

## Влияние тонкомолотой цеолитсодержащей породы на свойства мелкозернистого бетона

*С.В. Дружинкин, Н.Г. Василевская, Е.А. Краснова, Д.А. Немыкина*

*Сибирский федеральный университет, Красноярск*

**Аннотация:** Изучено влияние тонкодисперсной цеолитсодержащей породы на свойства мелкозернистого бетона. Подобран оптимальный расход добавки, при котором повышаются прочностные характеристики.

**Ключевые слова:** мелкозернистый бетон, прочность при изгибе и сжатии, цеолитсодержащая порода, тонкодисперсный наполнитель, активная минеральная добавка.

В строительной индустрии очень важен вопрос снижения себестоимости продукта. Одним из хороших решений является применение минеральных добавок. Такие наполнители делятся на неактивные, активные, добавки, способные химически взаимодействовать с водой затворения и твердеть при нормальных условиях [1–4].

Форма, размер частиц, а так же их химическая активность минеральных порошков могут оказывать разное влияние на свойства цементного теста и цементного камня [5].

Анализируя выше перечисленные данные, целью работы является применение цеолитсодержащей породы в качестве тонкомолотой активной минеральной добавки и изучение ее влияния на физико – механические свойства мелкозернистого бетона.

В ходе проведения исследований в качестве тонкомолотой минеральной добавки использовали цеолитсодержащую породу Сахаптинского месторождения. Цеолиты являются каркасными алюмосиликатами и в отличии от силикатных имеют наиболее открытую кристаллическую решетку с высокими ионообменными свойствами [7,9].

В бетонах использование цеолита позволяет экономить до 20% цемента и 30% песка, при увеличении прочности на 6–14%. К тому же, цеолит улавливает в свою структуру гидроксид кальция, который выделяется при гидратации цемента, тем самым предотвращая разрушение цементного камня [10].

В результате проведения рентгенофазового анализа цеолитсодержащей породы (рис. 1) было отмечено, что интенсивность пиков имеет место при  $d = 2,9775; 3,97$ , что указывает на наличие клиноптилолита, и при  $d = 2,74; 5,12; 7,924$ , соответствующая гейландиту; пики  $d = 2,13; 2,24; 2,28; 2,46; 4,25$  соответствующие  $\text{SiO}_2$

Химический состав цеолитсодержащей породы приведен в таблице 1.

В работе был использован портландцемент ЦЕМ I 32,5Н местного изготовителя ООО «Красноярский цемент».

В качестве мелкого заполнителя применялся природный песок Березовского месторождения модуль крупности которого составляет  $M_k = 3,0$ , содержание пылеватых и глинистых частиц 1,79%.

При введении в состав бетонной смеси цеолитсодержащая порода подвергалась дроблению в лабораторной щековой дробилке и дальнейшем помолу в механической ступке до полного прохождения через сито № 0,08, до удельной поверхности 3500  $\text{см}^2/\text{г}$ . Тонкомолотую добавку цеолитсодержащей породы вводили в количестве 5%, 10%, 15% от массы цемента.

Таблица 1

Химический состав цеолитсодержащей породы

Вид породы	Содержание оксидов, %				
	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	CaO
Цеолитсодержащая	66,11	11,85	3,05	0,34	2,27

порода Сахаптинского месторождения	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Δm <sub>пр</sub>	Сумма
	1,66	0,63	3,20	10,89	100

