

DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-9-26-33

Толыпина Н.М., Толыпин Д.А.Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова***E-mail: tolypina.n@yandex.ru*

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА РАЗЖИЖЕНИЕ ЦЕМЕНТНЫХ СУСПЕНЗИЙ С ПОМОЩЬЮ ПАВ

Аннотация. Исследована эффективность действия анионоактивных суперпластификаторов в минеральных суспензиях на основе порошков с различными электроповерхностными свойствами. Показано, что разжижающий эффект от действия суперпластификаторов в суспензиях с положительно заряженными частицами карбоната кальция значительно превосходит аналогичный эффект в суспензиях на основе порошкообразного кварца с преобладающим отрицательным знаком заряда поверхности частиц. Установлено, что существенно повысить разжижающую способность анионных модификаторов (на 40–68 %) в кварцевых суспензиях можно за счет ввода карбоната кальция (5 %) при их совместном измельчении. Увеличение разжижения вызвано тем, что наблюдается блокировка отрицательно-заряженных активных центров кварцевого песка при совместном помоле с CaCO_3 . Показано, что на разжижение цементного теста с наполнителем состава 1:1 электроповерхностные свойства порошкообразного наполнителя оказывают второстепенное влияние, при этом важную роль играют гидроалюминатные частицы с положительным зарядом поверхности. Электроповерхностные свойства наполнителя значительно влияют на стабильность разжижающей способности СП во времени в связи с реакциями гетерокоагуляции с заряженными частицами гидратных фаз портландцемента. Показано, что прочность порошковых бетонов с 10 и 30 % наполнителей зависела от вида применяемого материала.

Ключевые слова: суперпластификатор, наполнитель, распыл конуса, кварцевый порошок, карбонат кальция, электроповерхностные свойства.

Введение. В настоящее время для регулирования водопотребности вяжущих систем используются органические поверхностно-активные вещества преимущественно анионного типа, которые содержат функциональные группы, такие как сульфогруппа ($-\text{SO}_3^-$), карбоксилат ($-\text{COO}^-$), гидроксильная группа ($-\text{OH}$) [1–4]. Исходя из основных положений химии поверхностно-активных веществ эти добавки адсорбируются большей частью на частицах с положительным зарядом [5–9], преимущественно на гидроалюминатах кальция, обладающих пластинчатой гексагональной формой и меньшей удельной поверхностью относительно гидросиликатов кальция [11–14]. Это приводит к электростатическому отгаливанию одноименно заряженных частиц гидратных фаз, сопровождающемуся разрушением флокул и высвобождением иммобилированной воды, которая становится свободной, в результате текучесть цементного теста возрастает [15].

В технологии бетонов в последнее время все чаще применяют минеральные тонкодисперсные наполнители, которые получают из природных и техногенных материалов: кварцевого песка, гранита, кварцитопесчаника, доменных шлаков и других, преимущественно с электроотрицательными поверхностными свойствами [16]. При этом для повышения разжижения бетонной смеси добавками суперпластификаторами предпочтительнее использование порошкообразных наполнителей с преобладающим количеством

положительно заряженных активных центров, что особенно значимо при низких расходах цемента (200–250 кг/м³). В этой связи минеральные наполнители нельзя рассматривать как инертные компоненты с точки зрения участия в процессе разжижения бетонной смеси с помощью ПАВ [17–19]. При этом следует учитывать, что применяемые минеральные тонкодисперсные добавки с различными электроповерхностными свойствами по-разному влияют на сцепление с цементной матрицей бетона. Если минеральные порошкообразные компоненты характеризуются положительными электроповерхностными свойствами (известняк, доломит, мрамор и тому подобное), то есть противоположного знака заряда, чем цементирующее вещество, это будет способствовать тесному контакту между ними, что позволит улучшить эксплуатационные характеристики бетона. Несмотря на большую роль электроповерхностных явлений в вопросах гидратации, твердения, эксплуатации материалов и изделий из бетона, этим вопросам в последние десятилетия не уделялось должного внимания.

Исходя из вышеизложенного, следует цель работы: исследовать влияние минеральных наполнителей на эффективность действия разжижающих ПАВ.

Материалы и методы. В работе были использованы следующие материалы: портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н ($S_{уд}=500$ м²/кг), с техниче-

скими параметрами, соответствующими требованиям ГОСТ 10178-85; суперпластификаторы Полипласт СП-1 и Линамикс; наполнители с различными электроповерхностными свойствами: молотый кварцевый песок Нижнеольшанского месторождения с $S_{уд} = 510 \text{ м}^2/\text{кг}$ и содержанием

$\text{SiO}_2 - 98,2 \%$, и молотый мрамор Еленинского месторождения с $S_{уд} = 500 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Измерения электрокинетического потенциала поверхности частиц проводили на оборудовании Zetasizer Nano ZS при помощи методики МЗ-PALS на основе полного программного обеспечения (рис. 1).

