

**ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ШУНГИТА НА СВОЙСТВА МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ ПЛАСТИФИЦИРОВАННЫХ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ**

<sup>1,2</sup>Рубаник В.В., <sup>1,2</sup>Шилин А.Д., <sup>3</sup>Белоус Н.Х., <sup>3</sup>Родцевич С.П., <sup>1,2</sup>Рубаник В.В. мл., <sup>4</sup>Шилина М.В.

<sup>1</sup>ГНУ «Институт технической акустики» НАН Беларуси, г. Витебск, E-mail: ita@vitebsk.by

<sup>2</sup>УО «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Беларусь

<sup>3</sup>Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

<sup>4</sup>УО «Витебский государственный университет» г. Витебск, Беларусь

Получение портландцементных (ПЦ) бетонов с улучшенными эксплуатационными характеристиками является одной из тенденций развития строительного материаловедения. Одним из путей решения проблемы является введение в бетоны высокоактивных микро – и наномодификаторов, среди которых наиболее перспективны, с точки зрения стоимости, природные материалы, например, шунгит (Ш). Шунгит является многокомпонентным, двухкавказным, комбинированным наполнителем, содержащим около 30 % шунгитового углерода с размерами частиц 10-20 нм и около 70 % силикатных материалов, равномерно распределенных в углероде в виде кварца, слюды и других минералов, с преобладанием частиц кремнезема  $\beta$  – модификации размерами от 1-2 до 10-12 мкм. Несмотря на отсутствие химических связей между кремнеземом и углеродом, в составе шунгита они представляют собой две взаимопроникающие фазы с контактной поверхностью около 20 м<sup>2</sup>/г. Повышение дисперсности частиц шунгита может достигаться дополнительным диспергированием ультразвуком, обработка которым осуществляется в определенном технологическом режиме.

Несмотря на многочисленные исследования в этой области, наиболее сложной задачей при введении шунгита в бетоны является равномерное распределение его частиц в ПЦ матрице. Чаще всего ее решают, вводя наполнитель при дроблении в водные растворы, выполняющие функции диспергатора, транспортного средства, а также жидкости затворения ПЦ систем. Необходимым условием для равномерного распределения наполнителя является также использование в процессе измельчения поверхностно-активных веществ (ПАВ) – сурфактантов, адсорбирующихся на поверхности Ш, активирующих ее и препятствующих агрегации частиц. Сложность гомогенизации наполнителя возрастает многократно при снижении размера его частиц, что обусловлено ростом его некомпенсированной поверхностной энергии, увеличением удельной поверхности, сопровождающейся формированием агломератов, а также снижением агрегативной и седиментационной устойчивости полученных водных суспензий.

**Целью данной работы** являлось изучение влияния добавок обработанного ультразвуком шунгита на реологические и прочностные характеристики мелкозернистого ПЦ бетона, пластифицированного анионноактивным нафталинсульфоновым суперпластификатором СЗ (СП СЗ).

В работе использован измельченный шунгит Зажогинского месторождения (Республика Карелия) двух модификаций, первая была получена помолом шунгитового щебня в вибромельнице в течение 3 ч, вторая – подвергнута дополнительной ультразвуковой обработке (УЗО) в воде (генератор мощностью 4 кВт, частота 22 кГц) в течение 10 мин после помола в вибромельнице. Измельченный шунгит в определенных количествах вводили в 3 % – ные водные растворы СП СЗ (ТУ ВУ 190669631.009-2011, ООО Фрэймхаустрэйд, Минск), полученные суспензии, в дальнейшем, были использованы в качестве жидкостей затворения цементно-песчаных смесей (ЦПС). Перед введением шунгита в ПЦ матрицу с помощью автоматического фотоседиментометра ФСХ-4 (Россия) изучено распределение частиц в водном растворе СЗ, а также их стабильность при контакте с суперпластификатором. Установлено, что сразу после введения первой модификации Ш в СЗ суспензия расслаивается, т.е. она седиментационно неустойчива, после УЗО размеры частиц шунгита уменьшаются, однако, и в этом случае равномерность распределения частиц

в водном растворе далека от совершенства. При продолжительном хранении, как первой, так и второй модификации в растворе С3 картина интегрального распределения частиц изменяется (рис.1).

