

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-8-8-16

¹Гоглев И.Н., ²*Логинова С.А.¹Ивановский государственный политехнический университет²Ярославский государственный технический университет

*E-mail: sl79066171227@yandex.ru

НОВЫЙ ИНДИКАТОРНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОН КАРБОНИЗАЦИИ В БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Аннотация. В статье представлен новый индикаторный способ выявления зон карбонизации (нейтрализации) бетона, который можно успешно применять в практике обследований строительных конструкций из бетона и железобетона (на полевой и лабораторной стадиях работ). Рассмотрены аспекты возникновения и протекания процесса карбонизации (нейтрализации), а также проанализированы случаи её влияния на долговечность бетонных и железобетонных строительных конструкций различных объектов (промышленных, транспортных, гражданских, гидротехнических, линейных). Карбонизация способна в определенных условиях приводить к выщелачиванию бетона, что влечет повреждение арматуры в железобетонных конструкциях. Рассмотрены объекты, на которых возможно проводить обследования с применением нового метода, а также приведено сравнение эффективности указанного метода с методом фенолфталеиновой пробы. Недостаток метода фенолфталеиновой пробы (МФФП) состоит в том, что он не позволяет понять полную картину распределения рН бетона по слоям, поскольку индикатор имеет 1 рабочий интервал перехода окраски. Отличие нового метода состоит в более высокой точности (метод позволяет выявить зоны, в которых процесс коррозии бетона, связанный с массопереносом целевого компонента при карбонизации только начинается или полноценно протекает, а также оценить состояние защитного слоя бетона в текущий момент времени). Новый метод является перспективным, т.к. позволяет оценивать состояние обследуемых железобетонных конструкций на предмет их долговечности и степени повреждения. Полученные результаты исследования можно использовать при организации ремонта бетонных и железобетонных строительных конструкций.

Ключевые слова: бетон, железобетон, коррозия, карбонизация, нейтрализация, выщелачивание, обследование, фенолфталеиновая проба, универсальный индикатор.

Введение. Процесс обследования бетонных и железобетонных строительных конструкций, эксплуатируемых в условиях атмосферного воздуха и влаги, зачастую сопровождается выявлением участков карбонизации бетона (дополнительно могут определяться и другие распростра-

ненные виды коррозии бетона). От степени развития процесса карбонизации прямо зависит состояние железобетонных конструкций гражданских, промышленных, транспортных сооружений, например, опор и плит покрытий мостов, эстакад и др. (рис. 1) [1, 2].



Рис. 1. Ребристые плиты покрытия в транспортном сооружении (Московская область). Срок эксплуатации плит – более 30 лет. Совместное действие карбонизации и хлоридной коррозии. Оголение и коррозия продольной арматуры

Процесс карбонизации вызывает снижение долговечности железобетонных конструкций, особенно используемых в качестве опорных и изгибаемых элементов, вследствие уменьшения рН бетона, его пассивирующих свойств по отношению к стальной арматуре и снижению площади поперечного сечения арматуры в результате образования продуктов коррозии.

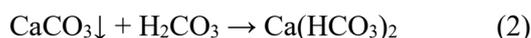
Другое название процесса карбонизации – нейтрализация, поскольку процесс коррозии связан с химической реакцией одного из основных компонентов цементного камня – свободного гидроксида кальция (согласно терминологии академика Российской академии архитектуры и строительных наук, С. В. Федосова) [1–4]. Согласно классификации профессора В.М. Москвина и его соавторов, карбонизация относится к процессам коррозии бетона 2-го вида и представляет собой один из подвидов химической коррозии цементного камня [2]. Процесс карбонизации представляет собой реакцию щелочных компонентов бетона (в основном, свободного гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$), происходящей при диффузии углекислого газа или угольной кислоты (содержащегося в атмосфере) в порах цементного камня.

