

DOI: 10.12737/24999

Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.,
Сумской Д.А., аспирант,
Золотых С.В., аспирант,
Канева Е.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МИКРОСТРУКТУРА ПРОДУКТОВ ГИДРАТАЦИИ ВЯЖУЩИХ КОМПОЗИЦИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В ВИХРЕВОЙ СТРУЙНОЙ МЕЛЬНИЦЕ

LHZ47@mail.ru

Методом электронной микроскопии исследованы микроструктуры цементных камней, полученных из активизированного портландцемента и вяжущих композиций в вихревой струйной мельнице. Установлено, что открытые поры цементно-вяжущих композиций, приготовленных с использованием перлитовых наполнителей, всегда заполнены новообразованиями, находящимися на различных стадиях коллективного роста. Микроструктура вяжущих композиций имеет плотную структуру за счет рационально подобранного состава, использования эффективного минерального наполнителя - перлитовых отходов, создающих дополнительные подложки для формирования внутренней микроструктуры композита, механохимической активации сырьевой смеси, позволяющих получать композиты с заданными свойствами.

Ключевые слова: продукты гидратации, микроструктура, электронная микроскопия, вихревая струйная мельница, вяжущие композиции, физико-механические показатели.

Введение. Гидратация цемента, а тем более вяжущих композиций, включает целый ряд сложных химических, физико-химических и физических процессов, обуславливающих схватывание и твердение цементных вяжущих. Образующиеся в процессе гидратации цементных минералов кристаллогидраты имеют очень малую величину, часто менее 1 мкм. Кроме того, они являются неустойчивыми соединениями, и в зависимости от внешних условий (температуры, влажности воздуха, давления и т.д.) могут давать соединения разного состава, а также образуют между собой, с выделяющимся в процессе твердения гидроксидом кальция, твердые растворы. Все сложные физико-химические процессы, протекающие при гидратации вяжущих композиций, мы рассматриваем при сравнении их различных вещественных составов и при разной подготовке этих составов, за счет многократных проходов в вихревой струйной мельнице. В качестве «нулевых составов» использовали портландцемент, с различными проходами через вихревую струйную мельницу.

Вяжущие композиции получали в вихревой струйной мельнице ВСМ-01. В качестве сырьевых материалов использованы: портландцемент ЦЕМ I 42,5Н (ГОСТ 31108-2003) ЗАО «Белгородский цемент» (ПЦ) и отходы производства перлитового песка (ПП).

Методология. Изучение микроструктуры образцов гидратированных цементов и гидратированных вяжущих композиций в возрасте 28 суток проводили на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения TESCAN MIRA 3 LMU. Физико-механические свойства

вяжущих композиций определяли в соответствии с нормативными требованиями.

Основная часть. Результаты научных исследований и их практическая апробация показывают высокую эффективность применения композиционных вяжущих, приготовленных методом механохимической активации в регламентированных условиях, на основе портландцемента, минеральных добавок различного генезиса и химических модификаторов, для рационального использования цемента в бетоне и для получения высококачественных строительных материалов различного назначения [1–13].

Для получения композиционных вяжущих различного функционального назначения в качестве минеральных добавок используют различные природные материалы и техногенные продукты: золы, шлаки, шламы, хвосты мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов, техногенные пески и т.д. [14–24].

В наших исследованиях, на первом этапе получали вяжущие композиции в вихревой струйной мельнице на основе портландцемента (табл. 1, составы 1–4) и отходов перлитового производства при следующих соотношениях компонентов (табл.1, составы 5–16) и при пропуске композиций через мельницу от одного до трех раз. На следующем этапе исследований предусматривается получение композиционных вяжущих специального назначения путем модификации вяжущих композиций. В соответствии с требованиями ГОСТ 310.3-76 определили нормальную густоту и сроки схватывания (рис. 1) полученных составов вяжущих композиций (табл.1, составы 1–16).

Таблица 1

Составы портландцемента и вяжущих композиций, активированных в вихревой струйной мельнице

| Номера составов, соотношение компонентов, количество проходов через мельницу | | | | | | | |
|--|-----------------|---|----------------------------------|----|--------------------------------------|----|-----------------------------------|
| 1 | ПЦ0 | 5 | КВ1.0 ПЦ/ПП=95/5% | 9 | КВ2.0 ПЦ/ПП=92,5/7,5% | 13 | КВ3.0 ПЦ/ПП=90/10% |
| 2 | ПЦ1 1 проход | 6 | КВ1.1 ПЦ/ПП=95/5% 1 проход | 10 | КВ2.1 ПЦ/ПП=92,5/7,5% 1 проход | 14 | КВ3.1 ПЦ/ПП=90/10% 1 проход |
| 3 | ПЦ2 2 проход | 7 | КВ1.2 ПЦ/ПП=95/5% 2 проход | 11 | КВ2.2 ПЦ/ПП=92,5/7,5% 2 проход | 15 | КВ3.2 ПЦ/ПП=90/10% 2 проход |
| 4 | ПЦ3 3 проход | 8 | КВ1.3 ПЦ/ПП=95/5% 3 проход | 12 | КВ2.3 ПЦ/ПП=92,5/7,5% 3 проход | 16 | КВ3.3 ПЦ/ПП=90/10% 3 проход |

Установлено, что сроки схватывания образцов портландцементов, активизированных в вихревой струйной мельнице от 1 до 3-х проходов, сокращаются: начало схватывания снижается на 28–57 %, а конец схватывания от 27 до 30 %. Полученные результаты согласуются с существующими теоретическими положениями. С увеличением содержания перлитовой составляющей в вяжущих композициях, не активизированных в мельнице, начало сроков схватывания, в сравнении с бездобавочным цементом, с содержанием перлита до 5 %, увеличивается на 51 %, а при увеличении содержания перлита в композициях до 7,5 % и 10 % начало схватывания сокращается от 18 % до 46 %, а конец схватывания этих композиций возрастает от 39 % до 60 %. Вяжущие композиции, с различным содержанием перлитовой составляющей, с

увеличением количества проходов через мельницу характеризуются ускоренным началом схватывания, что свидетельствует об активизации процессов гидратации в системах. Следует отметить, что наиболее ранними сроками начала схватывания характеризуются составы с содержанием перлитовой составляющей 10 %, что превосходит начало схватывания бездобавочного цемента в 5–8 раз, что характеризует высокую гидравлическую активность синтезированных композиций. Анализ полученных результатов по срокам схватывания вяжущих композиций указывает на исключительно сложные взаимодействия в рассматриваемых системах, которые, безусловно, отразятся на процессах формирования микроструктуры и конечных физико-механических свойствах композита.

