

А.К. Толегенова^{1,*}, А.С. Еспаева¹, З.Н. Алтаева²

¹Сатбаев Университет, Алматы, Казахстан

²Международная образовательная корпорация, Алматы, Казахстан

Информация об авторах:

Толегенова Айгерим Кайратовна – магистр технических наук, докторант, Сатбаев Университет, Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0003-1312-4101>, e-mail: aigerim.tolegenova.94@mail.ru

Еспаева Алма Сандыбаевна – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Сатбаев Университет, Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-9209-5611>, e-mail: eas_kaz@mail.ru@mail.ru

Алтаева Зауре Нурмахамбетовна – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Международная образовательная корпорация, Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0001-9596-0511>, e-mail: zaltaeva@mail.ru

*Автор корреспонденции: aigerim.tolegenova.94@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОГО ВЛИЯНИЯ ОТХОДОВ ДОБЫЧИ ПРИРОДНОГО КАМНЯ-РАКУШЕЧНИКА И ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕТОННОЙ СМЕСИ

Аннотация. *Исследовано влияние пыльных отходов добычи природного камня ракушечника месторождения Бейнеу и химических добавок на сохраняемость свойств бетонной смеси. Определено, что при применении суперпластификатора MasterRheobuild 5555 (1,6% от массы вяжущего или 6,75 кг/м³) сохраняемость подвижности бетонной смеси составляет 2 часа, затем наступает ее резкое снижение и это сопровождается снижением объема вовлеченного воздуха до 16%. Введение в состав бетонной смеси В35 суперпластификатора Sika ViscoCrete 20HE KZ в количестве 1% от массы вяжущего или 4,20 кг/м³ продлевает сохраняемость подвижности до 4 часов 30 минут и снижение осадки конуса сопровождается снижением исходного объема вовлеченного воздуха до 7%. Результаты исследований показали, что для повышения сохраняемости бетонных смесей с суперпластификаторами необходимо сделать в первую очередь подбор компонентов «суперпластификатор – цемент – наполнитель», обладающих хорошей совместимостью.*

Ключевые слова: *пыльные отходы, камень-ракушечник, бетонная смесь, химические добавки, реологические свойства, вовлеченный воздух, прочность.*

Введение

Согласно стратегическому плану развития Республики Казахстан, одной из приоритетных задач строительного материаловедения является разработка высокоэффективных, ресурсосберегающих технологий, которые ориентированы на комплексное использование местных ресурсов и переработку отходов [1]. В этом направлении значительный интерес представляет утилизация отходов камнедобывающей отрасли в производстве мелкоштучных изделий, в частности известняков-ракушечников.

В современном материаловедении накоплен огромный теоретический задел и практический опыт по использованию тонкодисперсных минеральных

наполнителей. Применение техногенных микронаполнителей в производстве бетона и железобетона позволяет [2-4]:

- уменьшить расслаиваемость бетонной смеси при транспортировании и улучшить ее удобоукладываемость;

- улучшить строительно-эксплуатационные свойства бетона.

Исследованиями установлено [5], что использование отходов добычи природного камня ракушечников месторождения Бейнеу в качестве микронаполнителя значительно уменьшает водоотделение и расслоение бетонной смеси. При введении микронаполнителя в количестве 10%, уменьшение показателя водоотделения и расслоения бетонной смеси соответственно составляют 37 и 43%.

В настоящее время годовой объем добычи пыльных известняков-ракушечников составляет более 3 млн м³, при этом средний выход блоков и плитки из горной массы составляет лишь 30-40% [6]. Разведано порядка 100 месторождений известняка-ракушечника. Наиболее значительные из них известняки-ракушечники Бейнеуского и Жетыбайского месторождений [7]. Добываемые известняки используются для производства стеновых блоков и в качестве облицовочного камня [8].

Для улучшения реологических характеристик бетонной смеси необходимо уменьшать когезию, вязкость и трение в смеси. Однако чрезмерное уменьшение этих величин приводит к водоотделению и сегрегации в смеси, что влечет за собой резкое ухудшение строительно-эксплуатационных свойств бетона.

Указанные недостатки могут быть частично устранены путем увеличения количества цемента. Однако это может явиться причиной появления трещин в бетоне за счет повышения гидратационного тепловыделения [9]. Поэтому важной процедурой при подборе состава бетона является проблема прогнозирования реологических характеристик и технологических свойств бетонной смеси.

Целью работы является исследование влияние пыльных отходов добычи природного камня ракушечников месторождения Бейнеу на сохраняемость свойств бетонной смеси. Бейнеуское месторождение известняков-ракушечников в Мангистауской области, является одним из крупных объектов добычи пыльного камня, используемого в строительной отрасли. Ракушечник, добываемый в карьерах Бейнеуского месторождения, характеризуется относительно стабильными качественными показателями и мощностью [10,11]. Исследований по использованию отходов пыльного камня Бейнеуского месторождения при производстве модифицированных бетонов насчитывается мало. Поэтому разработка новых эффективных составов бетонных смесей с использованием пыльных отходов известняка-ракушечника для производства модифицированного бетона, используемого в монолитном и сборно-монолитном строительстве, является актуальной задачей современного строительного материаловедения.