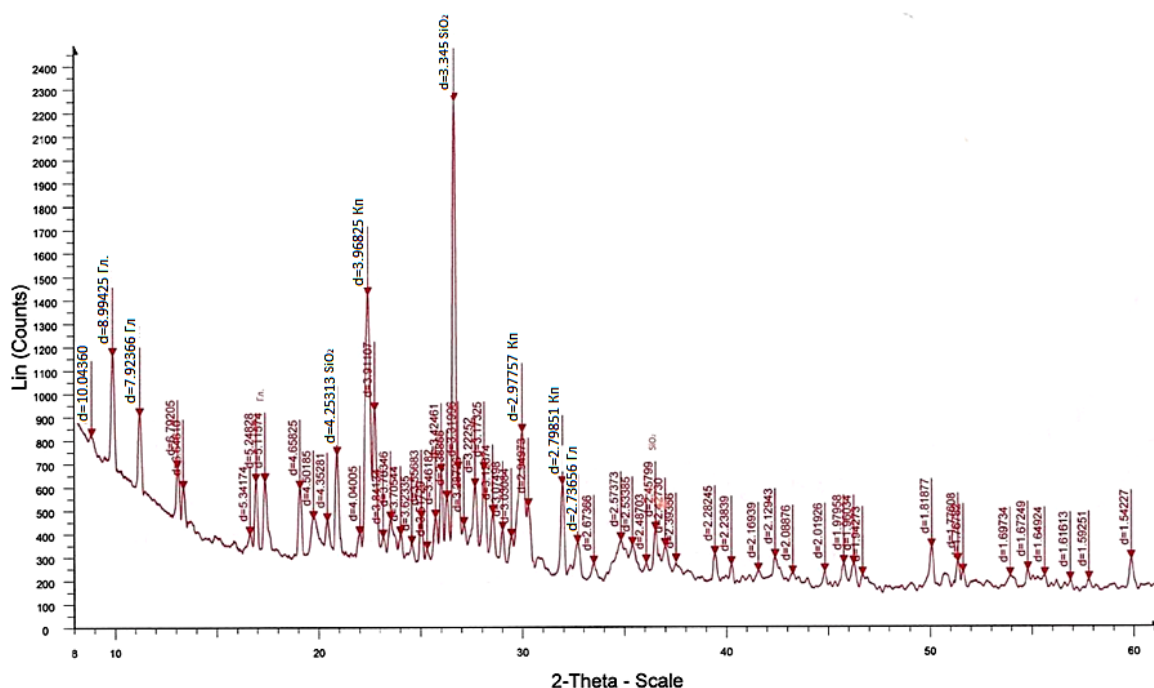


Рис. 1. – Дифрактограмма цеолитсодержащей породы Сахаптинского месторождения: SiO<sub>2</sub> – кварц, Гл – гейландит, Кп – клиноптилолит, Мн – монтмориллонит.

Свойства цементно-цеолитовых композиций представлено в таблице 2.

Таблица 2

Свойства цементно-цеолитовых композиций

Состав композиции, %		Нормальная густота, %	Начало схватывания, час.–мин	Конец схватывания, час.–мин
цемент	цеолит			
100	–	26,25	3 – 00	4 – 10
95	5	26,25	3 – 00	4 – 10
90	10	27,50	3 – 50	4 – 40

85	15	28,75	3 – 50	4 – 40
----	----	-------	--------	--------

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод, что введение цеолитсодержащей породы в количество 10 и 15 % приводит к повышению нормальной густоты, а также влияет на увеличение сроков схватывания цементно-цеолитовых композиции.

На основе полученных цементно-цеолитовых композиций готовили мелкозернистые бетоны у которых определяли физико-механические характеристики, отраженные в таблице 3 и на рис 2.

Таблица 3

Расход компонентов и результаты испытаний на прочность при изгибе и сжатии

№	Расход компонентов на замес, г					Плотность смеси, кг/м <sup>3</sup>	В/Ц	Предел прочности при изгибе, Rизг, МПа			Предел прочности при сжатии, Rсж, МПа		
	Цемент	Песок	Вода	цеолит.	порода			7 сут	14 сут	28 сут	7 сут	14 сут	28 сут
1	500	1500	290	-		2125	0,52	4,83	5,95	7,41	27	35	39
2	475	1500	290	25		2152	0,53	5,12	6,75	7,51	26	36	45
3	450	1500	290	50		2118	0,64	5,86	6,97	8,08	29	36	44
4	425	1500	280	75		2095	0,66	5,43	6,47	7,73	25	35	43

Анализируя полученные данные можно судить о том, что тонкомолотая добавка цеолитсодержащей породы в количестве 5–15 % от массы цемента оказывает существенное влияние на прочностные характеристики мелкозернистого бетона увеличивая их на 15 %.

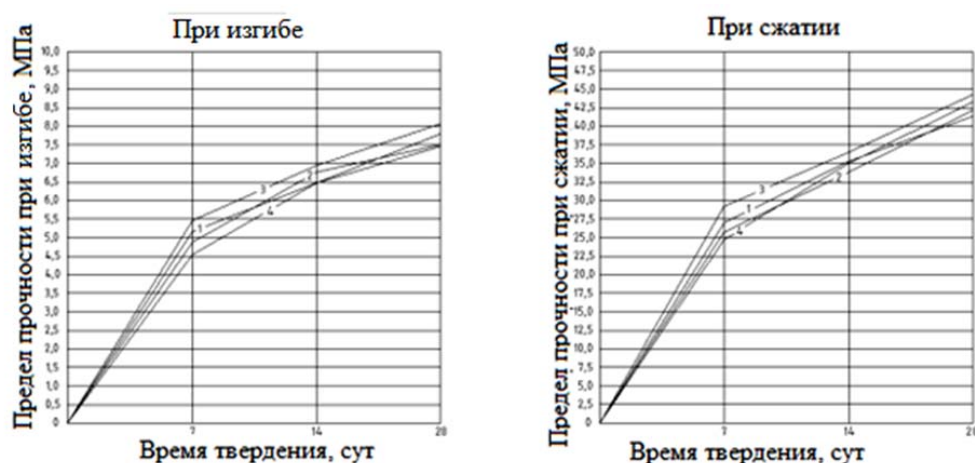


Рис. 2. – Влияние цеолитсодержащей породы на прочность мелкозернистого бетона: 1 – контрольный состав, 2 – добавка цеолитсодержащей породы 5%, 3 – добавка цеолитсодержащей породы 10%, 4 – добавка цеолитсодержащей породы 15%

Вывод. Введение цеолитсодержащей породы в качестве активной минеральной добавки взамен части цемента способствует пуццолановому процессу, при котором в рыхлых высокопористых цеолитовых структурах происходит атака связи Si - O, кривые связывания извести имеют резкий подъем даже после кратковременного воздействия. Также происходит увеличение количества гидросиликатов типа C-S-H. Происходит уплотнение структуры цементного камня. Это свою очередь приводит к повышению прочностных показателей.