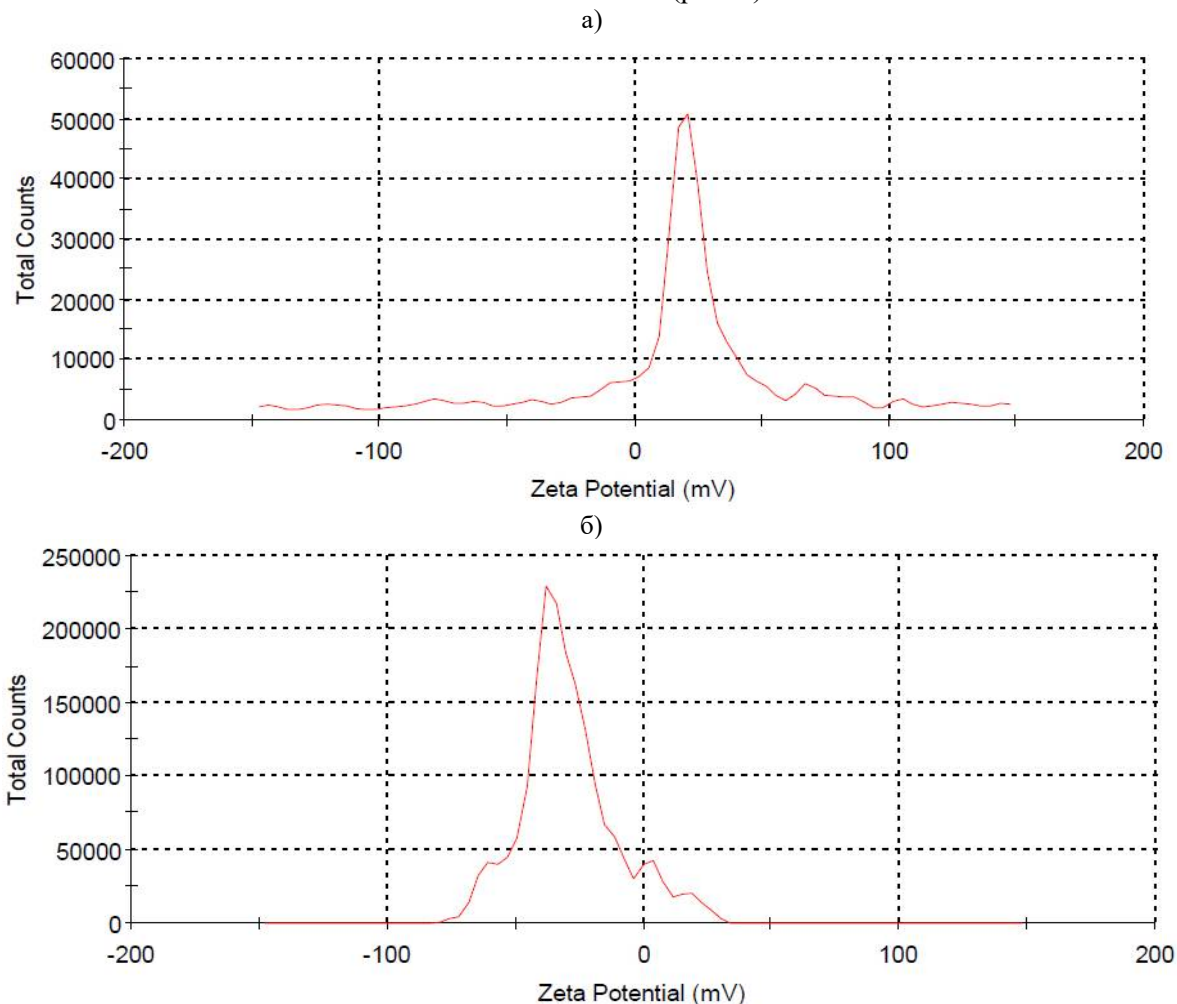


Рис. 1. Электрокинетический потенциал поверхности:
а) мрамор, б) кварцевый песок

Численные характеристики распределения активных центров на поверхности минеральных порошков, приведенные на рис. 1, показывают, что преобладающий заряд поверхности кварца $-31,6 \text{ mV}$, мрамора $+19,3 \text{ mV}$, также в небольших количествах присутствуют активные центры противоположного знака: у кварца $+3,13 \text{ mV}$ (7,9 %), у мрамора $-85,6 \text{ mV}$ (5,1 %).

Для оценки эффективности действия суперпластификаторов использовали метод мини-конуса, широко применяемый отечественными и зарубежными специалистами, хотя размеры используемых для исследований конусов различны. В данной работе использовали усеченный мини-конус высотой 40 мм, с диаметром нижнего отверстия 35 мм, верхнего – 20 мм.

