

17. Хоммер, Х. Применение поликарбоксилатных эфиров в качестве дефлокулянтов в огнеупорных бетонах [Текст] / Х. Хоммер, К. Вутц, Й. Зайерль // Огнеупоры и техническая керамика. – 2007. – № 12. – С. 43–47.
18. Кашеев, И. Д. Регуляторы реологических свойств неформованных огнеупоров [Текст] / И. Д. Кашеев, К. Г. Земляной // Новые огнеупоры. – 2005. – №9. – С. 44–48.
19. Пивинский, Ю. Е. Диспергирующие (дефлокулирующие) глиноземы. [Текст] / Ю. Е. Пивинский, П. В. Дякин, П. В. Дякин // Новые огнеупоры. – 2004. – №3. – С. 29–38.
20. Myhre, B. Substitution of reactive alumina with microsilica in low cement and ultra low cement castables [Text] / B. Myhre, Aase M. Hundere // Part I: Properties Related to Installation and Demoulding. – 1997. – № 4/7. – P. 91–100.
21. Песчанская, В. В. Низкоцементный корундовый бетон с модифицированным матричным компонентом [Текст] / В. В. Песчанская, А. С. Макарова, Я. Н. Питак // Огнеупоры и техническая керамика. – 2013. – № 3/4. – С. 16–21.
22. Report on Advanced civil engineering materials based on inorganic polymers [Электронный ресурс] / P. W. Brown, D. Shi, W. Ma, J. Bothe, E. Gruczcinski, J. Dumm, J. Gulick, R. Dudenhoefer // Washington. – 1993. Режим доступа: URL: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a270837.pdf>.
23. Писчанська, В. В. Вплив поверхнево-активних речовин на дефлокуляцію аломінаткальцієвого цементу [Текст] / В. В. Песчанская, О. С. Наумов, І. В. Голуб, Г. С. Макарова, Я. М. Пітак // Вісник НТУ „ХПІ”. – 2011. – №48. – С. 72–77.
24. Кузнецова, Т. В. Глиноземистый цемент [Текст] / Т. В. Кузнецова, Й. Талабер. – М.: Стройиздат, 1988. – 272 с.

Досліджуються фізико-механічні властивості гідроізоляційних покриттів проникної дії на основі шлакомісткого цементу, модифікованого добавкою природного цеоліту і комплексом солей-електролітів, які наносять на вологий бетон, проникають у поровий простір та підвищують його міцність, морозостійкість та водонепроникність у декілька разів. Розроблені матеріали відрізняються підвищеною довговічністю, зберігаючи експлуатаційні властивості протягом довгого часу

Ключові слова: гідроізоляційні покриття проникної дії, шлакомісткий цемент, природний цеоліт, солі електролітів

Исследуются физико-механические свойства гидроизоляционных покрытий проникающего действия на основе шлако-содержащего цемента, модифицированного добавкой природного цеолита и комплексом солей-электролитов, которые наносятся на влажный бетон, проникают в поровое пространство и повышают его прочность, морозостойкость и водонепроницаемость в несколько раз. Разработанные материалы отличаются повышенной долговечностью, сохраняя эксплуатационные свойства на протяжении долгого времени

Ключевые слова: гидроизоляционное покрытие проникающего действия, шлако-содержащий цемент, природный цеолит, соли электролитов

УДК 691.175:666.96+541.1

ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ПРОНИКАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВЕ ШЛАКОСОДЕРЖАЩИХ ЦЕМЕНТОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПРИРОДНЫМИ ЦЕОЛИТАМИ

Е. К. Пушкарёва

Доктор технических наук,
профессор, заведующий кафедрой*
E-mail: sribm_pushkarova@mail.ru

М. В. Суханевич

Кандидат технических наук, доцент*
E-mail: m.suhanevich@mail.ru

Е. В. Бондарь

Ассистент*

E-mail: bkv_katrine@ukr.net

*Кафедра строительных материалов
Киевский национальный университет
строительства и архитектуры

пр. Воздухофлотский, 31, г. Киев, Украина, 03680

1. Введение

Известно, что проблема защиты массивных конструкций решается с использованием тонкослойных покрытий, которые наносятся на доступные места кон-

струкции и создают прочный слой, непроницаемый для воды и агрессивных сред. Широко используют цементосодержащие материалы, которые наносятся на поверхность разными способами: штукатурным, об-мазочным, инъекционным. К обмазочным покрытиям,

получившим в последнее время широкое распространение в строительстве, относится нанесение покрытий проникающего действия. Принцип работы состоит в способности активных химических компонентов покрытия проникать в поры и пустоты бетона, вступать во взаимодействие со свободным гидроксидом кальция и формировать иглоподобные водонерастворимые новообразования, которые заполняют свободное пространство внутри искусственного камня и уплотняют структуру, не позволяя воде проходить через бетон.

