

С.-А.Ю. МУРТАЗАЕВ^{1,2}, М.Ш. САЛАМАНОВА^{1,2}¹Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова,
г. Грозный, Россия²Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова Российской академии наук,
г. Грозный, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ НАПОЛНЕННЫХ ВЯЖУЩИХ СИСТЕМ ЩЕЛОЧНОЙ АКТИВАЦИИ

Аннотация. Антропогенная нагрузка на природно-ресурсный потенциал планеты стремительно растет, поэтому особое внимание уделяется разработке менее затратных и мало энергоемких технологий получения новых строительных материалов, реализация которых не требует высокотемпературной и дорогой технологической обработки, и позволит использовать местные вторичные и некондиционные сырьевые материалы. Разработка рецептур бесклинкерных вяжущих связок щелочной активации на основе тонкодисперсных порошков природного и техногенного происхождения позволит получать новые эффективные строительные композиты. В работе раскрываются вопросы, связанные с теоретическими основами формирования структуры и прочности цементного камня на основе щелочного активатора. Результаты исследований, на наш взгляд, безусловно представляют практическую значимость для строительной отрасли, так как предлагаемые рецептуры бесклинкерных цементов способны заменить дорогой и энергоемкий портландцемент, позволяя создавать прочные и долговечные бетонные и железобетонные конструкции.

Ключевые слова: портландцементный клинкер, аспирационная пыль, пыль электрофильтров, щелочные металлы, дисперсность, вращающаяся печь, клинкерная пыль.

S.-A. YU. MURTAZAEV^{1,2}, M. SH. SALAMANOVA^{1,2}¹Grozny State Oil Technical University named after acad. M.D. Millionshchikov,
Grozny, Russia²Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia

RESEARCH OF PROPERTIES OF MULTI-COMPONENT FILLED ALKALINE ACTIVATION KNETTING SYSTEMS

Abstract. The anthropogenic load on the planet's natural resource potential is growing rapidly, therefore, special attention is paid to the development of less costly and low energy-intensive technologies for obtaining new building materials, the implementation of which does not require high-temperature and expensive technological processing, and will allow the use of local secondary and substandard raw materials. The development of formulations of clinker-free binders of alkaline activation based on fine powders of natural and technogenic origin will allow to obtain new effective building composites. The paper reveals issues related to the theoretical foundations of the formation of the structure and strength of cement stone based on an alkaline activator. The research results, in our opinion, undoubtedly are of practical importance for the construction industry, since the proposed recipes for clinker-free cements can replace expensive and energy-intensive Portland cement, allowing you to create strong and durable concrete and reinforced concrete structures.

Keywords: portland cement clinker, suction dust, electrostatic precipitator dust, alkali metals, dispersion, rotary kiln, clinker dust.

Введение

На протяжении развития цивилизации человечество стремилось создать и обосновать природу вяжущих свойств и объяснить закономерности протекания физико-химических

процессов схватывания, набора и наращивания прочности. Такие ученые-изобретатели как Д. Аспдин, Е. Челиев, Д. Паркер, Л. Вика, Д. Менделеев, А. Шуляченко, И. Малюга, Н. Белелюбский, В. Кинд, В. Юнг, В. Журавлев, П. Ребиндер, Ю. Бутт, Д. Бернал, С. Брунауэр, Х. Тейлор и др. являются основоположниками становления химии вяжущих материалов. Несмотря на многообразие минеральных вяжущих веществ лидирующим среди них, безусловно, является портландцемент [1-3].

Производство портландцемента на мировом уровне в 2018 году достигло 4,1 млрд. тонн, и оно стремительно растет из года в год за счет развивающихся стран. Один только Китай в 2018 году произвел 2 370 млн. тонн или 57,6% от мирового объема. Высокие показатели, а также высокие темпы роста производства демонстрируют Турция, Вьетнам и Индонезия, которые скорее всего в ближайшие 5 лет обойдут США [4-6].

Конечно, с одной стороны, это положительная тенденция, но, с другой возрастают объемы, выделяющегося при производстве цемента, углекислого газа. Установлено, что при обжиге 1 тонны портландцементного клинкера образуется 0,37 тонны углекислого газа в результате диссоциации карбоната кальция; в тоже время вырабатывается еще дополнительная порция около 0,35 тонн CO_2 при сжигании технологического топлива. Мировая цементная промышленность занимает одно из ведущих мест после электроэнергетики и транспорта по образованию парниковых газов (5-8 %). Расходуется огромное количество углекислоты, которое в течение миллиардов лет консервировалось в горных породах и минералах различного генезиса, что в итоге сказывается на экологической обстановке тропосферы [7- 9, 12].

Поэтому основной проблемой исследователей является снижение выделяющейся углекислоты, пылеуноса, вредных выбросов, которые образуются в процессе карбонатной технологии портландцемента. В качестве конкурента портландцементу в будущем можно считать вяжущее щелочной активации на основе техногенных и природных минеральных порошков [10, 11, 21].

В нашей стране на протяжении многих лет до настоящего времени не прекращаются работы по развитию экспериментального и промышленного внедрения бесклинкерной технологии. Использование вторичных сырьевых материалов и некондиционного материала с химическим составом идентичным доменным шлакам черной металлургии позволит расширить область производства строительных композитов щелочного затворения.

