



«ՔԻՄԻԱ ԵՎ ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐ» V ՄԻՋԱԶԳԱՅԻՆ  
INTERNATIONAL CONFERENCE ON CHEMISTRY AND CHEMICAL TECHNOLOGY  
«ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ» V МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ԳԱՎՐԱԲԻ»



IGIC NAS RA  
25-29 September  
Yerevan 2017

*Devoted to the 60-th anniversary of the  
Institute of General and Inorganic Chemistry NAS RA*

*Armenia, Yerevan - 2017*



ИОНХ НАН РА  
25-29 сентября  
Ереван 2017

*Посвящается 60-летию основания Института Общей и Неорганической Химии  
им. академика М.Г.Манвеляна НАН РА*

*Армения, Ереван - 2017*

УДК 54 : 66 : 06

ББК 24 + 35

П 992

Рецензенты: д.х.н. Н.О. Зулумян, д.х.н. А.И. Холькин,  
д.т.н. Г.П. Пирумян, д.т.н. М.Г. Амамчян, к.т.н. А.К. Костанян,  
к.т.н. А.Н. Овсепян, к.т.н. В.Г. Мартиросян, к.т.н. К.Г. Григорян

П 992

**V Международная конференция по химии и химической технологии: Сборник материалов / Ред.: д.т.н. Н.Б. Князян, к.т.н. Г.Г. Манукян, к.т.н. А.Р. Исаакян, д.т.н. А.Е. Костанян, к.т.н. Л.А. Гаспарян - Ер.: Институт общей и неорганической химии Национальной академии наук Республики Армения (ИОНХ НАН РА), 2017. - 406 с.**

V Международная конференция «Химия и химическая технология» посвящается 60-летию основания Института общей и неорганической химии им. академика М.Г. Манвеляна НАН РА.

Научная тематика V Международной конференции «Химия и химическая технология» охватывает новые направления развития химии и химической технологии в области синтеза неорганических соединений и комплексной переработки природного рудного сырья и отходов производства, химии и технологии сверхтвердых материалов и абразивов, получения нанокomпозиционных, стеклообразных, особо чистых и комплексных материалов, а также экологические задачи химической промышленности и химии окружающей среды.

В сборнике материалов V Международной конференции «Химия и химическая технология» рассмотрены вопросы, отражающие современное состояние и перспективы развития теоретических и прикладных исследований, а также опыт практической реализации разработок в области химии и химической технологии.

Материалы сборника представляют интерес для ученых и специалистов институтов, вузов и предприятий.

V Международная конференция «Химия и химическая технология» проводится при финансовой поддержке Государственного комитета по науке МОН РА, Российского центра науки и культуры (РЦНК) в Ереване, при содействии Национальной академии наук РА, Отделения химии и наук о земле НАН РА, Армянской химической ассоциации.

УДК 54 : 66 : 06

ББК 24 + 35

ISBN 978-9939-1-0619-9

© Институт общей и неорганической химии, 2017

#### 4.5. ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО ВОЛЛАСТОНИТА НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНА

Гордиенко П.С.<sup>1</sup>, Ярусова С.Б.<sup>1,2</sup>, Козин А.В.<sup>3</sup>, Степанова В.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИХ ДВО РАН)

Россия, 690022 г. Владивосток, пр. 100-летия Владивостока, 159

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса» (ВГУЭС)

Россия, 690014 г. Владивосток, ул. Гоголя, 41

<sup>3</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (ДФУ)

Россия, 690091 г. Владивосток, ул. Суханова, 8

E-mail: yarusova\_10@mail.ru

В работе приведены результаты исследований по влиянию добавки на основе синтетического волластонита, полученной в гидротермальных условиях из отходов борного производства (борогипса), на прочностные свойства бетона. Показано, что при введении волластонита наблюдается увеличение прочностных характеристик бетона. Максимальное увеличение прочности наблюдается при введении 4–6 % масс волластонита. Установлено, что с увеличением количества волластонита, вводимого в состав бетона, наблюдается уменьшение величины водопоглощения.

