

DOI: 10.34031/2618-7183-2020-3-5-34-42

*Козин А.В.,
Федюк Р.С. *, кандидат технических наук, доцент,
Ильинский Ю.Ю.,
Дальневосточный федеральный университет, Россия,
Ярусова С.Б., кандидат химических наук, доцент,
Гордиенко П.С., доктор технических наук, профессор,
Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук, Россия,
Мохаммад Али Мосабернах, PhD,
Кипрский международный университет, Турция*
*Ответственный автор E-mail: roman44@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ ВОЛЛАСТОНИТА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕТОНА

Аннотация: улучшение физико-механических свойств цементных композитов должно сопровождаться утилизацией отходов промышленности различной генерации. Поэтому в статье предложены принципы управления прочностными свойствами бетонов, заключающиеся в комплексном влиянии волластонита, полученного из отходов борного производства, на процессы структурообразования цементной матрицы. При этом введенный в количестве 2-8 мас. % волластонит выполняет двойную функцию, минерального наполнителя и армирующего волокна. Доказано, что при наличии волластонита бетонная смесь становится более легкой, не снижая физико-механические свойства. Выявлено, что ранняя прочность для всех разработанных составов с добавкой волластонита повышается за счет ускорения гидратационных процессов. Силикат кальция, каким является волластонит CaSiO_3 , имеет близкий химический состав с цементным клинкером, особенно с белитом Ca_2SiO_4 и алитом Ca_3SiO_5 . Это приводит к формированию химически однородной и, как следствие, упрочненной микроструктуры. Удлиненные волокна волластонита, обладающие хорошим сцеплением с цементным камнем, обеспечивают эффективное микроармирование бетонного композита. Использование результатов приведет к возможности проектирования высокопрочных бетонов, в том числе и для специальных сооружений.

Ключевые слова: композит, портландцемент, силикат кальция, механические свойства, ранняя, прочность

Введение

Тенденция строительного материаловедения, направлена на снижение количества цемента в строительных материалах, что достигается применением различного минерального сырья природного и техногенного происхождения в составе вяжущих при приготовлении растворов и бетонных смесей [1-3]. При этом, с позиций геоники (науки о создании материалов с позиций изучения геологических процессов), минеральный состав компонентов вяжущего должен быть идентичным минералам портландцементного клинкера [4].

Достаточно хорошо изучено применение в составе наполнителей цементных бетонов такого сырья как различные природные пуццолановые материалы, а также техногенные отходы (зола уноса, доменный шлак, зола рисовой шелухи и т.д.) [5-7]. При этом, применение отходов различного генезиса является преимущественной задачей при производстве строительных материалов.

Перспективным материалом является волластонит, образующийся как отход борного производства. Ранее доказано, что волластонит CaSiO_3 ($\text{Ca}_6\text{Si}_6\text{O}_{18}$) за счет микроармирующего эффекта способен придать бетонам повышенные характеристики прочности (на растяжение, изгиб, сжатие) и ударной выносливости [8-10]. Для природного волластонита характерна вытянутая по длине структура кристаллов, при раскалывании которых образуются зерна игольчатой формы [11-12]. Игольчатая форма зерна волластонита определяет основное направление его использования в качестве микроармирующего наполнителя. с отношением длины волокна к его диаметру от 3:1 и выше [13-14]. Микроармирующие свойства волластонита, обеспечивают безудачность изготавливаемых с его применением материалов. в производстве композиционных строительных материалов и изделий на основе цемента, было выявлено, что его физико-химическое сродство с цементосодержащими сырьевыми композициями, активная избирательная адсорбция продуктов гидратации связующего, оказывает существенное влияние на реологические параметры концентрированных суспензий и паст, формирование структуры, прочностных и деформативных свойств затвердевших композитов.

Согласно закону подобия, как составной части геомиметики [15-16], подбор компонентов композита должен осуществляться с позиции схожести их характеристик, таких как, адгезия, например, коэффициент линейного температурного расширения, деформативные свойства и т.д. Растворы с добавкой волластонита в затворенном виде весьма пластичны, легко наносятся и имеют хорошую адгезию к различным поверхностям [17-18]. Волластонит повышает водоудерживающую способность затворенных смесей, усиливает их структурообразование и практически полностью ликвидирует усадку при отвердевании. Обладая хорошими адсорбционными свойствами, волластонит исключает высолообразование. Бетоны с добавкой волластонита обладают хорошей атмосферо- и морозоустойчивостью.

Ведущие пять стран по добыче волластонита приведены на рис. 1. В России добыча волластонита ранее производилась только в Горном Алтае, но сейчас добыча прекращена. Поэтому необходим поиск новых источников волластонита, особенно перспективным при этом является утилизация отходов производства. В настоящей работе исследовано применение в бетонах волластонита, получаемого отходов борного производства.

