. Есенова


Е.З. Букаев

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
Акт внедрения в учебный процесс

БЕКІТЕМІН
Есенов университетінің
академиялық жұмыстар жөніндегі
вице-президент
Макулов К.К.
2024 ж.




Ғылыми-зерттеу жұмысының нәтижелерін оқу процесіне енгізу туралы
АКТ

Ақтау к. «15» 04 2024 ж.

8D05201 (6D060800) – Экология білім беру бағдарламасының докторанты Е.З. Букаевтың «Улучшение экологии производства пиленого камня-известняка переработкой отходов в инновационные строительные материалы» тақырыбындағы докторлық диссертациясының зерттеу жұмыстарының нәтижелері 6B05201-Экология білім беру бағдарламасының «Қол жетімді ең ұтымды технологиялар» және «Қалдықтарды қайта өңдеу және пайдалану технологиясы» пәндерінің оқу үрдісіне енгізілді.

Оқу-әдістемелік басқарма басшысы  Мендалиева Ш.О.

«Экология және геология»
кафедрасының меңгерушісі,
т.ғ.к., қауымдастырылған профессор м.а.  Нурбаева Ф.К.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Сертификаты соответствия и протоколы лабораторных испытаний

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
 Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Московской области»
 Филиал Федерального бюджетного учреждения здравоохранения
 «Центр гигиены и эпидемиологии в Московской области»
 в городах Подольск, Домодедово, Ленинском, Каширском, Серебряно-Прудском, Ступинском районах
ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ЦЕНТР (ИЛЦ)
 142119, Московская область, г. Подольск, Октябрьский проспект, дом 4 Тел/Факс: 8(4967)69-90-12, email: podobk@cgemo.ru, сайт: http://sespodobk.ru/
 ОКПО 78101742 ОГРН 1055005109147 ИНН/КПП 5029081629/503643001
 Уникальный номер заявки об аккредитации в РАЗ № РОСС RU.0001.510646



УТВЕРЖДАЮ
 Заместитель руководителя ИЛЦ,
 начальник лаборатории
 санитарно-гигиенических
 исследований - химик-эксперт
 учреждения здравоохранения

Л.П. Ильина
 М.П. 21.03.2023 Л.П. Ильина

ПРОТОКОЛ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ № 102023121.1943 от 21 марта 2023 г.

1. Наименование предприятия, организации (заявитель): ООО Фирма "Цемискон"
2. Юридический адрес: 142101, Московская область, г. Подольск, ул. Плещеевская, д. 15, тел. 8-925-780-46-58
3. Наименование образца (пробы), дата изготовления: Портландцемент с известняком ЦЕМ II/A-И 42,5Н ГОСТ 31108-2020; дата изготовления: 15.03.2023; номер партии: 29 от 06.02.2023, отобрана от 15.02.2023 г.; упаковка: бумажный мешок
4. Изготовитель (фирма, предприятие, организация): ООО "Холсим (Рус) Строительные Материалы" 140414, Московская обл., г. Коломна, ул. Цементников, д. 1 страна: РОССИЯ
5. Место отбора: ООО Фирма "Цемискон", 142101, Московская область, г. Подольск, ул. Плещеевская, д. 15, склад
6. Условия отбора, доставки
 Дата и время отбора: 15.03.2023 10:30
 Ф.И.О., должность: Зубехина Г.В., директор ООО Фирма "Цемискон"
 Условия доставки: автотранспорт
 Дата и время доставки в ИЛЦ: 16.03.2023 14:10
 ИЛЦ не несет ответственности за отбор проб
7. Дополнительные сведения: Сопроводительный документ № 121/904
 Температура окружающей среды (воздуха) при отборе: +18-22 °С
 Цель исследований, основание: Разовый договор, заявка № 121/286 от 16.03.2023
 Заключение(заявка) № 121/52-7-р от 16.03.2023
8. НД на продукцию: ГОСТ 31108-2020 "Цементы общестроительные. Технические условия"
9. НД, регламентирующие объем лабораторных испытаний и их оценку: СанПиН 2.6.1.2523-09 "Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)"
10. Код образца (пробы): 7.23.1943

11. Средства измерений:

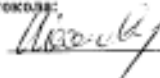
№ п/п	Тип прибора	Заводской номер	№ свидетельства о поверке	Срок действия
1	Установка спектрометрическая МКС-01А	9605	С-ГГ/23-03-2022/143324182 от 23.03.2022	22.03.2023