Материалы и методы

Для изготовления тяжелого бетона использован сульфатостойкий портландцемент ЦЕМ I 42,5Н СС ТОО «Каспий Цемент» (Мангистауская область) и по физико-механическим свойствам, минералогическому и химическому составу

соответствует требованиям ГОСТ 22266-2013 «Цементы сульфатостойкие. Технические требования».

В качестве мелкого и крупного заполнителя использованы песок месторождения Бейнеу (Мангистауская обл.) и щебень фракции 5-10 мм и 10-20 мм АО «Коктас-Актобе».

Щебень фракции 5-10 мм и 10-20 мм АО «Коктас-Актобе» – по зерновому составу, по прочности (марка по дробимости), содержанию зерен пластинчатой и игловатой формы и содержанию пылевидных и глинистых частиц соответствует требованиям ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия».

Модуль крупности песка месторождения Бейнеу – 2,75 и относится к группе – крупный и класс песка – I. Песок месторождения «Бейнеу» не имеет отклонения от требований ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия».

Применяемые нами отходы добычи природного камня ракушечников месторождения Бейнеу относятся к осадочной горной породе органогенного генетического типа, состоящей из мелких обломков раковин, цементированных неравномерным мелкокристаллическим карбонатным вяжущим, имеющим слоистую структуру. Микроструктура известняка-ракушечника представлена на рис. 1. Электронно-микроскопический анализ известняка-ракушечника определяли на сканирующем растровом электронном микроскопе РЭМ – 200.

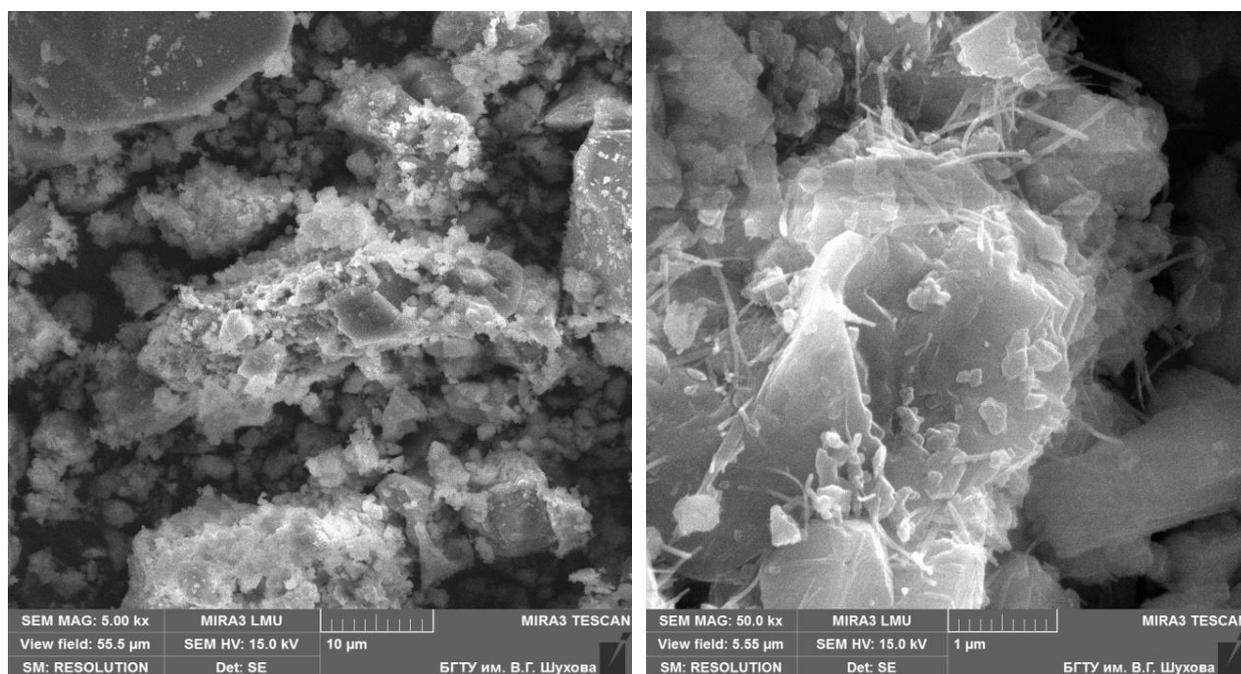


Рисунок 1 – РЭМ снимок известняка ракушечника Бейнеуского месторождения [материал авторов]

Удельная поверхность пыльных отходов – 250-300 кг/м³. Химический состав его представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав пыльных отходов добычи природного камня ракушечников месторождения Бейнеу

| CaO | MgO | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ | TiO ₂ | Na ₂ O | П.П.П. |
|-----------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|-------------------|-----------|
| 51,5-53,4 | 0,94-3,81 | 0,16-0,25 | 0,30-0,35 | 1,40-1,46 | 0,01 | 0,18 | 42,6-44,5 |

Для приготовления бетонных смесей использовалась питьевая вода. Вода подтверждает требования стандарта ГОСТ 23732-2011.