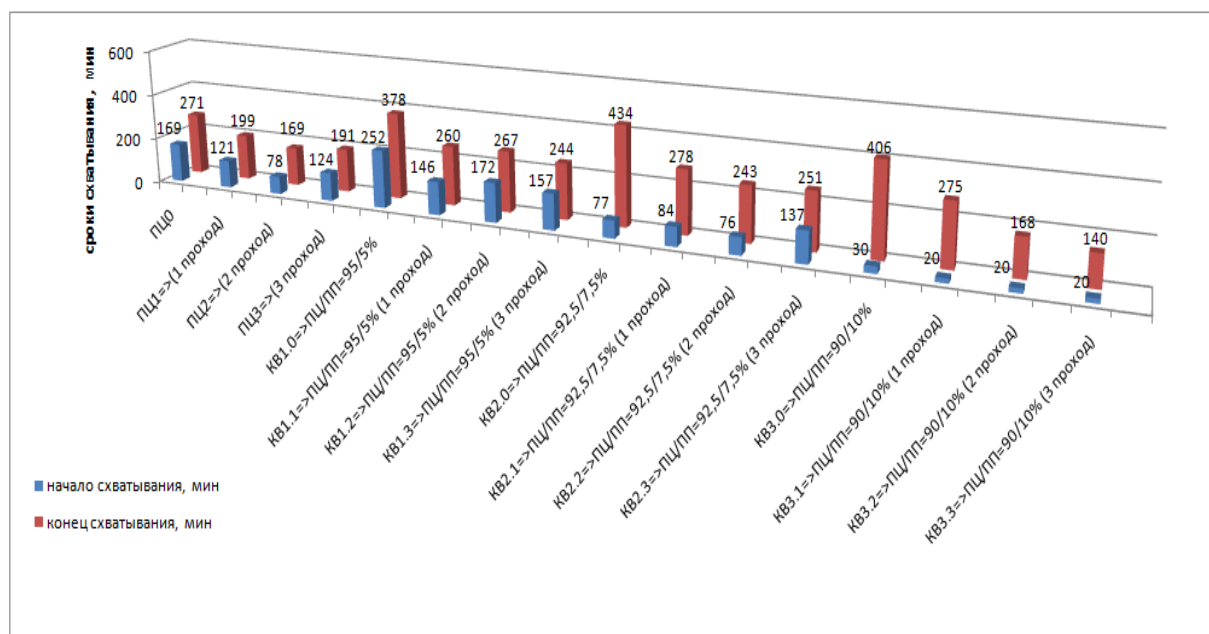


Рис. 1. Сроки схватывания портландцемента и вяжущих композиций, активизированных в вихревой струйной мельнице

Результаты физико-механических показателей отформованных образцов из портландцемента и вяжущих композиций, после хранения в нормальных условиях, в возрасте 3 и 28 суток свидетельствуют о стабильном нарастании прочности. Однако, если в обычном (не активированном) портландцементе прирост прочности образцов с 3-х суточного твердения к 28 суточному возрасту составляет до 8 %, то прирост прочности в гидратированных вяжущих композициях имеет свои особенности. Почти все вяжущие композиции (составы 5, 9–16) имеют пониженные показатели прочности при сжатии в возрасте 3-х суток, однако к 28 суточному возрасту прочность составов № 6, 8, 11,

14, 15, 16 достигают показателей, приближающихся, а некоторых и превосходящих прочность не активированного цемента. Установлено, что из всех полученных составов вяжущих композиций наиболее эффективными являются составы № 6, 8 и 15, прочность которых составляет соответственно 52,0 МПа, 53,3 МПа, что превышает прочность исходных товарных цементов на 20–23 %.

Таким образом, особенности вещественного состава вяжущих композиций, а также их активирование в вихревой струйной мельнице, благоприятно сказывается на увеличении предела прочности при сжатии, повышая этот показатель до 23 %.

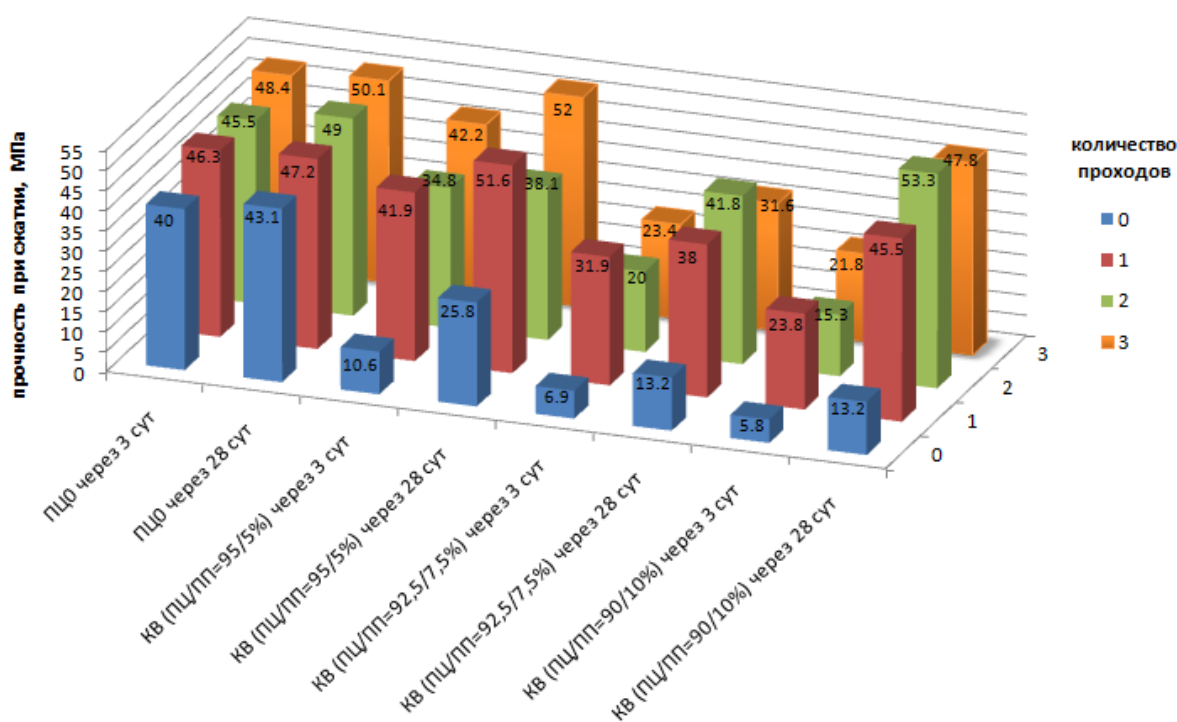


Рис. 2. Сравнительные физико-механические показатели портландцемента и вяжущих композиций, активизированных в вихревой струйной мельнице в возрасте 3 и 28 суток

Изучение микроструктуры образцов гидратированных портландцементов (составы 1–4) и гидратированных вяжущих композиций (составы 5–16) в возрасте 3 и 28 суток проводили на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения TESCAN MIRA 3 LMU.