Влияние порошковых наполнителей на прочность цементной матрицы проводили на смесях цемент:наполнитель = 70:30; 70:15:15; 90:10. На основе приведенных составов из теста нормальной густоты формовали образцы размером $2,5 \times 2,5 \times 10 \text{ см}$, которые после 28 и 180 сут твердения в нормальных условиях испытывали на прочность при изгибе и сжатии.

Основная часть. Эффективность действия добавок суперпластификаторов Полипласт СП-1 и Линамикс при дозировках 0,2–0,8 % в минеральных суспензиях без вяжущего определяли по распылу мини-конуса (рис. 2). Контрольное значение распыла мини-конуса мраморной суспензии ($B/C = 0,35$) и кварцевой суспензии ($B/C = 0,4$) без СП соответствовало 55 мм. Диаметр распыла суспензии мраморного порошка

повышался с вводом суперпластификаторов и ростом дозировки от 0,2 до 0,8 %: с Полипласт СП-1 до 230–250 мм, а с Линамикс до 210–270 мм. Значительно слабее происходит разжижение кварцевой суспензии под воздействием СП: диаметр расплыва мини-конуса с Полипласт СП-1 составил 163–172 мм, а с Линамикс – 147–205 мм.

Разница по расплыву суспензий разного состава может быть вызвана тем, что на поверхности частиц мрамора с преимущественно положительно заряженными активными центрами идет интенсивная адсорбция макромолекул добавок за счет электростатического взаимодействия с отрицательно заряженными функциональными группами добавок СП, благодаря чему анионоактивные добавки обеспечивают лучший разжижающий эффект.

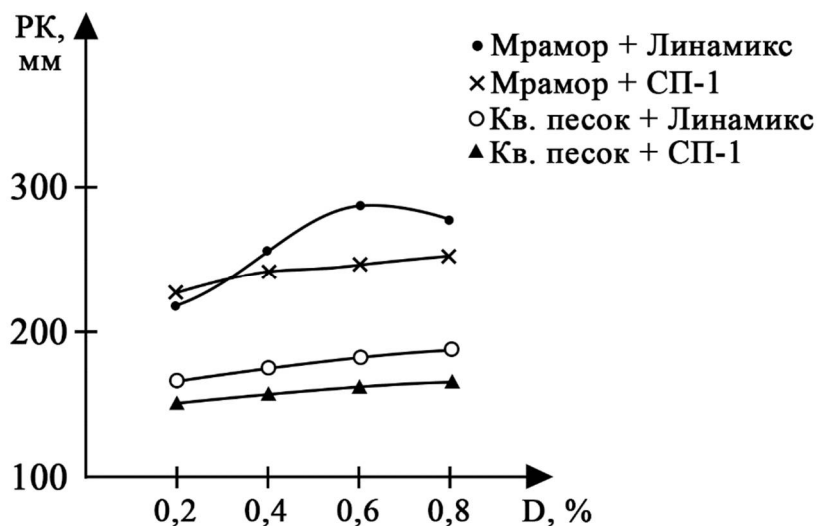


Рис. 2. Разжижение минеральных суспензий добавками ПАВ

Слабое разжижение кварцевых суспензий обусловлено тем, что преобладающий знак заряда поверхности частиц кварца и функциональной группы анионоактивной добавки СП совпадают. Однако, несмотря на преобладающее количество отрицательно заряженных центров на поверхности кварцевых частиц, также образуется и некоторое количество положительно заряженных центров, число которых будет возрастать по мере измельчения кварцевого порошка, что обеспечивает незначительную адсорбцию макромолекул суперпластификаторов на частицах кварца и слабое разжижение.

Для исключения вероятности роста положительного потенциала поверхности частиц кварца за счет перехода положительно заряженных ионов железа на поверхность частиц кварца при помол в вибрационной мельнице с металлическими шарами, был произведен помол в фарфоровой шаровой мельнице. Полученные данные показали, что разница в разжижении в зависимости от вида мельницы и мелющих тел малозначительна, при этом эффективность Линамикс несколько выше после помола кварца в фарфоровой мельнице (РК=165–195 мм), чем в металлической (РК=147–161 мм). Таким образом, предположение о влиянии примесей в виде ионов железа на

поверхности кварцевых частиц на эффективность СП не подтвердилось.

