

10. Naftos produktais užterštų teritorijų tvarkymo aplinkos apsaugos reikalavimai. LAND 9-2009. – 2009-11-17. – Lietuvos Respublikos aplinkos ministro: įsakymas Nr. D1–694. – Vilnius: Aplinkos ministerija, 2009. – 20 p. Valstybes žinios. 2009, Nr. 140–6174.

11. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности лакокрасочных материалов» (Проект) [Электронный ресурс] / Официальный сайт комиссии Таможенного союза. – 2012. – Режим доступа: http://www.tsouz.ru/db/techreglam/ Documents/TR%20Laki-kraski%20VGS%2014_12_11.pdf. – Дата доступа: 15.03.2012.

12. Directive 2004/42/CE of the European Parliament and of the council of 21 April 2004 on the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain paints and varnishes and vehicle refinishing products and amending Directive 1999/13/EC. – Official Journal of the European Union. – 30.04.2004. – p. L 143/87.

13. Implementation and review of Directive 2004/42/EC (European Directive limiting the VOC content in certain products – current scope: decorative paints and varnishes, vehicle refinishing products). – Final report (2 Parts). – Part 2: Annexes 26-59. – 10.11.2009. – Hamburg: Ökopol GmbH: Institute for Environmental Strategies, 2009. – 303 p.

14. Прието, Дж. Древесина. Обработка и декоративная отделка / Дж. Прието, Ю. Кине; пер. с нем. М.В. Поляковой. – М.: Пэйнт-Медиа, 2008. – 392 с.

УДК 691.544: 666

Цымбалюк В.Н., Ступень Н.С.

УО «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», г.Брест

ВЛИЯНИЕ ХЛОРИДОВ НА СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ В СУЛЬФАТНО-ГИДРОКАРБОНАТНЫХ СРЕДАХ

The joint influence of hydrocarbonate and chloride ions on the processes of sulphate-corrosion of a cement clinker was studied. The decrease of speed and intensity of sulphate corrosion in the presence of both HCO_3^- and Cl^- was revealed.

Изучение системы $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ имеет большое практическое значение, так как физико-химические процессы, происходящие в данной системе, соответствующие процессам твердения цемента.

В сульфатных, а также смешанных сульфатно-гидрокарбонатных средах существенным образом изменяется фазовый и минералогический состав системы $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ [1]. Сложные физико-химические процессы отражают процессы сульфатной коррозии цементов и бетонов в природных грунтовых водах.

По химическому составу можно выделить следующие главные группы грунтовых вод: сульфатно-натриевая (или калиевая), гидрокарбонатно-натриевая (или калиевая), сульфатно-кальциевая, гидрокарбонатно-кальциевая [2]. Количество ионов кальция в грунтовых водах очень часто меньше суммарного содержания ионов калия и натрия.

Хлориды являются распространенным компонентом поверхностных и грунтовых вод. Поэтому при исследовании эффекта снижения сульфатной агрессивности в присутствии гидрокарбонат-ионов необходимо было установить влияние на этот процесс хлорид-ионов.

Некоторые авторы считают, что NaCl является сильноагрессивным фактором [2], в то время другие считают, что в присутствии хлоридов скорость сульфатной коррозии может значительно замедляться [3].

Целесообразно изучить влияние иона Cl^- на скорость сульфатной коррозии цементного камня при соотношении концентраций SO_4^{2-} и Cl^- 1:2.

Необходимо было установить совместное влияние гидрокарбонатов и хлоридов на процесс выщелачивания гидроксида кальция и накопления сульфатных ионов в испытываемых образцах.

Ранее были установлены закономерности изменения фазового и минералогического состава в системе $CaO-SiO_2-Al_2O_3-H_2O$ под действием сульфат ионов, а также под влиянием совместного действия сульфат и гидрокарбонат ионов [1].

Дальнейшие исследования посвящены выявлению влияния наличия и концентрации хлорид-ионов на процессы сульфатной коррозии в сульфатно-гидрокарбонатной среде.

Для исследования процессов коррозии использовали цемент ОАО «Красносельскстройматериалы» марки 500. Его химический состав следующий (в % по массе):

SiO_2 – 21,44%; Al_2O_3 – 4,87%; Fe_2O_3 – 4,89%; CaO – 64,70%; MgO – 1,67%; SO_3 – 2,25%.

Минералогический состав цементного клинкера следующий (в % по массе):

C_3S – 63 % – алит – $3CaO \cdot SiO_2$ – трехкальциевый силикат;

C_2S – 16% – белит – $2CaO \cdot SiO_2$ – двухкальциевый силикат;

C_3A – 3 % – целит – $3CaO \cdot Al_2O_3$ – трехкальциевый алюминат;

C_4AF – 17% – целит – $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ – четырехкальциевый алюмоферрит.

Исследования проводили на образцах цементного камня ($v/c = 0,4$) – кубиках $2 \times 2 \times 2$ см. Размеры образцов приняты из соображений возможности в короткие сроки получить исследуемые зависимости. Образцы твердели в одинаковых условиях. После распалубки (через сутки) образцы твердели 28 суток в дистиллированной воде.

Для моделирования агрессивной среды, близкой к грунтовым водам, использовали сульфат натрия, хлорид натрия, гидрокарбонат натрия, сульфат кальция, гидрокарбонат кальция. Концентрации растворов сульфатов (в пересчете на ион SO_4) – 1,5 г/л, 12 г/л, 20 г/л приняты для ускоренного получения исследуемых зависимостей. Концентрации растворов по иону HCO_3^- (0,0854 г/л, 0,1708 г/л, 0,3416 г/л, 0,5124 г/л) приняты как наиболее характерные для грунтовых вод на территории Белоруссии. Соотношение концентраций ионов SO_4^{2-} и Cl^- принималось как 1:2.

В исследованиях использовали кинетический метод, который основан на определении количества поглощенных ионов SO_4^{2-} исследуемых образцов из приготовленного агрессивного раствора.

Необходимо было установить совместное действие гидрокарбонатов и хлоридов на процесс выщелачивания гидроксида кальция и накопления сульфатных ионов в испытываемых образцах.

В условиях эксперимента в образцах развиваются процессы коррозии I и III видов. К первому виду могут быть отнесены все процессы коррозии, которые возникают в бетоне при действии жидких сред (водных растворов), способных растворять компоненты цементного камня. Составные части цементного камня растворяются и выносятся из структуры бетона. Особенно интенсивно эти процессы могут протекать при фильтрации воды через толщу бетона. Если в воде содержатся соли, не реагирующие непосредственно с составными частями цементного камня, они могут повысить растворимость гидратированных минералов цементного камня вследствие повышения ионной силы раствора.

Третий вид коррозии включает процессы, при развитии которых происходят накопление и кристаллизация малорастворимых продуктов реакции с увеличением объёма твёрдой фазы или веществ, способных при фазовых переходах, полимеризации и тому подобных процессах увеличивать объём твёрдой фазы в порах бетона. Кристаллизация и другие вторичные процессы, развивающиеся в бетоне, создают внутренние напряжения, которые могут привести к повреждению структуры. К этому виду коррозии относится коррозия при действии сульфатов. Разрушение в этом случае происходит из-за роста кристаллов гидросульфатоалюмината кальция, кристаллизации солей при наличии испаряющей поверхности для конструкций, частично погружённых в раствор соли, полимеризации мономера с увеличением объёма и т.д.

Экспериментальные данные показали, что количество СаО в растворе хлорида натрия по сравнению с таковым в отсутствии хлорид-ионов увеличивается примерно в 1,5 раза, о чем свидетельствуют данные таблиц 1 и 2.

Таблица 1 – Количество растворённого СаО в зависимости от концентрации иона SO_4^{2-} г/л.