На электронных микрофотографиях, полученных на сканирующем микроскопе с поверхности сколов, исследуемых цементных камней в возрасте 28 суток показаны по два изображения наиболее типичных участков при разных увеличениях (рис. 3–8). Микроструктуры образцов исследуемых гидратированных портландцементов (составов 1–4) приведены на рис. 3–6. Известно, что гидратация цементного порошка протекает по его поверхности, т.е. подчиняется

правилу фаз Гиббса. Гетерогенность цементного камня определяется в начальный период твердения гетерогенностью исходного цементного зерна и клинкера, что обеспечивается высокой удельной поверхностью за счет активации портландцемента и цементных вяжущих композиций.

Были изучены поверхности скола чистого цементного камня в возрасте 28 суток (рис. 3) с целью последующего сравнения их со структурой гидратированных образцов на основе вяжущих композиций. В соответствии с классическими представлениями, развитие кристаллической структуры цементного камня происходит в два этапа: на первом этапе формируется пространственный кристаллический каркас и воз-

никают контакты срастания между кристаллами (возможно образование двух видов каркасов - гидросульфатоалюминатного и гидросиликатного), а на втором этапе происходит обрастание уже имеющегося каркаса.

Микроструктура портландцементного камня из теста нормальной густоты, твердевшего в нормальных условиях в течение 28 суток (рис. 3), состоит из отдельных блоков-агрегатов, образованных параллельно ориентированными слоями чешуйчатых поликристаллов и пакета-

ми кристаллических гидратных соединений размером в несколько микрометров. Слоистость структуры гидросиликатов не всегда четко прослеживается. В большинстве случаев она имеет вид бесформенных скоплений чешуек, что объясняется происхождением скола по блокам между чешуйками в различных слоях. Слоистая структура гидросиликатов кальция определяется ритмичностью процесса гидратации, формой и размерами участков силикатов кальция в исходных негидратированных цементных зернах.

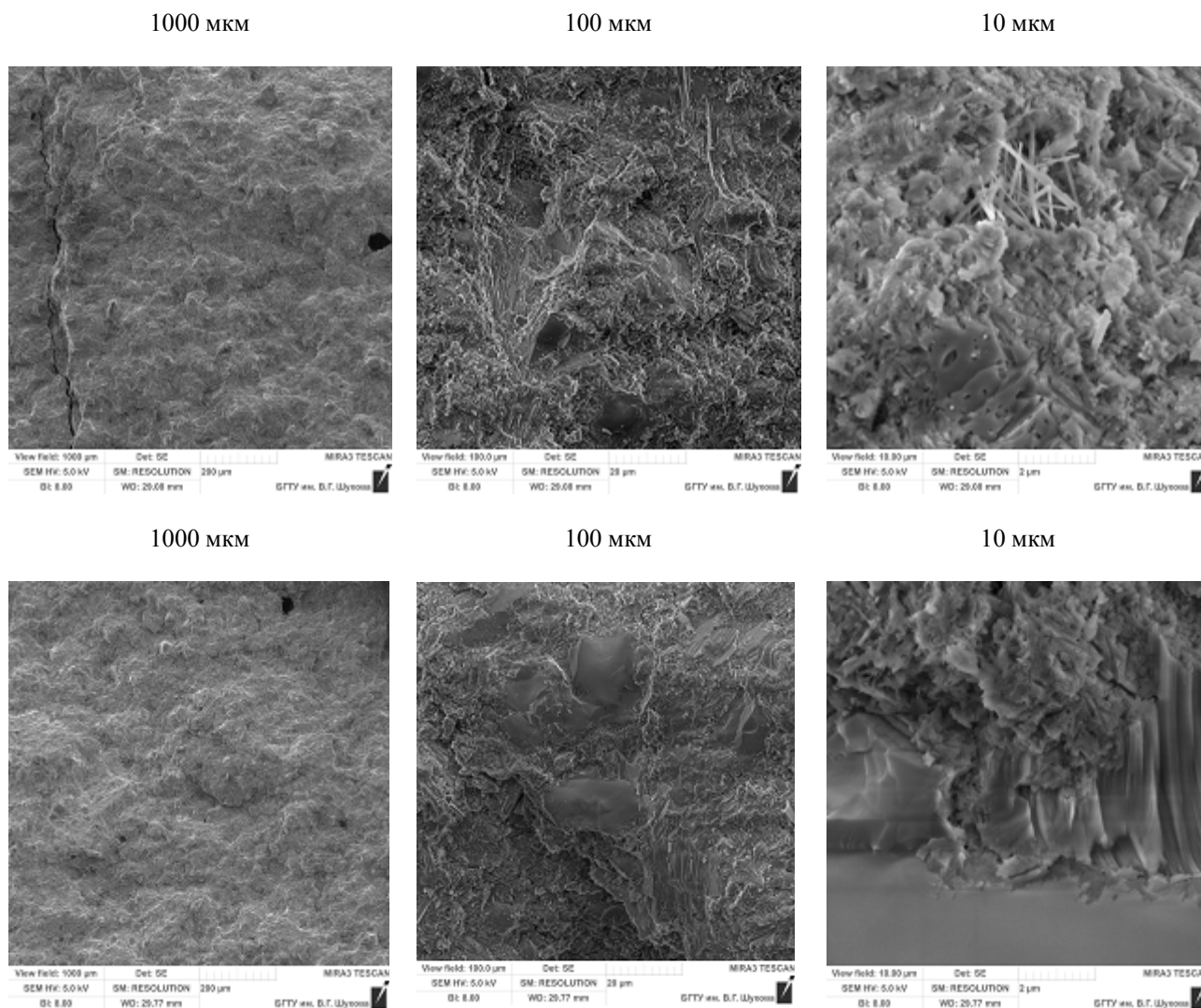


Рис. 3. Микроструктура цементного камня в возрасте 28 суток

Кристаллическая фаза активизированного цементного камня (1–3 проходов через мельницу) представлена (рис. 4–6) блоками кристаллов в виде гексагональных призм, пластин, сросшихся в двойниковом положении в результате геометрического отбора растущих кристаллов. Кроме того в цементном камне наблюдаются кристаллы и кристаллоагрегаты - друзы, находящиеся на тех или иных стадиях геометрического отбора растущих кристаллов в стесненных условиях. Из рисунков видно зарастание пор

цементного камня гидратными соединениями и их уменьшение, что имеет важное значение для омоноличивания камня и синтеза его прочности. Эти же микрофотографии хорошо иллюстрируют рост отдельных призматических кристаллов вторичного портландита в направлении, перпендикулярном к исходной поверхности стенок поры, прослеживается срастание призматических кристаллов в результате геометрического отбора растущих кристаллов.