В качестве альтернативной замены шлакам черной металлургии, можно использовать горные породы алюмосиликатной и кремнеземистой природы, подвергнутые термообработке при 600 – 750 °С, что позволяет значительно сократить расход топлива и уменьшить выбросы в атмосферу углекислоты при работе вращающихся печей [14, 16]. Бесклинкерная технология щелочной активации нашла применение при использовании горных пород магматического происхождения, золы–уноса ТЭС, красного шлама, отходов горно-обогатительных комбинатов, к тому по стоимости эти композиты реально сопоставимыми с традиционным бетоном [13-18]. Использование термоактивированных каолиновых глин, активированных щелочными растворами, способствовало образованию достаточно прочного, термиче- и коррозионностойкого материала с низкой истираемостью [19, 20]. Еще одной разработкой бесклинкерных композитов щелочного затворения является вяжущее, полученное из природных минеральных порошков с большим содержанием окислов железа [17]. Полученные ферросилатные новообразования носят весьма сложный характер $(\text{Ca}, \text{Na})-(\text{Fe}-\text{O})-(\text{Si}-\text{O}-\text{Al}-\text{O}-)$, свойства композитов отличаются высокой прочностью и долговечностью.

Анализируя приведенные выше результаты исследований, можно отметить следующие отличительные характеристики бесклинкерных вяжущих щелочного затворения: экологичность, долговечность, высокая коррозионная стойкость и стойкость против действия

щелочных и щелочноземельных металлов, так как они становятся неотъемлемой частью цементного щелочного камня.

Модели и методы

В данной работе представлены результаты разработок по получению бесклинкерных вяжущих щелочной активации с использованием местного сырьевого ресурса. Многокомпонентные наполненные вяжущие системы щелочного затворения приготавливали с использованием тонкодисперсных порошков из горных пород осадочного и магматического происхождения: окремненного мергеля Веденского месторождения, барханных песков Шелковского месторождения, вулканического туфа из Кабардино-Балкарской Республики. Аспирационная и клинкерная цементные пыли электрофильтров помолу не подлежали, удельная поверхность их составила $S_{уд}$ 210 м²/кг и 280 м²/кг соответственно.

Энергодисперсионный микроанализ исследуемых порошков проведенный с помощью растрового электронного микроскопа Quanta 3D 200 i, показал существенное различие в химическом составе минеральных добавок:

– вулканический туф, %: MgO = 0,20; Al₂O₃ = 13,57; SiO₂ = 73,67; K₂O = 6,00; CaO = 1,79; Fe₂O₃ = 1,52; TiO₂ = 2,85; ппп = 0,40.

– окремненный мергель: MgO = 1,10; Al₂O₃ = 5,47; SiO₂ = 28,7; Na₂O = 1,09; CaO = 61,53; Fe₂O₃ = 2,12.

– барханные пески, %: MgO = 2,41; Al₂O₃ = 7,81; SiO₂ = 59,54; K₂O = 1,44; CaO = 17,52; Fe₂O₃ = 2,60; Na₂O = 1,35; SO₃ = 0,21; ппп = 7,12.

– клинкерная пыль, %: MgO = 1,49; Al₂O₃ = 4,11; SiO₂ = 16,89; K₂O = 1,57; CaO = 71,64; Fe₂O₃ = 4,30.

– аспирационная пыль, %: MgO = 0,97; Al₂O₃ = 4,68; SiO₂ = 20,31; K₂O = 6,43; CaO = 64,15; Fe₂O₃ = 3,47.

– песчаник, %: ZnO = 0,03; Al₂O₃ = 1,93; SiO₂ = 66,00; K₂O = 0,42; Na₂O = 1,26; CaO = 29,45; Fe₂O₃ = 0,58; TiO₂ = 0,32.

– известняк, %: MgO = 0,72; Al₂O₃ = 1,55; SiO₂ = 5,05; K₂O = 0,60; CaO = 90,14; Fe₂O₃ = 1,40; SO₃ = 0,49; ппп = 0,05.

– кварцевый песок, %: MgO = 6,32; Al₂O₃ = 14,99; SiO₂ = 73,83; K₂O = 1,83; CaO = 0,60; Fe₂O₃ = 0,97; SO₃ = 0,14; TiO₂ = 1,32.

Для приготовления тонкодисперсных порошков из исследуемых горных пород, крупнокусковые из них предварительно измельчали в щековой дробилке, а затем, как и мелкозернистые были подвергнуты тонкому измельчению в лабораторной роликовой мельнице. Через определённые промежутки времени из мельницы отбирались пробы для определения удельной поверхности (при помощи прибора ПСХ-12) и выявления зависимости степени дисперсности порошков от продолжительности измельчения (рисунок 1).

Результаты исследования и их анализ

Полученные зависимости удельной поверхности минеральных порошков от продолжительности тонкого помола позволили нам установить, что процесс измельчения довольно трудоемкий и определяется различными факторами. Конечно можно предполагать, что удельная поверхность будет возрастать в линейной пропорциональности с увеличением времени измельчения, но экспериментальные результаты доказывают, что степень дисперсности определяется природой исходных горных пород, если точнее природой породообразующих минералов, составляющих данные породы. Так минеральные порошки с повышенным содержанием в морфологическом составе кварца труднее подвержены помолу, о чем свидетельствуют сравнительно меньшие показатели удельной поверхности кварцевых песков и вулканического туфа. А более мягкие природные минералы, как кальцит, содержащиеся в известняке, песчанике и мергеле легко поддаются измельчению, соответственно удельная поверхность порошков высокая. Барханные пески отличаются

довольно высоким содержанием пылевидной фракции в виде глинистых примесей, поэтому мягкая алюмосиликатная составляющая способствует более усиленному повышению дисперсности. Также важно отметить, что увеличение продолжительности помола выше 60 минут не имеет явного смысла, так как 90 минутное измельчение, фактически не привело к росту удельной поверхности, а расход электроэнергии и технологического оборудования, безусловно, присутствует.