Содержание СаО в цементе, %		Количество растворённого СаО (%) от первоначального содержания в растворе Na_2SO_4 различной концентрации, г/л.				
		0	1,5	5	12	20
64,70	60 суток	1,82	1,33	2,58	2,71	4,36
64,70	150 суток	1,99	1,72	3,04	3,63	4,95

Таблица 2 – Количество растворённого СаО в зависимости от концентрации иона SO_4^{2-} (г/л) в присутствии NaCl

Содержание СаО в цементе, %		Количество растворённого СаО (%) от первоначального содержания в растворе Na_2SO_4 различной концентрации, г/л.				
		0	1,5	5	12	20
64,70	60 суток	2,75	2,00	3,85	4,10	6,52
64,70	150 суток	2,97	2,58	4,55	5,42	7,44

Интенсивность растворения СаО наибольшая на начальных этапах, а затем процесс замедляется.

В таблице 3 представлены данные, характеризующие количество поглощенных ионов SO_4^{2-} образцами цементного камня в присутствии ионов HCO_3^- и при одновременном присутствии в растворе ионов HCO_3^- и Cl^- .

Таблица 3 – Общее количество SO_3 , поглощённое образцами цементного камня за период коррозионных испытаний 150 дней в присутствии NaCl

Концентрация раствора по иону		Общее количество SO_3 , % в виде		
SO_4^{2-} г/л	HCO_3^- мг-экв/л	SO_3	Этtringита	Гипса
20	0	2,25	0,88	0,55
20	2,8	1,45	0,75	0,26
20	5,6	1,20	0,45	0,20
12	0	1,10	0,35	0,10
12	2,8	0,88	0,32	0,85
12	5,6	0,84	0,35	0,06
5	0	1,25	0,72	0,02
5	2,8	1,22	0,61	0,06
5	5,6	1,00	0,64	0,02

Установлено, что накопление SO_3 в образцах цементного раствора с введением в сульфатный раствор бикарбонатной щёлочности 2,8 мг-экв/л уменьшается в 1,5–2,0 раза, а при концентрации иона HCO_3^- 5,6 мг-экв/л в 2–3 раза по сравнению с накоплением SO_3 в образцах в сульфатном растворе. В растворах, содержащих одновременно гидрокарбонатные и хлоридные ионы (соотношение концентраций соответственно 1:2) наблюдается снижение скорости поглощения сульфатных ионов примерно в 2,5 раза по сравнению с накоплением SO_3 в сульфатно-гидрокарбонатном растворе.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что при содержании в сульфатном растворе одновременно гидрокарбонатных и хлоридных ионов образование гидросульфатоалюмината кальция в трёхсульфатной форме значительно замедляется.

Уменьшение содержания трёхсульфатной формы гидросульфатоалюмината кальция должно уменьшить коррозионное действие сульфатного раствора, так как объём новообразований сульфатсодержащих фаз – гипса и моносульфата не вызывает больших растягивающих напряжений в цементном камне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ступень, Н.С. Исследование системы $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ в присутствии ионов SO_4^{2-} и HCO_3^- / Н.С. Ступень, Б.С. Шевченко, Ю.В. Волянчук // *Вестник Брэсцкага ун-та.* – 2003. – № 2. – С. 55–61.
2. Питьева, К.Е. Гидрохимия / К.Е. Питьева – М.: Наука, 1971. – 256 с.
3. Москвин, В.М. О роли ионного и солевого состава раствора при сульфатной коррозии бетона. / В.М. Москвин, Г.В. Любарская // *Бетон и железобетон.* – 1982. – № 9. – С.16–18.

УДК 614.8+504.061.2:502.171

Шведовский П.В., Лукша В.В., Шведовская Д.В.

УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗА ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОБЛЕМ В ЭКОСИСТЕМАХ

Features of the probability forecast of occurrence of technogenic problems in ecological systems on the basis of mathematical forecasting models of probability are considered. Variation principles with working out of methods of construction of extreme laws of distribution of parameters of ecological systems in the conditions of the limited information on tendencies of development nature protection technologies are used.

За последнее десятилетие значительно возросло количество региональных техногенных проблем в экосистемах, обуславливающих динамическое изменение общеэкологической ситуации и, соответственно, рост глобальных проблем. Чрезвычайная сложность формирования экологических процессов и оценки эффективности природоохранных и природовосстановительных технологий обуславливается, во-первых, неопределенностью как внутренних факторов (сложность структур экологических и экологоэкономических систем, неадекватность передачи информации с одного уровня ис-