Для увеличения расплыва кварцевой суспензии добавляли 5 % мраморного порошка и затворяли смесь раствором суперпластификаторов. Результаты показали, что добавка 5 % мраморного порошка к кварцевому (95 %) повышает разжижение пасты по сравнению с кварцевой на 20–60 % с Полипласт СП-1 (0,2–0,8 %), и на 26–40 % с Линамикс (0,2–0,6 %). При совместном помол кварцевого песка с добавкой 5 % карбоната кальция эффект разжижения существенно возрос и даже превзошел растекаемость мраморной суспензии. Диаметр расплыва конуса с Полипласт СП-1 составил 135–280 мм (при дозировках 0,2–0,8 %), с Линамикс 240–280 мм (при дозировках 0,2–0,8 %), что выше на 68–41 % расплыва кварцевой суспензии соответственно (рис. 3).

При совместном измельчении кварцевого песка с мрамором, последний измельчается более тонко, ввиду их различной размолоспособности. Твердость мрамора равна 3 (по шкале Мооса), а кварца – 7, поэтому размолоспособность мрамора гораздо выше. При совместном помол образуются более мелкие частицы мрамора по сравнению с кварцевыми, они равномерно распределяются и налипают на поверхности частиц

кварца за счет электроповерхностных взаимодействий, тем самым смещают потенциал в положительную область. Увеличение расплыва кварцевой суспензии с добавкой карбоната кальция под

влиянием анионных модификаторов (суперпластификаторов) вызвано тем, что производится ликвидация отрицательно-заряженных активных центров кварцевого песка, полученных путем совместного помола с CaCO_3 .

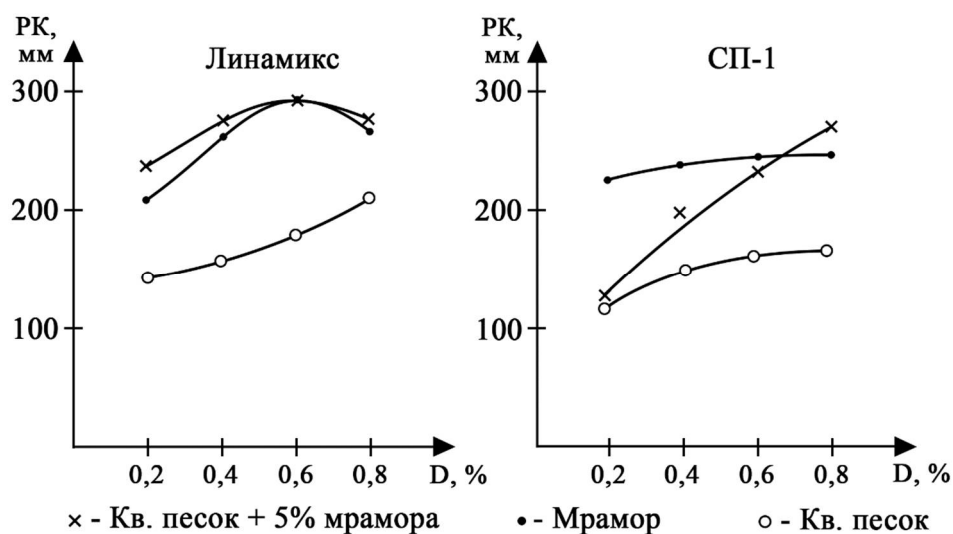


Рис. 3. Разжижение моно- и полиминеральных суспензий добавками ПАВ

Влияние порошкообразного наполнителя с положительно и отрицательно заряженными адсорбционными центрами на эффективность разжижения цементных систем исследовали на тесте состава вяжущее:наполнитель=1:1. В качестве критерия использовали минимальную дозировку добавки СП Линамикс, при которой тесто достигает наибольшей первоначальной подвиж-

ности, а также стабильность подвижности в течение часа. Для этого измерения диаметра расплыва конуса проводили через 5 мин и через 1 час после затворения теста водой. Выбор СП Линамикс обусловлен тем, что он относится к группе добавок нового поколения на поликарбоксилатной основе, а СП-1 является аналогом С-3 (на нафталинформальдегидной основе). Полученные результаты приведены на рис. 4.