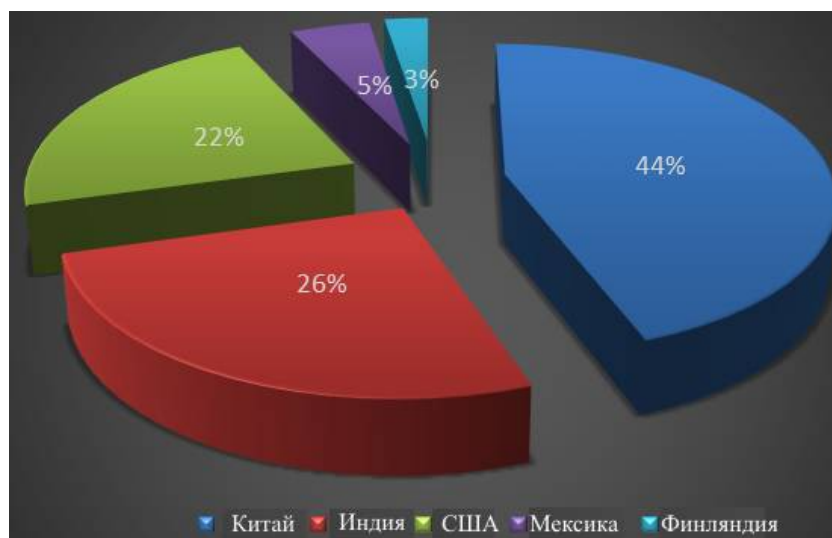


Рис. 1. Крупнейшие страны по добыче волластонита
Fig. 1. The largest wollastonite mining countries

Однако, применение волластонита в качестве кремнеземсодержащей добавки, оказывающей влияние на гидратацию клинкерных минералов, изучено недостаточно. Таким образом, целью работы является исследование влияния волластонита на характеристики бетона, как в качестве наполнителя вяжущего, так и армирования в качестве микрофибры.

Методы и материалы

В качестве вяжущего применялся портландцемент ЦЕМ I 42.5Н («Спасскцемент», Россия), химический и минералогический состав которого перечислен в табл. 1. В качестве частичной замены портландцемента применялся волластонит (силикаты кальция CaSiO_3) полученный в лаборатории защитных покрытий и морской коррозии Института химии Дальневосточного отделения Российской академии наук, из борогипса техногенного происхождения (Ярославский ГОК). Среди природных минералов волластонит отличается высокой стойкостью к водным растворам и растворам хлористых солей, поэтому был выбран в качестве наполнителя и заполнителя для разрабатываемого коррозионностойкого мелкозернистого бетона. Замещение портландцемента проводилось в количестве 2, 4, 6 и 8% по массе. В качестве заполнителя применялся песок речной, модуль крупности средний (фракция 20-40 мм). (Раздольное, Россия). Вода затворения не содержит растворенных кислот или щелочей, препятствующих нормальному схватыванию или твердению вяжущих, вредных примесей, разлагающихся растительных веществ, которые могут оказать вредное воздействие на твердение бетона. Для повышения пластичности бетонной смеси применялся суперпластификатор С-3 в жидком виде (ЗАО «Владимирский ЖБК», Россия).

Таблица 1

Химический и минералогический состав портландцемента

Table 1

Chemical and mineralogical composition of Portland cement

Химический состав							Минеральный состав			
CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO _{св}	п п п	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
66,2-67	20,2-20,9	6,0-6,7	3,5-4,0	1,4-2,0	до 1,2	0,18	58-67	8-15	10-12	10,5-12,5

Варьирование добавки волластонита проводилось в пределах от 0 до 36 кг на 1 м³ бетонной смеси (табл. 2).

Таблица 2

Проектирование смесей

Table 2

Mix design

№ состава	ЦЕМ I, кг	Волластонит, кг	Песок, кг	Вода, л	СП, л
1	450	-	1500	270	38
2	441	9	1500	270	38
3	432	18	1500	270	38
4	423	27	1500	270	38
5	414	36	1500	270	38

Изготавливались образцы размером 40×40×160 мм (для исследования на изгиб) и 100×100 мм (для исследования на сжатие). Было изготовлено по 6 образцов каждого состава и размера. Приготовленную смесь вручную послойно укладывали в формы и вибрировали на виброплощадке (СМЖ-539, Россия) в течение 5 сек. Форму с образцами накрывали стеклом, и по истечении 1 суток проводили распалубку. Изготовленные образцы укладывали в камеру нормального твердения (модель КПУ-1М) на подкладки и хранили 27 суток. Температура в камере 20°C, относительная влажность воздуха 95%. По истечении 28 суток с даты изготовления образцы вынимали из камеры. В течение 4 ч образцы находились в естественных условиях помещения, в котором впоследствии испытывались, т. е. при температуре воздуха в пределах 20±5°C и относительной влажности воздуха не менее 55%.