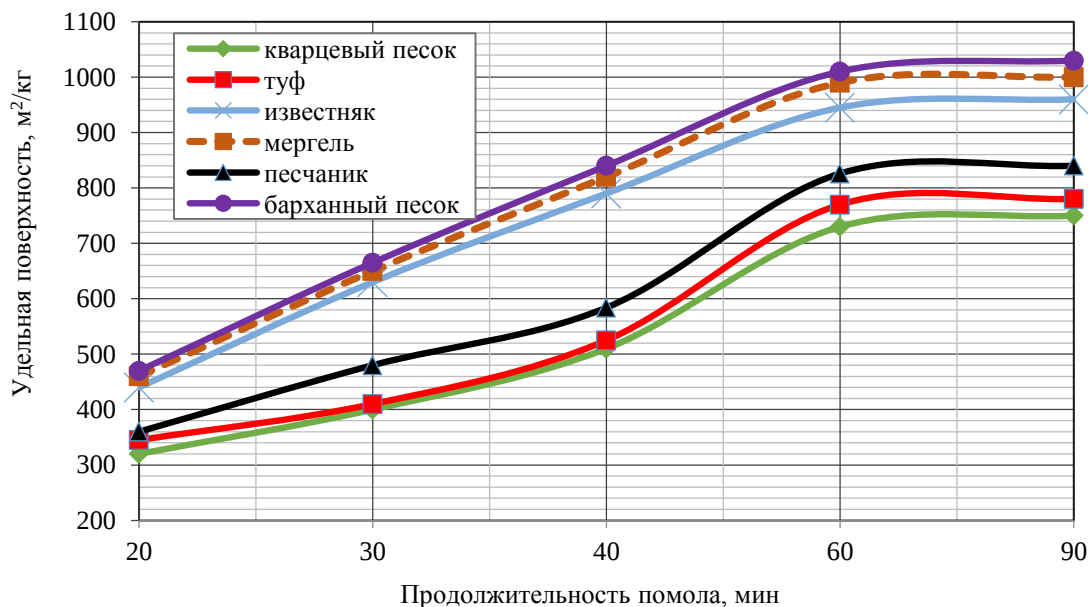


Рисунок 1 – График зависимости удельной поверхности минеральных порошков от продолжительности измельчения

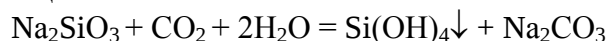
Окремненный мергель исследовался в двух видах, до термообработки в естественном виде, и после термоактивации при температуре 700 °С, исследования на растровом электронном микроскопе Quanta 3D 200 i показали следующий оксидный состав % по массе:

– окремненный мергель термообработанный при температуре 700 °С: CO₂ = 31,49; MgO = 0,41; Al₂O₃ = 2,20; SiO₂ = 28,53; Na₂O = 0,58; CaO = 35,92; Fe₂O₃ = 0,86.

Удельная поверхность термоактивированного мергеля практически не изменилась и составила S_{уд} = 475 – 1050 м²/кг при продолжительности измельчения 20 – 90 минут, но химический и морфологический составы заметно изменились, о чем свидетельствуют проведенный микроанализ. Отходы цементного производства в виде пыли электрофильтров, которая была собрана двух видов: аспирационная и клинкерная, помолу не подлежала и исследовалась в естественном состоянии.

Для изучения влияния удельной поверхности минеральных составляющих на сроки схватывания вяжущей связки, были приготовлены образцы цементного теста с использованием исследуемых высокодисперсных порошков, затворенных тем расходом метасиликата натрия, соответствующим его нормальной консистенции. Сроки схватывания цементного теста щелочной затворения определяли на приборе Вика, в таблице 1 приводятся результаты испытаний.

Полученные результаты испытаний дают возможность понять сложность процесса твердения вяжущей системы «минеральный порошок – щелочной раствор Na₂SiO₃». Во всех предлагаемых системах большей реакционной активностью обладает щелочной затворитель, и именно благодаря ему происходит твердение вяжущей связки за счет контактирования с углекислотой воздуха по реакции:



За счет выпадения в осадок геля кремниевой кислоты и начинает твердение системы, поэтому в вяжущих связках, в которых процесс схватывания не удалось выявить, было обнаружено, что в процессе исследований на цементном тесте в кольце прибора Вика образовывалась плотная прослойка, которая уплотнялась с течением времени, препятствуя исследованиям. Такой характер вяжущей связки свойственен порошкам из известняка, песчаника, вулканического туфа кварцевой муки, окремненного мергеля и кварцевого и барханного песка, получается для ускорения процесса твердения и набора прочности в систему следует ввести катализаторы, иначе при нормальных условиях формирование структуры затягивается на длительный срок, да и вряд ли полученные композиты будут обладать гидравлической способностью.