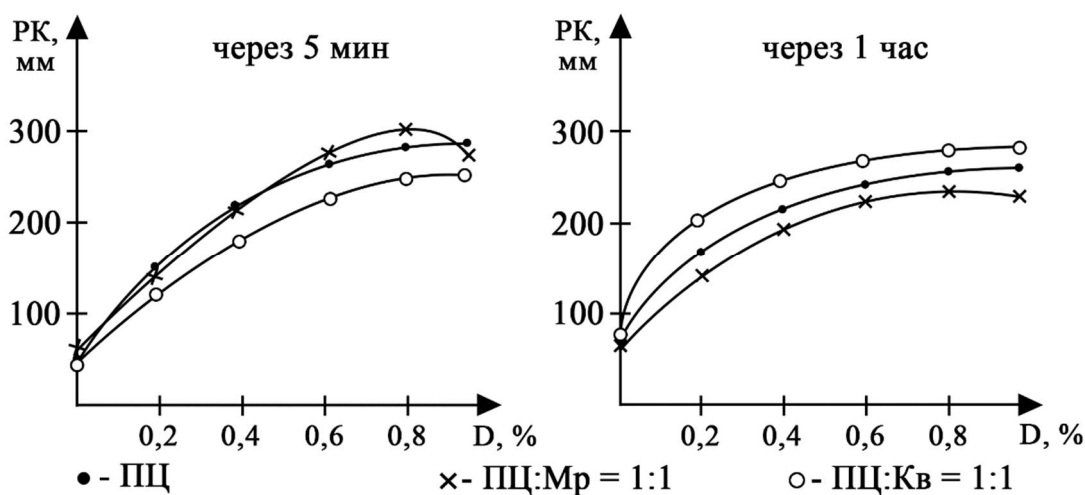


Рис. 4. Влияние минеральных наполнителей на совместимость цемента с СП Линамикс

Из полученных данных следует, что оптимальная дозировка Линамикс составила для ЦЕМ I – 1 %, при этом через час после затворения водой диаметр расплыва конуса уменьшился на 14 %. Для состава с мраморным порошком оптимальная дозировка 0,6 %, спустя час наблюдается максимальная потеря подвижности, расплыв конуса уменьшился на 28 %, что свидетельствует о

потери стабильности действия добавки. Тесто с кварцевым наполнителем максимально разжижается при дозировке 1 %, спустя час после затворения водой диаметр расплыва конуса увеличился на 12 %, вместо потери подвижности наблюдалось увеличение разжижения теста. Причиной данного явления может быть то, что

часть гидроалюминатных частиц портландцемента, имеющих положительный заряд поверхности, вступают в реакции гетерокоагуляции с отрицательно заряженными кварцевыми микро-частицами, поэтому адсорбция макромолекул суперпластификатора Линамикс на положительно заряженных частицах снижается, по причине того, что они заблокированы частицами кварца. Это аналогично вводу избыточного количества суперпластификатора в систему, свободной добавки Линамикс остается больше, чем в чистом портландцементном тесте. А в тесте на основе чистого портландцемента преобладают положительно заряженные $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и гидроалюминаты кальция, поэтому большая часть макромолекул добавки СП адсорбируется на их поверхности, а в свободном виде добавки остается меньше. Дзета-потенциал у частиц кварца SiO_2 (≈ -30 mV) выше, чем у гидросиликатов кальция

($\approx -10-15$ mV), поэтому на кварцевом наполнителе этот эффект выражен сильнее, чем на чистом портландцементе.

Таким образом, на основе проведенных исследований установлено, что в цементном тесте вяжущее:наполнитель=1:1 применение кварцевого порошка, содержащего отрицательно заряженные адсорбционные центры, благоприятно влияет на продолжительность эффекта разжижения в отличие от порошка карбоната кальция с положительно заряженными адсорбционными центрами.

Влияние порошковых наполнителей на процессы структурообразования, с учетом электрокинетических явлений, обусловленных взаимодействием активных центров, находящихся на поверхности наполнителей и цементной матрицы, исследовали на образцах нормального твердения (табл. 1).

Таблица 1

Влияние порошковых наполнителей с различными электроповерхностными свойствами на прочность цементной матрицы

№	Состав			В/Ц	Предел прочности, МПа			
					28 сут		180 сут	
	ПЦ, %	Мр., %	Кв., %		Р изг	Р сж	Р изг	Р сж
1	100	–	–	0,26	1,35	62,56	1,86	68,94
2	70	30	–	0,3	1,15	48,58	1,45	50,9
3	70	–	30	0,3	1,01	39,32	1,22	42,05
4	70	15	15	0,3	1,18	40,31	1,40	44,79
5	90	10	–	0,3	1,14	44,92	1,54	59,07
6	90	–	10	0,3	1,05	43,27	1,39	56,8

Из приведенных данных видно, что мраморный и кварцевый наполнитель оказывают различное влияние на прочность бетона. При концентрации наполнителя 10 % прочность порошковых бетонов на мраморном наполнителе несущественно превышала прочность на кварцевом наполнителе (приблизительно на 4 %), как в нормативный срок (28 сут), так и в отдаленный период (180 сут). С ростом концентрации наполнителя до 30 % влияние вида наполнителя усиливается и более четко прослеживается превосходство по прочности образцов на мраморном наполнителе, чем на кварцевом, приблизительно на 23 %. Использование смеси наполнителей 1:1 (состав № 4) улучшает прочностные показатели порошкового бетона по сравнению с кварцевым порошком, но уступает мраморному наполнителю.

У частиц мрамора сцепление с цементной матрицей в основном происходит за счет электроповерхностных явлений, обусловленных донорно-акцепторным взаимодействием гидросиликатов кальция с положительно заряженными

активными центрами наполнителя, что способствует упрочнению зоны контакта.