Поскольку покрытия проникающего действия становятся одним целым с существующим бетоном, а их нанесение способствует уплотнению структуры искусственного камня, то применение таких материалов для гидроизоляции является актуальным вопросом восстановления массивных бетонных и железобетонных конструкций.

2. Литературный обзор

Материалы проникающего действия независимо от фирмы-производителя имеют схожий состав: бездобавочный портландцемент, кварцевый песок определенных фракций и активные химические вещества. Именно эти активные добавки, являющиеся know-how компании, и определяют основное отличие между составами гидроизоляционных материалов [1, 2]. Однако долговечность и надежность покрытий проникающего действия вызывает определенные вопросы и не всегда удовлетворяет потребителя [3].

Кроме того, содержание большого количества пенетрирующих химических добавок сопровождается образованием высолов, трещин [4], отслаиванием покрытий [5], что приводит к повторному разрушению конструкции и требует все больших затрат на ее восстановление [6].

Известно, что замена части портландцемента доменным гранулированным шлаком способствует полному связыванию свободного $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в низкоосновные гидросиликаты кальция, что обеспечивает высокую стойкость шлакосодержащих цемента в пресных и минерализованных водах [7]. Кроме того, искусственный камень на основе такого цемента характеризуется высокой водонепроницаемостью, морозостойкостью, сульфатостойкостью [8].

Применение в качестве модифицирующих добавок в цементах природных цеолитов оправдало себя с точки зрения возможности изменения состава новообразований в сторону создания цеолитоподобных соединений повышенной прочности и водонепроницаемости и способности окклюлировать анионы, присутствующие в агрессивных средах, в сложные неорганические комплексы [9].

3. Цель и задачи исследований

Целью данной работы является разработка долговечных гидроизоляционных покрытий проникающего действия с повышенными эксплуатационными свойствами на основе шлакосодержащих цемента, модифицированных добавками природных цеолитов и комплексной добавкой солей-электролитов. Послед-

няя позволит синтезировать в составе порового пространства бетона этрингитоподобные соединения, которые будут служить центрами кристаллизации для низкоосновных гидросиликатов кальция.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать гидроизоляционные покрытия проникающего действия на основе шлакосодержащих цементных композиций, модифицированных природными цеолитами и комплексом солей, которые характеризуются высокими эксплуатационными характеристиками и стабильностью свойств во времени;

- изучить механизм действия цеолитовой добавки в составе шлакосодержащего цемента в направлении связывания избытка щелочных веществ в нерастворимые соединения;

- изучить физико-механические характеристики разработанных покрытий во времени и сравнить с существующими аналогами отечественного и зарубежного производства;

- определить свойства бетонов, защищенных разработанными покрытиями проникающего действия, в наиболее распространенных условиях эксплуатации, и установить эффективность их действия.

4. Оптимизация состава и исследование физико-механических характеристик шлакосодержащих цемента с добавкой природного цеолита, солей электролитов и покрытий на их основе

Экспериментальные исследования были проведены на основе вяжущей композиции, которая состояла из портландцемента ПЦ-М 500, доменного гранулированного шлака Криворожского металлургического комбината (Украина) и природного цеолита (клиноптилолита) Сокирицкого месторождения (Украина).

В качестве составляющих химически активного комплекса покрытий проникающего действия были приняты соли щелочных металлов: нитраты, карбонаты и сульфаты натрия.

Смесь для получения гидроизоляционного покрытия состояла из минерального вяжущего и кварцевого песка крупностью менее 0,63 мм. Соотношение вяжущее : наполнитель составляло 1:1,5. Количество воды подбирали исходя из необходимости обеспечения достаточной подвижности и растекаемости смеси. С учетом этих требований водоцементное отношение было в пределах $V/C=0,45-0,5$, а расплыв кольца Вика достигал 200–210 мм.