Для направленного регулирования реологических характеристик цементных систем на стадии формирования структуры цементного камня и для получения бетона с заданными строительно-эксплуатационными свойствами использована функциональная воздухововлекающая добавка – MasterAir 200 (AIR). Для снижения водоцементного отношения использовали суперпластификаторы Sika ViscoCrete 20NE KZ (PCE1) и MasterRheobuild 5555 (PCE2).

Подбор номинального состава бетона проводили согласно ГОСТ 27006-2019 «Бетоны. Правила подбора состава». Состав бетонной смеси и плотность представлены в табл. 2. Было подготовлено один контрольный (С1) и два основных состава с пыльными отходами и пластифицирующими, воздухововлекающими добавками при одинаковом водоцементном отношении.

Пыльные отходы добычи природного камня ракушечников месторождения Бейнеу (пыльные отходы ДПКР) использовался в качестве микронаполнителя в количестве 10%, 15% и 20% от массы цемента.

Таблица 2 – Состав бетонной смеси

| № | Цемент, кг | Щебень, кг | | Песок, кг | Отходы (W), г | Вода, кг | В/Ц | AIR, % | PCE1, % | PCE2, % | Плотность, кг/м ³ |
|----|------------|------------|-------|-----------|---------------|----------|------|--------|---------|---------|------------------------------|
| | | 5-10 | 10-20 | | | | | | | | |
| С1 | 0,360 | 0,480 | 0,700 | 0,650 | 0,036 | 0,164 | 0,45 | - | - | - | 2415 |
| W1 | 0,360 | 0,480 | 0,700 | 0,650 | 0,055 | 0,164 | 0,45 | 0,08 | - | 1,6 | 2420 |
| W2 | 0,360 | 0,480 | 0,700 | 0,650 | 0,072 | 0,164 | 0,45 | 0,08 | 1 | - | 2440 |

Согласно нормам и требованиям НРБ-2009 «Нормы радиационной безопасности» отходы добычи природного камня ракушечников месторождения Бейнеу пригодны для строительства.

Физико-механические свойства тяжёлого бетона определяли:

- ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам»;

- ГОСТ 18105-2018 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности».

Определение предела прочности контрольных образцов проводили на автоматическом прессе С23СО2 «CONTROLS», Италия.

Для определения пористости (воздухосодержания) бетонной смеси использовали прибор для измерения вовлеченного воздуха в бетонной смеси UTC-0650, Турция.

Определение сохраняемости свойств бетонной смеси проведено согласно ГОСТ 10181-2014 «Смеси бетонные. Методы испытания».

Результаты и обсуждения

Время сохраняемости свойств бетонной смеси определили экспериментально, при этом через каждый час из миксера брали пробы бетонной смеси для определения подвижности и объёма вовлеченного воздуха. В процессе опыта скорость смешивания барабана миксера (автобетоносмесителя) составила 2-6 оборотов в минуту. Влияние комплексной добавки на сохраняемость подвижности бетонной смеси В 35 приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние пыльных отходов ДПКР на сохраняемость подвижности бетонной смеси В 35

| № | Химическая добавка, (%) | В/Ц | Осадка конуса бетонной смеси, см через час | | | | | |
|----|--|------|---|----|----|----|----|----|
| | | | проектная | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C1 | Контрольный состав | 0,45 | 16 | 16 | 14 | 13 | 11 | 10 |
| W1 | Master Air 200, (0,08) Rheobuild 5555, (1,6) | 0,45 | 16 | 16 | 16 | 14 | 12 | 10 |
| W2 | Master Air 200, (0,08) Sika ViscoCrete 20HE KZ, (1,0) | 0,45 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 14 |

Результаты показали, что при применении суперпластификатора Master-Rheobuild 5555, (1,6% от массы вяжущего или 6,72 кг/м³) сохраняемость подвижности бетонной смеси составляет 2 часа по сравнению с контрольным образцом.

Введение в состав бетонной смеси В35 суперпластификатора Sika ViscoCrete 20HE KZ в количестве 1 % от массы вяжущего продлевает сохраняемость подвижности до 4 часов 30 минут (табл.3, рис. 2).