Плотность бетонных образцов определялся путем деления массы образцов размером 100×100 мм на их объем. Предел прочности при изгибе и при сжатии образцов проверялся на гидравлическом прессе Testing (Германия) по ГОСТ 310.4-81.

Возможность использование волластонита, изготовление образцов и испытание их проводилась на кафедре строительных конструкций и материалов ДВФУ доктором Козиним. Исследование морфологических особенностей микроструктуры волластонита проводилось на сканирующем электронном микроскопе Hitachi S5500 (Япония).

Результаты и обсуждения

Для понимания механизмов влияния добавки волластонита на физико-механические характеристики, была рассмотрена микроструктура волластонита (рис. 2). Волластонит представляет собой порошок белого цвета плотностью. Для него характерно наличие удлиненных пластинчатых и игольчатых кристаллов, при раскалывании которых образуются зерна игольчатой формы. Удлиненная структура микроволокон, очевидно, будет способствовать упрочнению цементной матрицы.

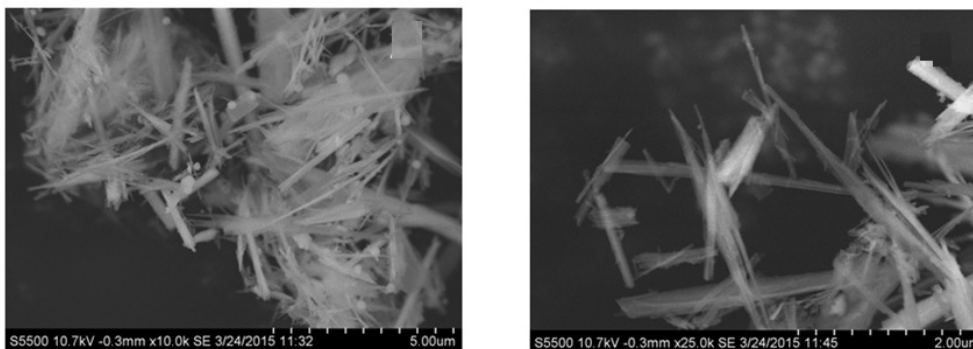


Рис. 2. Микроструктура волокон волластонита
Fig. 2. Microstructure of wollastonite fibers

Осадка конуса разработанных смесей представлен на рис. 3. Видно, что введение волластонита делает смесь более жесткой. Это связано с армирующим эффектом волластонита. В то же время, даже при максимальном введении добавки волластонита 8% смесь показывает достаточные свежие характеристики.

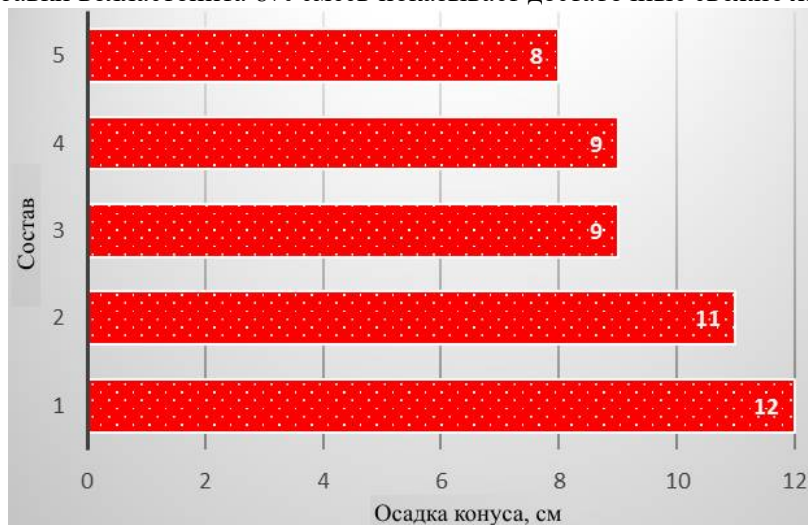


Рис. 3. Осадка конуса разработанных смесей

Fig. 3. Slump of the developed mixes

При этом, наблюдается снижение плотности бетона в возрасте 28 суток в зависимости от увеличения процента замены портландцемента волластонитом (рис. 4), что объясняется более низкой плотностью волластонита по сравнению с портландцементом. Следует отметить, что зависимость не является линейной, при последовательной замене на каждые 2% плотность снижается на 25, 29, 40 и 38 кг/м³. Данный факт, очевидно, можно объяснить образованием менее плотных гидросиликатов кальция за счет вторичной гидратации гидроксида кальция, выделяющегося при гидратации алита, с минералами волластонита. При этом, положительный эффект от снижения удельного веса конструкционного материала не дает отрицательного влияния на прочностные характеристики. Соответственно, даже учитывая меньшую плотность, есть предпосылки рассчитывать на лучшие характеристики атмосферостойкости и морозостойкости.