Таблица 1 – Сроки схватывания щелочного цементного теста «минеральный порошок – Na_2SiO_3 »

№	Наименование минерального порошка	Начало / конец, час – мин.		
		Удельная поверхность, $S_{уд}$, $\text{м}^2/\text{кг}$		
		320	520	730
1	Вулканический туф	не нормируется		
2	Окремненный мергель	не нормируется		
3	Термоактивированный мергель 700 °С	$\frac{00-35}{00-46}$	$\frac{00-26}{00-32}$	$\frac{00-22}{00-29}$
4	Барханный песок	не нормируется		
5	Известняк	не нормируется		
6	Песчаник	не нормируется		
7	Кварцевый песок	не нормируется		
8	Аспирационная пыль, $S_{уд} = 210 \text{ м}^2/\text{кг}$	$\frac{00-16}{00-31}$		
9	Клинкерная пыль, $S_{уд} = 280 \text{ м}^2/\text{кг}$	$\frac{00-40}{01-20}$		

Но из исследуемых порошков были минеральные порошки, обладающие вяжущей способностью, способные самостоятельно без воздействия катализаторов и температуры схватываться, твердеть и превращаться в камень при нормальных условиях. К ним отнести можно минеральные порошки из термоактивированного при температуре 700 °С мергеля, аспирационной и клинкерной пылей электрофилтров.

Анализируя полученные данные в реакционно-активных порошках можно выявить зависимость между показателями удельной поверхности и сроками схватывания. С увеличением удельной поверхности наглядно укорачиваются сроки схватывания, что позволяет нам полагать, что процесс механоактивации способствует раскрытию внутреннего энергетического потенциала на поверхности зерен порошков, что и ускоряет растворимость активных составляющих системы.

Термоактивация мергеля благоприятно сказывается на морфологии материала, проведенные ранее исследования подтверждают образование кварца, плагиоклаза, гидрослюд, силикатов кальция типа ларнита $\beta\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ и окиси кальция. Сроки схватывания реально короткие начало 26 минут, конец 32 минуты при удельной поверхности термообработанного порошка $S_{уд} = 526 \text{ м}^2/\text{кг}$, поэтому в дальнейших исследованиях надо рассмотреть все возможные варианты по увеличению периода схватывания. Установлена в исследованиях реакционная способность термоактивированного мергеля в комплексе с щелочным раствором, но для подтверждения эффективности используемого технологического приема – термообработки, необходимо провести более глубокие исследования с этим материалом, в таблице 2 приводятся результаты испытаний.

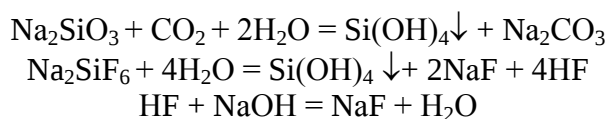
Анализируя полученные результаты исследования вяжущих связок «минеральный порошок – затворитель» с использованием окремненного мергеля в различных модификациях и способах затворения, можно констатировать, что термоактивация привела к образованию вяжущего материала, так как даже при добавлении воды происходит схватывание и твердение системы.

Таблица 2 –Свойства вяжущих систем на мергеле

№	Показатели качества	Термоактивированный мергель 700 °С, S _{уд} = 526 м ² /кг		Мергель, S _{уд} = 526 м ² /кг	
		вид затворителя			
		Na ₂ SiO ₃	H ₂ O	Na ₂ SiO ₃	Na ₂ SiO ₃ + Na ₂ SiF ₆
1	Нормальная густота щелочного цементного теста, %	56,5	40,0	52,5	52,0
2	Сроки схватывания, начало/ конц. час-мин.	<u>00-26</u> 00-32	<u>01-37</u> 06-29	схватывание не нормируется	<u>00-55</u> 01-47

Начало схватывания наступает своевременно, но конец затягивается, но в любом случае это доказывает реакционную способность полученного порошка, а сравнить свойства цементного камня получится только после проведения соответствующих испытаний. Не обожженный мергель даже в высокодисперсном состоянии при затворении жидким стеклом не схватывается и не твердеет в нормальных условиях, поэтому для определения его вяжущих свойств был использован ускоритель твердения кремнефтористый натрий Na_2SiF_6 , который использовали в дозировке 6% от массы жидкого натриевого раствора Na_2SiO_3 .

Механизм твердения системы в данном случае будет протекать по следующим реакциям:



Таким образом, использование кремнефтористого натрия ускоряет расщепление силикатов щелочного раствора, и выпадения в осадок геля кремниевой кислоты, а образуемый фторид натрия является малорастворимым соединением, все это в комплексе способствует твердению системы.

Полученные данные подтверждают эффективность данного бесклнкерного вяжущего щелочной активации, а схватывание термоактивированного мергеля при затворении водой, дает нам возможность использовать водный раствор жидкого натриевого стекла, или в перспективе получить альтернативу этому виду щелочного раствора. А если учитывать, что термоактивированный мергель также будет участвовать в реакциях взаимодействия с щелочным раствором, то можно ожидать весомых результатов и получать прочные и долговечные строительные композиты.