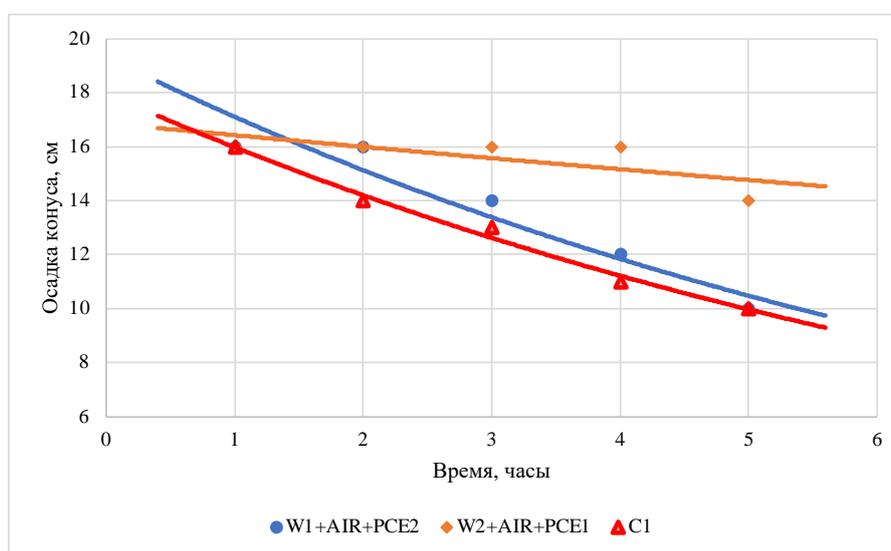


Рисунок 2 – Влияние пыльных отходов ДПКР на подвижность бетонной смеси [материал авторов]

Применение химических добавок полифункционального действия на основе полимеров и различных солей позволяет регулировать реологические и технологические свойства бетонных смесей за счет явлений адсорбционного модифицирования зерен цемента и продуктов его гидратации [12].

Сложный характер изменения подвижности смесей во времени наблюдался в работе [13,14] при применении супер- и гиперпластификаторов. Это позволяет считать кривые изменения подвижности более информативной характеристикой сохраняемости для бетонных смесей с суперпластификатором, чем ее стандартная оценка (время, в течение которого подвижность смеси снижается на 6 см).

Скорость потери подвижности бетонной смесью во многом зависит от вида введенного суперпластификатора. Из табл. 3 видно, что суперпластификатор MasterRheobuild 5555 на основе нафталинсульфоната значительно проигрывают по сохраняемости свойств бетонной смеси суперпластификатору Sika ViscoCrete 20HE KZ, на поликарбоксилатной основе.

В работе показано [5], что бетонные смеси с добавкой отходов добычи природного камня месторождения ракушечников имеют также лучшую устойчивость к расслаиванию: до 43% в сравнении с бетонной смесью без добавки микронаполнителя. Расслоение бетонной смеси значительно зависит от свойств тонких слоев воды, которые обволакивают поверхности вяжущего вещества и микронаполнителя.

В исследованиях [15] отмечается, что состояние тонких слоев воды, обволакивающих поверхность твердого тела или заключенных между двумя его поверхностями, резко отличается от обычного состояния воды в массе бетонной смеси. Пленочная вода неподвижна, обладает упругостью формы и по ряду свойств приближается к твердому телу.

Для бетонных смесей с комплексной добавкой изменение подвижности во времени обычно имеет сложный характер. По ряду данных в бетонной смеси с применением суперпластификатора MasterRheobuild 5555 после определенного периода, в течение которого осадка конуса мало меняется, наступает ее резкое снижение и это сопровождается снижением объема вовлеченного воздуха (табл. 4, рисунок 3).

Снижение пористости бетонной смеси соответствует исчерпанию пластифицирующего эффекта в жидкой фазе, вследствие чего происходит флокулирование зёрен цемента, которое сопровождается уплотнением цементного теста, что приводит к снижению объема вовлеченного воздуха до 16%.

Таблица 4 – Влияние пыльных отходов ДПКР на сохраняемость объема вовлеченного воздуха бетонной смеси В 35

| № | Химическая добавка, (%) | В/Ц | Объем вовлеченного воздуха бетонной смеси, % через час | | | | |
|----|--|------|---|-----|-----|-----|-----|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C1 | Контрольный состав | 0,45 | 4,0 | 3,9 | 3,0 | 2,8 | 2,8 |
| W1 | Master Air 200, (0,08) MasterRheobuild 5555, (1,6) | 0,45 | 4,2 | 4,1 | 3,2 | 3,0 | 3,0 |
| W2 | Master Air 200, (0,08) Sika ViscoCrete 20HE KZ, (1,0) | 0,45 | 4,3 | 4,4 | 4,4 | 4,2 | 4,0 |

В бетонной смеси с применением воздухововлекающей добавки Master Air 200, (0,08) и суперпластификатора Sika ViscoCrete 20HE KZ в количестве 1% от массы вяжущего через 4 часа наблюдается снижение исходного объема вовлеченного воздуха на 7%.

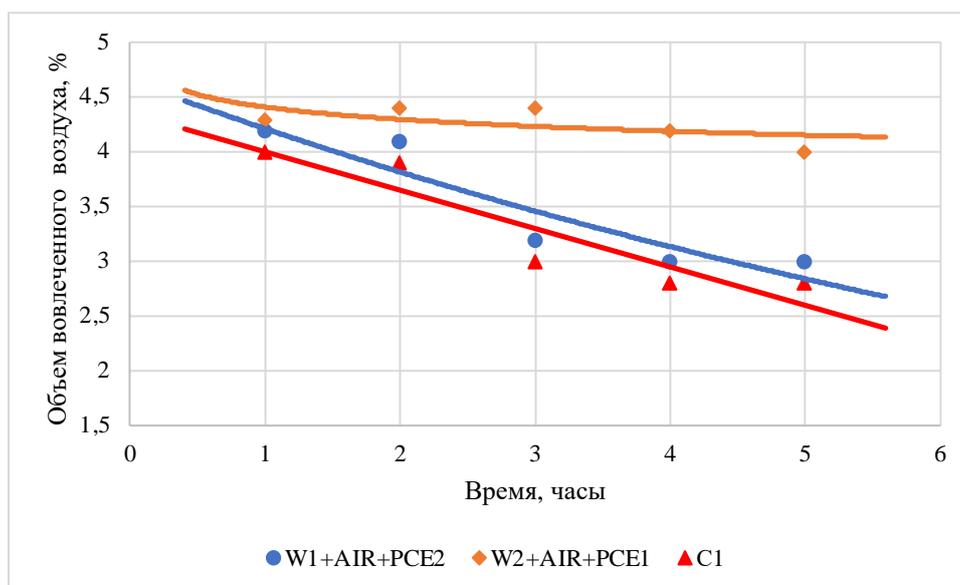


Рисунок 3 – Объем вовлеченного воздуха в бетонной смеси [материал авторов]

Суперпластификатор Sika ViscoCrete 20HE KZ обеспечивает сохранность подвижности бетонной смеси до 4,5 часа, что важно при монолитном бетонировании в скользящей опалубке.

Анализ прочностных показателей бетона В35 с суперпластификатором Sika ViscoCrete 20HE KZ показал, что при неизменном В/Ц в первые сутки наблюдается некоторое замедление набора прочности при сжатии (Рис. 4). Однако уже к третьим суткам отставание нивелируется, а в 7-суточном возрасте имеет прирост прочности. В нормальных условиях твердения предел прочности при сжатии в 1-суточном возрасте составлял – 20,0-25,0 МПа, 7-суточном – 29,5-32,5 МПа и 28-суточном – 36,0-42,0 МПа.

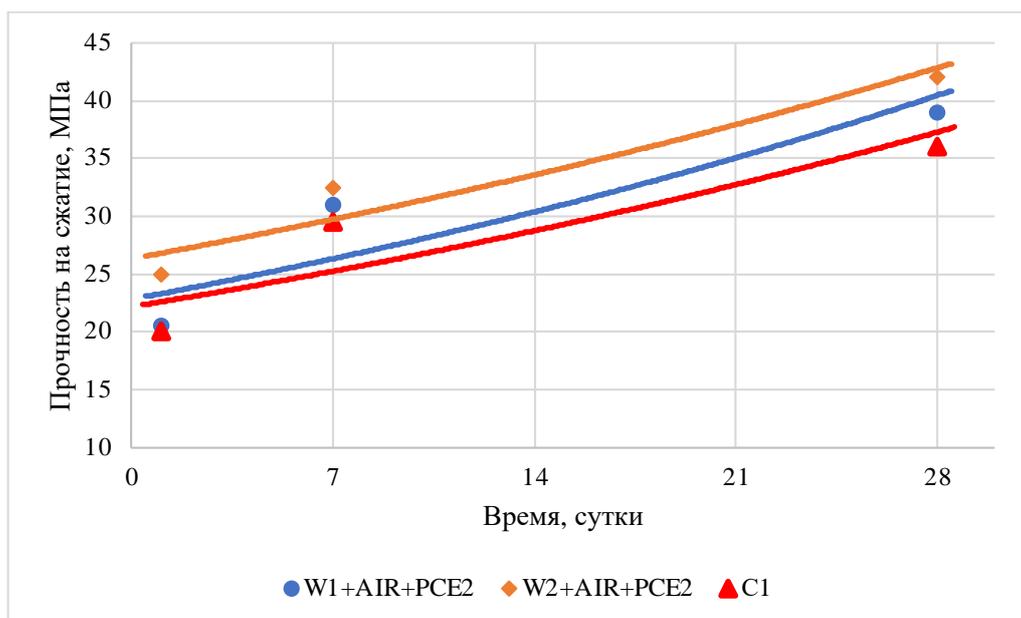


Рисунок 4 – Кинетика роста прочности бетона [материал авторов]

Анализ полученных результатов эксперимента показали, что для повышения сохраняемости бетонных смесей с суперпластификаторами необходимо в первую очередь экспериментально определить совместимость «суперпластификатор – цемент – наполнитель», в зависимости от условий эксплуатации или нормативных требований.

