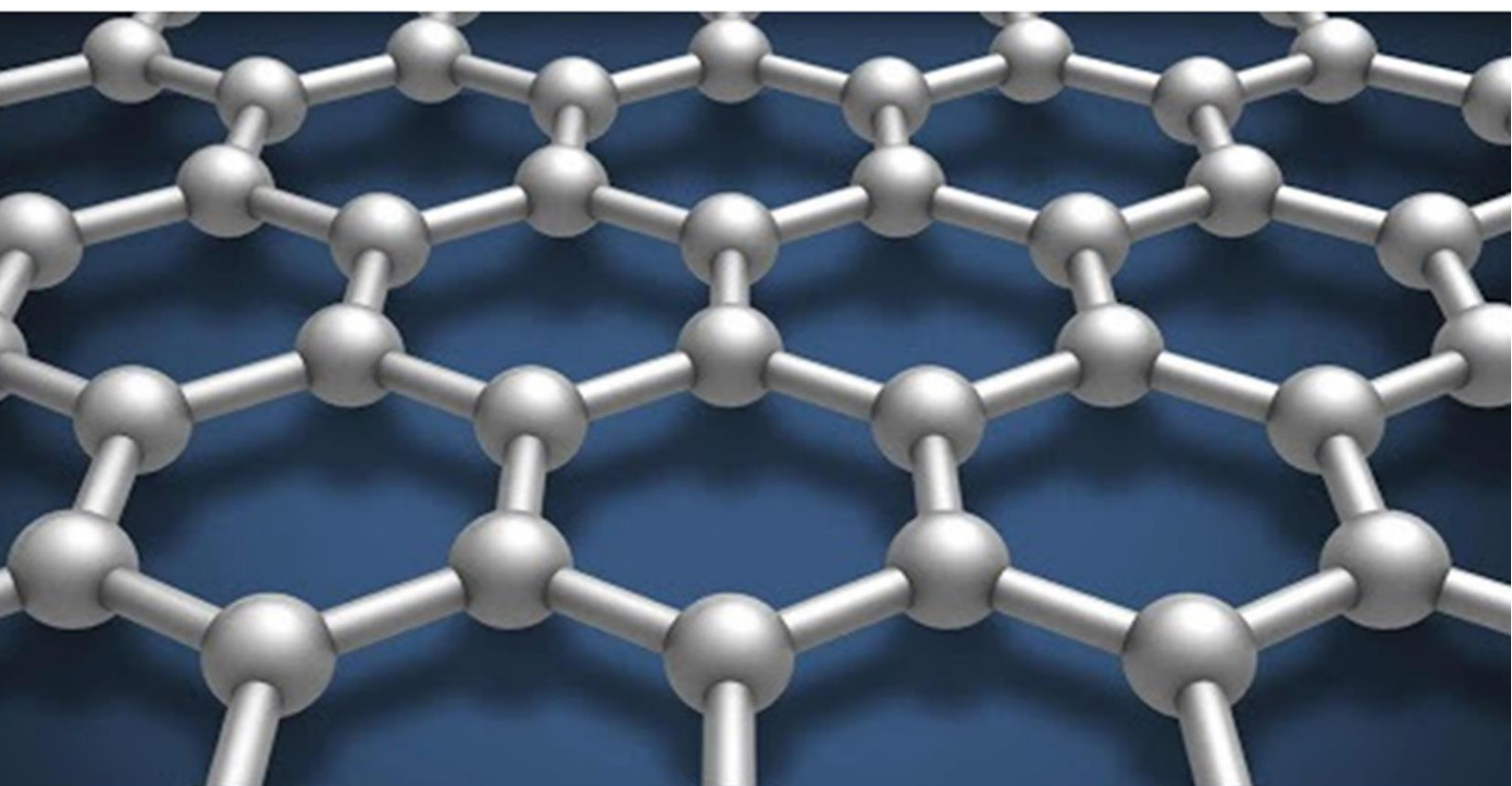


O'zbekiston

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Узбекский научно-технический и производственный журнал