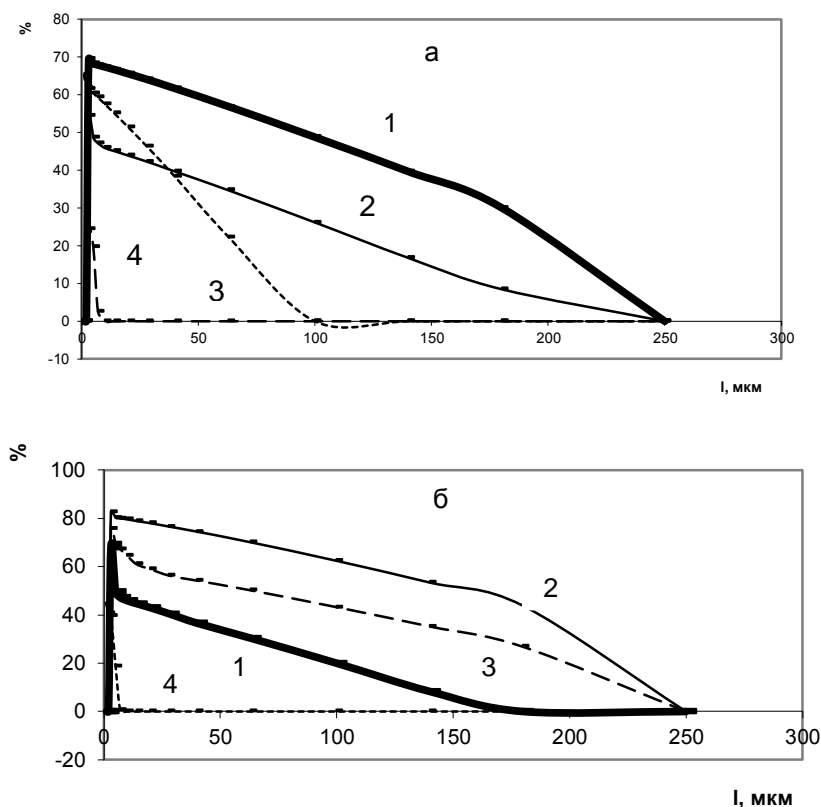


Рисунок 1 – Изменение размеров частиц Ш при хранении в растворе С3, а – образец Ш первой модификации, б – образец Ш второй модификации, 1 – сразу после введения, 2 – 4 ч, 3 – 7 сут, 4 – 14 сут контакта с С3

В процессе нахождения в контакте с СП размеры частиц Ш, как измельченного в вибромельнице, так и после дополнительной УЗО, изменяются сложным образом, в отдельных случаях наблюдается диспергирующий, в других – флокулирующий эффект ПАВ, что свидетельствует о сложности протекающих в данной системе процессов. Однако уже через 14 суток размеры частиц Ш, как одной, так и другой модификации, уменьшаются (рис.1), что требует продолжительных, комплексных исследований их поведения при хранении в водных растворах С3. Если частицы исходного шунгита первой модификации характеризовались средним диаметром – 109,9 мкм, удельной поверхностью- 11712 см<sup>2</sup> / г, плотностью – 1,1 г/см<sup>3</sup>, а второй модификации – 42,4 мкм, 15014 см<sup>2</sup>/г, 1,1 г/см<sup>3</sup>, соответственно, то после хранения в растворе С3 в течение 14 суток происходило разрушение присутствующих агрегатов, а частицы характеризовывались диаметром- 31,1 мкм и 2,3 мкм, удельной поверхностью -19800 и 32700 см<sup>2</sup> /г, плотностью – 2,24 г/см<sup>3</sup>, соответственно.

Сразу после введения в раствор С3 суспензии шунгита также были использованы в качестве жидкостей затворения ЦПС (ПЦ марки М 500 Д 20, БЦЗ г. Костюковичи, РБ, ГОСТ 10178-85, песок 1 класса, карьер «Крапужино», Логойский район, фракции 0,16- 3 мм), полученных при масс. соотношении цемент песок -1:1,5, водоцементное соотношение составов составляло 0,36, содержание шунгита в бетонах варьировалось в пределах 0, 5-7 % от массы цемента. Для оптимизации составов по стандартным гостированным методикам исследованы воздухововлечение, удобоукладываемость ЦПС по осадке конуса, сроки схватывания, плотность, кинетика набора прочности при сжатии бетонов.

Результаты исследований свидетельствуют об экстремальной зависимости влияния содержания шунгита обеих модификаций на воздухововлечение и плотность

бетонов. Наиболее низкие значения воздухоовлечения и высокие значения плотности характерны для бетонов, содержащих ~ 0,5 и 5-7 % шунгита, при этом, введение Ш второй модификации, снижает ~ на 22 % величину воздухоовлечения и увеличивает, соответственно, плотность бетонов, по сравнению с первой. Осадка конуса ЦПС, характеризующая их удобоукладываемость, равномерно снижается при увеличении содержания Ш, что согласовывается с литературными данными, при этом существенных различий от введения обеих модификаций не обнаруживалось.

Некоторые различия прочностных характеристик на поздних стадиях твердения (28 сут) наблюдались для образцов бетонов, содержащих шунгит первой и второй модификации. Так  $\sigma_{сж}$  бетонов со второй модификацией наполнителя повышалось, по сравнению с ненаполненным на ~50 % ( максимум  $\sigma_{сж}$  зафиксирован при содержании Ш 3 %), с первой – на ~25 %. Некоторое повышение прочности наполненных бетонов можно объяснить с позиций взаимодействия шунгита с компонентами ПЦ и образованием некоторого количества уплотняющих структуру бетонов, коагулирующих поры и трещины, а также выполняющих роль эпитаксиальной подложки для образования новых соединений, продуктов твердения.

#### Список литературы:

1. Бабков В.В., Мохов В.Н., Капитонов С.М., Комохов П.Г. Структурообразование и разрушение цементных бетонов.– Уфа, ГУП «Уфимский полиграфкомбинат», 2002 г. – 376 с.
2. Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г. Наномодифицированный мелкозернистый бетон // Вестник МГСУ. 2009. Спецвып. № 3. С. 84–90.
3. Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г., Фокин Д.Е. Исследование мелкозернистого бетона, модифицированного наноструктурной добавкой // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 6–11.
4. Чан Минь Дык, Сахаров Г.П. Усадка и ползучесть мелкозернистого бетона из экструдированных смесей // Вестник МГСУ. 2009. Спецвып. № 1. С. 384–390.
5. Баженова С.И., Алимов Л.А. Высококачественные бетоны с использованием отходов промышленности // Вестник МГСУ. 2010. № 1. С. 226–231.
6. Толыпина Н.М., Рахимбаев Ш.М., Карпачёва Е.Н. Об эффективности действия суперпластификаторов в мелкозернистых бетонах в зависимости от вида мелкого заполнителя // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 3. С. 66–74.
7. Пыкин А.А., Лукутцова Н.П., Костюченко Г.В. К вопросу о повышении свойств мелкозернистого бетона микро- и нанодисперсными добавками на основе шунгита // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 22–27.