По нашему мнению, пыльные отходы ДПКР в качестве микронаполнителя упрочняет контактную зону цементного камня.

Хотя характер влияния как вида пластифицирующей добавки, так и характеристик цемента хорошо известны, фактическую степень совместимости при применении пыльных отходов ДПКР в качестве микронаполнителя можно установить только экспериментально.

Заключение

1. Использование пыльных отходов добычи природного камня ракушечников месторождения Бейнеу в качестве микронаполнителя в количестве 10%, 15% и 20% от массы цемента значительно влияет на сохраняемость свойств (удобукладываемость и пористость) бетонной смеси.

2. Тяжёлый бетон класса В 35 с добавкой пыльных отходов добычи природного камня ракушечников, при использовании суперпластификатора «MasterRheobuid 5555» рекомендуется для производства бетонных и железобетонных изделий в заводских условиях, т.к. сохраняемость подвижности бетонной смеси не более 2 часов.

3. Сохраняемость подвижности бетонной смеси класса В 35 добавкой пыльных отходов добычи природного камня ракушечников с суперпластификатором Sika ViscoCrete 20HE KZ составляет 4 часа 30 мин и рекомендуется для монолитного строительства, где сохраняемость подвижности бетонной смеси должно быть не менее 3 часов.

4. Предел прочности при сжатии бетона В35 с добавкой пыльных отходов добычи природного камня ракушечников, применением суперпластификатора Sika ViscoCrete 20HE KZ показал, что при постоянном В/Ц в первые сутки наблюдается некоторое замедление набора прочности. Однако уже к третьим суткам отставание по прочности нивелируется, а в 7-суточном возрасте наблюдается прирост прочности.

5. Проведённые исследования показали, что для направленного регулирования реологическими характеристиками бетонной смеси необходимо выбор вида суперпластификатора и экспериментальное определение совместимости компонентов «суперпластификатор – цемент – наполнитель».

Литература:

1. Стратегический план развития Республики Казахстан до 2025 года. [Электрон.ресурс] – 2018. – URL: <http://surl.li/ighft> (дата обращения: 21.11.2022)
2. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В. Структура и свойства бетонов с наномодификаторами на основе техногенных отходов: монография. М.: МГСУ. 2013, 204 с.
3. Жайылхан Н.А. Применение отходов известняка ракушечника в качестве заполнителя для бетона. Особенности современного этапа развития естественных и технических наук:

Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: Белгород, 2017, 74-77 с.

4. Zhakipbekov Sh.K., Yestemessova A.S., Zhilkibayeva A. Physico-mechanical properties of heavy concrete with a complex mineral additive. *The Scientific Journal of the Modern Education & Research Institute*. 2021– The Kingdom of Belgium, №16, 71-76. (в международном журнале)
5. Пат. 26903 РК. Вяжущее. Жакипбеков Ш.К., Есельбаева А.Г., Жакипбеков Д.Ш., Шалтабаева С.Т. Оpubл. 15.03.2013. Бюл. №5
6. Калдыбаев Н.А., Ысманова М., Султанов И.К. К выбору эффективных способов переработки мелкодисперсных отходов известняков-ракушечников. *Известия ОшТУ*. 2014, 2 (2), 84-87.
7. Массалимов И.А., Чуйкин А.Е., Массалимов Б.И., Уракаев Ф.Х., Уралбеков Б.М., Буркитбаев М.М. Улучшение эксплуатационных свойств строительных материалов из известняка-ракушечника пропиткой полисульфидными растворами. *Нанотехнологии в строительстве*. 2017, 9 (3), 66– 80. DOI: [dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2017-9-3-66-8](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2017-9-3-66-8)
8. Гафарова Н.Е. Применение отходов ракушечника для монолитного строительства. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, 2016, 6, 630-632 с.
9. Жилкибаева А.М., Естемесова А.С., Жакипбеков Ш.К., Матвеева Л. Ю., Морозов В.И. Влияние комплексной минеральной добавки на гидратацию алита. «ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси». 2021, 3 (64), 84-92 с.
10. Жайылхан, Н. А. Исследование зависимости между водосодержанием и жесткостью бетонных смесей на ракушечниковых заполнителях. *Вопросы Науки и Образования*. 2019, 12(59), 23-28 с.
11. План горных работ по добыче известняка-ракушечника участка №3-1 (на части Бейнеуского м/р) в Бейнеуском районе Мангистауской области РК. *Актау*. 2022, 19 с.
12. Zhakipbekov Sh.K., Aruova L.B., Toleubayeva Sh., Ahmetganov T.B., Utkelbaeva A.O. The features of the hydration and structure formation process of modified low-clinker binders. *Magazine of Civil Engineering*. 2021, 103(3), Article No 10302. <https://doi.org/10.34910/MCE.103.2> (в международном журнале)
13. Вовк А.И. Гидратация C_3S и структура CSH фазы: новые подходы, гипотезы и данные. *Цемент и его применение*. 2012, 3, 89–92 с.
14. Баженова С.И., Алимов Л.А. Высококачественные бетоны с использованием отходов промышленности. *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2010, №1, 226–230 с.
15. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л., Корнейчук Ю.А. Малоцементные бетоны с золомикрокремнезёмистым наполнителем. СПб.: Популярное Бетонovedение, 2006, №6, 17-27 с.