Как составы сравнения были выбраны широко известные гидроизоляционные материалы проникающего действия Пенетрон и Кальматрон (Россия). Физико-механические исследования проводили в соответствии со стандартами на сухие строительные смеси ДСТУ Б.В.126:2011. Прочность покрытий, нанесенных на бетонную основу, определяли с помощью склерометра ОМШ-1, а водонепроницаемость – с помощью трубки Карстенса. Состав продуктов гидратации идентифицировали, используя физико-химические методы исследований: рентгенофазовый, дифференциально-термический методы анализа и электронную микроскопию.

Исследования по оптимизации состава шлакоцементной композиции с добавкой природного цеолита проводили с использованием математического метода планирования эксперимента. В качестве варьируемых факторов были приняты X_1 – количество шлака: 20; 30; 40 % от массы вяжущего и X_2 – количество природного цеолита 5; 10; 15 %. Как функции отклика выбрали прочность при сжатии ($R_{сж}$) образцов через 28 суток твердения и капиллярное водопоглощение покрытия W , нанесенного на стеклянную пластину и выдержанное в воде 24 часа. Результаты исследований представлены на рис. 1, 2 соответственно.

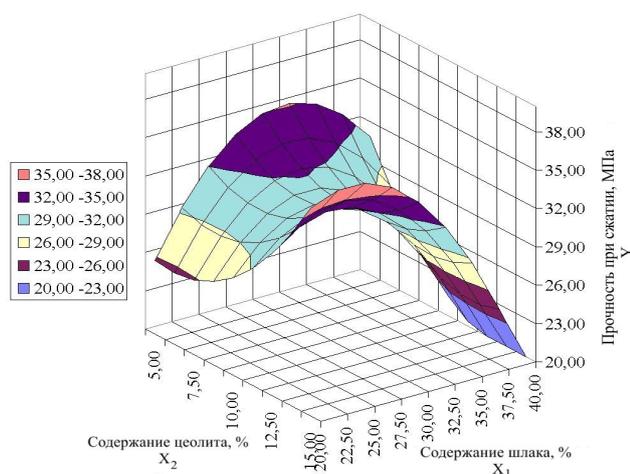


Рис. 1. Изопараметрическая диаграмма изменения прочности шлакосодержащей вяжущей композиции с добавкой природного цеолита через 28 суток твердения

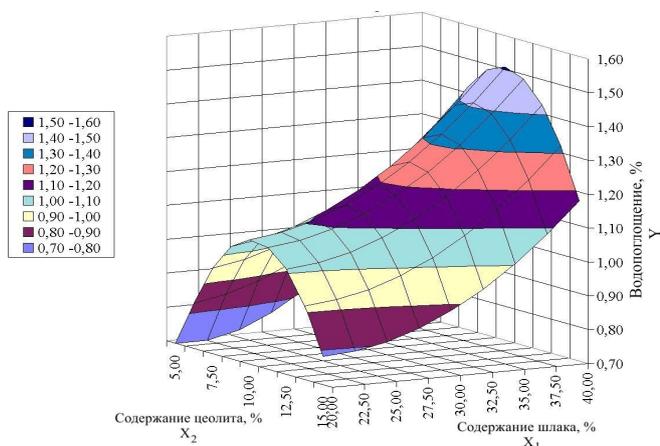


Рис. 2. Изопараметрическая диаграмма изменения водопоглощения шлакосодержащей вяжущей композиции с добавкой природного цеолита через 24 часа испытания

Анализ полученных изопараметрических диаграмм изменения функций отклика от факторов варьирования позволил установить оптимальное содержание шлака и природного цеолита в вяжущей системе, которая обеспечивает одновременно высокую прочность и низкое водопоглощение гидроизоляционных покрытий.

Полученные данные показывают, что оптимальная область содержания природного цеолита находится в пределах 5,5–7,5 % при содержании шлака в составе портландцемента около 22–25 % для обеспечения максимальной прочности образцов (на 3 суток – 7,5 МПа, на 7 суток – 17,0 МПа; на 28 суток – 34,8 МПа). Водопоглощение оптимального состава составляет 0,11–0,12 кг/м².