Композиционные материалы

УДК 666.942.1

ИССЛЕДОВАНИЕ СУЛЬФАТОСТОЙКОСТИ ЦЕМЕНТОВ С ВЫСОКОКРЕМНЕЗЕМИСТЫМИ АКТИВНЫМИ МИНЕРАЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ

Искандарова М.И., Мухитдинов Д.Д., Чернишева Г.П., Д.У.Ахмедова

Введение. Последовательное расширение масштабов структурной перестройки по реализации жилищных программ, принятых в республике, повело за собой повышение спроса на все виды строительных материалов, в первую очередь на цемент и материалы с его использованием [1]. Поэтому вопросы обеспечения долговечности цемента, а также растворов и бетонов на его основе при эксплуатации в условиях повышенной минерализации грунтов и вод, агрессивных по отношению к бетону на обычном портландцементе, не теряют своей актуальности.

Коррозия цемента в минерализованных водах возникает в результате обменных реакций происходящих между растворенными в них солями и соединениями, из которых состоит твердеющий цементный камень. Исследование процессов сульфатной коррозии и разработка составов сульфатостойких цемента на местном сырье является одним из основных направлений деятельности ученых [2, 3, 5].

Объекты и методика исследований. В качестве добавок к бездобавочному портландцементу использовали техногенные отходы – микрокремнезем (МК) АО «Узметкомбинат», золошлаковую смесь сухого удаления Ангренской ТЭС (АЗШ) и их гибридных производных, опоковидные породы (ОП) участка «Чукурсай» месторождения «Зиаэтдин-3». В качестве объектов исследований применяли портландцементы на базе клинкера АО «Бекабадцемент»: ПЦ400-Д15МК, ПЦ400-15ОП, ПЦ400-ГД25 (10%МК+15%АЗШ) и ПЦ400-ГД45 (10%МК+35% АЗШС).

Для получения цемента, модифицированных моно- и гибридными добавками в качестве матрицы использовали клинкер АО «Бекабадцемент» и гипсовый камень Бухарского месторождения. Химический состав компонентов определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 5382-2019 (табл.1).

Таблица 1

Химический состав использованных материалов в % по массе

№	Наименование компонентов	Массовая доля оксидов, %							
		п.п.п.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	прочие
1	Микрокремнезем	2,79	90,84	1,51	1,59	0,56	1,00	0,23	1,48
2	Опока	15,78	47,77	9,42	2,79	10,48	2,31	2,03	8,67
3	АЗШС	3,0	62,02	23,55	4,32	3,0	-	1,28	0,8
4	ПЦ Клинкер	0,12	21,40	4,95	4,89	65,22	1,90	0,62	0,65
5	Гипсовый камень	21,46	1,44	1,46	1,27	31,49	0,25	41,6	1,03

Для изучения сульфатостойкости из каждого опытного цемента изготавливали образцы-кубики размером (2х2х2) см состава 1:3 пластичного формования. В целях

ускорения процесса коррозии и уменьшения продолжительности испытаний использовали малые образцы-кубы 2х2х2см из цементно-песчаного раствора состава 1:3 (рис.1).



а)



б)



с)

Рис.1 Образцы-кубы размером 2х2х2 см из цементно-песчаных растворов состава 1:3, твердевших в течение 3 мес. а) в H₂O; б) в 3%-ном растворе Na₂SO₄; в) в 1%-ном растворе MgSO₄

Критерием оценки сульфатостойкости модифицированных цементов служил значение коэффициента стойкости (KC_6) образцов, твердевших в течение 6 мес. в агрессивных растворах, в качестве которых использовали 3%-ный раствор Na_2SO_4 и 1%-ный раствор $MgSO_4$.