References:

1. *Strategicheskiy plan razvitiya Respubliki Kazahstan do 2025 goda [Strategic Development Plan of the Republic of Kazakhstan until 2025] [Electron.resurs]*. – 2018. – URL: <https://policy.thinkbluedata.com/sites/default/files/Strategic%20Development%20Plan%20until%202025%20%28RU%29.pdf> (in Russ.)
2. Bazhenov Yu.M., Alimov L.A., Voronin V.V. *Struktura i svoystva betonov s nanomodifikatorami na osnove tehnogennyih othodov: monografiya [Structure and properties of concretes with nanomodifiers based on technogenic waste: monograph]* – Moscow: MGSU. 2013, 204 p. (in Russ.)
3. Zhayilkhan N.A. *Primenenie othodov izvestnyaka rakushechnika v kachestve zapolnitelya dlya betona [The use of shell limestone waste as a filler for concrete] Osobennosti sovremennogo etapa razvitiya estestvennyih i tehnikeskikh nauk: Sbornik nauchnyih trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: Belgorod, 2017, 74-77. (in Russ.)*
4. Zhakipbekov Sh.K., Yestemessova A.S., Zhilkibayeva A. Physico-mechanical properties of heavy concrete with a complex mineral additive // *The Scientific Journal of the Modern Education & Research Institute*. 2021, The Kingdom of Belgium, №16, 71-76 p. (in Eng.)

5. Zhakipbekov Sh.K., Eselbaeva A.G., Zhakipbekov D.Sh., Shaltabayeva S.T. (2013). Binders [Vyazhushchee] Patent 26903 of the Republic of Kazakhstan. (in Russ.)
6. Kaldyibaev N.A., Yismanova M., Sultanov I.K. K vyбору effektivnykh sposobov perera-botki melkodispersnykh othodov izvestnyakov-rakushechnikov [On the choice of effective methods of processing fine limestone shell waste] Izvestiya OshTU. 2014, 2, (2), 84-87. (in Russ.)
7. Massalimov I.A., Chuykin A.E., Massalimov B.I., Urakaev F.H., Uralbekov B.M., Burkit-baev M.M. Uluchshenie ekspluatatsionnykh svoystv stroitelnykh materialov iz izvest-nyaka-rakushechnika propitkoy polisulfidnyimi rastvorami [Improvement of operational properties of building materials made of limestone-shell by impregnation with polysulfide solutions]. Nanotekhnologii v stroitelstve. 2017, 9 (3), 66-80. DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2017-9-3-66-8 (in Russ.)
8. Gafarova N.E. Primenenie othodov rakushechnika dlya monolitnogo stroitelstva [The use of shell rock waste for monolithic construction] Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy. 2016, 6-4, 630-632. (in Russ.)
9. Zhilkibaeva A.M., Estemesova A.S., Zhakipbekov Sh.K., Matveeva L. Yu., Morozov V.I. Vliyanie kompleksnoy mineralnoy dobavki na gidratatsiyu alita [The effect of a complex mineral additive on hydration of alite] "ALITinform: Tsement. Beton. Suhie smesi". 2021, 3(64), 84-92. (in Russ.)
10. Zhayyilhan, N. A. Issledovanie zavisimosti mezhdu vodosoderzhaniem i zhestkostyu betonnykh smesey na rakushechnikovykh zapolnitelyakh [Investigation of the relationship between the water content and the rigidity of concrete mixtures on shell aggregates] Voprosy Nauki i Obrazovaniya. 2019, 12(59), 23-28. (in Russ.)
11. Plan gornyykh rabot po dobyche izvestnyaka-rakushechnika uchastka No3-1 (na chasti Beyneuskogo m/r) v Beyneuskom rayone Mangistauskoy oblasti RK [Mining plan for the extraction of limestone-shell rock of site No3-1 (on part of the Beineu m/r) in the Beineu district of the Mangystau region of the Republic of Kazakhstan] Aktau. 2022, 19. (in Russ.)
12. Zhakipbekov Sh.K., Aruova L.B., Toleubayeva Sh., Ahmetganov T.B., Utkelbaeva A.O. The features of the hydration and structure formation process of modified low-clinker binders. Magazine of Civil Engineering. 2021, №103(3), Article No 10302. <https://doi.org/10.34910/MCE.103.2> (in Eng.)
13. Vovk A.I. Gidratatsiya C3S i struktura CSH fazyi: novyye podhodyi, gipotezyi i dannyye [Hydration of C3S and CSH phase structure: new approaches, hypotheses and data]. Tsement i ego primeneniye. 2012, 3, 89-92. (in Russ.)
14. Bazhenova S.I., Alimov L.A. Vvisokokachestvennyye betonyi s ispolzovaniem othodov promyshlennosti [High-quality concrete using industrial waste]. Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova. 2010, 1, 226-230. (in Russ.)
15. Dvorkin L.I., Dvorkin O.L., Korneychuk Yu.A. Malotsementnyye betonyi s zolomikrokremnezomistyim napolnitelem [Low-cement concretes with ash-silica filler] – St. Petersburg: Popular Concrete Science. 2006, 6, 17-27. (in Russ.)