12. Условия проведения испытаний: соответствуют нормативным требованиям

Результаты испытаний

№№ п/п	Определяемые показатели	Единицы измерения	Результаты испытаний	Величина допустимого уровня	НД на методы исследований
РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ					
Образец поступил 16.03.2023 14:40					
Регистрационный номер пробы в журнале 1943					
дата начала испытаний 17.03.2023 09:50 дата выдачи результата 17.03.2023 14:47					
1	Калий-40	Бк/кг	87±44	не нормируется	МВИ №40090.3Н700
2	Радий-226	Бк/кг	50,7±9,2	не нормируется	МВИ №40090.3Н700
3	Торий-232	Бк/кг	24,4±6,5	не нормируется	МВИ №40090.3Н700
4	Удельная эффективная активность природных радионуклидов	Бк/кг	90±13	не более 370	МВИ №40090.3Н700

Ф.И.О., должность лица, ответственного за оформление протокола:



Шестова К. А., техник ООКПиВР

Конец протокола

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

(обязательная сертификация)

№ РОСС RU C-RU.СЛ02.В.00599/23

ЗАЯВИТЕЛЬ

Общество с ограниченной ответственностью «Холсим (Рус) Строительные Материалы»
(ООО «Холсим (Рус) СМ»), Россия, 140414, Московская обл., г. Коломна, ул. Цементников, д. 1;
ОГРН 1165022050720; ИНН 5022050558; тел: +7 (495) 745-71-31 (доб. 40-59)
E-mail: Evgeniy.Voloshin@cementum.ru

ИЗГОТОВИТЕЛЬ

Общество с ограниченной ответственностью «Холсим (Рус) Строительные Материалы»
(ООО «Холсим (Рус) СМ»), Россия, 140414, Московская обл., г. Коломна, ул. Цементников, д. 1;
ОГРН 1165022050720; ИНН 5022050558; тел: +7 (495) 745-71-31 (доб. 40-59)
E-mail: Evgeniy.Voloshin@cementum.ru

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ

Орган по сертификации продукции «ЦЕМИСКОН» ООО Фирма «Цемискон»
Номер записи в РАЛ № РОСС RU.0001.11СЛ02 от 01.10.2014 г.
Россия, 142101, Московская обл., г. Подольск, ул. Плещеевская, д. 15
ОГРН 1035007204011; ИНН 5036007104; тел: +7 (495) 233-88-70; e-mail: cemiskon@mail.ru

ПОДТВЕРЖДАЕТ, ЧТО ПРОДУКЦИЯ

Портландцемент типа ЦЕМ II, подтипа А с известняком (И) от 6 % до 20 %, класса прочности 42,5, нормальнотвердеющий
(Портландцемент с известняком ЦЕМ II/A-И 42,5Н ГОСТ 31108-2020)
код ОКПД 2: 23.51.12.112
код ТН ВЭД ЕАЭС: 2523 29 000 0
Выпускается по ГОСТ 31108-2020
Серийный выпуск

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ

ГОСТ 31108-2020
ГОСТ 30515-2013

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ ВЫДАН НА ОСНОВАНИИ

Протокола испытаний № 156-С-23 от 30.10.2023 г.
ИЦ «ЦЕМИСКОН», № РОСС RU.0001.21СЛ16 от 24.06.2015 г.
Протокола испытаний № 102023121.1943 от 21.03.2023 г.
ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Московской области» в городах Подольск, Домодедово, Ленинском, Каширском, Серебряно-Прудском, Ступинском районах
№ РОСС RU.0001.510646 от 01.12.2015 г.
Акта анализа состояния производства № 2-23 от 25.09.2023 г.
Схема сертификации по ГОСТ Р 56836-2023

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Процедура сертификации по ГОСТ Р 56836-2023. Условия упаковки, маркировки и гарантии изготовителя по ГОСТ 30515-2013

СРОК ДЕЙСТВИЯ СЕРТИФИКАТА с 25.11.2023 по 24.11.2024



Руководитель
органа по сертификации

Зайцев
Подпись

Зайцев А.Е.
Фамилия И.О.

Эксперт-аудитор

Смольская
Подпись

Смольская Е.А.
Фамилия И.О.