Таким образом, установлено, что оптимальное соотношение шлака в составе вяжущей композиции составляет 22–25 %, а природного цеолита 5–7,5 %.

Полученная вяжущая композиция принята как базовая для дальнейшей ее модификации комплексной добавкой солей щелочных металлов [9, 10]. Последняя повышает водонепроницаемость бетона за счет создания дополнительного количества кристаллогидратов-новообразований игольчатого типа, заполняющих поры, капилляры и трещины бетонного камня, и создающих плотную, недоступную для фильтрации воды структуру.

Содержание комплексной пенетрирующей добавки составляет 10 % от массы вяжущего. Выбранные соли натрия (Na_2CO_3 , Na_2SO_4 , NaNO_3) использовали в различных соотношениях, а их необходимое содержание определяли по критерию наименьшего капиллярного водопоглощения покрытия (с применением трубки Карстена) и по наибольшей прочности (с применением склерометра ОМШ-1). Соотношение солей натрия изменяли в пределах 2, 4, 6, 8, 10 частей от общего количества вводимых солей-электролитов.

Испытания по определению прочности (рис. 3) и водонепроницаемости покрытий (рис. 4) проводили через 7 суток после нанесения. Покрытия выдерживали сначала 3 суток в воде, а затем 3 суток в сухих условиях. Водопоглощение определяли через 24 часа после заполнения трубки Карстена путем фиксации количества воды (в мл), которая поглотилась покрытием за определенное время. Также с целью проверки способности материалов выполнять функции гидрозащиты на протяжении длительного времени были изучены прочность и водопоглощение исследуемых покрытий и составов сравнения через 365 дней.

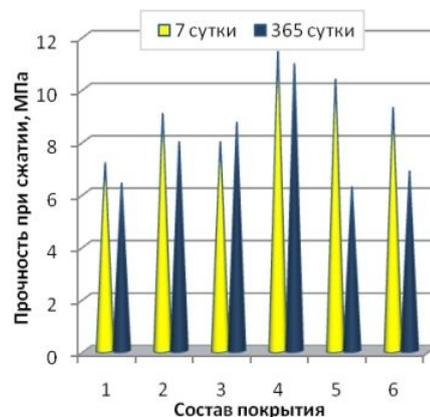


Рис. 3. Прочность при сжатии покрытий на основе шлакосодержащего цемента с добавкой природного цеолита (состав 4) и с добавками солей натрия (карбонаты, сульфаты, нитраты), взятых в различных соотношениях (составы 1, 2, 3); составы сравнения Пенетрон и Кальматрон (составы 5, 6 соответственно)

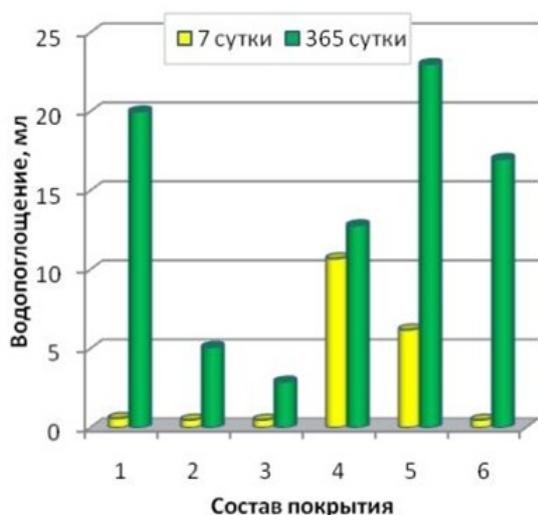


Рис. 4. Водопоглощение покрытий на основе шлакосодержащего цемента с добавкой природного цеолита (состав 4) и с добавками солей натрия (карбонаты, сульфаты, нитраты), взятых в различных соотношениях (составы 1, 2, 3); составы сравнения Пенетрон и Кальматрон (составы 5, 6 соответственно)

Сравнение вышеприведенных данных показывает, что введение солей электролитов существенно не влияет на прочность вяжущих систем (при твердении в течение 7 суток), которая составляет 8,17 МПа и несколько уступает составам сравнения – Кальматрону, Пенетрону и разработанному составу без солей.