А.К. Толегенова^{1*}, А.С. Еспаева¹, З.Н. Алтаева²

¹Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан

²Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, Қазақстан

Авторлар туралы мәліметтер:

Толегенова Айгерим Кайратовна – техника ғылымдарының магистрі, докторант, Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0003-1312-4101>, e-mail: aigerim.tolegenova.94@mail.ru

Еспаева Алма Сандыбаевна – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-9209-5611>, e-mail: eas_kaz@mail.ru@mail.ru

Алтаева Зәуре Нұрмахамбетовна – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0001-9596-0511>, e-mail: zaltaeva@mail.ru

ТАБИҒИ ТАСТЫ ӨНДІРУ ҚАЛДЫҚТАРЫ МЕН ХИМИЯЛЫҚ ҚОСПАЛАРДЫҢ БЕТОН ҚОСПАСЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ БІРЛЕСКЕН ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бейнеу кен орнының табиғи тас қабығын және химиялық қоспаларды өндірудің аралау қалдықтарының бетон қоспасының қасиеттерінің сақталуына әсері зерттелді. MasterRheobuild 5555 суперпластификаторын қолданған кезде (байланыстырғыш массасының 1,6% немесе 6,75 кг/м³) бетон қоспасының қозғалғыштығының сақталуы 2 сағатты құрайтыны анықталды, содан кейін оның күрт төмендеуі байқалады және бұл ауа көлемінің 16% дейін төмендеуімен бірге жүреді. Sika ViscoCrete 20HE KZ суперпластификаторының B35 бетон қоспасының құрамына енгізу тұтқыр массаның 1% мөлшерінде немесе 4,20 кг/м³ қозғалғыштығының сақталуын 4 сағат 30 минутқа дейін ұзартады және конус шөгудің төмендеуі тартылған ауаның бастапқы көлемінің 7%-ға дейін төмендеуімен қатар жүреді. Зерттеу нәтижелері суперпластификаторлары бар бетон қоспаларының сақталуын арттыру үшін ең алдымен жақсы үйлесімділікке ие «суперпластификатор – цемент – толтырғыш» компоненттерін таңдау қажет екенін көрсетті.

Түйін сөздер: ара қалдықтары, қабық тас, бетон қоспасы, химиялық қоспалар, реологиялық қасиеттері, тартылған ауа, беріктігі.

A.K. Tolegenova^{1*}, A.S. Espayeva¹, Z.N. Altayeva²

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²International Educational Corporation, Almaty, Kazakhstan

Information about authors:

Tolegenova Aigerim – Master of technical sciences, Doctoral student, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0003-1312-4101>, e-mail: aigerim.tolegenova.94@mail.ru

Espayeva Alma Sandybaevna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-9209-5611>, e-mail: eas_kaz@mail.ru@mail.ru

Altayeva Zauze Nurmahambetovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, International Educational Corporation, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0001-9596-0511>, e-mail: zaltaeva@mail.ru

INVESTIGATION OF THE COMBINED EFFECT OF NATURAL STONE-SHELL MINING WASTE AND CHEMICAL ADDITIVES ON THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF THE CONCRETE MIXTURE

Abstract. The influence of saw waste from the extraction of natural shell stone from the Beineu deposit and chemical additives on the preservation of the properties of the concrete mixture is investigated. It was determined that when using the MasterRheobuild 5555 superplasticizer (1.6% of the binder weight or 6.75 kg/m³), the mobility of the concrete mixture is maintained for 2 hours, then its sharp decrease occurs and this is accompanied by a decrease in the volume of entrained air to 16%. The introduction of the Sika ViscoCrete 20HE KZ superplasticizer into the concrete mixture B35 in an amount of 1% of the binder weight or 4.20 kg / m³ prolongs the retention of mobility up to 4 hours 30 minutes and a decrease in the precipitation of the cone is accompanied by a decrease in the initial volume of entrained air to 7%. The research results have shown that in order to increase the preservation of concrete mixtures with superplasticizers, it is necessary first of all to select the components of "superplasticizer – cement - filler", which have good compatibility.

Keywords: saw waste, shell rock, concrete mix, chemical additives, rheological properties, entrained air, strength.