В контактной зоне кварцевого наполнителя с преобладающим отрицательным поверхностным зарядом происходит осаждение положительно заряженных частиц портландита или гидроалюминатных фаз. Так как количество образующего портландита, из-за склонности к быстрой рекристаллизации, не в полной мере покрывает контактную зону, то большая часть поверхности кварцевого наполнителя контактирует с отрицательно заряженными гидросиликатами кальция, осаждающихся с высокой удельной поверхностью, что ослабляет зону контакта.

Выводы. Эффективность разжижения суспензий на основе минеральных порошков при помощи анионоактивных суперпластификаторов зависит от электроповерхностных свойств частиц. Наибольший разжижающий эффект наблюдается в суспензиях с положительно заряженными частицами. Если преобладающий знак заряда поверхности частиц порошка отрицательный, то есть совпадает со знаком заряда функциональной

группы суперпластификатора, то это приводит к снижению разжижения.

Разжижение суспензии на основе смеси, полученной при совместном помоле кварца с добавкой карбоната кальция (5 %) под влиянием анионных модификаторов, существенно возрастает на 40–68 % по сравнению с кварцевой. Увеличение расплыва смешанной суспензии вызвано тем, что производится ликвидация отрицательно-заряженных активных центров кварцевого песка или других порошков кислого состава путем совместного помола с добавкой карбоната кальция, либо других солей, содержащих щелочеземельные или щелочные компоненты.

Электроповерхностные свойства минеральной добавки оказывают меньшее влияние на разжижение цементного теста с наполнителем состава 1:1, так как здесь сказывается преобладающее влияние гидроалюминатных частиц портландцемента, имеющих положительный заряд поверхности. Электроповерхностные свойства наполнителя существенно влияют на стабильность разжижающего эффекта во времени из-за возможных реакций гетерокоагуляции с заряженными частицами гидратных фаз.

Наполнитель из мрамора значительно повышает прочность цементной матрицы по сравнению с кварцевым песком, что обусловлено электроповерхностным взаимодействием частиц мрамора с формирующейся гидросиликатной связкой. Подбор наполнителей с учетом их электроповерхностных свойств позволит регулировать сцепление между частицами и цементной матрицей, что даст возможность существенно повысить прочность строительных материалов гидратационного твердения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. Москва: Изд-во Технопроект, 1998. 768 с.
2. Вовк А.И. О некоторых особенностях применения гиперпластификаторов // Технологии бетонов. 2007. № 6. С. 12–13.
3. Pouchet S., Pochard I., Brunel F., Perrey D. Chemistry of the calcite/water interface: Influence of sulfate ions and consequences in terms of cohesion forces. *Cement and Concrete Research*. 2013. Vol. 52. Pp. 22–30. doi: 10.1016/J.CEMCONRES.2013.04.002
4. Рамачандран В.С. Добавки в бетон. М.: Стройиздат, 1988. 581 с.
5. Рахимбаев Ш.М., Тольпина Н.М. О влиянии знака поверхностного заряда заполнителя на разжижающую способность суперпластификаторов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2011. №2. С. 22–26.

6. Рояк Г.С. Грановская И.В., Тарасова А.Ю. Пути развития пластификации бетонных смесей // Транспортное строительство. 2007. № 9. С. 29–30.

7. Bernt O., Petersen G. Design and mechanism of action of new superplasticizers for more durable concrete with improved performance characteristics // *Cement and Concrete Research*. 2008. Vol. 38. № 10. Pp. 1197–1209.

8. Вовк А.И. Адсорбция суперпластификаторов на продуктах гидратации минералов портландцементного клинкера. Закономерности процесса и строение адсорбционных слоев // Коллоидный журнал. 2000. Том 62. №2. С. 161–169.

9. Uchikawa H., Hanehara S., Sawaki D. The role of steric repulsive force in the dispersion of cement particles in fresh paste prepared with organic admixture. *Cement and Concrete Research*. 1997. Vol. 27. № 1. Pp. 37–50. doi:10.1016/S0008-8846(96)00207-4

10. Рахимбаев Ш.М., Тольпина Н.М., Гудкова Е.А. Влияние электроповерхностных свойств заполнителя на разжижающую способность суперпластификатора С-3 // Техника и технология силикатов. 2013. Том 20. № 1. С. 2–4.

11. Изотов В.С., Соколова Ю.А. Химические добавки для модификации бетона: монография. М.: Изд-во Палеотип, 2006. 44 с.

12. Рахимбаев Ш.М., Тольпина Н.М., Хахалева Е.Н. Влияние мелкого заполнителя из песка на эффективность действия добавок-разжижителей // Вестник СибАДИ. 2016. № 3 (49). С. 74–79. doi: 10.26518/2071-7296-2016-3(49)-74-79

13. Калашников В.И., Гуляева Е.В., Валиев Д.М., Володин В.М., Хвастунов В.М. Высокоэффективные порошково-активированные бетоны различного функционального назначения с использованием суперпластификаторов // Строительные материалы. 2011. № 11. С. 44–47.