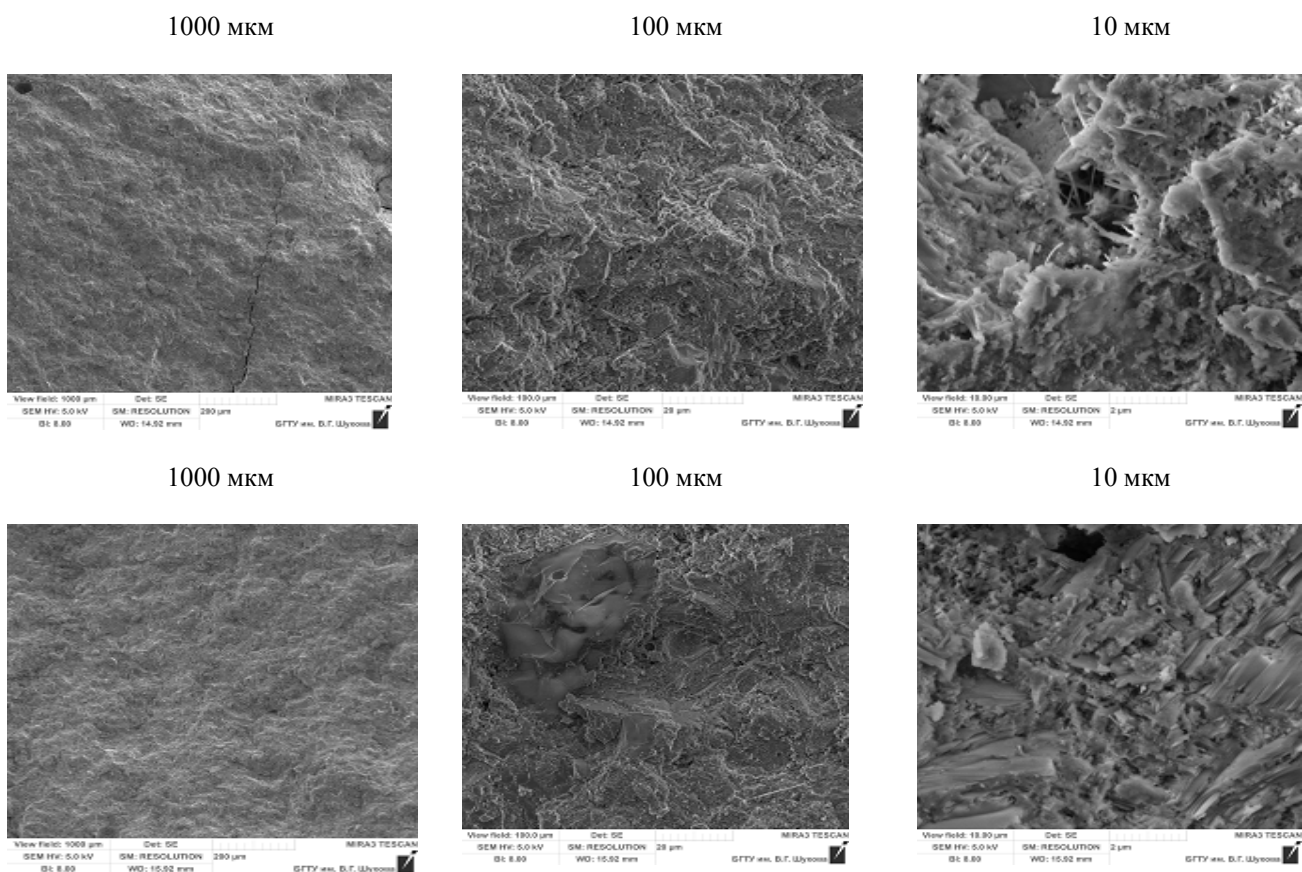


Рис. 4. Микроструктура цементного камня из портландцемента, активизированного в струйной вихревой мельнице (1 проход), в возрасте 28 суток

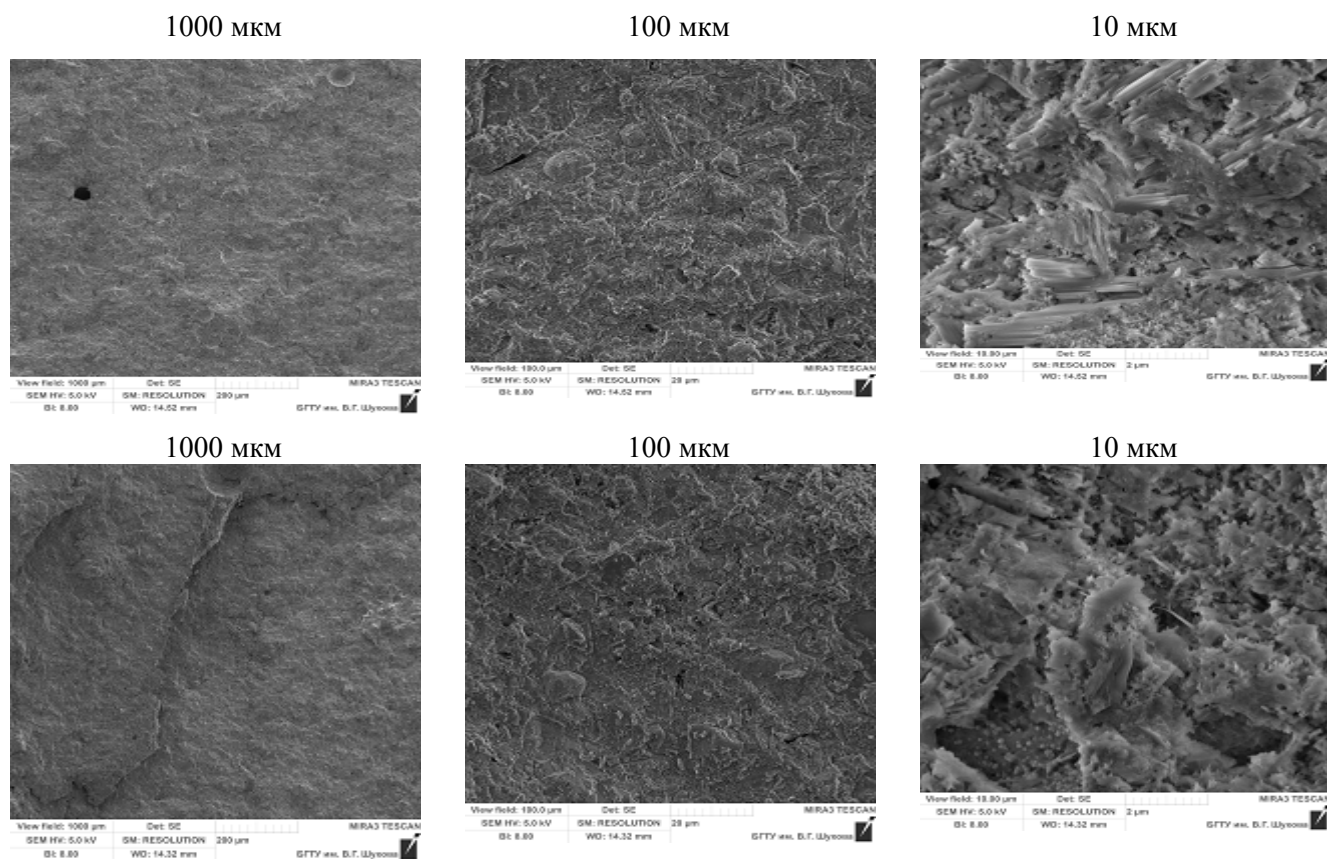


Рис. 5. Микроструктура цементного камня из портландцемента, активизированного в струйной вихревой мельнице (2 прохода), в возрасте 28 суток

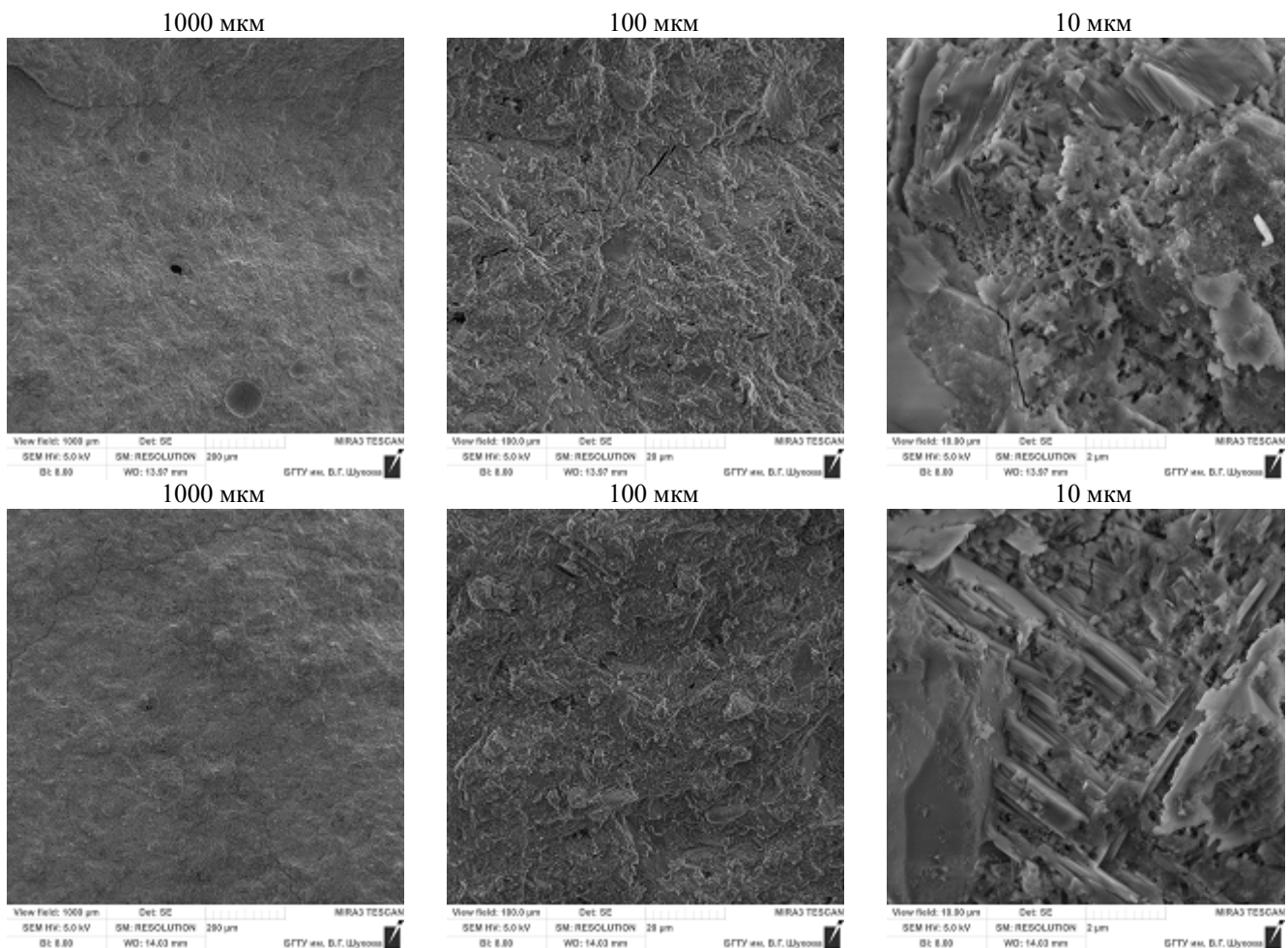


Рис. 6. Микроструктура цементного камня из портландцемента, активизированного в струйной вихревой мельнице (3 прохода), в возрасте 28 суток

Методом электронной микроскопии исследованы микроструктуры цементных камней, полученных из синтезированных вяжущих композиций составов 5-16 (табл.1, рис. 7,8). При этом выявлена блочно-ритмическая структура цементного камня, а также микроструктура отдельных блоков. Установлено, что чешуйки гидросиликатов кальция срослись друг с другом во многих местах, по всему объему, т.е. отмечен процесс собирательной рекристаллизации, обусловленный присутствием силикатного компонента – отходов перлитового производства. Отмечается присутствие перлитовых зерен-пластин, просматривающихся по всему объему. По всей площади скола наблюдается активное зарастание пор в виде сетчатых структур, этот процесс имеет неодинаковые стадии, что вызвано различным минеральным составом исходных клинкерных зерен цемента и внесенного в вяжущие композиции перлитовых отходов.