Анализ результатов исследования прочности при сжатии покрытий на 365 сутки показывает, что при использовании всех составов, кроме состава 3, наблюдается некоторый спад прочности во времени. Наибольшей потерей прочности после 1 года твердения отличаются составы сравнения (Кальматрон и Пенетрон), прочность которых уменьшилась примерно в 1,3–1,6 раза.

Таким образом, пропитка цементно-песчаных образцов гидроизоляционными растворами на основе шлакосодержащего цементного вяжущего с добавкой природного цеолита и оптимальной комплексной химической добавкой, позволяет уменьшить значение водопоглощения в 17,7–21,4 раза (после 7 суток твердения) и в 2,5–4,4 раза (после 365 суток твердения). Обобщение полученных зависимостей показывает, что наименьшей величиной водопоглощения как на 7 суток (0,5 мл), так и на 365 суток (2,9 мл), при сохранении прочности, характеризуются покрытия состава 3, в составе которых соотношение солей натрия $\text{NaNO}_3:\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4$ составляет 2:8:10. Причем видно, что низкое водопоглощение сохраняется для этого состава и через 365 дней, в то время как другие составы показывают большее водопоглощение, не говоря о составах сравнения, гидроизоляционные свойства которых через год снизились почти в 10 раз, а проницаемость покрытых ими основ увеличилась по сравнению с незащищенной поверхностью бетона (состав 4).

Разработанные покрытия характеризуются значительно более высокой надежностью по сравнению с

традиционно применяемыми материалами аналогичного механизма действия и назначения, а их способность к гидроизоляции бетона не снижается даже после 1 года эксплуатации, как это было зафиксировано для аналогов сравнения [11].

Этот факт может опосредованно подтвердить наши предположения, что наличие в составе аналогов сравнения (Пенетрон, Кальматрон) большого количества химически активных компонентов со временем приводит к синтезу избыточного количества этрингитоподобных новообразований, которые разрушают структуру бетона. Вот почему сбалансированный синтез низкоосновных гидросиликатов кальция и цеолитоподобных новообразований, способных окклюлировать избыточные анионы, создает более водонепроницаемую и плотную структуру защищаемого камня.

Оптимизированный вещественный состав гидроизоляционного покрытия на основе шлакосодержащего цемента с добавкой природного цеолита и комплексной химической добавкой защищен патентом Украины и получил название «Цеолитрон».

5. Исследование состава новообразований гидроизоляционных покрытий с помощью физико-химических методов

Полученные данные физико-механических испытаний подтверждаются результатами рентгенофазового (рис. 5, а), дифференциально-термического анализа (рис. 5, б) и данными электронной микроскопии (рис. 6).

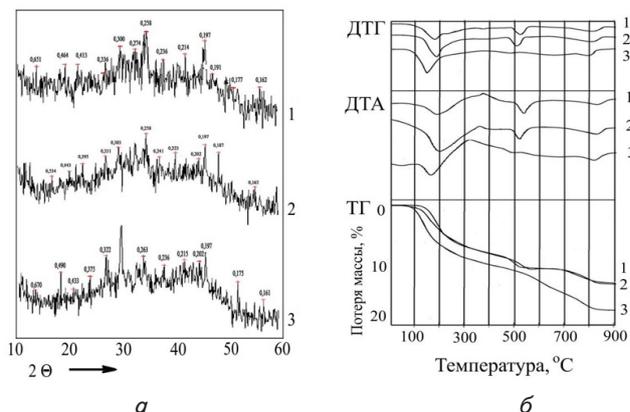


Рис. 5. Рентгенограммы (а) и дериватограммы (б) продуктов гидратации искусственного камня, полученного после 1 года твердения на основе вяжущих композиций состава: «портландцемент + шлак + вода» (1), «портландцемент + шлак + цеолит + вода» (2), «портландцемент + шлак + цеолит + комплекс солей + вода» (3)

При идентификации продуктов гидратации искусственного камня через 365 дней твердения установлено, что при длительном твердении фазовый состав вяжущей композиции (рис. 5, а, кривая 1; рис. 5, б, кривая 1), представлен гиллебрандитом $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ ($d=0,301; 0,275; 0,237; 0,205; 0,196; 0,192; 0,181; 0,174$ нм) и этрингитом $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 32\text{H}_2\text{O}$ ($d=0,301; 0,256; 0,234; 0,220; 0,215; 0,206; 0,197; 0,175; 0,166; 0,162; 0,157$ нм).