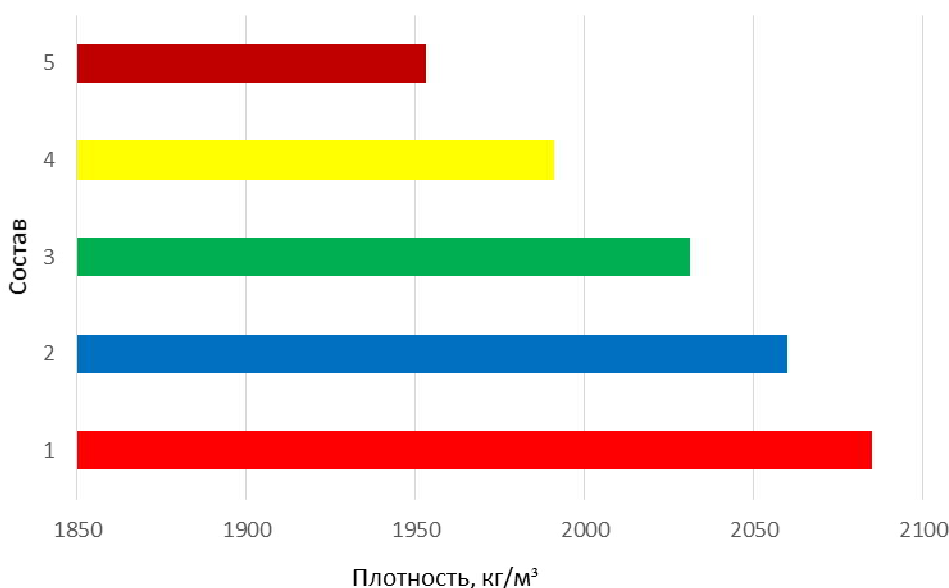


Рис. 4. Влияние добавки волластонита на плотность бетона

Fig. 4. Effect of wollastonite addition on concrete density

В результате исследования прочности на сжатие бетонных образцов, выявлено, что все исследуемые дозировки волластонита (2-8%) дают увеличение этого параметра на 3, 7 и 28 суток (рис. 5).

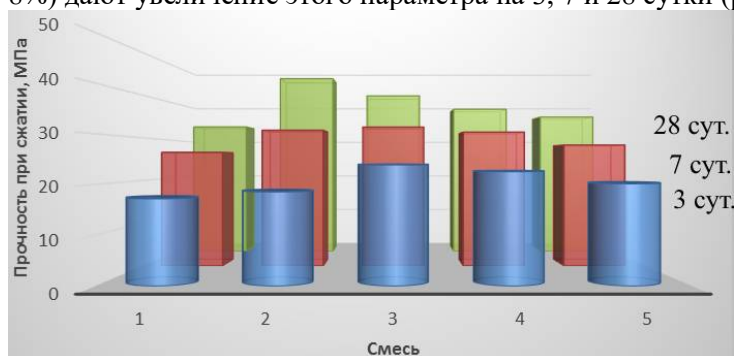


Рис. 5. Влияние добавки волластонита на прочность при сжатии бетона в возрасте 3, 7 и 28 суток
Fig. 5. Effect of the addition of wollastonite on the compressive strength of concrete at the age of 3, 7 and 28 days

Частицы полиминерального цементно-волластонитового вяжущего играют сложную роль при структурообразовании цементного камня: во-первых, заполняя пространство микропор, упрочняют цементный камень; во-вторых, образуют активные центры кристаллизации; и, наконец, участвуют в химических реакциях с образованием новых фаз, за счет чего формируются кристаллические сростки низкоосновных CSH с соотношением $C/S \leq 1,0$ взамен первичных высокоосновных гидросиликатов кальция и портландита.

В начальный период твердения (3 и 7 суток) было выявлено ускорение гидратационных процессов уже в начальные сроки. Прочность на сжатие на 3 и 7 суток для всех разработанных составов с добавкой волластонита имеет более высокое значение, чем для контрольного состава.

