

2. Взаимное расположение диаграмм (рисунок 1) изменения общей деформации грунта при замачивании различным химическим составом, показывает связь между величиной pH растворов и общей деформацией грунта: диаграмма замачивания грунта водой располагается выше кривой щелочных растворов (pH = 8 и 9,5) и ниже кривой кислотного раствора (pH = 4,5), что соответствует результатам исследований проведенных другими учеными [4].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вяткина, Е. И. Изучение влияния замачивания водой разной температуры и химического состава на просадочность лессовых грунтов / Е. И. Вяткина, Я. О. Жданова, С. В. Клименко // Ползуновский альманах. – 2016. – № 3. – С. 55-59.

2. Горин, В. И. Методические указания по расчету норм расхода химических реагентов для нейтрализации сточных вод тепловых

электростанций / В. И. Горин. – УралВТИ. – М., 1987. – 10 с.

3. Левченко, А. П. Лабораторные исследования лёссовых грунтов, насыщенных химическими растворами: сб. трудов. / А. П. Левченко. – М. : ГАСИС, 2002. – С. 58-64.

4. Левченко, А. П. Отчет о научно-исследовательской работе. Особенности взаимодействия оснований и фундаментов на лессовых просадочных грунтах, в условиях насыщения технологическими и бытовыми сточными водами [Электронный ресурс] / А. П. Левченко. – Электрон. текстовые данные – М. : Инновационный НТЦ «Инженер». – 558 с.

**Вяткина Е.И.** – к.г.-м.н., доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: el240943@mail.ru.

**Клименко С.В.** – магистрант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова. E-mail: stf-ofigig@mail.ru.

УДК 624.131.23

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ, ВЛАГОПРОНИЦАЕМОСТИ И МОРОЗОСТОЙКОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ФУНДАМЕНТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**А. В. Крайванов<sup>1</sup>, И. В. Носков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> ООО «ГеоПроектСтройАлтай», г. Барнаул

<sup>2</sup> Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

*Приводятся описание полимерных композиций для упрочнения поверхности бетона, цементно-песчаной стяжки, штукатурки, кирпича, пеноблоков в 2-3 раза, композиции СИЛОР применяемой для герметизации, упрочнения и защиты бетона и других пористых материалов от коррозии с целью продления срока службы как уже эксплуатирующихся, так и новых зданий и сооружений.*

**Ключевые слова:** бетон, полимерная композиция, пропитка, упрочнение, долговечность, морозостойкость, надежность.

Для восстановления прочности, влагонепроницаемости и морозостойкости поверхностного слоя железобетонных конструкций, в том числе и фундаментных, считается целесообразным использовать полимерные композиции и авторские передовые технологии, разработанные по заказу оборонного комплекса России научным коллективом, который возглавляет видный ученый, Лауреат государственной премии СССР, доктор химических наук, профессор Веселовский Роман Александрович [1].

Научно-техническим центром Р.А. Веселовского ведутся работа по внедрению новых модификаций и новых технологий, которые позволяют с учетом индивидуального подхода решать самые сложные задачи в строительстве, восстановлении и капитальном ремонте строительных конструкций.

Кроме того НТЦ Р.А. Веселовского является производителем современных полимерных композиций марок СИЛОР, которые широко используются для упрочнения бетона, создания антикоррозионных и гидроизоли-

рующих покрытий бетонных и металлических конструкций.

Полимерные композиции обладают уникальными свойствами и превосходят по качеству другие отечественные и импортные составы.

НТЦ Р.А. Веселовского предлагает на рынке эффективные технологии такие, как:

- Упрочнение поверхности бетона, цементно-песчаной стяжки, штукатурки, кирпича, пеноблоков в 2-3 раза;
- Обеспыливание полов складских помещений, паркингов, подвалов;
- Тонкослойные и высоконаполненные полимерные полы для паркингов, полов технических и др. помещений;
- Антикоррозионные покрытия для бетонных и металлических конструкций;
- Химически стойкие износостойчивые покрытия для бетонных, железобетонных и металлических конструкций;
- Гидроизоляция бетонных и металлических конструкций;
- Герметизация горизонтальных и вертикальных швов, стыков, мест примыканий в сборных и монолитных железобетонных конструкциях;
- Ремонт, восстановление поверхности и несущей способности конструкций из бетона и железобетона с применением пластифицирующей добавки для цементного раствора;
- Антикоррозионные покрытия и ремонт трубопроводов;
- Упрочнение, защита от гниения и горения деревянных конструкций;
- Ремонт металлических поверхностей кораблей и подводных конструкций под водой.