14. Демьянова В.С., Калашников В.И., Вернигорова В.Н., Ильина И.Е. Высокодисперсные органоминеральные модификаторы цементного камня и бетона // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2003. № 3. С. 49–53.

15. Вовк А.И. Суперпластификаторы в бетоне: анализ химии процессов. Часть 2 // Технологии бетонов. 2009. № 5. С. 10–13.

16. Зоткин А.Г. Эффекты от минеральных добавок в бетоне // Технологии бетонов. 2007. № 4. С. 10–12.

17. Леденев А.А. Особенности получения и применения органоминеральных добавок для бетонов с высокими физико-техническими свойствами // Научный вестник ВГАСА. Строительство и архитектура. 2009. № 4. С. 78–83.

18. Liu Jin-mei, Zhong-yuan Lu, Yun Yan. J. Wuhan. Reduction of the cement paste water demand

using a mixture of fly ash and superplasticizer // Univ. Technol. 2009. Vol. 31. № 4. Pp. 120–124.

19. Тараканов О.В., Логинов Р.С. Формирование микроструктуры цементных материалов с

минеральными и комплексными добавками // Технологии бетонов. 2009. № 7–8. С. 58–60.

Информация об авторах

Толыпина Наталья Максимовна, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: tolypina.n@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Толыпин Даниил Александрович, магистрант. E-mail: tolypin.daniil@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 13.05.2022 г.

© Толыпина Н.М., Толыпин Д.А., 2022

**Tolypina N.M., Tolypin D.A.*

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

**E-mail: tolypina.n@yandex.ru*

INFLUENCE OF MINERAL FILLERS ON THE LIQUISHING OF CEMENT SYSTEMS WITH THE HELP OF SURFACTANTS

Abstract. *The effectiveness of the action of anion-active superplasticizers in mineral suspensions based on powders with different electrical surface properties has been studied. It is shown that in suspensions with positively charged particles (marble) the best thinning effect is observed. At the same time, in suspensions based on powdered quartz with a predominantly negative sign of the particle surface charge, the effectiveness of the action of superplasticizers is significantly reduced. It has been established that it is possible to increase significantly the diluting ability of anionic modifiers (by 40–68 %) in quartz suspensions by introducing calcium carbonate (5%) during their joint grinding. The increase in liquefaction is due to the fact that blocking of negatively charged active centers of quartz sand is observed during joint grinding with CaCO₃. It is shown that the electrosurface properties of the powdered filler have a secondary effect on the liquefaction of the cement paste with a filler composition of 1:1, since hydroaluminate particles with a positive surface charge have a predominant effect on the liquefaction. The electrical surface properties of the filler significantly affect the stability of the diluting ability of the joint venture over time due to heterocoagulation reactions with charged particles of the hydrated phases of Portland cement. It is shown that the strength of powder concretes with 10 and 30 % fillers depended on the type of material used.*

Keywords: *superplasticizer, filler, cone flow, quartz powder, calcium carbonate, electrosurface properties.*

REFERENCES

1. Batrakov V.G. Modified concrete. Theory and practice [Modificirovannye betony. Teoriya i praktika]. Moscow: Technoproekt Publishing House. 1998, 768 p. (rus)

2. Vovk A.I. On some features of the use of hyperplasticizers [O nekotoryh osobennostyah primeneniya giperplastifikatorov]. Concrete Technology. 2007. No. 6. Pp.12–13. (rus)

3. Pouchet S., Pochard I., Brunel F., Perrey D. Chemistry of the calcite/water interface: Influence of sulfate ions and consequences in terms of cohesion forces. Cement and Concrete Research. 2013. Vol. 52. Pp. 22–30. doi: 10.1016/J.CEMCONRES.2013.04.002

4. Ramachandran V.S. Additives in concrete [Dobavki v beton]. M.: Stroyizdat. 1988, 581 p. (rus)

5. Rakhimbaev Sh.M., Tolypina N.M. On the influence of the sign of the surface charge of the filler

on the liquefying ability of superplasticizers [O vliyaniy znaka poverhnostnogo zaryada zapolnitelya na razzhizhayushchuyu sposobnost' superplastifikatorov]. Izvestia of higher educational institutions. Construction. 2011. No. 2. Pp. 22–26. (rus)

6. Royak G.S. Granovskaya I.V., Tarasova A.Yu. Ways of development of plasticization of concrete mixtures [Puti razvitiya plastifikatsii betonnyh smesej]. Transport construction. 2007. No. 9. Pp. 29–30. (rus)

7. Bernt O., Petersen G. Design and mechanism of action of new superplasticizers for more durable concrete with improved performance characteristics. Cement and Concrete Research. 2008. Vol. 38. No. 10. Pp. 1197–1209.