На второй стадии гидратации композиционного вяжущего растет роль химических процессов, которые способствуют значительной модификации фазового состава системы: происходит смещение баланса от первичных кристаллогидратов (гидроксид кальция и высокоосновные CSH) в сторону более устойчивых вторичных мелкокристаллических гидратов, представленных низкоосновными гидросиликатами кальция. Очевидно, этот вывод является справедливым до той поры, пока чрезмерное количество кремнеземсодержащего активного наполнителя не станет закрывать поверхность новых фаз, и этим препятствуя образованию контактов и срастанию кристаллических гидратов. Исходя из вышеизложенного, получаем гипотезу о присутствии в композиционном вяжущем оптимальной объемной концентрации кремнеземсодержащего наполнителя с учетом его пуццолановой активности. Что касается инертных свойств наполнителя, то его эффективная дозировка будет зависеть напрямую от необходимого для коагуляции суммарного объема капиллярного порового пространства твердеющего композита. Отмечается наличие гидросиликатов вторичной генерации, образуемых в результате связывания CSH с активной кремнеземсодержащей добавкой в составе цементно-волластонитового вяжущего (рис. 6).

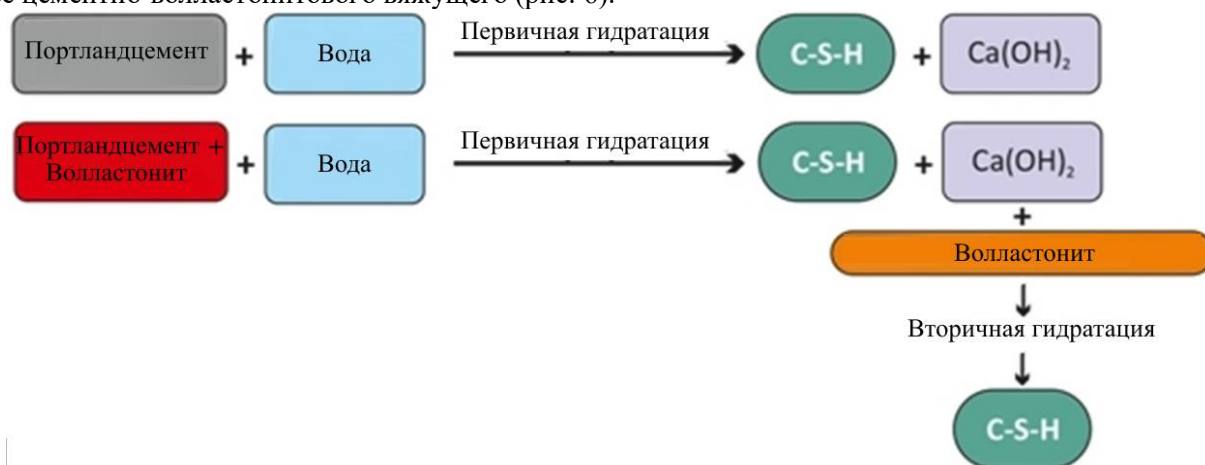


Рис. 6. Сравнение схем гидратации чистого цемента и цементно-волластонитового вяжущего
Fig. 6. Comparison of hydration schemes of pure cement and cement-wollastonite binder

Анализируя вышеизложенное с позиций геоники, выявляем подобие волластонита CaSiO_3 с основными минералами портландцементного клинкера Ca_2SiO_4 (белит) и Ca_3SiO_5 (алит), что и позволяет получить химически однородную и, соответственно, прочную структуру цементного камня.

В ходе исследования прочности при изгибе разработанных составов, подтвержден микроармирующий эффект волластонита (рис. 7, 8), имеющего вытянутую форму и обладающего повышенной адгезией к цементному камню. Однако, при превышении оптимальной дозировки, равной 4%, наблюдается снижение прочностных характеристик бетонных образцов в возрасте 3, 7 и 28 дней.