Особое внимание необходимо обратить, на отходы цементной промышленности в виде пыли электрофильтров (таблица 3), во-первых, это позволит решить экологический вопрос, так как на цементных заводах образуется большое количество аспирационной пыли, которая негодна для повторного возврата в производство и нуждается в вывозе в близлежащие территории, тем самым нанося огромный вред горному ландшафту.

Во-вторых, ее не надо домалывать, так как собранная с электрофильтров с $S_{уд} = 210 \text{ м}^2/\text{кг}$ она является довольно реакционноспособной при активации щелочным раствором, начало схватывания составило 16 минут, а конец 31 минут. Цементное щелочное тесто было достаточно легкое и пластичное, удобообрабатываемое.

Для сравнения и выявления оптимальной композиции на основе аспирационной пыли, ее затворяли разными затворителя и использовали ускоритель твердения в одном случае.

Таблица 3 –Свойства вяжущих систем на отходе цементной промышленности

№	Показатели качества	Клинкерная пыль, S _{уд} = 280 м ² /кг		Аспирационная пыль, S _{уд} = 210 м ² /кг		
		вид затворителя				
		Na ₂ SiO ₃	H ₂ O	Na ₂ SiO ₃	H ₂ O	Na ₂ SiO ₃ + Na ₂ SiF ₆
1	Нормальная густота щелочного цементного теста, %	50,0	30,0	72,5	42,0	70,0
2	Сроки схватывания, начало/ конец, час-мин.	<u>00-40</u> 01-20	<u>00-54</u> 01-56	<u>00-16</u> 00-31	<u>06-08</u> 07-16	<u>00-24</u> 00-36

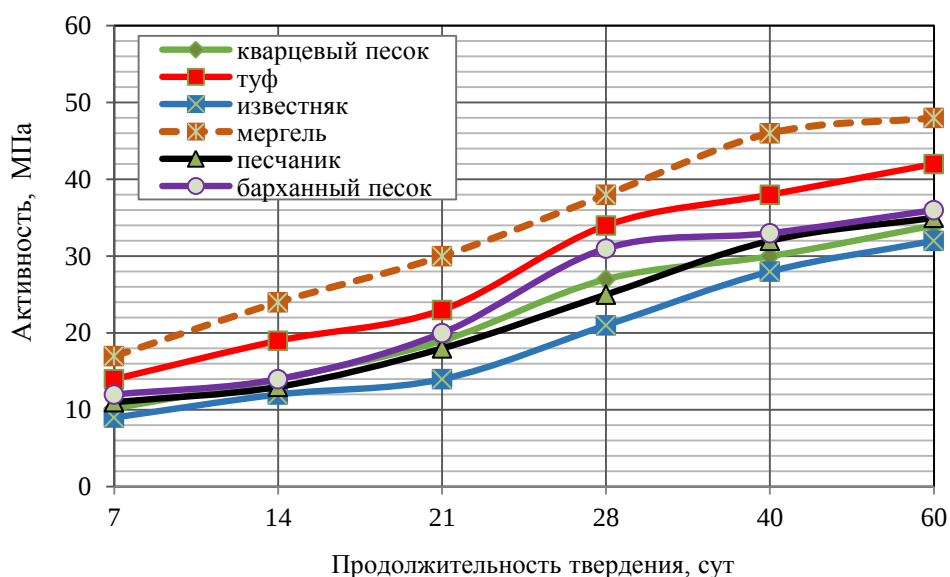
Так вот в композиции «аспираторная пыль – Na_2SiO_3 – Na_2SiF_6 » добавка-ускоритель проявила обратный эффект, наблюдался эффект ложного схватывания, что было ранее зафиксировано и в системе с барханным песком, начало схватывания замедлилось на 8 минут, это подтверждает, что основным вяжущим в данной системе является минеральный порошок. Аспираторная пыль при затворении водой проявила большое водоотделение в первые минуты исследования, схватывание наступило довольно поздно через 6 часов, получается, что она малоактивна в естественном виде и для активации данного порошка необходим щелочной раствор.

Клинкерная пыль электрофильтров совсем по-другому себя показала, при затворении с жидким стеклом потребовалось 50 % щелочного раствора для получения теста нормальной консистенции, а при затворении водой проявила водоотталкивающий эффект, и для получения теста нормальной густоты потребовалось 30 % воды, но при укладке смеси в кольцо началось интенсивное водоотделение, начало схватывания составило 54 минуты, конец 2 часа 3 минуты. Такое поведение клинкерной пыли электрофильтров обусловлено наличием пережога, так как перед испытанием навеску материала просеивали через сито №09, и остаток на сите составил 5 % стекловидных зерен от массы навески, и именно это снижает растворимость исследуемого порошка. Также важно отметить, что при затворении водой присутствует интенсивное высолообразование, что является результатом гидратации щелочных оксидов, находящихся в клинкерной пыли.