8. Vovk A.I. Adsorption of superplasticizers on hydration products of Portland cement clinker minerals. Regularities of the process and the structure of adsorption layers [Adsorbciya superplastifikatorov

na produktah gidratatsii mineralov portlandcementnogo klinkera. Zakonomernosti processa i stroenie adsorbtsionnykh sloev]. Colloidal journal. 2000. Vol. 62. No. 2. Pp. 161–169. (rus)

9. Uchikawa H., Hanehara S., Sawaki D. The role of steric repulsive force in the dispersion of cement particles in fresh paste prepared with organic admixture. Cement and Concrete Research. 1997. Vol. 27. No. 1. Pp. 37–50. doi:10.1016/S0008-8846(96)00207-4

10. Rakhimbaev Sh.M., Tolykina N.M., Gudkova E.A. Influence of the electrical surface properties of the filler on the liquefying ability of the superplasticizer C-3 [Vliyanie elektropoverhnostnykh svoystv zapolnitelya na razzhizhayushchuyu sposobnost' superplastifikatora S-3]. Technique and technology of silicates. 2013. Vol. 20. No. 1. Pp. 2–4. (rus)

11. Izotov V.S., Sokolova Yu.A. Chemical additives for concrete modification: monograph [Himicheskie dobavki dlya modifikatsii betona: monografiya]. Moscow: Paleotype Publishing House. 2006, 44 p. (rus)

12. Rakhimbaev Sh.M., Tolykina N.M., Kakhaleva E.N. Influence of fine aggregate from sand on the effectiveness of additives-thinners [Vliyanie melkogo zapolnitelya iz peska na effektivnost' dejstviya dobavok-razzhizhitelej]. Bulletin of SibADI. 2016. No. 3 (49). Pp. 74–79. (rus)

13. Kalashnikov V.I., Gulyaeva E.V., Valiev D.M., Volodin V.M., Khvastunov V.M. High-performance powder-activated concretes for various functional purposes using superplasticizers [Vysokoeffektivnye poroshkovo-aktivirovannye betony razlichnogo funktsional'nogo naznacheniya s

ispol'zovaniem superplastifikatorov]. Stroitel'nye materialy. 2011. No. 11. Pp. 44–47. (rus)

14. Demyanova V.S., Kalashnikov V.I., Vernigorova V.N., Ilyina I.E. Highly dispersed organomineral modifiers of cement stone and concrete [Vysokodispersnyye organomineral'nye modifikatory cementnogo kamnya i betona]. News of higher educational institutions. Construction. 2003. No. 3. Pp. 49–53. (rus)

15. Vovk A.I. Superplasticizers in concrete: analysis of process chemistry. Part 2 [Superplastifikatory v betone: analiz himii processov. CHast' 2]. Concrete Technologies. 2009. No. 5. Pp. 10–13. (rus)

16. Zotkin A.G. Effects of mineral additives in concrete [Effekty ot mineral'nykh dobavok v betone]. Tekhnologiya betonov. 2007. No. 4. Pp. 10–12. (rus)

17. Ledenev A.A. Features of obtaining and using organomineral additives for concretes with high physical and technical properties [Osobennosti polucheniya i primeneniya organomineral'nykh dobavok dlya betonov s vysokimi fiziko-tekhnicheskimi svoystvami]. Bulletin of VGAS. Construction and architecture. 2009. No. 4. Pp. 78–83. (rus)

18. Liu Jin-mei, Zhong-yuan Lu, Yun Yan. J. Wuhan. Reduction of the cement paste water demand using a mixture of fly ash and superplasticizer. Univ. Technol. 2009. Vol. 31. No. 4. Pp. 120–124.

19. Tarakanov O.V., Loginov R.S. Formation of the microstructure of cement materials with mineral and complex additives [Formirovanie mikrostruktury cementnykh materialov s mineral'nymi i kompleksnymi dobavkami]. Tekhnologiya betonov. 2009. No. 7–8. Pp. 58–60. (rus)

Information about the authors

Tolykina, Natalya M. DSc, Professor. E-mail: tolykina.n@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Tolykin, Daniil A. Master student. E-mail: tolypin.daniil@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 13.05.2022

Для цитирования:

Тольпина Н.М., Тольпин Д.А. Влияние минеральных наполнителей на разжижение цементных суспензий с помощью ПАВ // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 9. С. 26–33. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-9-26-33

For citation:

Tolykina N.M., Tolykin D.A. Influence of mineral fillers on the liquishing of cement systems with the help of surfactants. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2022. No. 9. Pp. 26–33. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-9-26-33