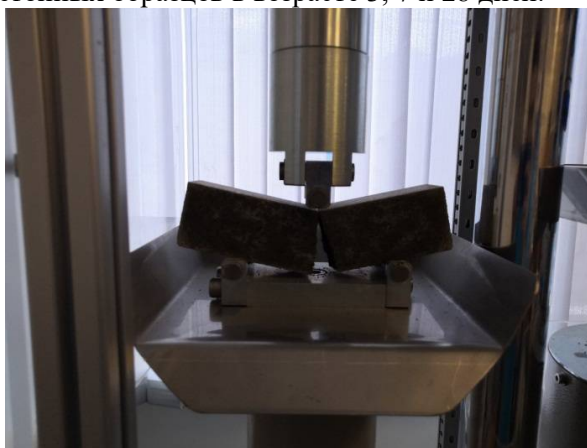


Рис. 7. Испытание образцов-балочек на изгиб

Fig. 7. Flexural strength test

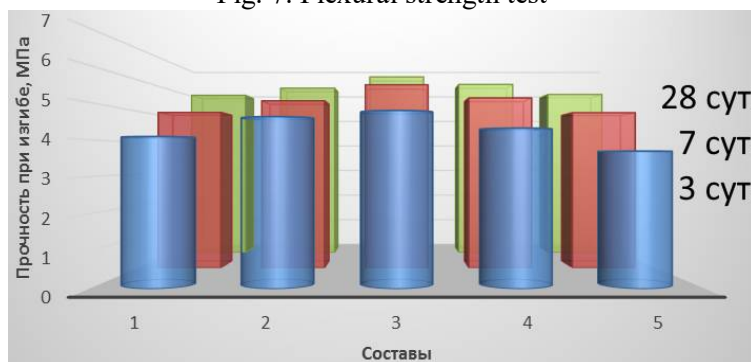


Рис. 8. Влияние добавки волластонита на прочность при изгибе бетона в возрасте 3, 7 и 28 суток
Fig. 8. Effect of wollastonite addition on concrete flexural strength (3, 7 and 28 days)

Сравнивая со статьями других авторов, разрабатывавших бетоны с волластонитом [13-17, 24-25], отмечаем, что прочность на сжатие повысилась на 12-26%, а прочность на изгиб – на 24-68% в зависимости от дозировки волластонита.

Выводы

В результате исследования физико-механических характеристик мелкозернистого бетона с замещением портландцемента волластонитом в количестве 2, 4, 6, 8 мас. %. выявлено следующее:

1. Волластонит в составе бетона имеет двойную функцию: выступает в качестве наполнителя (кремнеземсодержащего компонента) и в качестве микрофибры.

2. С увеличением количества замещенного цемента волластонитом, наблюдается снижение плотности конструкционного материала, что, однако, не дает отрицательного влияния на прочностные характеристики. Соответственно, даже учитывая меньшую плотность, есть предпосылки рассчитывать на лучшие характеристики атмосферостойкости и морозостойкости.

3. В начальный период твердения (3 и 7 суток) было выявлено ускорение гидратационных процессов. Прочность на сжатие на 3 и 7 суток для всех разработанных составов с добавкой волластонита имеет более высокое значение, чем для контрольного состава.

4. Анализируя структурообразование цементного камня с позиций геоники, выявляем подобие волластонита CaSiO_3 с основными минералами портландцементного клинкера Ca_2SiO_4 (белит) и Ca_3SiO_5 (алит), что и позволяет получить химически однородную и, соответственно, прочную микроструктуру.

5. Микроармирующий эффект wollastonита обеспечивается за счет удлиненной формы микроволокна и его хорошей адгезии к цементному камню.

Целесообразно рассмотреть междисциплинарные подходы в решении актуальных проблем строительного материаловедения, для разработки технологий производства бетонов с добавками природных силикатов кальция для широкого спектра строительных композитов, в том числе для освоения Арктики. Алгоритм, использованный в работе, может быть использован при разработке композиционных вяжущих для расширения ассортимента производства бетонов различного назначения, в том числе для улучшения комфортной среды обитания человека при архитектурно-строительном проектировании и производстве бетонных композитов.