Для восстановления прочности, влагопроницаемости и морозостойкости поверхностного (защитного) слоя бетона фундаментных конструкций, подвергшегося разрушению техногенными воздействиями [2], рекомендуем использовать полимерную композицию СИЛОР (ТУ 2257-001-29363290-97, Гигиеническое заключение на «Защитную композицию СИЛОР» № 77.01.03.225. П. 07428. 04. 3 от 02.04.03 № 0599873), представляющую собой однокомпонентную жидкость, по вязкости и внешнему виду напоминающую керосин.

Композиция СИЛОР применяется для герметизации, упрочнения и защиты бетона и других пористых материалов от коррозии с

целью продлить срок службы как уже эксплуатирующихся, так и новых зданий и сооружений.

#### **Свойства материала:**

СИЛОР – мономер, который представляет собой низковязкую жидкость светлороманового цвета (таблица 1). Благодаря высокой подвижности композиция легко проникает в поры различных материалов, в том числе и бетона.

Применяя различные технологии импрегнирования можно добиться различной глубины пропитки от 1 мм до сквозного проникновения в бетоне.

Попадая в поры материала, функциональные группы композиции взаимодействуют с катионами металлов, находящихся на поверхности пор, и с молекулами воды образуя олигомерные и полимерные цепи. В результате образуются дополнительные физико-химические связи, которые и обуславливают появление новых физико-химических свойств пропитанного слоя.

А в целом конструкция или сооружение, обработанная составом СИЛОР, приобретает следующие свойства:

- Непроницаемость для воды, хлоридов и солей.
- Упрочнение пропитываемых конструкций.
- Стойкость к знакопеременным нагрузкам.
- С добавками антипиренов – негорючий.
- Устойчивость в агрессивных средах.
- Повышение трещиностойкости.
- Повышение морозостойкости.
- Антисептические свойства.
- Снижение истираемости.
- Простота применения.
- «Лечение» трещин.
- Обеспыливание.
- Долговечность.

Пропитка СИЛОР может использоваться для обработки не только бетона, но и других пористых материалов, например – кирпичей, черепицы, шифера, древесины. Для железобетонных конструкций особый интерес представляет ее способность пропитывать продукты коррозии металла, при этом надежно предотвращается возможность их дальнейшей коррозии.

Применение композиции СИЛОР позволяет решить задачи необходимые для обеспечения долговременной надежности строительных конструкций, в т.ч. фундаментов зданий и сооружений.

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ, ВЛАГОПРОНИЦАЕМОСТИ И МОРОЗОСТОЙКОСТИ  
ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ФУНДАМЕНТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Таблица 1 – Характеристики покрытия на основе композиции СИЛОР