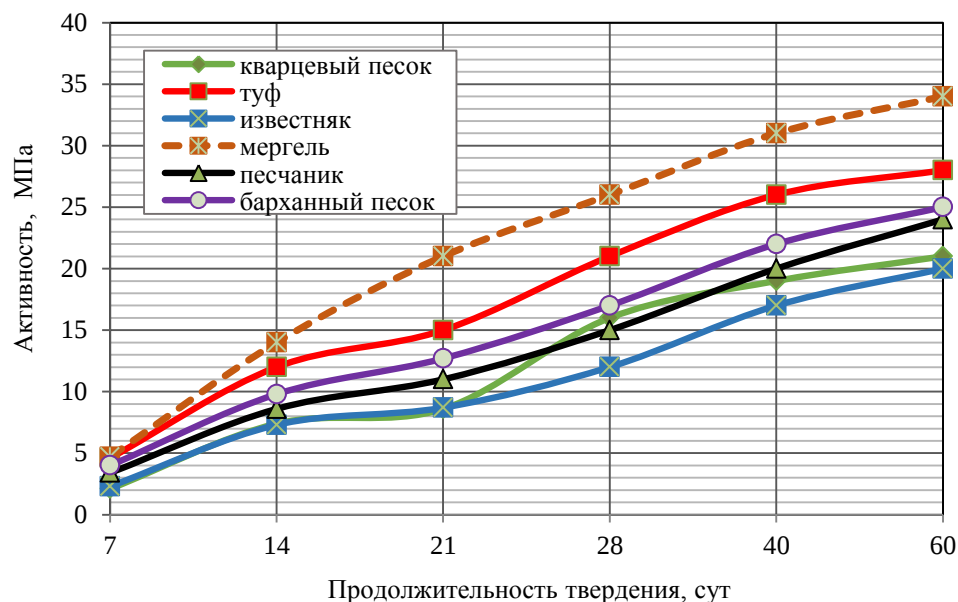
Как показали полученные результаты не все из исследуемых минеральных порошков в тонкодисперсном состоянии обладают вяжущими свойствами при активации щелочным раствором, но схватывание и твердение будет происходить в системе «минеральный порошок – Na_2SiO_3 – Na_2SiF_6 », при дозировке ускорителя твердения – кремнефтористого натрия 6 % от массы метасиликата натрия, с использованием порошков их вулканического туфа, известняка, песчаника, кварцевых и барханных песков.

Для получения многокомпонентных вяжущих систем «активный порошок – минеральный порошок – щелочной раствор» использовались все исследуемые минеральные порошки, а для выявления эффективной рецептуры данных связей, необходимо найти оптимальную концентрацию ее компонентов. Содержание добавки минеральных порошков (20 минутный помол) в данных композициях составило 20 %, клинкерная пыль добавлялась во всех вяжущих связках при дозировке 5 %. Для определения активности исследуемых композиций многокомпонентных наполненных связей были приготовлены образцы балочки размером 2х2х10 см, где в качестве активного порошка использовали аспираторную пыль электрофильтров и термоактивированный мергель, в качестве мелкого заполнителя использовался монофракционный Вольский песок с модулем крупности 2,5. Смесь минеральных порошков и заполнителя тщательно перемешивали и затворяли водным раствором жидкого натриевого стекла (силикатный модуль 2,8, плотность 1,42 кг/м³). На вторые сутки после распалубки образцы помещались в течение следующего периода хранения в сушильный шкаф при температуре 50°C на 2 часа, так как температура является катализатором твердения и набора прочности цементного камня. На рисунке 2 приводятся

результаты испытаний, кинетика набора прочности многокомпонентных систем «активный порошок – минеральный порошок – Na_2SiO_3 ».



а)



б)

Рисунок 2 – Кинетика набора прочности многокомпонентных систем: «термоактивированный мергель – минеральный порошок – Na_2SiO_3 » (а), «аспираторная пыль – минеральный порошок – Na_2SiO_3 » (б)

Полученные результаты испытаний показали, что образцы с использованием в качестве реакционной составляющей термоактивированного мергеля при температуре 700 °С характеризуются более высокой прочностью, в сравнении с образцами на аспираторной пыли электрофильтров. Тонкодисперсный порошок из мергеля в обоих вяжущих связках показал максимальный показатель активности 48 и 34 МПа, порошок из вулканического туфа также благоприятно влияет на прочность системы, активность составила 42 и 27 МПа. Можно констатировать, что именно алюмосиликатная природа, как активной составляющей, так и минерального порошка-наполнителя системы, все в комплексе повысило прочность вяжущих связей щелочной активации.