**Ключевые слова:** борогипс, игольчатый волластонит, бетон, прочность.

Известно, что значительный объем продукции на основе волластонита  $\text{Ca}_6\text{Si}_6\text{O}_{18}$  используется в строительной индустрии при производстве огнеупорного и облицовочного кирпича, керамической плитки и глазури для нее, строительных растворов, герметиков, сухих отделочных и гидроизоляционных смесей, лакокрасочных составов, декоративных отделочных пленок, неорганических вяжущих веществ, бетона, кровельных покрытий, бетонных межэтажных перекрытий, тепло-, звукоизоляционных и огнестойких панелей и перегородок, пластиковых профилей для дверных и оконных рам и наливных износостойких полов. Анализируя перспективы применения волластонита в промышленности строительных материалов, необходимо, в первую очередь, ориентироваться на многообразие ассортимента стройматериалов и изделий на основе цемента, других вяжущих веществ и твердеющих дисперсных систем [1, 2]. Изучению влияния природного и синтетического волластонита на функциональные свойства таких строительных материалов, как цемент и бетон, посвящен целый ряд отечественных и зарубежных работ [3–13]. Указанные научные работы приведены в хронологическом порядке не случайно, их анализ свидетельствует о постоянном интересе ученых из различных стран к вышеуказанной проблеме в течение последних 40 лет.

Учеными Института химии Дальневосточного отделения Российской академии наук совместно с Дальневосточным федеральным университетом показана возможность использования добавки на основе волластонита и псевдоволластонита, полученной из отходов производства борной кислоты (борогипса), при производстве бетона [14, 15]. Полученные результаты показали, что добавка 3.5 % материала на основе волластонита и псевдоволластонита, полученного при автоклавном синтезе из борогипса, позволяет увеличить предел прочности мелкозернистого бетона при сжатии до 35 % и при изгибе до 50 %. Показано, что с увеличением количества добавки, вводимой в состав бетона, наблюдается уменьшение величины водопоглощения и повышение морозостойкости бетона.

Продолжением работ стало получение игольчатого волластонита [16] с последующим исследованием возможности его применения в качестве добавки в мелкозернистый бетон. Проведенные исследования показали, что для получения волластонита с игольчатой формой кристаллов необходима гидротермальная автоклавная обработка борогипса щелочью при температурах до 200–220 °С и последующий обжиг при 850–1000 °С [16, 17].

Целью данной работы является изучение влияния добавки на основе игольчатого волластонита, полученного из (борогипса), на функциональные свойства бетона.

Для синтеза добавки на основе волластонита использовали борогипс с содержанием основных компонентов, масс. %:  $\text{SiO}_2$  – 26–28;  $\text{CaO}$  – 26–28;  $\text{SO}_4^{2-}$  – 38–40;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 1.8–2;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0.6–0.8;  $\text{B}_2\text{O}_3$  – 0.7–1.2;  $\text{MnO}$  – 0.2;  $\text{MgO}$  – 0.1–0.2. Борогипс смешивали с раствором гидроксида калия квалификации «ч.д.а» в стехиометрическом соотношении. Синтез проводили в автоклаве при температуре 220 °С в течение 3 ч.

После окончания заданного интервала времени полученную смесь извлекали из автоклава, промывали осадок дистиллированной водой, нагретой до 60–70 °С, отделяли от раствора фильтрованием через бумажный фильтр «синяя лента» и сушили при температуре 85 °С в течение нескольких часов. Затем полученный осадок, содержащий фазу тоберморита моноклинной модификации (PDF-2, 01-089-6459) с параметрами кристаллической ячейки  $a=6.73500$ ;  $b=7.38500$ ;  $c=22.48700$ ;  $\alpha=90.000$ ;  $\beta=90.000$ ;  $\gamma=123.250$  и сульфата кальция, обжигали при 900 °С в течение 1 ч.