Литература

1. Yarusova S.B., Gordienko P.S., Kozin A.V., Zhevtun I.G., A V Perfilev. Influence of synthetic calcium silicates on the strength properties of fine-grained concrete. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018. № 347. 012041 doi:10.1088/1757-899X/347/1/012041.
2. Федюк Р.С., Мочалов А.В., Лесовик В.С. Современные способы активации вяжущего и бетонных смесей (обзор) // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2018. № 4 (37). С. 85 – 99.
3. Ключев С.В., Лесовик Р.В. Дисперсно-армированный мелкозернистый бетон с использованием полипропиленового волокна // Бетон и железобетон. 2011. №3. С. 7 – 9.
4. Федюк Р.С. Применение сырьевых ресурсов приморского края для повышения эффективности композиционного вяжущего // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2016. № 1. С. 28 – 35.
5. Ключев С.В. Мелкозернистый сталефибробетон на основе отсева кварцитопесчанника // Белгородская область: прошлое, настоящее и будущее: материалы научн.-практ. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. Ч.3. С. 27 – 31.
6. Федюк Р.С., Мочалов А.В., Лесовик В.С., Гридчин А.М., Фишер Х.Б. Композиционные вяжущие и самоуплотняющиеся фибробетоны для защитных сооружений // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова . 2018. № 7. С. 77 – 85.
7. Yoo D.-Y., Bantia N. Mechanical properties of ultra-high-performance fiber-reinforced concrete: A review. Cement and Concrete Composites. 2016. № 73. P. 267 – 280.
8. 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. № 23. P. 1467 – 79.
9. 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. № 23 P. 1168 – 1177.
10. 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. № 40. P. 1142 – 50.
11. Fediuk R.S. Mechanical Activation of Construction Binder Materials by Various Mills // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. № 125 (1). P. 012019.
12. Yarusova S.B., Gordienko P.S., Sharma Y.S., Perfilev A.V., Kozin A.V. Industrial Waste as Raw Material for Producing Synthetic Wollastonite in Russia // International Journal of Environmental Science and Development. 2017. № 8 (2).
13. Mathur R., Misra A.K., Goel P. Influence of wollastonite on mechanical properties of concrete // Journal of Scientific & Industrial Research. 2007. № 66. P. 1029 – 1034.
14. Jindal A., Ransinchung R.N., Kumar P. Behavioral study of self-compacting concrete with wollastonite microfiber as part replacement of sand for pavement quality concrete (PQC) // International Journal of Transportation Science and Technology. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijst.2019.06.002>
15. Sharma S.K. Properties of SCC containing pozzolans, Wollastonite micro fiber, and recycled aggregates. 2019. Heliyon. № 5 (8). e02081. DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e02081
16. Kumar B.J., Ramujee K. Mechanical and Durability Characteristics of Wollastonite Based Cement Concrete // I-manager's Journal on Civil Engineering. 2017. № 7 (1). P. 1 – 7. <https://doi.org/10.26634/jce.7.1.10363>

17. Lukutsova N.P., Karpikov E.G., Golovin S.N. Highly-Dispersed Wollastonite-Based Additive and its Effect on Fine Concrete Strength // *Solid State Phenomena*. 2018. № 284. P. 1005 – 1011. DOI: 10.4028/www.scientific.net/SSP.284.1005

18. Hossain S.K.S., Yadav S., Majumdar S., Krishnamurthy S., Pyare R., Roy P. A comparative study of physico-mechanical, bioactivity and hemolysis properties of pseudo-wollastonite and wollastonite glass-ceramic synthesized from solid wastes. *Ceramics International*. 2019. DOI: 10.1016/j.ceramint.2019.09.039.

References

1. Yarusova S.B., Gordienko P.S., Kozin A.V., Zhevtun I.G., A V Perfilev. Influence of synthetic calcium silicates on the strength properties of fine-grained concrete. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2018. № 347. 012041 doi:10.1088/1757-899X/347/1/012041.

2. Fedyuk R.S., Mochalov A.V., Lesovik V.S. Sovremennye sposoby aktivacii vyazhushchego i betonnykh smesey (obzor). *Vestnik Inzhenernoj shkoly Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta*. 2018. 4 (37). P. 85 – 99. (rus.)

3. Klyuev S.V., Lesovik R.V. Dispersno-armirovannyj melkozernistyj beton s ispol'zovaniem polipropileno-vo volokna. *Beton i zhelezobeton*. 2011. №3. S. 7 – 9. (rus.)

4. Fedyuk R.S. Primenenie syr'evyh resursov primorskogo kraja dlya povysheniya effektivnosti kompozicion-nogo vyazhushchego. *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Inzhenernye issledovaniya*. 2016. № 1. P. 28 – 35. (rus.)

5. Klyuev S.V. Melkozernistyj stalefibrobeton na osnove otseva kvarcitopeschannika. *Belgorodskaya oblast': proshloe, nastoyashchee i budushchee: materialy nauchn.-prakt. konf. Belgorod: Izd-vo BGTU, 2011. CH.3. S. 27 – 31. (rus.)*

6. Fedyuk R.S., Mochalov A.V., Lesovik V.S., Gridchin A.M., Fisher H.B. Kompozicionnye vyazhushchie i samouplotnyayushchiesya fibrobetony dlya zashchitnyh sooruzhenij. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova*. 2018. 7. P. 77 – 85. (rus.)

7. Yoo D.-Y., Banthia N. Mechanical properties of ultra-high-performance fiber-reinforced concrete: A review. *Cement and Concrete Composites*. 2016. 73. P. 267 – 280.

8. Low N.M.P., Beaudoin J.J. The effect of wollastonite microfibre aspect ratio on reinforcement of Portland cement-based binders. *Cement and Concrete Research*. 1993. 23. P. 1467 – 79.

9. 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. 23 P. 1168 – 1177.

10. 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. 40. P. 1142 – 50.

11. Fediuk R.S. Mechanical Activation of Construction Binder Materials by Various Mills. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2016. 125 (1). P. 012019.