| Показатели                                                                                                                                                      | Результаты                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Способ нанесения                                                                                                                                                | Кистями, валиками, пульверизаторами                                                                                                                                                 |
| Глубина пропитки на бетоне при нанесении                                                                                                                        | 0,5-15,0 мм                                                                                                                                                                         |
| Глубина пропитки методом глубокого импрегнирования                                                                                                              | 15,0-50,0 мм                                                                                                                                                                        |
| Глубина пропитки при импрегнировании методом инъекции под давлением                                                                                             | До сквозного проникновения                                                                                                                                                          |
| Расход на бетоне при обычной пропитке                                                                                                                           | 0,1-0,6 кг/м <sup>2</sup>                                                                                                                                                           |
| Время полимеризации при t 10°C                                                                                                                                  | 8-12 часов                                                                                                                                                                          |
| Время полного набора прочности                                                                                                                                  | 2-3 суток                                                                                                                                                                           |
| Нанесение возможно при температуре                                                                                                                              | От -30 до +60°C                                                                                                                                                                     |
| Эксплуатация при температуре                                                                                                                                    | От -60 до +120°C                                                                                                                                                                    |
| Требования по подготовке поверхности                                                                                                                            | Очистка от грязи, пыли, отслоившихся частиц; Поры бетона должны быть открыты; Недопустимо наличие свободной воды на поверхности; Наносится в условиях естественной влажности бетона |
| Декоративные свойства                                                                                                                                           | Глянцевое или матовое покрытие в оттенках серо-серебристого цвета или бесцветное (цвет бетона)                                                                                      |
| Техника безопасности                                                                                                                                            | В закрытых помещениях использовать респираторы, противогазы                                                                                                                         |
| Адгезия                                                                                                                                                         | 3,2 МПа (разрыв по телу непропитанного бетона), определить истинную адгезию невозможно                                                                                              |
| Водонепроницаемость                                                                                                                                             | более 16 W                                                                                                                                                                          |
| Водопоглощение                                                                                                                                                  | 0%                                                                                                                                                                                  |
| Проницаемость хлоридов в бетон                                                                                                                                  | отсутствует                                                                                                                                                                         |
| Морозостойкость                                                                                                                                                 | более 400 циклов                                                                                                                                                                    |
| Прочность на сжатие по сравнению с образцами без пропитки                                                                                                       | увеличивается в 2-2,5 раза                                                                                                                                                          |
| Прочность на растяжение в отвержденном состоянии                                                                                                                | Не менее 32 МПа                                                                                                                                                                     |
| Трещиноустойчивость по сравнению с аналогичными образцами без пропитки                                                                                          | Повышается                                                                                                                                                                          |
| Возможность лечения уже существующих трещин                                                                                                                     | На вертикальных поверхностях путем промазывания – заполнение на 65 мм, на горизонтальных поверхностях – на всю глубину трещины                                                      |
| Истираемость образцов тротуарной плитки с 1 слоем композиции «СИЛОР»<br>Истираемость образцов без пропитки<br>Поверхностная пленка не образуется – истираемость | 0,06 г/см <sup>2</sup><br>0,19 г/см <sup>2</sup><br>отсутствует                                                                                                                     |
| Горючесть покрытия                                                                                                                                              | Не горит                                                                                                                                                                            |
| Пылеобразование                                                                                                                                                 | Отсутствует                                                                                                                                                                         |
| Устойчивость к агрессивным средам                                                                                                                               | Устойчив к действию кислот, щелочей, растворов солей, бензо-, маслоустойчивость                                                                                                     |
| Устойчивость к УФ-лучам                                                                                                                                         | Устойчив при введении пигментов                                                                                                                                                     |
| Антисептические свойства                                                                                                                                        | Уничтожает и предотвращает появление грибов, мхов, лишайников, плесени, термитов                                                                                                    |
| Гигиеническое заключение № 77.01.03.225.П.07428.04.3 от 02.04.03 № 0599873                                                                                      | После полимеризации не токсичен, возможен контакт с питьевой водой                                                                                                                  |
| Сохраняет защитные свойства на уровне 1 балла по ГОСТ 9.407 в условиях умеренного климата                                                                       | Не менее 15 лет                                                                                                                                                                     |

### **Существуют различные модификации композиции СИЛОР**

**СИЛОР** – стандартная модификация для пропитки, упрочнения, обеспыливания, гидроизоляции бетонных и кирпичных конструкций зданий и сооружений из пористых материалов.

**Расход** зависит от состояния поверхности или конструкции, которую необходимо упрочнять или восстанавливать и составляет от 0,150-0,450 кг/м<sup>2</sup> при работах на нормальных поверхностях до 500-1500 грамм на 1 м<sup>2</sup> при пропитке высокопористых поверхностей.

**СИЛОР – глубокая пропитка** – применяется при необходимости упрочнения конструкций на большую глубину. Расход: 0,400-2,0 кг/м<sup>2</sup>.

**СИЛОР 2** – концентрированный состав, применяется для создания высокой адгезии между старым бетоном и новым ремонтным составом или штукатуркой после пропитки СИЛОРОм, а также для ремонта трещин с шириной раскрытия до 0,4 мм путем простого многократного нанесения. Расход: 0,150-0,200 кг/м<sup>2</sup>.

**СИЛОР – Ультра-Си** – добавка класса pH-активных веществ для бетонной смеси. Добавляется в виде жидкости во время приготовления цементно-песчаной смеси.

Выполняет следующие функции:

- добавка СИЛОР – Ультра-Си блокирует разделение компонентов бетонной смеси по плотности, в результате чего бетонная смесь приобретает однородную структуру, пластилиноподобную консистенцию и такая бетонная смесь удобна в работе: она не оплывает, что позволяет восстанавливать дефекты бетонных поверхностей без армирования, легко укладывается и формуется в т.ч. на вертикальных плоскостях;

- добавка СИЛОР – Ультра-Си увеличивает прочность бетона, увеличивает адгезию старого бетона к новому, а также к арматуре, увеличивает плотность бетона.

Расход: 0,2% от массы цемента в смеси.

### **Технология использования пропитки для бетона СИЛОР**

Пропитка железобетонных конструкций композицией Силор осуществляется путем нанесения композиции на поверхность бетона с помощью валиков, кистей, пульверизатора.

Перед нанесением композиции, поверхность бетона должна быть очищена от грязи, краски, желательно удалить цементное молочко.