Цементный камень 28 суточного твердения представляет собой конгломерат, состоящий из блоков различной микроструктуры, поры кото-

рого заполнены отдельными кристаллами и их друзами. Блоки с четко выраженной параллельной слоистой структурой могут состоять из призматических кристаллов портландита, гидросульфалюминатов и гидросульфферритов. Размер блоков определяется геометрической формой, минералогическим составом, величиной исходных цементных зерен и перлитового наполнителя, а также их взаимным расположением, уплотнением и степенью заполнения промежуточного пространства между ними водой. На микрофотографиях (рис. 7 и 8) отмечается, что блоки выглядят по-разному: одни имеют ясно выраженную слоистость, другие похожи на бесформенную массу, это объясняется тем, что блоки ориентированы в разных направлениях и плоскость сколов в одних блоках проходит по слою, а в других по чешуйкам. При больших увеличениях ясно видно, что бесформенная масса это те же слои чешуек. Оба вида блоков представляют собой гидросиликаты кальция, состав которых отличен.

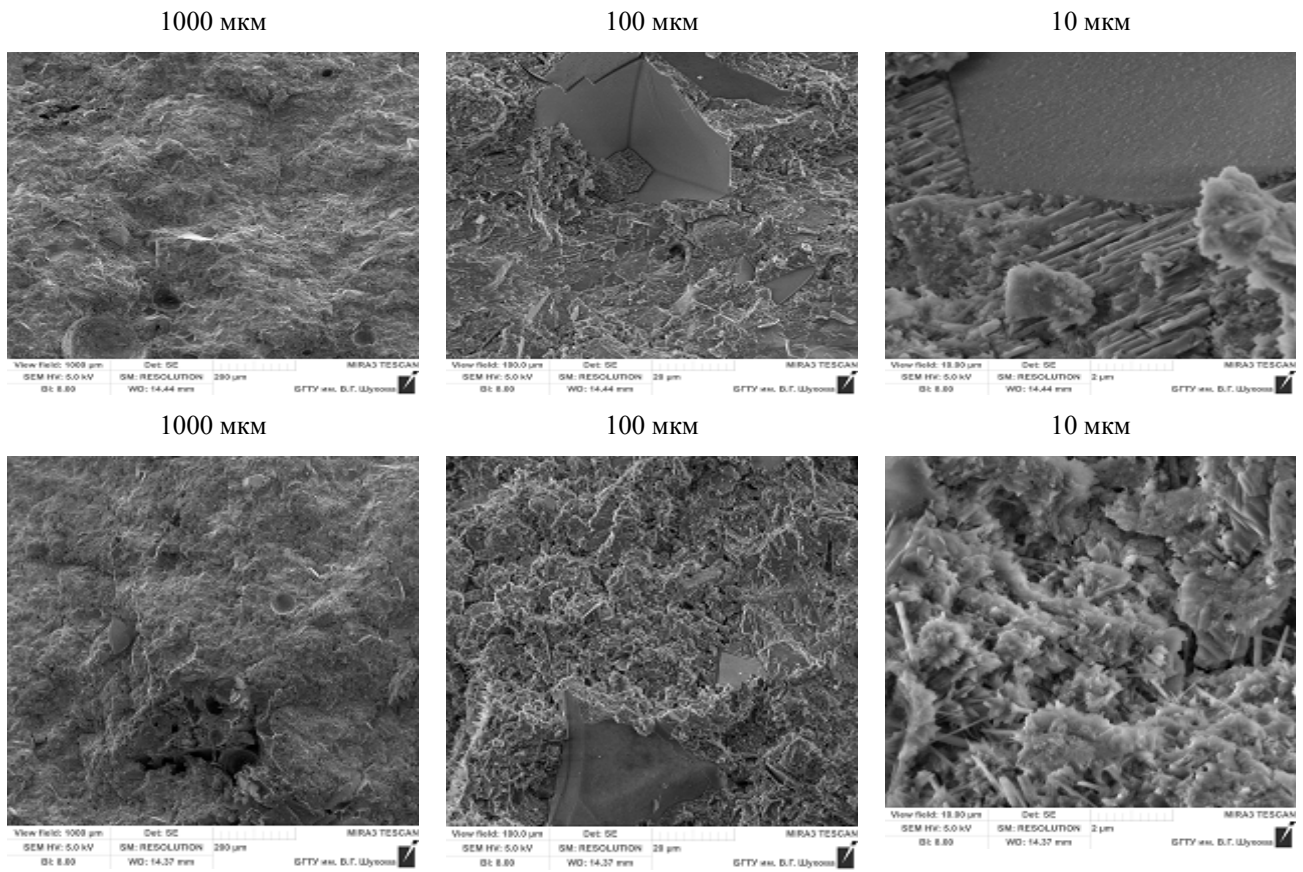


Рис. 7. Микроструктура цементного камня из вяжущей композиции состава 6 в возрасте 28 суток