Тип цемента	Портландцемент с известняком до 20%
Класс прочности	42.5 нормальноотвердеющий
Обозначение	ЦЕМ II/A-И 42.5Н ГОСТ 31108-2020
Торговая марка	Цемент "ExtraCEM 500" тарированный в мешки по 50 кг и 25 кг (на паллетах)
Производитель	ООО «Холсим (Рус) СМ»
Адрес	Россия, 140414, г. Коломна, ул. Цементников, д. 1
Сертификат	РОСС RU C-RU.СЛ02.В.00599/23, срок действия с 25.11.2023 по 24.11.2024

Качественные характеристики ЦЕМ II/A-И 42.5Н
Период: IV квартал 2023 год
Средние значения результатов физико-механических испытаний

Показатель	Единица измерения	Фактическое значение	Предел значения по ГОСТ 31108-2020
Остаток на сите с размером отверстий 45 мкм	%	2.7	-
Удельная поверхность по Блейну	см ² /г	3929	-
Нормальная плотность цементного теста	%	28.8	-
Начало схватывания	мин	159	не ранее 60
Конец схватывания	мин	203	-
Предел прочности при сжатии 2 суток	МПа	24.1	не менее 10
Предел прочности при изгибе 2 суток	МПа	4.6	-
Предел прочности при сжатии 28 суток	МПа	50.8	не менее 42.5
Предел прочности при изгибе 28 суток	МПа	8.1	-
Равномерность изменения объема	мм	1.0	не более 10

Химический состав цемента (%)

Показатель	Фактическое значение	Предел значения по ГОСТ 31108-2020
SiO ₂	19.0	-
Al ₂ O ₃	4.5	-
CaO	60.6	-
Fe ₂ O ₃	2.9	-
MgO	3.7	-
TiO ₂	0.2	-
P ₂ O ₅	0.1	-
SO ₃	2.2	не более 3.5
Na ₂ O	0.1	-
K ₂ O	0.5	-
Na ₂ O экв.	0.4	-
H ₂ O	0.0	-
Cl	0.01	не более 0.1

Минералогический состав клинкера (%)

Показатель	Фактическое значение
C ₃ S	69.0
C ₂ S	8.2
C ₃ A	5.4
C ₄ AF	12.7
CaO св.	1.8

На ООО «Холсим (Рус) СМ» действует система менеджмента качества ГОСТ ISO 9001-2015

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА
ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



KZ.O.01.0317



ДЕКЛАРАЦИЯ О СООТВЕТСТВИИ

зарегистрирован в реестре данных
государственной системы технического регулирования

" 04 " мая 20 24 г.

№ KZ.4700317.13.12.00013

Действителен до " 04 " мая 20 25 г.

Орган по подтверждению соответствия БИН 010141001672, Мангистауский филиал акционерного общества "Национальный центр экспертизы и сертификации", юридический адрес: Республика Казахстан, район Сарыарка, город Астана, улица Мұхтар Әуезов, 28/1, индекс: 010000, фактический адрес: Республика Казахстан, Мангистауская область, город Актау, Микрорайон 1, 32, индекс: 130000

Организация ТОО "Раббим-Кұрылыс", юридический адрес: Республика Казахстан, Мангистауская область, Бейнеуский район, с.Бейнеу, ул.С.Бейбарыс, ТЦ Аяжан, фактический адрес: Республика Казахстан, Мангистауская область, Бейнеуский район, на части Бейнеуского месторождения, телефон: 7293222127, электронная почта: toorabbimkurylys@mail.ru

в лице директор БОРАШОВА РАББИМ БАЙБОЗОВИЧА действующего(ей) на основании Устава

заявляет под свою исключительную ответственность, что продукция Камень стеновой объемный мерный I/COMP/25; код ТН ВЭД: 2516900000; серийное производство

соответствует требованиям ТР «О безопасности зданий и сооружений, строительных материалов и изделий» №435 от 09.06.2023г., ТР МИР РК №348-НҚ от 21.05.2021г., ГН МЗ РК от 02.08.2022г. № ҚР ДСМ-71, ГОСТ 4001-2013;

принята на основании Протокол испытаний №142-D/ЛИСМ от 03/05/2024г., Испытательный центр Мангистауского филиала АО "Национальный центр экспертизы и сертификации" (аттестат: №KZ.T.13.1037);

Дополнительная информация Схема декларирования Эд;

1 Руководитель организации или
индивидуальный предприниматель

Р. Б. БОРАШОВ

Руководитель органа по
подтверждению соответствия или
уполномоченное им лицо

К.Е.ТАУАСАРОВ





ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
Мангистауского филиала АО «Национальный центр
экспертизы и сертификации»
130000, г. Актау, 1-й микрорайон, дом №32 т. 8(7292) 468531
Аттестат аккредитации № KZ.T.13.1037 от 26 «января» 2021г.



ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ
№ 142-Д/ЛИСМ от «03» май 2024 г.

Номер и дата документа (договор/ №, Договор №15-ИЦ/2023 от 20.01.2023г
дата заявки/ программа МЛС)
Акт отбора образцов (номер, дата), Заявка №77 от 15.04.2024г.
НД на метод отбора/Акт замера ГОСТ 4001-2013
Заявитель (адрес, контактные данные) ТОО «Раббим-Курылыс», Мангистауская обл.,
Бейнеуский район, поселок Бейнеу, ул. Бейбарыс Т/Ц
"Аяжан"
Место проведения испытания г. Актау 1-ый мкр., дом 32
Наименование продукции Камень стеновой объемный мерный: I/COMP/25
Количество образцов (объем) 5шт готовых изделий, куб 50х50 16шт.
Лабораторный номер пробы 71/1
Изготовитель ТОО «Раббим-Курылыс», Мангистауская обл.,
Бейнеуский район, участок «Бейнеуское Юго-Восточное»
Дата поступления в ИЦ 15.04.2024г.
Дата начала и окончания проведения испытания 15.04.2024-03.05.2024г
Обозначение НД на продукцию ГОСТ 4001-2013
Вид испытаний декларирование
Условия проведения испытаний Температура 24°C относительная влажность 81%

Результаты испытания:

Характеристика показателей, единицы измерения	Нормативные показатели	Фактические результаты	НД на методы испытаний
1	3	2	4
Прочность на сжатие, МПа, среднее минимальное, не менее	»2,5»3,5 M25	3,5 M25	ГОСТ 4001-2013 ГОСТ 8462-85
Отклонение фактических размеров от номинальных, мм, не более	390x190x188	388x188x185	ГОСТ 4001-2013
Длина	±10	-6	
Ширина и высота	±6	-4	
Отклонение от перпендикулярности граней по длинной стороне, мм, не более	6	3	ГОСТ 4001-2013 п.6.4.
Отклонение от плоскостности граней мм, не более	6	4	ГОСТ 4001-2013 п.6.4.
Число отбитых углов на одной грани камня, не более	2	1	ГОСТ 4001-2013 п.6.2
Длина скола ребер поврежденного угла, мм, не более	25	20	ГОСТ 4001-2013
Скол одного ребра и естественные			ГОСТ 4001-2013

Протокол испытаний распространяется только на образцы, подвергнутые испытаниям
Полная или частичная перепечатка протокола без разрешения ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА
МФ АО «НаЦЭКС» ЗАПРЕЩЕНА

каверны, мм, не более:			
Длина	40	25	
Глубина	30	15	
Средняя плотность кг/м ³ не более	2100	2000	ГОСТ30629-2011 п.6.3.1
Водопоглощение, % не более	50	40	ГОСТ 30629-2011 п.6.4.
Снижение прочности при сжатии горных пород в водонасыщенном состоянии, % не более	40	20	ГОСТ 30629-2011 п.6.5.
Трещиноватость	отс.	отс.	ГОСТ 4001-2013
Расслоение	не допуск.	отс	п.6.2
Прослойки глины и мергеля	не допуск.	отс	
Потеря прочности на сжатие после 15 циклов на морозостойкость, % не более	F15 20 5	F15 12 4,2	ГОСТ30629-2011 п.6.10.
потеря массы % не более			
Эффективная удельная активность (Аэфф), Бк/кг., до	370	80±5	ГОСТ 30108-94

Исполнители:

Заведующий ЛИСМ
Начальник ИЦ



Буханов М. К.
Булкунов Т.Ж.

**Протокол испытаний распространяется только на образцы, подвергнутые испытаниям
Полная или частичная перепечатка протокола без разрешения ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА
МФ АО «НаЦЭкС» ЗАПРЕЩЕНА**

Испытательная лаборатория ТОО «ЦЕЛСИМ»
 Республика Казахстан, 050058, г. Алматы, ул. Рыскулова, 95,
 тел.: (727) 253-02-10, 63-93-89, факс: (727) 253-08-42, e-mail: tselsim@mail.ru

Заключение № 02
 от «28» января 2019 г.