После 1 сут. твердения во влажно-воздушной среде образцы переносили в емкости с водой для предварительного твердения в течение 28 сут. Количество образцов для испытаний определяли из расчета хранения в воде и агрессивных растворах, а также сроков испытаний. При каждом испытании (в сроки 1, 3, 6 мес. твердения в воде и агрессивных растворах) использовали по 3 образца. За

результат испытаний брали среднюю величину предела прочности при сжатии. В качестве агрессивных сред применяли 3% раствор Na_2SO_4 и 1% раствор $MgSO_4$. Доза агрессивного раствора - 100 ml на один образец. Коэффициент стойкости вычисляли по отношению величины среднего предела прочности при сжатии образцов после выдерживания в агрессивном растворе к величине среднего предела прочности при сжатии образцов после твердения в воде [4].

Результаты и их обсуждение. Результаты определения сульфатостойкости цементов с активными минеральными добавками приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Сульфатостойкость цементов с активными минеральными добавками при твердении в 3%-ном растворе Na_2SO_4

№	Обозначение цемента	H ₂ O			3%-ный раствор Na_2SO_4					
		$R_{сж.}, \text{kgf/cm}^2$			$R_{сж.}$	KC	$R_{сж.}$	KC ₃	$R_{сж.}$	KC ₆
		1мес.	3мес.	6мес.	1 мес.		3мес.		6мес.	
1	ПЦ-Д0	125	204	256	137	1,0	158	0,77	155	0,60
2	ПЦ-Д15 МК	175	250	281	162	0,9	191	0,76	237	0,84
3	ПЦ-Д15 ОП	256	254	244	150	0,6	150	0,60	262	1,00
4	ПЦ-ГД25(АЗСШ+МК)	155	209	224	159	0,84	171	0,82	188	0,84
5	ПЦ-ГД45(АЗШС+МК)	146	218	235	167	0,85	179	0,82	202	0,86

Анализ полученных данных показывает, что исходный портландцемент ПЦ-Д0, который характеризуется как малоалюминатный (содержание C_3A не выше 5%), уже к 3 мес. твердения в агрессивных растворах обнаруживает снижение прочности: прочность

на сжатие цементов, хранившихся в агрессивном растворе 3% Na_2SO_4 , ниже, чем у цементов с добавками и без добавок, хранившихся в воде в течение 1 мес., 3 мес., и 6 мес. (рис. 1).

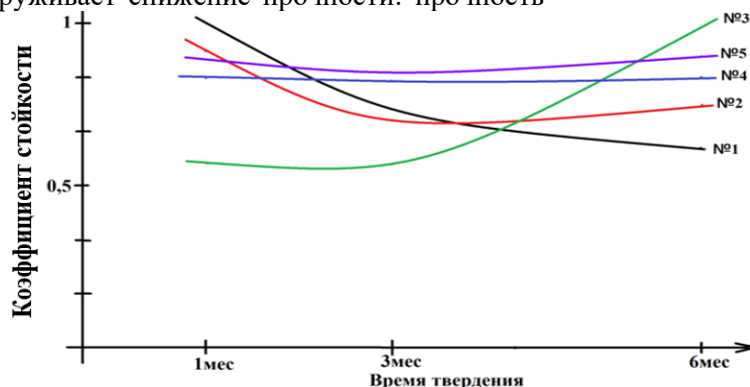


Рис.2. Коэффициенты стойкости образцов при твердении в 3%-ном растворе Na_2SO_4 из цементов: ПЦ-Д0 (№ 1); ПЦ-Д15 МК (№ 2); ПЦ-Д15 ОП (№ 3); ПЦ-ГД 25 (АЗСШ+МК) (№ 4); ПЦ-ГД 45 (АЗШС+МК) (№ 5)

Коэффициент стойкости образцов (KC) портландцемента ПЦ-Д0, твердевшего в 3%-ном растворе Na_2SO_4 , был равен 0,6, тогда как у цементов с добавками он показал более высокие значения — от 0,84 до 1,0.