Согласно данным рентгенофазового анализа, в составе образца после обжига при 900 °С обнаружены кристаллические фазы непрореагировавшего безводного сульфата кальция  $\text{CaSO}_4$  и волластонита триклинной модификации (PDF-2, 01-084-0654) с параметрами кристаллической ячейки:  $a=7.92580$ ;  $b=7.32020$ ;  $c=7.06500$ ;  $\alpha=90.055$ ;  $\beta=95.217$ ;  $\gamma=103.426$ . Удельная поверхность полученного образца составляет  $4.5 \text{ м}^2 \cdot \text{г}^{-1}$ .

Полученная добавка на основе волластонита вводилась в бетон в количестве от 2 до 8 % масс. от массы цемента. Бетонные балочки, полученные в результате твердения образцов при нормальных условиях (28 суток) и после тепловлажностной обработки (ТВО) испытывали на изгиб и на сжатие на комбинированной машине (тип 1.0244 компании «Testing»).

В таблице приведены данные по прочностным характеристикам бетона, полученного при использовании волластонита и при введении добавки волластонита в количестве 2–8 % масс.

Таблица

Прочностные характеристики бетона при введении добавки волластонита

Количество добавки, % масс.	ТВО		Нормальные условия твердения, 28 суток	
	Изгиб, МПа	Сжатие, МПа	Изгиб, МПа	Сжатие, МПа
Без добавки	3.3	21.2	5.07	28.3
2	3.7	23.1	5.5	34.6
4	4.3	24.9	5.6	36.6
6	4.8	27.4	5.3	33.1
8	4.3	22.9	5.07	31.8

Как видно из представленной таблицы, при введении волластонита наблюдается увеличение прочностных характеристик бетона. После ТВО максимальное увеличение прочности наблюдается при введении 6 % масс. волластонита: при изгибе на 30 %, при сжатии – на 23 %. После 28 суток твердения при нормальных условиях наибольшее увеличение прочности наблюдается при введении 4 % масс. волластонита: при изгибе на 10 %, при сжатии – на 23 %. При увеличении количества волластонита до 8 % масс. наблюдается снижение прочности.

Установлено, что с увеличением количества волластонита, вводимого в состав бетона, наблюдается уменьшение величины водопоглощения.

Авторами продолжаются активные исследования взаимосвязи условий получения волластонита, его структуры, формы и размеров частиц и функциональных свойств бетона с различным количеством волластонитсодержащей добавки.

### Литература

1. Гладун В.Д., Акатьева Л.В., Андреева Н.Н., Холькин А.И. Получение и применение синтетического волластонита из природного и техногенного сырья // Химическая технология. 2004. № 9. С.4–11.
2. Тюльнин В.А., Ткач В.Р., Эйрих В.И., Стародубцев Н.П. Волластонит: уникальное минеральное сырье многоцелевого назначения. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2003. 144 с.
3. Гайдаш Б.И., Деревягин Г.Ф., Деревягина А.А. Экспериментальные исследования возможности получения специальных марок бетона на основе волластонитового сырья // Волластонит / гл. ред. В.Петров. М.: Наука, 1982. С. 90–91.
4. Low N.M.P., Beaudoin J.J. The effect of wollastonite micro-fibre aspect ratio on reinforcement of Portland cement-based binders // Cement and Concrete Research. 1993. Vol. 23. P. 1467–1479.
5. Эйрих В.И., Березовский С.В., Тарантул Н.П., Иорамашвили И.Н., Конов Г.В. О применении волластонита в производстве композиционных строительных материалов и изделий на основе цемента // Строительные материалы. 2002. № 1. С.14–17.