Всего листов 2
 Лист 1

Наименование и адрес заказчика	Частное лицо Букаев Е.З., РК, Мангистауская обл.
Наименование образцов, тип, марка, серия	Известняк ракушечник, месторождение Жетыбай
Дата поступления образцов на испытания	17.01.2019 г.
Акт отбора образцов (№, дата)	-
Предприятие-изготовитель (страна, фирма)	-
Количество продукции в образце	3 кг
Обозначение НД на продукцию	-
Дата изготовления продукции	-
Дата проведения испытаний	18.01-28.01.2019 г.
Вид испытаний	Контрольные
Условия проведения испытаний:	
- температура	20 °С
- относительная влажность	71 %

1. Методика исследования

Исследование химико-минералогического состава пробы известняка ракушечника осуществляли следующими методами:

1.1 Рентгенофазовый анализ (РФА) проводился на модернизированном дифрактометре ДРОН-3М на CuK_α - излучении с программным обеспечением.

Рентгенограммы получены в интервале углов 10...70 градусов.

Пробоподготовка проходила по следующим этапам:

- исследуемое вещество растиралось в агатовой ступке до состояния пудры, затем порошок насыпали в плексигласовую кювету, предварительно смазанную вазелином и чуть подпрессовали,
- для устранения текстуры излишки порошка срезали лезвием.

1.2. Дериватографический анализ (ДТА) проводился на модернизированной установке «Derivatograph Q-1500D» фирмы MOM. Для проведения анализа пробоподготовка проходила в следующем порядке:

- исследуемое вещество растиралось в агатовой ступке до состояния пудры;
- навеску исследуемого вещества засыпали в тигель;
- съёмку термограмм проводили до 1000°C со скоростью нагрева 10°C в минуту.

В качестве эталона в термопаре использовали порошок Al_2O_3 . Съёмку термограмм проводили до 1000°C со скоростью нагрева 10°C в минуту.

2. Результаты проведенных работ:

2.1 Результаты химического анализа пробы известняка ракушечника представлены в таблице 1.

Таблица 1

Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3	прочие	п.п.п.	сумма
0,11	2,02	0,03	0,43	<0,01	<0,01	53,39	<0,01	0,03	0,24	0,01	43,74	100,00

2.2 Результаты РФА:

Данные рентгенофазового анализа показывают о присутствии в пробе кальция CaCO_3 и небольшого количества $\text{Mg}(\text{CO}_3)$ магнезита и $\text{CaMg}(\text{CO}_3)$ доломита с межплоскостными расстояниями, d Å:

- CaCO_3 (кальцит); 1,6248; 1,6029; 1,8739; 1,9113; 2,0942; 2,2843; 3,0377;
- $\text{CaMg}(\text{CO}_3)$ (доломит); 1,4396; 2,0272;
- $\text{Mg}(\text{CO}_3)$ (магнезит) 2,4948;

2.3 Результаты ДТА:

На кривой ДТА зафиксирован эндотермический эффект разложения карбонатов магния и кальция от 600°C до 970°C .

Вывод: По результатам физико-химических исследований проба известняка ракушечника поступившая на испытания, состоит из карбонатных пород кальция CaCO_3 с небольшим количеством примесей.

Таким образом, можно сказать, что содержание CaO в пробе исследованного известняка ракушечника составило 53,39%, а CO_2 - 43,74%. Чистый кальцит состоит 56%, а CO_2 - 44%.

На основании физико-химических исследований можно сделать заключение, что данный материал известняка ракушечника пригоден для производства портландцемента, извести и др. материалов.

Начальник ИЛ ТОО «ЦелСИМ»

Исполнитель:



Барвинова С.Б.

Баймагамбетова Н. С.

Заключение испытаний распространяется только на образцы, подвергнутые испытаниям.
Перепечатка заключения испытаний без разрешения испытательной лаборатории запрещается.

УТВЕРЖДАЮ
Директор испытательной
лабораторий
ТОО «AccuTest»



А.С. Ажбаева
2024 год

«АКТ ИСПЫТАНИЙ»

Мы, нижеподписавшиеся: инженер-эколог испытательной лабораторий ТОО «AccuTest» С.С. Конакбаев, проф. КУТИ им. Ш. Есенова А.К. Серикбаева, докторант КУТИ им. Ш. Есенова Букаев Е.З., составили настоящий акт о том, что в испытательной лаборатории ТОО «AccuTest» были проведены следующие испытания полимерцементной композиции на основе отходов известняка. При этом определялись основные физико-механические свойства: водопоглощение при кратковременном полном погружении образца в воду, прочность неразрушающим методом, плотность, теплопроводность.

Приборы и принадлежности: Шкаф сушильный ED 400 BINDER напряжение 400, Весы «Ohaus AV 4102-C» (4100 г 0,01 внутренняя калибровка), ванна из нержавеющей материала, эксикатор, кальций хлористый (плавленный), измеритель прочности электронный ИПС-МГ4.03, заводской №10456, инвентарный №000012, измерители теплопроводности ИТП-МГ4"100", ИТП- МГ4"250", Шкаф сушильный ED 400 BINDER напряжение 400, Весы «Ohaus AV 4102-C» (4100 г 0,01 внутренняя калибровка).

Обозначение НД на продукцию: ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия» (с поправкой) (изм.1). ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия». ГОСТ 10181-2014 Смеси бетонные. Методы испытаний. Технические условия, ГОСТ EN 1602-2011 Изделия теплоизоляционные, применяемые в строительстве. Метод определения кажущейся плотности, ГОСТ 7076-99 Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме.

Вид испытаний: контрольный

Условия проведения испытаний: температура +20⁰С, относительная влажность 30%

Таблица 1 – Составы исходного материала на основе отходов пиленого известняка

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	прочие	п.п.п.	сумма
0,11	2,02	0,03	0,43	<0,01	<0,01	53,39	<0,01	0,03	0,24	0,01	43,74	100,00

Физико-технические свойства полимерцементной композиции на основе отходов пиленого известняка приведены в таблицах 2-5.

Таблица 2 – Результаты испытаний на водопоглощение

Наименование показателей	НД на метод испытания	Норма по НД	Фактически полученные результаты	Примечание
1	2	3	4	5

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Водопоглощение, %	ГОСТ 33949	Не более 5% по объему	2,8-3,6	Состав 1
Водопоглощение, %	ГОСТ 33949	Не более 5% по объему	2,9-3,5	Состав 2
Водопоглощение, %	ГОСТ 33949	Не более 5% по объему	1,6-0,9	Состав 3
Водопоглощение, %	ГОСТ 33949	Не более 5% по объему	0,9	Состав 4

Фактически полученные результаты не превышает нормы водопоглощения при кратковременном полном погружении образца.

Таблица 3 – Результаты испытаний на прочность

Наименование показателей	НД на метод испытания	Норма по НД, МПа	Фактически полученные результаты, МПа	Примечание
1	2	3	4	5
Прочность, МПа	ГОСТ 33949	Не меньше 0,3	31-34	Состав 1
Прочность, МПа	ГОСТ 33949	Не меньше 0,3	28-33	Состав 2
Прочность, МПа	ГОСТ 33949	Не меньше 0,3	28-24	Состав 3
Прочность, МПа	ГОСТ 33949	Не меньше 0,3	22-23	Состав 4

Таблица 4 – Результаты испытаний средней плотности образцов

Наименование показателей	НД на метод испытания	Норма по НД	Фактически полученные результаты	Примечание
1	2	3	4	5
Плотность, кг/м ³	ГОСТ 33949-2016	-	1,69-1,7	Состав 1
Плотность, кг/м ³	ГОСТ 33949-2016	-	1,7-1,72	Состав 2
Плотность, кг/м ³	ГОСТ 33949-2016	-	1,65-1,6	Состав 3
Плотность, кг/м ³	ГОСТ 33949-2016	-	1,7	Состав 4

Таблица 5 – Результаты испытаний коэффициента теплопроводности

Наименование показателей	НД на метод испытания	Норма по НД	Фактически полученные результаты	Примечание
1	2	3	4	5
Коэффициент теплопроводности, Вт(м·К)	ГОСТ 7076-99	0,065	0,17	Состав 1
Коэффициент теплопроводности, Вт(м·К)	ГОСТ 7076-99	0,065	0,14	Состав 2
Коэффициент теплопроводности, Вт(м·К)	ГОСТ 7076-99	0,065	0,12	Состав 3

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5
Коэффициент теплопроводности, Вт(м·К)	ГОСТ 7076-99	0,065	0,08	Состав 4

В данном случае материал имеет большую прочность и его можно рекомендовать для использования в качестве полимерцементных плиток различного назначения и стеновых материалов.

Анализ результатов испытаний свидетельствует о соответствии по своим физико-механическим свойствам полимерцементной композиции на основе отходов пиленого известняка требованиям стандартов Республики Казахстан.