В процессе модификации композиции природным цеолитом происходит его разложение, а затем, в поздние сроки, наблюдается синтез анальцима $\text{Na}\{\text{AlSi}_2\text{O}_6\}\cdot\text{H}_2\text{O}$ ($d=0,241; 0,221; 0,190; 0,185; 0,178; 0,168; 0,165; 0,160$ нм) и гмелинита $(\text{Na}, \text{Ca})_4\{\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}\}\cdot 24\text{H}_2\text{O}$ ($d=0,455; 0,332; 0,259; 0,207; 0,195; 0,187; 0,178; 0,168; 0,166$ нм)-аналогов природных цеолитов [4]. Также в составе продуктов гидратации через 1 год твердения (рис. 5, а, кривая 2; рис. 5, б, кривая 2), присутствуют этtringит $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 32\text{H}_2\text{O}$ ($d=0,240; 0,223; 0,212; 0,197; 0,166; 0,162$ нм) и гиллебрандит $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ ($d=0,301; 0,275; 0,224; 0,196; 0,192; 0,186$ нм)

При введении солей в состав вяжущей композиции (рис. 5, а, кривая 3; рис. 5, б, кривая 3), дополнительно к вышеустановленным соединениям в составе новообразований зафиксированы: низкосульфатная форма гидросульфоалюмината кальция $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaSO}_4\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ($d=0,287; 0,260; 0,235; 0,206; 0,190; 0,187; 0,166; 0,155$ нм), четырехкальциевый монокарбонатный гидроалюминат $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaCO}_3\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ($d=0,346; 0,330; 0,286; 0,217; 0,201; 0,186; 0,166; 0,160; 0,155$ нм), гидронитроалюминат кальция $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ($d=0,187$ нм), нозеан $\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}(\text{SO}_4)\cdot\text{H}_2\text{O}$ и гаюин $(\text{Na}_5\text{K}_1\text{Ca}_2)\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}(\text{SO}_4)_{1,5}$.

Таким образом, анализ результатов РФА и ДТА подтверждает наличие в составе продуктов гидратации искусственного камня большого количества гидросульфоалюминатов этtringитового состава Аft и АFm, координирующих его поровое пространство и уменьшающего водопоглощение и водопроницаемость во времени [12].

Микроструктура искусственного камня на основе шлакосодержащего цемента, модифицированного цеолитом и солями электролитов, после твердения в течение 1 года, представлена на рис. 6, а–в соответственно.

Представленные микрофотографии искусственного камня на основе шлакосодержащего цемента с добавкой природного цеолита свидетельствуют об образовании большого количества модифицированных гидросиликатов кальция и анальцима (рис. 6, б). В то время как микрофотографии этой композиции, модифицированной комплексной добавкой солей (рис. 6, в), показывают образование твердых растворов этtringита и модифицированных гидросиликатов и гидроалюминатов кальция. На микрофотографиях видно, что кристаллы представлены длинными тонкими призматическими иглами длиной 20–30 мкм. Этtringит размещается во всем объеме цементного камня, особенно в порах и имеет вид до-

статочно равномерно распределенной сетки, в которой хаотично расположены кристаллы гидросиликатов кальция.

Экспериментально установлено, что при нанесении покрытия толщиной до 2 мм, глубина проникновения гидроизоляционного материала в структуру бетона составляет несколько десятков сантиметров. Причем, введение цеолитовой добавки в состав вяжущей композиции обеспечивает связывание свободных щелочных соединений в нерастворимые гидроалюмосиликатные новообразования, а количество солей-электролитов, попадающих в структуру защищаемого бетона, не превышает 0,04 % на 1 м^3 .

Таким образом, введение солей электролитов не только ускоряет кристаллизацию кристаллогидратных соединений, но и инициирует направленную кристаллизацию низкосульфатных гидросиликатов кальция С-S-H. Происходит уменьшение макропор с одновременным увеличением микропор, обусловленное формированием более однородной плотной структуры цементного камня. Замена части портландцемента доменным гранулированным шлаком способствует полному связыванию $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в гидросиликатные соединения, которые являются более долговечными и стойкими к влиянию агрессивных сред. В то же время, введение в шлакосодержащие системы природных цеолитов дает возможность связывать лишние щелочи (Na^+ , K^+) в нерастворимые гидроалюмосиликаты и окклюлировать анионы (CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , NO_3^-) в составе неорганических комплексов.

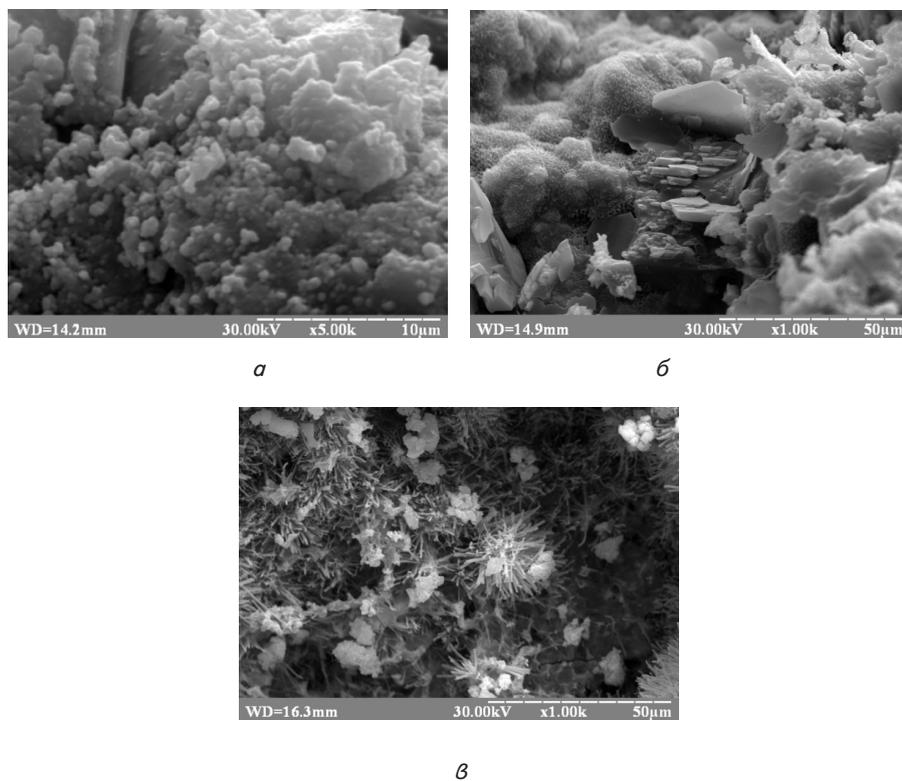


Рис. 6. Микрофотографии поверхности скола искусственного камня, твердевшего на протяжении 1 года, на основе вяжущих композиций состава: а – «портландцемент + шлак»; б – «портландцемент + шлак + цеолит», в – «портландцемент + шлак + цеолит + комплекс солей» при разном увеличении $\times 1000$

Установленные особенности модификации шлако-содержащих вяжущих систем природными цеолитами и комплексом солей позволяют получить гидроизоляционные покрытия проникающего действия с достаточно высокими физико-механическими свойствами, которые не уступают отечественным и зарубежным аналогам, но отличаются от них повышенным сроком эксплуатации.

Разработанные гидроизоляционные покрытия проникающего действия, нанесенные на бетонную основу, обеспечивают не только гидроизоляцию бетонных конструкций с повышением марки бетона по водонепроницаемости на 4 и более ступени, но и способствуют увеличению морозостойкости бетона не менее чем на 100 циклов.

6. Выводы

1. Разработаны составы гидроизоляционных покрытий проникающего действия на основе шлако-содержащих цементных композиций, модифицированных

природными цеолитами и комплексом солей, которые отличаются высокими эксплуатационными характеристиками и стабильностью свойств во времени.

2. Введение в цементно-шлаковую систему природных цеолитов позволяет связать свободную щелочь (Na, K) в нерастворимые гидроалюмосиликаты и окклюлировать анионы (CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , NO_3^-) в сложные неорганические комплексы, что в свою очередь служит гарантией долговечности гидроизоляционного покрытия во времени.