12. Yarusova S.B., Gordienko P.S., Sharma Y.S., Perfilev A.V., Kozin A.V. Industrial Waste as Raw Material for Producing Synthetic Wollastonite in Russia. *International Journal of Environmental Science and Development*. 2017. 8 (2).

13. Mathur R., Misra A.K., Goel P. Influence of wollastonite on mechanical properties of concrete. *Journal of Scientific & Industrial Research*. 2007. 66. P. 1029 – 1034.

14. Jindal A., Ransinchung R.N., Kumar P. Behavioral study of self-compacting concrete with wollastonite microfiber as part replacement of sand for pavement quality concrete (PQC). *International Journal of Transportation Science and Technology*. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijst.2019.06.002>

15. Sharma S.K. Properties of SCC containing pozzolans, Wollastonite micro fiber, and recycled aggregates. 2019. *Heliyon*. 5 (8). e02081. DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e02081

16. Kumar B.J., Ramujee K. Mechanical and Durability Characteristics of Wollastonite Based Cement Concrete. *I-manager's Journal on Civil Engineering*. 2017. 7 (1). P. 1 – 7. <https://doi.org/10.26634/jce.7.1.10363>

17. Lukutsova N.P., Karpikov E.G., Golovin S.N. Highly-Dispersed Wollastonite-Based Additive and its Effect on Fine Concrete Strength. *Solid State Phenomena*. 2018. 284. P. 1005 – 1011. DOI: 10.4028/www.scientific.net/SSP.284.1005

18. Hossain S.K.S., Yadav S., Majumdar S., Krishnamurthy S., Pyare R., Roy P. A comparative study of physico-mechanical, bioactivity and hemolysis properties of pseudo-wollastonite and wollastonite glass-ceramic synthesized from solid wastes. *Ceramics International*. 2019. DOI: 10.1016/j.ceramint.2019.09.039.

Kozin A.V.,
Fedyuk R.S. *, Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Ilinskiy Yu.Yu.,
Far Eastern Federal University, Russia,
Yarusova S.B., Candidate of Chemical Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Gordienko P.S., Doctor of Engineering Sciences (Advanced Doctor), Professor,
Institute of Chemistry, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia,
Mohammad Ali Mosaberpanah, Ph.D.,
Cyprus International University, Turkey
*Corresponding author E-mail: roman44@yandex.ru

EFFECT OF WOLLASTONITE ON THE MECHANICAL CHARACTERISTICS OF CONCRETE

Abstract: improvement of the physical and mechanical properties of cement composites should be accompanied by the disposal of industrial waste of various generation. Therefore, the paper proposes the principles of controlling the strength properties of concrete, which consist in the complex effect of wollastonite obtained from boron production waste on the processes of structure formation of the cement matrix. When this introduced in an amount of 2-8 wt. % wollastonite has a dual function as a mineral filler and a reinforcing fiber. It has been proven that in the presence of wollastonite, the concrete mix becomes lighter without reducing its physical and mechanical properties. It was revealed that the early strength for all the developed compositions with the addition of wollastonite increases due to the acceleration of hydration processes. Calcium silicate, which is wollastonite CaSiO_3 , has a close chemical composition with cement clinker, especially with Ca_2SiO_4 belite and Ca_3SiO_5 alite. This leads to the formation of a chemically homogeneous and, as a result, hardened microstructure. Elongated wollastonite fibers with good adhesion to the cement stone provide effective micro-reinforcement of the concrete composite. Using the results will lead to the possibility of designing high-strength concretes, including for special structures.

Keywords: composite, portland cement, calcium silicate, mechanical properties, early strength

Для цитирования: Козин А.В., Федюк Р.С., Ильинский Ю.Ю., Ярусова С.Б., Гордиенко П.С., Мохаммад Али Мосаберапанех. Влияние волластонита на механические свойства бетона // Строительные материалы и изделия. 2020. Том 3. № 5. С. 35 – 42. DOI: 10.34031/2618-7183-2020-3-5-34-42

For citation: Kozin A.V., Fedyuk R.S., Ilinsky Yu.Yu., Yarusova S.B., Gordienko P.S., Mohammad Ali Mosaberpanah. Effect of wollastonite on the mechanical properties of concrete. Construction Materials and Products. 2020. 3 (5). P. 34 – 42. DOI: 10.34031/2618-7183-2020-3-5-34-42

Поступила в редакцию 9 августа 2020 г.
Принята в доработанном виде 2 сентября 2020 г.
Одобрена для публикации 18 октября 2020 г.

Received: August 9, 2020.
Revised: September 2, 2020.
Accepted: October 18, 2020.