Выводы

Таким образом, полученные рецептуры вяжущих систем щелочной активации с использованием термоактивированного мергеля при температуре 700 °С и аспирационной пыли электрофильтров, позволят создавать строительные композиты с заданными свойствами, что даст возможность при необходимости заменить традиционный энерго- и ресурсоемкий портландцемент в менее ответственных технологических переделах строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муртазаев С-А.Ю., Саламанова М.Ш. Перспективы использования термоактивированного сырья алюмосиликатной природы // Приволжский научный журнал. 2018. №2 (Т.46). С. 65 –70.
2. Murtazayev S- A. Yu., Salamanova M.Sh., Mintsaeв M.Sh., Bisultanov R.G Fine-Grained Concretes with Clinker-Free Binders on an Alkali Gauging (Мелкозернистые бетоны на основе вяжущих щелочной активации) Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019). Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol.1. P.500-503.
3. Bataev D.K-S., S- A. Yu. Murtazayev, Salamanova M.Sh., Viskhanov S.S. Utilization of Cement Kiln Dust in Production of Alkali-Activated Clinker-Free Binders (Использование цементной пыли в производстве бесклнкерных вяжущих щелочной активации) / Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019). Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol.1. P.457-460.
4. Nematollahi B., Sanjayan J. Efficacy of Available Superplasticizers on Geopolymers [Elec-tronic resource] // Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. 2014. Vol. 7. №7. Pp.1278-1282. <http://www.maxwellsci.com/print/rjaset/v7-1278-1282.pdf>.
5. Hardjito D., Wallah S.E, Sumajouw D.M.J, Rangan B.V. Properties of geopolymer concrete with fly ash source material: effect of mixture composition / In: Seventh CANMET/ACI international conference on recent advances in concrete technology, Las Vegas, USA; 2002.
6. Alonso S., Palomo A. Alkaline activation of metakaolin and calcium hydroxide mixtures: influence of temperature, activator concentration and solids ratio // Materials Letters. 2001. №47(1-2). Pp.55-62.
7. Солдатов А.А., Сариев И.В., Жаров М.А., Абдураимова М.А. Строительные материалы на основе жидкого стекла // В сборнике: Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности Материалы IV-й ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета. Н.И. Стоянов (ответственный редактор). 2016. С. 192-195.
8. Kozhukhova N.I., Chizhov R.V., Zhernovsky I.V., Strokova V.V. Structure formation of geopolymer perlite binder vs. Type of alkali activating agent // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. Vol. 8(3). Pp. 15338–15348.
9. Саламанова М.Ш., Муртазаев С-А.Ю. Цементы щелочной активации: возможность снижения энергоемкости получения строительных композитов // Строительные материалы. 2019. № 7. С.32-41.
10. Obata A., Kasuga T., Jones J.R. Hydroxyapatite Coatings Incorporating Silicon Ion Releasing System on Titanium Prepared Using Water Glass and Vaterite // Journal of the American Ceramic Society. 2011. Vol. 94. Iss.7. P. 2074-2079.
11. Reinik J., Heinmaa I., Mikkola J.P., Kirso U. Hydrothermal alkaline treatment of oil shale ash for synthesis of tobermorites // Fuel. 2007. Vol. 86. P. 669-676.
12. Кривенко П.В., Скурчинская Ж.В., Сидоренко Ю.А. Шлакощелочные вяжущие нового поколения // Цемент. 1991. №11-12. С. 4-8.
13. Kmita A., Huter B. The influence of physical and chemical parameters of modified water glass on the strength of loose self-setting sands with water-glass // Metallurgy and foundry engineering. 2012. Vol. 38. No.1. P. 67-71.
14. Рахимова Н.Р., Рахимов Р.З. Влияние дисперсности и гранулометрического состава молотых шлаков на свойства шлакощелочных вяжущих // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2008. Вып. 11. С. 16-18.
15. Удодов С.А., Черных В.Ф., Черный Д.В. Применение пористого заполнителя в отделочных составах для ячеистого бетона // Сухие строительные смеси. 2008. № 3. С.70.
16. Murtazayev S- A. Yu., Salamanova M.Sh., Mintsaeв M.Sh., Bisultanov R.G Fine-Grained Concretes with Clinker-Free Binders on an Alkali Gauging (Мелкозернистые бетоны на основе вяжущих щелочной активации) Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019). Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol.1. P.500-503.

17. Nesvetaev G., Koryanova Y., Zhilnikova T. On effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete // В сборнике: MATEC Web of Conferences 27. Сер. "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFOCE 2018" 2018. С. 04018.
18. Stelmakh S.A., Nazhnev M.P., Shcherban E.M., Yanovskaya A.V., Cherpakov A.V. Selection of the composition for centrifuged concrete, types of centrifuges and compaction modes of concrete mixtures // Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications (PHENMA 2018) Abstracts & Schedule. Edited by Yun-Hae Kim, I.A. Parinov, S.-H. Chang. 2018. С. 337.
19. Shuisky A., Stelmakh S., Shcherban E., Torlina E. Recipe-technological aspects of improving the properties of non-autoclaved aerated concrete // MATEC Web of Conferences Сер. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2017" 2017. С. 05011.
20. Солдатов А.А., Сариев И.В., Жаров М.А., Абдураимова М.А. Строительные материалы на основе жидкого стекла // В сборнике: Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности Материалы IV-й ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета. Н.И. Стоянов (ответственный редактор). 2016. С. 192-195.
21. Афонина М.И., Иванов С.В. Опыт и перспектива использования покрытий-заменителей снега в зимних рекреационных и спортивных комплексах // Экономика строительства и природопользования. 2016. № 1. С. 66-72.