Таблица 3

Сульфатостойкость цементов с активными минеральными добавками при твердении в 1%-ном растворе $MgSO_4$

№	Наименование цемента	H ₂ O			1% раствор $MgSO_4$					
		$R_{сж.}, \text{kgf/cm}^2$			$R_{сж.}$	KC ₁	$R_{сж.}$	KC ₃	$R_{сж.}$	KC ₆
		1мес.	3мес.	6мес.	1мес.		3мес.		6мес.	
1	ПЦ Д-0	125	204	256	125	1,0	175	1,40	150	0,50
2	ПЦ-Д15 (МК)	175	250	281	162	0,9	212	0,84	237	0,84
3	ПЦ -Д15 (ОП)	256	254	244	231	0,9	195	0,76	283	1,15
4	ПЦ-Д25 (АЗСШ+МК)	155	209	224	166	0,88	179	0,86	193	0,86
5	ПЦ-Д45 (АЗШС+МК)	146	218	235	124	0,86	183	0,84	188	0,8

В соответствии с результатами испытаний, полученными через 1 мес. твердения в 1%-ном растворе $MgSO_4$, КС образцов из ПЦ с ГД 25% и 45% (АЗШС+МК) составляет $КС_1=0,88$ и $0,86$ соответственно. КЗ-м

и 6 мес. эти показатели. твердения незначительно снижаются ($КС_3 = 0,86$ до $0,84$). К 6 мес. твердения снижение КС этих составов цемента КПЦ также незначительное: $КС_6=0,86-0,80$ соответственно (табл.3 и рис.3).

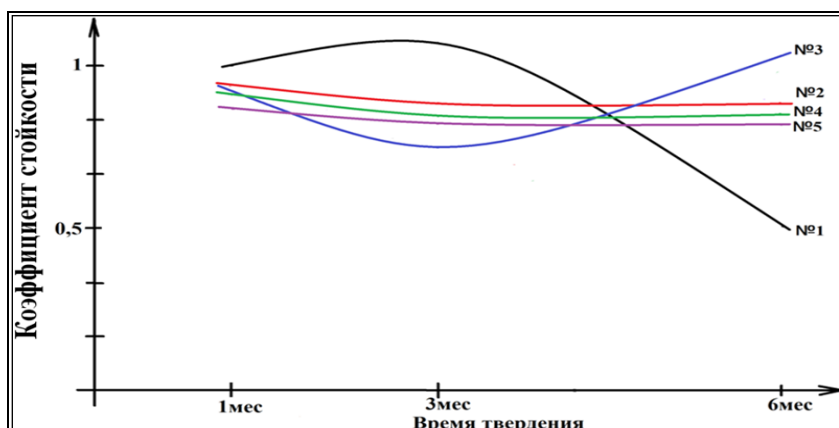


Рис. 3 Коэффициенты стойкости образцов из цемента: ПЦ-Д0 (№ 1); ПЦ-Д15 МК (№ 2); ПЦ-Д15 ОП (№ 3); ПЦ-ГД 25 (АЗШС+МК) (№ 4); ПЦ-ГД45 (АЗШС+МК) (№ 5) при твердении в 1%-ном растворе $MgSO_4$

При 1%-ной концентрации раствора $MgSO_4$ понижение первоначальной прочности бездобавочного портландцемента еще более существенное - от 1,0 к 1 мес. твердения, до 0,5 к 6-ти месяцам твердения в агрессивном растворе.

Коэффициенты стойкости образцов при твердении в 1%-ном растворе сульфата магния снижаются от 0,86 через 1 мес. твердения, до 0,84 к трем и 0,8 - к шести месяцам твердения.

Заключение: Замена части портландцементного клинкера активными моно- (микрокремнезем, опока) и гибридными минеральными добавками (микрокремнезем+золошлаковая смесь) приводит к повышению стойкости цемента в агрессивных

магнезиально-сульфатных средах. Значения коэффициентов стойкости этих цемента ($КС_6$) через 6 мес. твердения в 3%-ном растворе Na_2SO_4 и 1%-ном растворе $MgSO_4$ находятся в пределах 0,84-1,15%, что значительно превышает значение коэффициентов стойкости бездобавочного цемента Д0, значение $КС_6$ которого при хранении в указанных растворах составило к этому же сроку 0,60 и 0,50 соответственно. Разработанные составы цемента с добавкой микрокремнезема, опоки и гибридной добавки (АЗШС+МК), соответствуют требованиям ГОСТ 22266-2013 и могут быть отнесены к классу сульфатостойких цемента.

Литература

1. Цементная промышленность Республики Узбекистан. Источник: http://uzsm.uz/ru/press_center/mass_media/18156/
2. Кононова О.В., Смирнов А.О. Исследование особенностей формирования прочности квазиуплотняющегося бетона с микрокремнеземом // Фундаментальные исследования. 2017. № 9-2. – С. 327-331.
3. Кучеров Д.Е. Композиционные вяжущие с минеральными добавками различного генезиса и бетоны на их основе // Автореф. дисс... канд. техн. наук. – Белгород. 2011. – 23 с.
4. Mitrovic A., Pavlovic L., Martinovic S., Stojanovic M. Evaluation of industrial by-products for the control of setting time of cements // Interceram. - 2005. - № 6. v.54. - P. 410-412.
5. Козлова В.К., Саркисов Ю.С., Кишицкий А.А., Божок Е.В., Маноха А.М. Коррозионностойкие композиционные портландцементы с золокарбонатными добавками https://isa.mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/2021/Sbornik_Stroitelnoe-materialovedenie_2021.pdf

Ключевые слова: цемент, моно- и гибридные добавки, сульфатостойкость, коэффициент стойкости.

Аннотация. В работе приведены результаты изучения сульфатостойкости цемента, модифицированных минеральными моно- и гибридными добавками, твердевших в 3%-ном растворе Na_2SO_4 и 1%-ном растворе $MgSO_4$, определены их коэффициенты стойкости и соответствие значений КС, требованиям ГОСТ 22266-2013 «Цементы сульфатостойкие. Технические условия».

Искандарова М.И. - доктор технических наук, проф. Института общей неорганической химии АН РУз
Мухитдинов Д.Д. - д.ф. (PhD) по т.н. Института общей неорганической химии АН РУз
Чернишева Г.П. - м.н.с Института общей неорганической химии академии наук Республики Узбекистан
Ахмедова Д.У. - м.н.с Института общей неорганической химии академии наук Республики Узбекистан

Зойиров А.У, Маматалиев А.А., Намазов Ш.С. Неслѣживающаяся аммиачная селитра на основе плава нитрата аммония и глауберской соли Тумрюкского месторождения	203
Тўрахўжаева Ш.Н., Тожибоев Х.К., Тураходжаев Н.Д., Абдувалиев А.М., Абдурахмонов Х.З., Носирхўжаев И.А., Тўрахўжаева А.Н. Алюминий қотишмаларининг таркибига литийни қўшишда куйиш микдори камайтираш учун унинг юзасига химоя қатламини ҳосил қилиш технологияси.....	206
Талипов Н.Х., Матякубова К.Ш., Курамбаев Ш.Р. Получение и исследование физико-механических свойств композиционных гипсовых материалов для производства отделочных и реставрационных работ..	207
Жунсалиева Г.А., Тогаев А.У., Каттаев Н.Т., Акбаров Х.И., Мамадалимов А.Т. Исследование электропроводимости <i>IN SITU</i> композита «целлюлоза – полииофен»	209
Талипов Н.Х., Абдуллаев М.А. Влияние микрокремнезема на реологические свойства цементно-микрокремземистой композиции для получения материалов ячеистой структуры.....	212
У.Д. Шерқулов. Ўрилган композицион мато ва маҳсулотлар олишда хом ашё тури ва рангидан самарали фойдаланишга ёндашув.....	215