6. Шарифов А., Акрамов А., Джабборов И.С. Модифицирование портландцемента добавками для его использования в производстве специальных бетонов // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2006. Т. 49. № 5. С. 458–463.
7. Mathur R., Misra A.K., Goel P. Influence of wollastonite on mechanical properties of concrete // Journal of Scientific & Industrial Research. 2007. Vol. 66. P. 1029–1034.
8. Ransinchung G.D., Kumar B., Kumar V. Assessment of water absorption and chloride ion penetration of pavement quality concrete admixed with wollastonite and microsilica // Construction and Building Materials. 2009. Vol. 23. P.1168–1177.
9. Панина А.А., Самигуллин Р.Р., Цыплаков Д.С., Корнилов А.В., Тухватшина А.И. Волластонит – нетрадиционная минеральная добавка – наполнитель в портландцемент // Вестник Казанского технологического университета. 2010. № 8. С. 377–378.
10. Кулдашева А.Х. Экспериментальные исследования прочностных свойств бетонов на основе волластонитового сырья // Вестник МГСУ. 2011. № 7. С. 627–630.
11. Kalla P., Misra A., Gupta R.C., Csetenyi L., Gahlot V., Arora A. Mechanical and durability studies on concrete containing wollastonite–fly ash combination // Construction and Building Materials. 2013. Vol. 40. P. 1142–1150.
12. Kalla P., Rana A., Chad Y.B., Misra A., Csetenyi L. Durability studies on concrete containing wollastonite // Journal of Cleaner Production. 2015. Vol. 87. P. 726–734.
13. Bian H., Hannawi K., Takarli M., Molez L., Prince W. Effects of thermal damage on physical properties and cracking behavior of ultrahigh-performance fiber-reinforced concrete // Journal of Materials Science. 2016. Vol. 51. P. 10066–10076.
14. Гордиенко П.С., Козин А.В., Ярусова С.Б., Згиблый И.Г. Комплексная переработка отходов производства борной кислоты с получением материалов для стройиндустрии // Архитектура и строительство Дальнего Востока: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Отдельные статьи (специальный выпуск). 2014. № 12. М.: Изд-во «Горная книга», 2014. С.60–66.
15. Гордиенко П. С., Козин А.В., Ярусова С.Б., Степанова В. А., Гуляев В.Т. Влияние добавки на основе синтетического волластонита на функциональные свойства бетона // Материалы 14-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности «Дальневосточная весна – 2016», 28 апреля 2016 г., г. Комсомольск-на-Амуре. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2016. – С. 90–93.
16. Пат. 2595682 Российская Федерация, МПК C01B 33/24; C30B 7/10, C30B 29/34; C30B 29/62; B82B 3/00; B82Y 40/00. Способ получения волластонита / П.С. Гордиенко, С.Б. Ярусова, А.В. Козин, В.А. Степанова, И.А. Шабалин, И.Г. Жевтун. – № 2015141614/05; заявл. 30.09.2015; опубл. 27.08.16, Бюл. № 24.
17. Yarusova S.B., Gordienko P.S., Sharma Y.C., Perfilov A.V., Kozin A.V. Industrial waste as raw material for producing synthetic wollastonite in Russia // 2016 APCBEES Kuala Lumpur conference (Kuala Lumpur, Malaysia, July 25–27, 2016): abstract / p. 26.

**ՄԻՆԵՐԱԿԱՆ ԿՈՆԿՐԵՏՆԵՐԻ ՀԻՄՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԿՈՆՍՏՐԱԿՏԻՆԵՐԻ ԱՉԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԲԵՏՈՆԻ ԱՄՐԱՆԱՅԻՆ ՀԱՏՎՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎՐԱ**

**Գորդիենկո Պ.Ս.<sup>1</sup>, Յարուսովա Ս.Բ.<sup>1,2</sup>, Կոզին Ա.Վ.<sup>1</sup>, Ստեպանովա Ու.Վ.<sup>1</sup>**

Աշխատանքում ներկայացված են բորի արտադրության թափոններից հիդրոթերմալ պայմաններում ստացված փոխատոնիտի ադեցությունը բետոնի մեխանիկական հատկությունների վրա: Ցույց է տրված, որ փոխատոնիտի նեմուծումը բարձացնում է բետոնի մեխանիկական բնութագրերը և մաքսիմալ աճ դիտվում է 4-6 % դեպքում: