



# СТРОИТЕЛЬНЫЕ



ISSN 1728-9209

Construction materials,  
equipment, technologies  
of the XXI century.

МАТЕРИАЛЫ  
ОБОРУДОВАНИЕ  
ТЕХНОЛОГИИ

XXI  
ВЕКА

3 (272), 2022

приложение «Кровельные и изоляционные материалы»

**RUFLEX** <sup>®</sup>  
СОВЕРШЕННАЯ КРОВЛЯ

 [www.ruflex.ru](http://www.ruflex.ru)

 +7 (495) 234-41-41







## ТЕХНОЭЛАСТ

Надежность плоских крыш  
в САМОЕ ЗНОЙНОЕ ЛЕТО  
с АПП-модифицированными материалами



высокая  
теплостойкость



перемещение  
по кровле в самый  
сильный зной



применение  
на кровлях  
с большими уклонами

ЗНАНИЕ. ОПЫТ. МАСТЕРСТВО.







## Продукт

*Новая реальность диктует свои правила  
New reality makes its own rules*

31

*Кабулова Л.Б., Оразимбетова Г. Ж. Влияние обожженного туффита на кинетику накопления гипса и гидросульфоалюмината кальция при твердении портландцемента в сульфатных средах  
Cabulova L.B., Orazimbetova U.G. Influence of barked tuffite on the kinetics of gypsum and calcium hydrosulfoaluminate accumulation during portland cement hardening in sulphate medium*

35

*Ярцев В.П., Данилов В.М. Влияние климатического старения на эксплуатационные свойства древесно-стружечной плиты  
Yarcev V.P., Danilov V.M. The influence of climatic aging on the operational properties of chipboard*

39

*Рузавин А.А. Синтез красного железоксидного пигмента на основе конвертерного сталеплавильного шлака для строительной индустрии  
Ruzavin A.A. Synthesis of red iron oxide pigment on the basis of converter steel-making slag for construction industry*

47

## Технологии

*Казакова И.С., Иньков А.Э. Использование аутригеров в оболочково-рамной конструктивной схеме высотных зданий  
Kazakova I.S., Inkov A.E. The use of outriggers in the shell-frame structural scheme of high-rise buildings*

55

*Дахно А.В., Смирнов Ю.П., Сердюков Н.Д. Манжета резиновая герметизирующая с obtуратором для строительства переходов магистральных трубопроводов  
Dakhno A.V., Smirnov Yu.P., Serdyukov N.D. A rubber sealing cuff with an obturator for the construction of crossings of main pipelines*

63

35



39



47





# ВЛИЯНИЕ ОБОЖЖЕННОГО ТУФФИТА НА КИНЕТИКУ НАКОПЛЕНИЯ ГИПСА И ГИДРОСУЛЬФОАЛЮМИНАТА КАЛЬЦИЯ ПРИ ТВЕРДЕНИИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА В СУЛЬФАТНЫХ СРЕДАХ

**Л.Б. КАБУЛОВА**, PhD, зав.кафедрой «Методика преподавания химии», доцент, Нукусский Государственный педагогический институт имени Ажинияза, г. Нукус, Каракалпакстан (Узбекистан);  
**Г.Ж. ОРАЗИМБЕТОВА**, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института общей и неорганической химии АН РУз, и.о. проф., Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», г. Ташкент, (Узбекистан)

*Ключевые слова: портландцемент, туффит, агрессивный раствор, сульфатостойкость, гидросульфоалюминат кальция*

*Keywords: Portland cement, tuffite, aggressive solution, sulfate resistance, calcium hydrosulfoaluminate*



В статье авторы отмечают, что обожженные туффиты при 600°C улучшают водостойкость портландцемента и благоприятно влияют на процесс твердения их в пресной и минерализованной воде. Все изученные портландцементы с коэффициентом насыщения 0,80-0,94 и с содержанием в пределах 4-13%  $C_3A$  как в сульфатах, так и в других солевых растворах, по составу близких к природным водам, оказались нестойкими. Но введение 20% добавки обожженного туффита придает портландцементу солестойкость в минерализованных сульфатных водах [1].

In the article, the authors note that fired tuffites at 600°C improve the water resistance of Portland cement and favorably affect the process of their hardening in fresh and mineralized water. All studied Portland cements with a saturation coefficient of 0.80-0.94 and with a content of 4-13%  $C_3A$  both in sulfates and in other salt solutions, similar in composition to natural waters, turned out to be unstable. But the introduction of a 20% addition of burnt tuffite gives Portland cement salt resistance in mineralized sulfate waters [1].



Для исследования был взят Джизакский клинкер с повышенным количеством  $C_3A$ . В качестве гидравлической добавки использовался туффит, который обжигался при температуре  $600^{\circ}C$ . Были приготовлены цементные смеси с 20 и 30% туффита, обожженного при указанной температуре. Во все смеси добавили 4% двуводного гипса.

Сульфатостойкость изучалась общепринятым методом погружения цементных образцов в агрессивный раствор. В качестве агрессивной среды применялся 5%-ный раствор сульфата натрия. Количество агрессивного раствора и воды для хранения образцов было взято из расчета 30 мл на один образец. Смена воды и растворов производилась через 1, 2 и 3 месяца. Каждая партия цементных образцов хранилась отдельно в закрытых колбах. Прочность всех цементов с добавками обожженных туффитов как в первоначальные, так и в конечные сроки повышены по сравнению с исходными портландцементами. Поведение этих цементов в сульфатных растворах различно (табл.1). В 5%-ном растворе  $Na_2SO_4$  исходный портландцемент разрушился. Остальные цементы с добавкой обожженных туффитов обладали высокой сульфатостойкостью[2].

Процесс накопления свободного и связанного в гидросульфатоалюминат кальция

и гипса изучался путем определения  $SO_3$  в гидратированном цементе. Для этого образцы после испытания с фильтровальной бумагой помещались в абсолютный спирт на двое суток, затем высушивались при  $70^{\circ}C$  и растирались в порошок до полного прохождения через сито 4900 отв/см<sup>2</sup>.

Для определения свободного гипса исследуемый порошок цемента в количестве 4,5 г переносился в колбу и в течение одного часа взбалтывался в 200 мл насыщенного известкового раствора, содержащего 0,3111 г/л  $CaSO_4$ .

Общее количество  $SO_3$  в образцах определялось по другой навеске весовым методом. По разности между общим количеством  $SO_3$  и  $SO_3$  в виде  $CaSO_4$  (свободного гипса) находилось количество  $SO_3$ , связанное в виде гидросульфатоалюмината кальция.

В образцах, хранившихся в растворе сульфата натрия (табл.2), содержание  $CaSO_4$  значительно превосходит количество исходного портландцемента; по мере увеличения добавки обожженного туффита количество его падает. Следует отметить, что в чистом портландцементе кинетика накопления гипса и гидросульфатоалюмината кальция резко отличается от кинетики накопления этих веществ в портландцементе с добавками туффита, обожженного при  $600$  и  $800^{\circ}C$  (табл. 2).

В портландцементе скорость кристаллизации гипса больше, чем скорость образования гидросульфатоалюмината кальция. В портландцементе с добавкой обожженного туффита картина становится обратной, т.е. кристаллизация гипса протекает медленнее, чем образование гидросульфатоалюмината кальция, что обусловливается связыванием свободной извести добавкой туффита. Процесс образования гипса и гидросульфатоалюмината кальция в одних образцах продолжается до конца опыта, в других (высокообоженном туффите –  $800^{\circ}C$ )

ТАБЛИЦА 1. ВЛИЯНИЕ ОБОЖЕННОГО ПРИ  $600^{\circ}C$  И  $800^{\circ}C$  ТУФФИТА НА СУЛЬФАТОСТОЙКОСТЬ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

Состав цемента, %		Т-ра обжига, $^{\circ}C$	Предел прочности при изгибе, МПа										К <sub>с</sub>
Клинкер	Туффит		Вода					5%-ный раствор $Na_2SO_4$					
			сроки твердения										
			14	28	60	90	180	28	60	90	180		
100	-	-	1,5	1,5	1,6	2,0	2,0	1,8	Разрушились			-	
80	20	600	2,9	2,9	3,1	3,4	3,6	2,9	3,0	3,2	3,1	0,85	
70	30	600	2,4	2,3	3,0	3,1	3,6	2,8	4,1	4,2	3,6	1,00	
80	20	800	1,8	2,0	2,4	2,4	2,5	2,4	3,0	2,2	1,5	0,70	
70	30	800	1,7	1,9	2,1	2,1	2,2	2,3	2,2	1,8	1,4	0,65	

ТАБЛИЦА 2. СОДЕРЖАНИЕ СВОБОДНОГО И СВЯЗАННОГО ГИПСА В ОБРАЗЦАХ, ТВЕРДЕВШИХ В 5%-НОМ РАСТВОРЕ  $Na_2SO_4$

Состав цемента, %		Температура обжига, $^{\circ}C$	Общее $CaSO_4$				$CaSO_4$ свободное				$CaSO_4$ в виде гидросульфатоалюмината кальция			
Портланд-цемент	Туффит		Сроки твердения, сутки											
			28	60	90	180	28	60	90	180	28	60	90	180
100	-	-	15,07	20,10	24,46	26,85	7,38	15,23	15,46	17,26	7,69	8,77	8,90	9,47
80	20	600	12,47	13,00	17,88	20,59	4,48	5,15	8,52	10,96	7,98	7,84	8,35	8,62
70	30	600	11,64	14,01	14,1	15,98	2,62	1,92	1,03	0,98	8,01	11,07	12,06	13,10
80	20	800	8,90	12,29	17,10	18,26	3,24	3,44	8,03	9,09	4,64	6,82	8,03	8,16
70	30	800	7,55	9,60	11,84	11,84	2,56	2,82	4,54	4,95	3,95	5,75	6,77	6,87



ТАБЛИЦА 3. ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ИЗВЕСТИ ИЗ ТВЕРДЕЮЩИХ ОБРАЗЦОВ ПРИ ВОДНОМ ХРАНЕНИИ

Состав цемента, %		Температура обжига, °С	Изменение концентрации извести в воде после хранения образцов, г/л					Количество выделившегося СаО (в % на вяжущем от начала опыта)				
ПЦ	Туффит		Сутки									
			14	28	60	90	180	14	28	60	90	180
100	-	-	1,101	1,498	1,265	1,243	1,150	2,20	5,14	7,68	10,16	12,46
80	20	600	0,959	0,908	0,790	0,387	0,241	1,90	3,72	5,30	6,08	6,56
70	30	600	0,649	0,548	0,414	0,213	0,194	1,29	2,39	3,22	3,44	3,82
80	20	800	1,042	0,989	0,799	0,372	0,307	2,08	4,05	5,65	6,40	7,02
70	30	800	0,940	0,699	0,452	0,299	0,269	1,86	3,26	4,17	4,76	5,31

ТАБЛИЦА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА РАСТВОРОВ СУЛЬФАТА НАТРИЯ, В КОТОРЫХ ХРАНИЛИСЬ ОБРАЗЦЫ

Состав цемента, %		Сроки смены растворов, сутки	Исходная концентрация SO <sub>3</sub> в растворе Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , г/л	Концентрация CaSO <sub>4</sub> в растворе, г/л	Количество поглощенного CaSO <sub>4</sub> на вяжущего, %	
Портландцемент	Туффит				По срокам смены растворов	От начала опыта
100	-	14	34,10	1,74	11,4	11,4
100	-	44	34,10	1,90	7,4	18,8
100	-	74	27,93	1,98	2,8	21,5
100	-	164	27,93	1,82	2,0	24,7
70	30	14	34,10	0,39	8,6	8,6
70	30	44	34,10	0,42	1,1	9,7
70	30	74	27,93	0,68	0,9	10,6
70	30	164	27,93	0,68	0,3	12,9

в основном заканчивается к трем месяцам. В портландцементе, содержащем высокообожженный туффит, значительно меньше образуется гидросульфат алюмината кальция, чем в портландцементе с туффитом, обожженным при 600°С. Это обусловливается, с одной стороны, меньшей активностью высокообожженного туффита, которая не успевает связывать выделяющуюся при твердении портландцемента известь, а с другой стороны, весьма небольшим количеством активного глинозема. Прогрессирующее накопление общего количества гипса в образцах при 20-30% добавке обожженного туффита говорит о том, что для получения сульфатостойкого цемента в 5%-ном растворе сульфата натрия такого количества добавки недостаточно: образцы дали трещины или сильно снизили прочность. Анализ растворов, в которых хранились образцы, показывают интересную картину химических процессов. В табл. 3 приводятся результаты определения количества извести, выделившиеся при твердении цементных образцов в воде.

Как видно, наибольшее количество извести выделяется у исходного портландцемента, а у цементов с добавками обожженного туффита оно уменьшалось в различной степени. Так, в портландцементе, содержащем высокообожженный туффит в количест-

ве 35%, выщелачивание извести значительно больше, чем в портландцементе, содержащем 30% туффита, обожженного при 600°С. Это, очевидно, обусловливается меньшей активностью высокообожженного туффита. Таким образом, если судить по выщелачиванию извести, наиболее водостойким является портландцемент с 20-30% добавкой туффита, обожженного при 600°С.

В табл. 4 представлены результаты анализа растворов сульфата натрия, в которых хранились цементные образцы. Данные табл. 3 указывают на сильное изменение состава раствора. В силу обменной реакции между Ca(OH)<sub>2</sub> и Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> образуется CaSO<sub>4</sub>. Следует отметить, что концентрация гипса в растворе, где хранились образцы из портландцемента, резко отличается от концентрации раствора, в котором хранились образцы из портландцемента с добавкой туффита. В первом случае раствор насыщен гипсом, во втором – явно ненасыщен. Когда концентрация гипса далека от насыщения, кристаллизация его в твердеющих образцах маловероятна. Это в полной мере согласуется с кинетикой образования гипса и гидросульфат алюмината кальция в твердеющих цементных (табл. 2).

Таким образом, опыты показывают, что в 5%-ном растворе Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> наряду с образованием гидросульфат алюмината происходит

обильная кристаллизация гипса. В портландцементе с добавкой туффита, обожженного при 800°C, при твердении в 5%-ном растворе Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> общее накопление сульфатов по сравнению с исходным портландцементом и портландцементом с добавкой туффита, обожженного при 600°C, меньше [3-4].

Введение туффита, обожженного при 600°C, к портландцементу, количество гидросульфоалюмината не уменьшается в растворе Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, а значительно увеличивается, что свидетельствует о дополнительном образовании гидросульфоалюмината кальция за счет участия в реакции активного глинозема туффита, обожженного при 600°C. Накопленный гипс находится в основном в виде гидросульфоалюмината кальция. Несмотря на это, образцы показывают полную сульфатостойкость. Очевидно, это явление связано с образованием гидросульфоалюмината кальция в результате взаимодействия низкоосновных гидроалюминатов с гипсом через раствор.

**Выводы:** Замещение портландцемента в цементно-песчаных растворах молотыми минеральными добавками в виде обожженного туффита в практически используемых пропорциях приводит к некоторому снижению водопроницаемости образцов и замет-

но отражается на их стойкости. Наибольшее снижение водопроницаемости в этом случае имеет место для растворов тощих составов (эффект набухания добавок). Отмечается заметное и прогрессирующее во времени снижение воздухоустойчивости растворов с указанными добавками.

Раствор сульфата натрия (5%) оказался более агрессивной средой. В этих условиях портландцементы, содержащие 8-13% C<sub>3</sub>A без добавки туффита, разрушались. Высокая сульфатостойкость достигается при применении 20-30%-ных и выше добавок туффита обожженного при 600°C к портландцементу в не зависимости от минералогического состава клинкера.

#### Библиографический список:

1. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Практикум по химической технологии вяжущих материалов. М. 1973. 504 с.
2. ГОСТ 51795-2001. Цементы. Методы определения содержания минеральных добавок. – М.: МНТСК, 2001. – 45 с.
3. Кузнецова Т. Новое испытание для цемента. Журнал «Технологии строительства» 2(64). – М.: 2009. С.64.
4. ГОСТ 310.1-76, ГОСТ 310.3-76, ГОСТ 310.4-81, ГОСТ 310.6-85. Цементы. Методы испытаний. – М.: ГОССТРОЙ России, 2001. – 89 с.

IV МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА  
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ»

6-7  
ИЮЛЯ 2022

КАЛИНИНГРАД  
HOLIDAY INN  
KALININGRAD

www.fc-union.com,  
info@fc-union.com,  
+7 (495) 68-55-014,  
+7 825 57-57-810

Организатор конференции  
АFC INTERNATIONAL ASSOCIATION OF FOUNDATION CONTRACTORS | МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ 10 ЛЕТ

Официальная поддержка РОСМОРПОРТ | Генеральный спонсор конференции ZINKER

Спонсоры конференции СИМБИОТ | РЕКС

Генеральные информационные партнеры