Оптимальное введение тонкомолотой цеолитсодержащей породы в состав бетонной смеси является 5–10%. При этом наблюдается улучшение свойств мелкозернистого бетона, дальнейшее увеличение цеолитсодержащей породы приводит к повышению В/Ц, которая существенно не влияет на прочность затвердевшего бетона.

## Литература

1. Шляхова Е.А., Шляхов М.А. Влияние вида минеральной добавки микронаполнителя на свойства мелкозернистого бетона // Инженерный вестник Дона, 2015, №4. URL [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3394](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3394)
2. Varat, D. Performance of cement concrete with mineral admixtures / Advance in Cem. Res. 13. №4. – 2001. – pp. 139-155
3. Egorova A.D., Filippova K.E. Impact of zeolite-based nanomodified additive on the structure and strength of the cement stone. IOP Publishing Ltd. Materials Science and Engineering, Volume 71, conference 1. URL: [iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/71/1/012027/pdf](http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/71/1/012027/pdf).
4. Высоцкий С.А. Минеральные добавки для бетонов // Бетон и железобетон. 1994. №2. С. 7-10
5. Гаврилов А.В., Курочка П.Н. Соотношение размера частиц в полидисперсных структурах как первый к оптимизации составов композиционных вяжущих // Инженерный вестник Дона, 2013, №2 URL [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1596](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1596)
6. Андреева А. В., Давыдова Н. Н., Буренина О. Н., Петухова Е. С. Влияние модифицированных минеральных добавок на прочностные свойства мелкозернистого бетона // Научный журнал КубГАУ, 2014, №97(03). – 10 с.
7. Смола В. И., Ключанский Н.Г., Лобанов Д.А. Физико – химические и сорбционные свойства цеолитизированных пород Восточной Сибири. М., 1985. 42 с. - Деп. в ВИНТИ, № 630-685.
8. Заболотская А.В. Технология и физико-химические свойства пористых композиционных материалов на основе жидкого стекла и природных силикатов: Дис. канд. техн. наук: 05.17.11, 02.00.01. Томск, 2003 149 с. РГБ ОД, 61:04-5/1222



9. Овчаренко Г.И., Свиридов В.Л., Казанцева Л. К. Цеолиты в строительных материалах. Барнаул: АлтГТУ, 2000. – 320 с.
10. Годовиков А. А. Минералогия. М.: Недра, 1975. – 519 с.

### References

1. Shlyakhova E.A., Shlyakhov M.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3394](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3394)
2. Barat, D. Performance of cement concrete with mineral admixtures. Advance in Cem. Res. 13. №4. 2001. pp. 139-155.
3. Egorova A.D., Filippova K.E. Impact of zeolite-based nanomodified additive on the structure and strength of the cement stone. IOP Publishing Ltd. Materials Science and Engineering, Volume 71, conference 1. URL: [iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/71/1/012027/pdf](http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/71/1/012027/pdf).
4. Vysotskiy S.A. Beton i zhelezobeton. 1994. №2. pp. 7-10
5. Gavrilov A.V., Kurochka P.N. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1596](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1596)
6. Andreeva A. V., Davydova N. N., Burenina O. N., Petukhova E. S. Nauchnyy zhurnal KubGAU, 2014, №97(03). 10 p.
7. Smola V. I., Klyuchanskiy N.G., Lobanov D.A. Fiziko – khimicheskie i sorbtionnyye svoystva tseolitizirovannykh porod Vostochnoy Sibiri [Physicochemical and sorption properties of zeolitized rocks of Eastern Siberia]. M., 1985. 42 p. Dep v VINITI, № 630 – 685.
8. Zabolotskaya A.V. Tekhnologiya i fiziko-khimicheskie svoystva poristykh kompozitsionnykh materialov na osnove zhidkogo stekla i prirodnykh silikatov [Technology and physico-chemical properties of porous composite materials based on liquid glass and natural silicates]: Dis. kand. tekhn. nauk: 05.17.11, 02.00.01 Tomsk, 2003. 149 p. RGB OD, 61:04-5/1222



9. Ovcharenko G.I., Sviridov V.L., Kazantseva L. K. Tseolity v stroitel'nykh materialakh [Zeolites in building materials]. Barnaul: AltGTU, 2000. 320 p.
10. Godovikov A. A. Mineralogiya [Mineralogy]. M.: Nedra, 1975. 519 p.