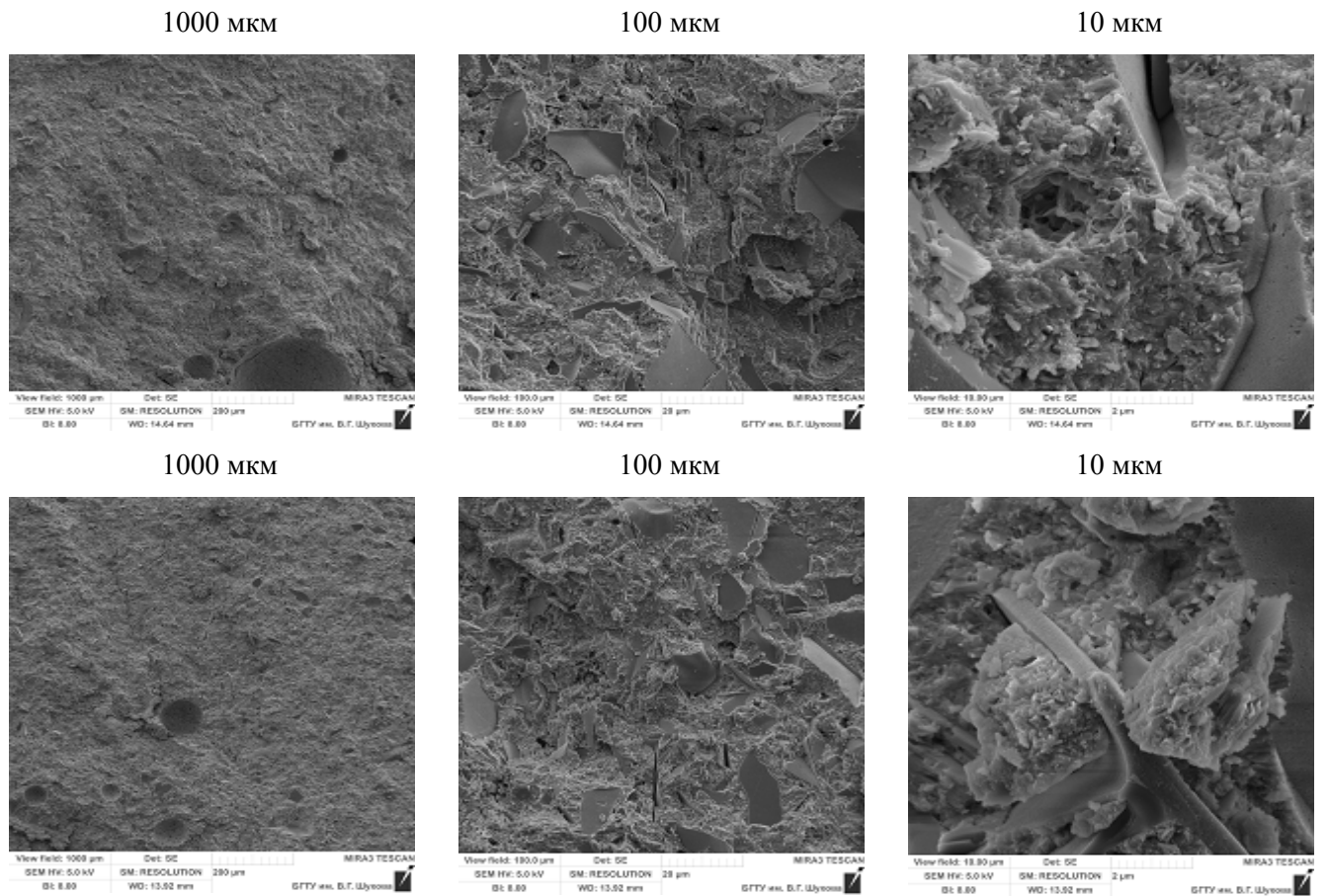


Рис. 8. Микроструктура цементного камня из вяжущей композиции состава 15 в возрасте 28 суток

В период формирования микроструктуры одновременно с ростом кристаллов в структурах внешнего ритма и возникновением зародышей кристаллов в структурах внутреннего ритма происходит растворение и перекристаллизация кристаллов и их зародышей. Кристаллизация и перекристаллизация новообразований в цементном камне осуществляется в присутствии аморфного кремнезема, внесенного перлитовыми отходами, которые, влияя на характер кристаллизации, могут либо входить в состав кристалла, образуя твердые растворы, либо быть включениями в твердом или жидком (маточный раствор) состоянии. Этому способствуют кристаллохимические особенности строения гидроксида кальция, разрешающие широкий диапазон стабильных и метастабильных замещений. В процессе структурообразования цементного камня гидроксид кальция является матрицей для внедрения в него различных элементов и ионов с последующим образованием гидратных соединений. Этим объясняется наличие элементов структуры гидроксида кальция во многих гидратных соединениях цементного камня. В первоначально сформировавшихся гидросиликатах кальция со структурой гидроксида кальция протекает твердофазовый процесс поликонденсации SiO_4 -тетраэдров по схеме, разработанной Н. В. Беловым [25], с образованием более сложных гидросиликатов кальция и выделением свободного гидроксида кальция. Последний, переходя в раствор, мигрирует по капиллярам и порам, кристаллизуясь в различных местах в зависимости от условий системы.

К 28 суточному возрасту камня в результате уменьшения концентрации в жидкой фазе происходит перекристаллизация в пространстве призматических кристаллов гидроксида кальция в гексагональные пластинки, заполняющие все свободное пространство между первоначальными цементными зёрнами. Гексагональные пластинки сначала образуют в центре поры и со всех сторон окружены игольчатыми кристаллами портландита. Это свидетельствует о высоком пересыщении жидкой фазы у основания поры и низком – в ее центре. Дальнейшая перекристаллизация и рост гексагональных кристаллов портландита подчиняются законам коллективного роста кристаллов и протекают метасоматически. В результате получаются блоки пластинчатых кристаллов портландита, срастающихся в двойниковом положении и ориентированных в пространстве граничными плоскостями структур внутреннего ритма, соответствующих очертанью исходных зёрен цемента.

Структура внутреннего ритма образуется внутри от исходящей поверхности цементного

зёрна и состоит из зародышей кристаллов – чешуек, выпадающих из сильно пересыщенных растворов в объеме растворенного вещества. Ритмичность процесса гидратации определяет слоистое расположение чешуек в структуре. Структура внешнего ритма образуется наружу от исходной поверхности цементного зёрна и состоит из кристаллов, подчиняющихся законам коллективного роста их в ограниченном объеме. Эта структура с возрастом цементного камня подвергается генезису. Кристаллы портландита первоначально кристаллизуется из сильно пересыщенных растворов в виде шестигранных призматических кристаллов, а затем при уменьшении концентрации жидкой фазы перекристаллизуются в гексагональные пластинки. Причем эта перекристаллизация начинается уже внутри поры и обращена к ее поверхности.

В результате чрезвычайно сложного процесса формируется блочно-ритмическая микроструктура плотной части цементного камня, которая в сочетании с порами и негидратированными цементными зёрнами представляет собой структуру цементного камня. Сформировавшаяся структура с возрастом постоянно изменяется, что обусловлено стремлением гетерогенного материала к равновесию. Известно, что структура цементного камня определяет его свойства и прежде всего прочность. Прочность и пористость находятся в прямой зависимости. Пористость подразделяют на открытую (капиллярную) и закрытую (вакуольную). Установлено, что при одинаковой пористости наличие второго вида пор улучшает технические свойства цементного камня. Поры первого вида первоначально образованы зазорами между цементными зёрнами, находящимися в ограниченном геометрическом объеме. При нормальных условиях твердения цемента они всегда заполнены водой, количество и размер их с возрастом камня уменьшается. Поры второго вида заполнены воздухом и с возрастом практически не изменяются.