Композиция наносится постоянно по мере впитывания ее в объем бетонного камня. В этом случае бетон приобретает максимальную прочность, химстойкость и герметичность. Если на бетон нанести композицию только непрерывной напитывающей пропиткой однократно, то бетон гидрофобизируется, но его паропроницаемость сохраняется. В случае если глубина пропитки должна быть ограничена, последующий слой композиции наносится после отверждения предыдущего или используют композицию с высокой скоростью отверждения.

При необходимости пропитки влажного бетона, перед использованием композиции СИЛОР на поверхность бетона предварительно наносят специальный раствор, который гидрофобизирует поверхность бетонных пор и оттесняет воду в объем бетонного камня.

Глубина проникновения композиции в объем бетона зависит от состояния бетона и скорости отверждения композиции. Чем более разрушен бетон, тем быстрее и глубже СИЛОР проникает в его поры. Для обеспечения герметичности нового бетона, защиты его от коррозии и от появления поверхностных трещин, достаточно пропитать бетон на глубину менее миллиметра.

Возрастание прочности бетона при его пропитке зависит от исходной прочности бетона. Так, если прочность плотного гидротехнического бетона при пропитке возрастает незначительно, то при пропитке полностью разрушенного бетона прочность возрастает от 0 до 100 МПа.

У производителя композиции СИЛОР НТЦ Р.А. Веселовского имеется опыт применения пропитки для бетона в областях производственной деятельности перечисленных ниже.

Композиция СИЛОР была применена при восстановлении мостов, резервуаров, канализационных систем, дюкеров, дымовых труб, градирен, плотин, для окраски фасадов, упрочнения и снижения водопоглощения тротуарной плитки, упрочнении грунтов при строительстве плотин, пропитке черепицы и шифера, герметизации подземных сооружений, для предотвращения намокания стен, окраски корродированных металлов, пропитки изделий из дерева с целью упрочнения, защиты от грибов и насекомых и т.д.

Применяется СИЛОР на химических, металлургических комбинатах, нефтеперерабатывающих заводах, на атомных электростанциях, коксохимических заводах, опорах линий

электропередач. Применяется на химических и агрохимических заводах: цеха производства аммиачной селитры, карбамида, капролактама, хлорсульфоновых кислот, ионообменных смол и др., резервуары для хранения химикатов.

Защита бетонных сооружений и конструкций мостов от воздействия агрессивных сред (вода, соли, выхлопные газы, грибковые поражения). Улучшает эксплуатационные свойства материалов в суровых климатических условиях.

Защита металлоконструкций судов, гидрооборудования, эксплуатируемых в суровых климатических условиях, подверженных воздействию агрессивных сред (морская вода, кислоты, щелочи, соли, нефтепродукты и др.); защита металлоконструкций мостов.

По данным производителя были проведены испытания разрушающейся бетонной балки, пропитанной СИЛОРОМ. Определить окончательное значение прочности данной балки не удалось, так как её прочность возросла настолько, что возможностей испытательных стендов не хватило для разрушения отреставрированной балки.

#### **Экономический эффект**

Применение композиции СИЛОРА позволяет: проводить текущий ремонт конструкций, в т.ч. фундаментов зданий и сооружений, получив при этом восстановление ресурса конструкций как при капитальном ремонте; снизить сметную стоимость ремонтных работ на 30-40% за счёт сокращения объёмов ремонтных работ; сократить сроки

проведения ремонтных работ на 40-50% по сравнению с традиционной технологией.

Специалистами ООО «ГеоПроектСтрой-Алтай» технология восстановления прочности, влагонепроницаемости и морозостойкости поверхностного слоя железобетонных конструкций с помощью композиции СИЛОР была рекомендована для восстановления прочности и эксплуатационной пригодности бетонных конструкций объекта «Автоматический паводковый водосброс» проекта «Выполнение работ по проведению противопаводковых мероприятий на гидротехнических сооружениях расположенных: Шипуновское водохранилище на реке Клепечиха, Алтайский край, Шипуновский район, с. Шипуново».

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Веселовский, Р. А. Материалы и технология восстановления прочности и герметичности железобетонных башенных сооружений путем их пропитки полимерными материалами. / Р. А. Веселовский. – Режим доступа: <http://www.aaa-gorodok.net/vesel.htm>.

2. Носков, И.В. Усиление оснований и реконструкция фундаментов: учебник / И. В.Носков, Г. И. Швецов. – М. : Абрис (лицензиат товарного знака «Высшая школа»), 2012. – 134 с.

**Крайванов А.В.** – к.т.н, доцент, главный инженер ООО «ГеоПроектСтройАлтай».

**Носков И.В.** – к.т.н., заведующий кафедрой «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: [noskov.56@mail.ru](mailto:noskov.56@mail.ru).