На основании результатов испытаний полимерцементной композиции наиболее был выбран состав №1 с наиболее высокими характеристиками для изготовления строительной смеси с наполнителем со фракциями 0-5 мм.

Инженер-эколог испытательной лабораторий ТОО «AccuTest»



С.С. Конакбаев

Профессор КУТИ им. Ш. Есенова



А.К. Серикбаева

Докторант КУТИ им. Ш. Есенова



Е.З. Букаев

УТВЕРЖДАЮ
Директор испытательной
лабораторий



А.С. Ажбаева
2024 год

«АКТ ИСПЫТАНИЙ»

Мы, нижеподписавшиеся: инженер-эколог испытательной лабораторий ТОО «AccuTest» С.С. Конакбаев, проф. КУТИ им. Ш. Есенова А.К. Серикбаева, докторант КУТИ им. Ш. Есенова Букаев Е.З., составили настоящий акт о том, что в испытательной лаборатории ТОО «AccuTest» были проведены следующие испытания полимерцементной композиции на основе пористых заполнителях из отходов пиленого известняка. При этом определялись: средняя плотность, прочность при сжатии, водопоглощение, морозостойкость.

Испытания проводились в соответствии с требованиями стандартов, действующих в Республике Казахстан:

- ГОСТ 12730.1-78 Бетоны. Метод определения плотности;
- ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам;
- ГОСТ 12730.3-78 Бетоны. Метод определения водопоглощения;
- ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости;
- ГОСТ 12730.2-78 Бетоны. Метод определения влажности.

Рабочие составы бетонных смесей и их физико-механические свойства приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Влияние добавки ПАА на прочность бетонита и изменение расхода цемента

№ п/п	Расход материалов, кг, на 1 м ³ бетона			В/Ц	Осадка конуса, см
	Ц	З	ПАА, % по массе цемента		
1	692	1014	0	0,72	6,7
2	706	1034	0,1	0,90	6,2
3	711	1045	0,15	0,65	15,0
4	714	1046	0,2	0,85	15,1

Физико-технические свойства полимерцементной композиции на основе пористых заполнителях из отходов пиленого известняка приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-механические свойства полимерцементной композиции на основе пористых заполнителях

№ п/п	Состав полимерцементной композиции	Прочность бетоно на сжатие, МПа, 28 сут	Плотность бетона, кгс/м ³	Водопоглощение, %	Морозостойкость, циклы
1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
1	Состав 1	31-34	1,69-1,7	2,8-3,6	F79
2	Состав 2	28-33	1,7-1,72	2,9-3,5	F87
3	Состав 3	28-24	1,65-1,6	1,6-0,9	F96
4	Состав 4	22-23	1,7	0,9	F100

Анализ результатов испытаний свидетельствует о соответствии полимерцементной композиции на основе отходов пиленого известняка требованиям стандарта ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия» (с поправкой) (изм.1), ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия», ГОСТ 4001-2013 «Камни стеновые из горных пород. Технические условия».

Результаты лабораторных исследований подтвердили эффективность применения полимерцементной композиции для изготовления плиток различного назначения и стеновых материалов.

Инженер-эколог испытательной
лабораторий ТОО «AccuTest»



С.С. Конакбаев

Профессор КУТИ им. Ш. Есенова



А.К. Серикбаева

Докторант КУТИ им. Ш. Есенова



Е.З. Букаев

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
Дипломы и сертификаты

ИНСТИТУТ СОВРЕМЕННОГО
ОБРАЗОВАНИЯ "SMARTSKILLS"

INTERNATIONAL SCIENTIFIC
AND PRACTICAL CONFERENCE
GLOBAL SCIENCE-2019

C E R T I F I C A T E

награждается

Букаев Элгар Захарович

*Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова
(Yessenov University)*

участник международной научно-практической конференции
«GLOBAL SCIENCE-2019»

*Доклад: Разработка нового материала на основе полимерцементной
композиции для производство бетонных блоков*

Секция: Секция 13 Науки о Земле

Научный руководитель: -

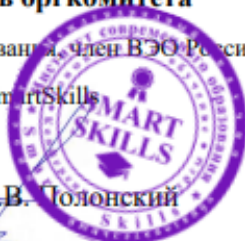
14-15 декабря 2019 г - Российская Федерация