7. Вести из лаборатории

S.R. Otajonov, N.T. Kattayev, H.I. Akbarov, A.T. Mamadalimov, Sh.M. Norbekov. Polivinilimidazol asosidagi elektr o'tkazuvchan polimerning sintezi va volt-ampere tavsifi	218
М.И. Искандарова, Д.Д. Мухитдинов, Г.П. Чернишева, Д.У. Ахмедова. Исследование сульфатостойкости цементов с высококремнеземистыми активными минеральными добавками	223
С.И. Номозова, Н.И. Файзуллаев, Д.Р. Ҳамидов. Пропанни катализатор ароматлаш учун танланган катализаторларнинг физик-химий ва катализатор хосиятларини	226
Н.С. Абед. Фрикционные композиционные материалы для тормозов автотракторной техники	228
А.Н. Бозоров. Разработка способа переработки огарка промпродукта молибдена и отходов молибденового производства	230
Астанакулов К.Д., Калауов С.А., Джабаров Ж.Х., Улашов Ж.З., Тошмирзаев М.А. Восстановления изношенных деталей для измельчения отходов веток деревьев методом газопламенного напыления.....	233
N.S. Abed. Acoustic environmentally friendly composites to reduce noise in production facilities and transportation	234
О.Ж. Мелиқулов, Д.Қ. Холмуродова. Хомашё намлигининг брикет мустаҳкамлигига таъсирини ўрганиш.....	238
N.S. Abed. Sound absorption of rice husk as promising biomass filler of noise reducing composites	240
М.У. Рахмонов, А.С. Менглиев, Н.Г. Валеева. Разработка новых, импортозамещающих смазочно-охлаждающих жидкостей с использованием местного сырья	242
Д.Х. Ҳамдамов, Ч.Х. Ҳамдамова, Т.О. Камолов. Ангрен ва Янги-Ангрен ИЭС кул чиқиндиларидан металлларни ажратиш олиш кинетикаси	244
М. Исламова. Методика и алгоритмы конструирования одежды в контексте цифровых технологий	247
U.S. Raxmatullayeva, K.B. Mirziyodova, N.M. Mirfayazova, D.Yu. Elmuradova. Kostyumni loyihalashda shaklni hosil qilish qonuniyatlari.....	250
Д.М. Таваккалова, М.М. Собиров, Б.Э. Султонов, А.А. Нишонов. Фосфат хомашёсини кислотали бойитиш чиқиндисидан суюқ азот-кальцийли ўғитлар олиш	255
Т.С. Халимжанов. Исследования влияния технологических факторов на триботехнических свойства модифицированных композиционных материалов	259
Д.М. Таваккалова, М.М. Собиров, Б.Э. Султонов, Р.К. Мамадалиев. Мураккаб фосфор-калийли ўғитларнинг физик-механик ва товар хоссаслари	261
U.S. Raxmatullayeva, S.A. Raximqulova, M.E. Hasanova, K.B. Mirziyodova, S.J. Oxunova. Surxondaryo milliy matolarining fizik-mexanik xususiyatlarini tadqiq qilish.....	265
G. Dadaxanova, M. Kaxarova, M. Soliyev, X. Baxronov. Piroliz moyining turlari, ularning tarkibini aniqlash va moddalarni ajratish usullari.....	270
С.С. Негматов, Б.М.Тожибоев, Т.У. Улмасов, Н.С. Абед. Исследование влияния внутренних напряжений на долговечность полимерных и лакокрасочных материалов и возможности их понижения различными технологическими приемами с целью повышения срока службы получаемого покрытия	274
Ф.Х. Жўраев, Р.М. Мирзахмедов, З.А. Сманова. Кобальт (II) ионини сорбцион-фотометрик аниқлаш усулини ишлаб чиқариш.....	277
М. Kaxarova, M. Soliyev, X. Baxronov. Naftilkarbon kislotalar sintezi reaksiyasi mexanizmini kvant-kimyoviy usulda tadqiq etish.....	279
Т.Ж. Қодиров, С.А. Маматкаримов, Ш.Ш. Шойимов. Выявление клеящую способность адгезивов на основе модифицированного мездрового клея	282
Ф.Х. Жўраев, Р.М. Мирзахмедов, З.А. Сманова. Никель (II) ионини сорбцион-фотометрик аниқлаш усулини ишлаб чиқиш	286