Как показали электронные микроскопические исследования цементов и вяжущих композиций, приготовленных с использованием перлитовых наполнителей, открытые поры всегда заполнены новообразованиями, находящимися на различных стадиях коллективного роста – одиночных кристаллов или их друз, параллельно – отдельного роста кристаллов, полностью заросших пор и, наконец, в виде блоков в структуре камня. Особую роль в формировании этих новообразований играют минеральные наполнители – отходы перлитового производства.

Анализ микроструктуры вяжущих композиций свидетельствует о создании плотной

сросшейся структуры за счет рационально подобранного состава, использования эффективно-го минерального наполнителя - перлитовых отходов, создающих дополнительные подложки для формирования внутренней микроструктуры композита, дополнительной активизации сырьевой смеси, позволяющей получать композиты с заданными свойствами.

Таким образом, изучение микроструктуры портландцемента и вяжущих композиций, активизированных в вихревой струйной мельнице, убедительно подтвердило полученные ранее физико-механические характеристики этих вяжущих.

Выводы. Ценность минеральных вяжущих веществ как строительных материалов определяется в первую очередь механической прочностью камня на их основе. Свойства же искусственного камня обусловлены его структурой. Анализ микроструктуры вяжущих композиций свидетельствует о создании плотной сросшейся структуры за счет рационально подобранного состава, использования эффективного минерального наполнителя - перлитовых отходов, создающих дополнительные подложки для формирования внутренней микроструктуры композита, дополнительной активизации сырьевой смеси, позволяющих получать композиты с заданными свойствами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алфимова Н.И., Никифорова Н.А. Оптимизация параметров изготовления композиционных вяжущих, изготовленных с использованием вулканического сырья // Региональная архитектура и строительство. 2016. №4. С. 33–39.
2. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Савин А.В., Шадский Е.Е. Перспективы применения композиционных вяжущих при производстве железобетонных изделий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. №5 (88). С. 95–99.
3. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья. Saarbrucken. LAP LAMBERT, 2013. 127 с.
4. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И. Степень гидратации композиционных вяжущих как фактор коррозии арматуры в бетоне // Известие вузов. Строительство. 2013. №1. С. 28–33.
5. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И., Гинзбург А.В. Оценка защитных свойств бетонов на композиционных вяжущих по отношению к стальной арматуре // Строительные материалы. 2013. №7. С. 56–58.
6. Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Агеева М.С. Бетоны на композиционных вяжущих // Бетон и железобетон. Оборудование. Материалы. Технологии. 2012. № 2 (7). С. 99–101.
7. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих. Saarbrucken. LAP LAMBERT, 2012. 197 с.
8. Строкова В.В., Гринев А.П., Алфимова Н.И., Огурцова Ю.Н. Мелкозернистые бетоны для монолитного строительства на основе сырья Ханты-Мансийского автономного округа. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2011. 107 с.
9. Лесовик В.С., Ковтун М.Н., Алфимова Н.И. Комплексное использование отходов алмазобогащения // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 8. С. 30–31.
10. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е. Модифицированные вяжущие с использованием вулканического сырья. Saarbrucken. LAP LAMBERT, 2015. 132 с.
11. Агеева М.С., Алфимова Н.И. Эффективные композиционные вяжущие на основе техногенного сырья. Saarbrucken. LAP LAMBERT, 2015. 75 с.
12. Zagorodnuk L.H., Lesovik V.S., Shkarina A.V., Belikov D.A., Kuprina A.A. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structures in Construction Materials // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24 №. 11. С. 1496–1502.
13. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л. Закон сродства структур в материаловедении // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. Ч. 2. С. 267–271.
14. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А., Щекина А.Ю., Куприна А.А. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // Строительные материалы. 2014. №7. С. 82–85.
15. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Беликов Д.А. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства // Вестник Центрального регионального отделения РААСН, Выпуск 18. Москва. 2014. С. 112–119.
16. <http://dv.sartpp.ru/news.php?ID=206>
17. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Гайнутдинов Р. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих // Вестник Центрального регионального отделения РААСН. 2014. С. 93–98.
18. Lesovik V.S., Zagorodnuk L.H., Tolmacheva M.M., Smolikov A.A., Shekina A.Y., Shkarina M.H.I. Structure-formation of contact layers of composite materials // Life Science Journal. 2014. Т. 11. №12s. С. 948–953.

19. Kuprina A.A., Lesovik V. S., Zagorodnyk L. H., Elistratkin M. Y. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin// Research Journal of Applied Sciences. 2014. № 9. С. 816–819.

20. Lesovik, V.S., Chulkova I.L., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.A., Popov. D.Y. The Role of the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works // Research journal of applied sciences 2014. Т. 9. №12. С. 1100–1105.

21. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N., Kuprina A.A. The control of building composite structure formation through the use of multifunctional modifiers// Research journal of applied sciences. 2015. Т. 10. №. 12. С 931–936.

22. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N., Prasolova E.O. Influence Of The Inorganic Modifier Structure On Structural Composite Properties // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 19 С. 40617–40622.

23. Ильинская Г.Г. Лесовик В.С, Загороднюк Л.Х., Коломацкий А.С. Применение отходов КМА при производства сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. Шухова. 2012. № 4. С. 15–19.

24. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С. Повышение эффективности производства сухих строительных смесей. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 548 с.

25. Белов Н.В. Химия и кристаллохимия силикатов кальция.- V Всесоюз. совещ. по химии цемента: Тез докл. М., 1978, С. 23–29.

Zagorodnyk L.H., Sumy D.A., Golden S.V., Kaneva E.V.

MICROSTRUCTURE HYDRATION PRODUCTS BINDING COMPOSITION OBTAINED IN THE VORTEX JET MILL

By electron microscopy to study the microstructure of the cement stone made from Portland cement and activated binders of the compositions in the vortex jet mill. It was found that the open pores of the cement and cementitious compositions prepared using perlite fillers, always filled with tumors, at different stages of collective growth. The microstructure of cementitious compositions has a dense structure by rationally selected composition, effective use of mineral filler - perlite waste, creating additional support for the formation of the internal microstructure of the composite, mechanical activation raw mixture, allowing to obtain composites with desired properties.

Key words: hydration products, microstructure, electron microscopy, whirlpool jet mill, binding composition, physical and mechanical properties.

Загороднюк Лилия Хасановна, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: LHZ47@mail.ru

Сумской Дмитрий Алексеевич, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: pr9nik2011@yandex.ru

Золотых Сергей Викторович, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Канева Елена Вячеславовна, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.