REFERENCES

1. Murtazaev St. A.Yu., Salamanova M.Sh. Prospects for the use of thermally activated raw materials of aluminosilicate nature // Volga Scientific Journal. 2018. No. 2 (Т.46). С. 65–70.
2. Murtazayev S- A. Yu., Salamanova M.Sh., Mintsaeв M.Sh., Bisultanov R.G Fine-Grained Concretes with Clinker-Free Binders on an Alkali Gauging. / Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019). Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol.1. P.500-503.
3. Bataev D.K-S., S- A. Yu. Murtazayev, Salamanova M.Sh., Viskhanov S.S. Utilization of Cement Kiln Dust in Production of Alkali-Activated Clinker-Free Binders / Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019). Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol.1. P.457-460.
4. Nematollahi B., Sanjayan J. Efficacy of Available Superplasticizers on Geopolymers [Elec-tronic resource] // Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. 2014. Vol. 7 №7. Pp.1278-1282. <http://www.maxwellsci.com/print/rjaset/v7-1278-1282.pdf>.
5. Hardjito D., Wallah S.E, Sumajouw D.M.J, Rangan B.V. Properties of geopolymer concrete with fly ash source material: effect of mixture composition / In: Seventh CANMET/ACI international conference on recent advances in concrete technology, Las Vegas, USA; 2002.
6. Alonso, S. Alkaline activation of metakaolin and calcium hydroxide mixtures: influence of temperature, activator concentration and solids ratio / S. Alonso, A. Palomo // Materials Letters. - 2001. - №47(1-2). - pp.55-62.
7. Soldatov A.A., Sariev I.V., Zharov M.A., Abduraimova M.A. Building materials based on liquid glass [Text] // In the collection: Actual problems of construction, transport, engineering and technosphere safety. Materials of the IVth annual scientific and practical conference of the North Caucasus Federal University. N.I. Stoyanov (executive editor). 2016. С. 192-195.
8. Kozhukhova N.I., Chizhov R.V., Zhernovsky I.V., Strokova V.V. Structure formation of geopolymer perlite binder vs. Type of alkali activating agent // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. Vol. 8(3). Pp. 15338–15348.
9. Salamanova M.Sh. Murtazaev St. A.Yu. Cements of alkaline activation: the possibility of reducing the energy intensity of obtaining building composites [Text] // Building materials. 2019. No. 7. P.32-41.
10. Obata A., Kasuga T., Jones J.R. Hydroxyapatite Coatings Incorporating Silicon Ion Releasing System on Titanium Prepared Using Water Glass and Vaterite // Journal of the American Ceramic Society. 2011. Vol. 94. Iss.7. P. 2074-2079.
11. Reinik J., Heinmaa I., Mikkola J.P., Kirso U. Hydrothermal alkaline treatment of oil shale ash for synthesis of tobermorites // Fuel. 2007. Vol. 86. P. 669-676.
12. Krivenko P.V., Skurchinskaya J.V., Sidorenko Yu.A. Slag-alkaline binders of a new generation // Cement. 1991. No. 11-12. С. 4-8.
13. Kmita A., Hutera B. The influence of physical and chemical parameters of modified water glass on the strength of loose self-setting sands with water-glass // Metallurgy and foundry engineering. 2012. Vol. 38. No. 1. P. 67-71.
14. Rakhimova, N.R., Rakhimov R.Z. The effect of dispersion and particle size distribution of ground slag on the properties of slag alkaline binders // Building materials, equipment, technologies of the XXI century. 2008. Issue. 11. С. 16-18.

15. Udodov S.A., Chernykh V.F., Cherny D.V. The use of porous aggregate in finishing compositions for aerated concrete // Dry building mixtures. 2008. No. 3. P.70.
16. Murtazayev S- A. Yu., Salamanova M.Sh., MintsaeV M.Sh., Bisultanov R.G Fine-Grained Concretes with Clinker-Free Binders on an Alkali Gauging / Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019). Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol.1. P.500-503.
17. Nesvetaev G., Koryanova Y., Zhilnikova T On effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete //MATEC Web of Conferences 27. Сер. "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFoCE 2018" 2018. C. 04018.
18. Stelmakh S.A., Nazhnev M.P., Shcherban E.M., Yanovskaya A.V., Cherpakov A.V. Selection of the composition for centrifuged concrete, types of centrifuges and compaction modes of concrete mixtures // Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications (PHENMA 2018) Abstracts & Schedule. Edited by Yun-Hae Kim, I.A. Parinov, S.-H. Chang. 2018. C. 337.
19. Shuisky A., Stelmakh S., Shcherban E., Torlina E. Recipe-technological aspects of improving the properties of non-autoclaved aerated concrete // MATEC Web of Conferences Сер. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2017" 2017. C. 05011.
20. Soldatov A.A., Sariev I.V., Zharov M.A., Abduraimova M.A. Building materials based on liquid glass // In the collection: Actual problems of construction, transport, engineering and technosphere safety Materials of the IVth annual scientific and practical conference of the North Caucasus Federal University. N.I. Stoyanov (executive editor). 2016. S. 192-195.
21. Afonina M.I., Ivanov S.V. Experience and prospect of using snow substitute coatings in winter recreational and sports complexes // Economics of Construction and Environmental Management. 2016. No. 1. S. 66-72.

Информация об авторах:

Муртазаев Сайд-Альви Юсупович

ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени акад. М.Д. Миллионщикова», г. Грозный, Россия,
Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, г. Грозный, Россия,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии строительного производства.
E-mail: s.murtazaev@mail.ru

Саламанова Мадина Шахидовна

ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени акад. М.Д. Миллионщикова», г. Грозный, Россия,
Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, г. Грозный, Россия,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии строительного производства.
E-mail: madina_salamanova@mail.ru

Information about authors:

Murtazaev S-A. Yu.

Grozny State Oil Technical University named after acad. M.D. Millionshchikov, Grozny, Russia,
Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia,
doctor of technical sciences, Professor, Head of the Department of Technology of Construction Production.
E-mail: s.murtazaev@mail.ru

Salamanova M. Sh.

Grozny State Oil Technical University named after acad. M.D. Millionshchikov, Grozny, Russia,
Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia,
candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the department of technology of building production.
E-mail: madina_salamanova@mail.ru