3. Предложенные составы гидроизоляционных материалов обеспечивают получение долговечного покрытия с высокими эксплуатационными характеристиками (через 1 год прочность покрытия при сжатии составляет более 8 МПа, а водопоглощение – менее 3 мл), которые не уступают характеристикам аналогов сравнения отечественного и зарубежного производства.

4. Бетоны, защищенные гидроизоляционным покрытием проникающего действия, характеризуется повышением морозостойкости не менее чем на 100 циклов, и увеличением марки по водонепроницаемости не менее чем на 4 ступени.

Литература

1. Соловьева, В. Я. Повышение эксплуатационных свойств бетона тонкослойными цементными композициями поверхностного и проникающего действия [Текст] / В.Я. Соловьева, А.М. Сычева, Н.В. Коробов и др. // Бетон и железобетон. – 2009. – № 3. – С. 16–19.
2. Коценко, А.Н. Некоторые аспекты применения проникающей гидроизоляции [Текст] / А.Н. Коценко // Строительные материалы. – 2002. – №12 – С. 44–45.
3. Балакин, Д. В. Отличие проникающей капиллярной гидроизоляции бетона от гидроизоляционных материалов на цементном вяжущем [Текст] / Д. В. Балакин // Сухие строительные смеси. – 2007. – № 1. – С. 10–13.
4. Вальцифер, И. В. Разработка гидроизоляционного состава проникающего действия для бетонных конструкций [Текст] / И. В. Вальцифер, И. П. Сизенева, Е. К. Саенко и др. // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 12. – С. 46–48.
5. Бровкина, Н. Г. Роль солей в составах гидроизоляции проникающего действия для бетонов [Текст] / Н. Г. Бровкина, В. Г. Овчаренко, В. Г. Быков и др. // Известия вузов. Строительство. – 2010. – № 8 – С. 28–34.
6. Овчаренко, Г. И. Сравнительные исследования гидроизоляционных систем проникающего действия [Текст] : науч.-практ. Конф. / Г. И. Овчаренко, Н. Г. Бровкина, Е. П. Потапова, А. В. Чуева // Высокотемпературные материалы и технологии в XXI веке. – РХТУ им. Д. И. Менделеева, Москва, 2008.
7. Кравченко, К. В. «Кальматрон» – необходимая и достаточная защита для бетона строительных конструкций [Текст] / К. В. Кравченко // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2011. – № 4. – С. 9–10.
8. Саницький, М. А. Структуроутворення композиційних портландцементів з хімічними додатками [Текст] / М. А. Саницький, Г. Я. Шевчук, П. М. Хаба // Вісник НУ «Львівська політехніка», Зб.наук.праць «Хімія, технологія речовин та їх застосування». – 1997. – № 316. – С. 195–197.
9. Пушкарёва, К. К. Шлакомістки цементу, модифіковані цеолітами, як основа для отримання гідроізоляційних розчинів [Текст] / К. К. Пушкарёва, М. В. Суханевич, К. В. Бондар, А. С. Марцих // Вісник ДонДАБА, Зб.наук.праць „Сучасні будівельні матеріали, конструкції та інноваційні технології зведення будівель і споруд”. –2010. – Т. I, Вип. 5(85). – С. 102–108.
10. Пушкарёва, Е. К. Оптимизация состава композиционных материалов для получения гидроизоляционных покрытий бетонных конструкций [Текст] / Е. К. Пушкарёва, М. В. Суханевич, К. В. Бондар // Вісник Одеської державної академії будівництва і архітектури. – 2010. – Вип. 39 (2). – С. 181–187.
11. Пушкарёва, К. К. Гідроізоляційні покриття проникної дії з покращеними експлуатаційними властивостями [Текст] / К. К. Пушкарёва, М. В. Суханевич, К. В. Бондар // Зб. наук. праць «Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди». – 2011. – Вип. 22. – С. 125–131.
12. Бондар, К. В. Особливості композиційної побудови гідроізоляційних матеріалів проникної дії з покращеними експлуатаційними характеристиками [Текст] / К. В. Бондар // Будівельні матеріали, виробі та санітарна техніка. –2013. – Вип. 49. – С. 163–169.