Председатель оргкомитета

магистр образования, член ВЭО России, руководитель
проекта ИСО SmartSkills



Е.В. Толонский



МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЕКТ
ИНСТИТУТ СОВРЕМЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

SMARTSKILLS



БЛАГОДАРСТВЕННОЕ ПИСЬМО

УВАЖАЕМАЯ (ЫЙ)

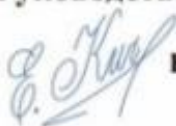
Букаев Елдар Захарович

Yessenov University, г. Актау, Казахстан

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЕКТ ИНСТИТУТ
СОВРЕМЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ SMARTSKILLS ВЫРАЖАЕТ ВАМ
БЛАГОДАРНОСТЬ ЗА АКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ПО ИТОГАМ 2019-2020 УЧЕБНОГО ГОДА

Руководство проекта SmartSkills


Е.В. Подонский



Е.А. Кичигина



М.А. Николаева

20 июня 2020 г.



TSO-122020-013



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



CERTIFICATE

настоящим удостоверяется, что

Букаев Елдар Захарович

Докторант РИД кафедры «Экология и химической инженерии», специальность Экология - 6D000608
Yezhov University, г. Астана, Казахстан

автор научной работы:

**«ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТХОДОВ
ИЗВЕСТНЯКА-РАКУШЕЧНИКА»**

принял (-а) участие в XXXIII Международной научно-практической конференции

«ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ»,
15 апреля 2020 г.,
г. Пенза, РФ



Директор ИКСЭ
«Наука и Просвещение»
к.э.н. Гуляев Г.Ю.



НАУКА И ПРОСВЕЩЕНИЕ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР НАУЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

ЕЛДАР ЗАХАРОВИЧ БУКАЕВ

принимал(а) участие в серии онлайн-семинаров

«Информационные инструменты
для анализа научной деятельности»
общей продолжительностью 4 часа,
проводившихся в период с 18 по 26 сентября 2017 года
по следующим темам:

- Эффективные техники поиска и анализа информации в Web of Science
- Работа с международной патентной информацией (Derwent Innovation Index)
- Создание и поддержка профиля организации в Web of Science
- Профессиональная оценка публикационной активности (InCites)

СЕРТИФИКАТ УЧАСТНИКА

онлайн-семинаров
по ресурсам Clarivate Analytics
для научных исследований

 **Clarivate
Analytics**
wokinfo.com/Russian

специалисты
по информационным
ресурсам для научных исследований
Clarivate Analytics



Ирина Тихонова

Дарья Бухтоярова



SATBAYEV
UNIVERSITY

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. К.И. САТПАЕВА



СЕРТИФИКАТ

«САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ - 2020»

Секция: «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности»

Авторы: **БУКАЕВ Е.З.**

Тема: **Процессы тепло- и массообмена при тепловой обработке бетонных изделий**

Директор института **ИХиБТ**

З.К. Туйебахова



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. К.И. САТПАЕВА



ДИПЛОМ

за лучший доклад

«САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ - 2020»

Секция: «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности»

Авторы: **Букаев Е.З.**

Проректор по науке

А. Сыздыков

А.Х. Сыздыков

СЕРТИФИКАТ

Удостоверяет, что

Букаев Елдар Захарович

участвовал(-а) в цикле обучающих вебинаров с наукометрии
"Главные метрики современной науки. Scopus и Web of Science",
который был проведен компанией "Научные публикации – Publ.Science"

(длительность цикла вебинаров - 5 часов)

Батаева Елизавета Сергеевна

Специалист научно-обучающего
компании "Научные публикации – Publ.Science"



Пилипенко Денис Сергеевич

Учредитель компании
"Научные публикации – Publ.Science"



№ BA 1011 / 27.08.2020





ДИПЛОМ

I степени

НАГРАЖДАЕТСЯ

Участник проекта
«III Международное книжное издание»,
«Лучшие молодые учёные - 2021»
среди научно-образовательных учреждений
Содружества Независимых Государств,
организованном Объединением юридических
лиц в форме ассоциации
«Общенациональное движение «Бобек»

БУКАЕВ ЕЛДАР ЗАХАРОВИЧ

Руководитель ОФ "Международная
ассоциация молодых учёных"

Руководитель Объединения
юридических лиц в форме ассоциации
"Общенациональное движение "Бобек"



Е. Ешим

Е. Абиев

№ 617 г. Нур-Султан, Казахстан, 20-21 апреля 2021 г.