Процесс можно условно разделить на 2 стадии:

1) Образование карбоната кальция



2) Образование и унос в среду гидрокарбоната кальция



Развитие первой стадии (1) связано с особенностью микроструктуры цементного камня, который является пористым материалом. В ходе взаимодействия с атмосферным воздухом (в том числе и во влажной среде) происходит насыщение пор бетона углекислым газом (CO_2) или раствором угольной кислоты (H_2CO_3), что ведет к образованию углекислого кальция (CaCO_3) [1–4]. Углекислый кальций (CaCO_3) является нерастворимым соединением, благодаря чему он остается в структуре железобетонной конструкции [2, 3, 4].

Вторая стадия процесса (2) протекает при условии избытка углекислого газа или угольной кислоты. В случае атмосферной эксплуатации данное условие полностью выполняется – углекислый газ содержится в воздухе. В результате в растворе образуется гидрокарбонат кальция ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$), который является растворимым соединением. В дальнейшем, при увлажнении конструкции происходит диффузия гидрокарбоната кальция с образованием раствора, который уно-

сится во внешнюю среду [1–4], а цементный камень бетона теряет один из ценнейших компонентов.

Именно поэтому выявление и определение карбонизации бетона является актуальной задачей в области строительного материаловедения и обследования строительных конструкций (как для отечественных, так и зарубежных научных школ), подкрепленной также в нормативных документах РФ. Например, согласно ГОСТ 31384-2017 (п. 7.4.3) необходимо предусматривать защиту бетонных и железобетонных конструкций от карбонизации, путем введения специальных добавок в бетон или благодаря устройству защитных покрытий [3, 4].

Процесс карбонизации сопровождается снижением рН защитного слоя бетона [3–5]. По данным различных исследований [4, 5], при снижении рН бетона ниже 10–9, начинается процесс химической и электрохимической коррозии арматуры, поскольку пассивирующие свойства бетона по отношению к металлической арматуре могут быть утрачены [4, 5]. Следует отметить, что зачастую карбонизация воздействует на бетонные и железобетонные конструкции совместно с другими видами коррозии (хлоридной коррозией [1, 4, 5, 10, 13] и биологической коррозией [5, 7, 9]). Биокоррозия бетона является серьезной глобальной проблемой, ущерб от которой оценивается в размере миллиардов долларов в год [1]. Кроме того, исследование микробиологического воздействия на цементные материалы имеет санитарно-гигиеническое значение. Биодеструктивные процессы затрагивают структурную целостность многих наземных и морских конструкций, мостов, зданий и сооружений, в результате чего бетон подвергается разрушению. Биодеструкция бетонных конструкций способствует увеличению пористости бетона и ускорению диффузионных процессов в нем, тем самым стимулируя коррозионные процессы. Основным компонентом, ускоряющим общий процесс коррозии в бетоне, является смесь органических кислот ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$, $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$ и др.), которая является продуктом жизнедеятельности микроорганизмов [7]. Своевременная защита бетонных и железобетонных конструкций от биологического обрастания позволяет значительно сократить экономический ущерб от последствий коррозионных разрушений, повысить надежность конструкций, эксплуатирующихся в условиях повышенной влажности, снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций. И если исследования по влиянию карбонизации и хлоридной коррозии, а также по их выявлению на полевой и лабораторной стадии обследования строительных конструкций в литературе встречаются достаточно

часто [6, 7], то вот вопросы выявления и исследования биологической коррозии отражены недостаточно широко. До настоящего времени предотвращение биообрастания подводных бетонных и железобетонных сооружений проводилось в основном за счет обработки поверхностей биоцидами для уничтожения или предотвращения оседания потенциальных загрязняющих веществ. Однако экологическая безопасность ряда биоцидов против биообрастания вызывает серьезные опасения, возникает необходимость поиска альтернативных методов защиты [7].

Таким образом, процесс карбонизации непосредственно влияет на долговечность бетонных и железобетонных конструкций [1–5, 7, 8, 10, 13–15], из-за чего его необходимо учитывать при проведении обследований.

Материалы и методы. Выявление карбонизации на полевой или лабораторной стадии – важный аспект обследования бетонных и железобетонных строительных конструкций на предмет коррозии. Наиболее известным и применяемым как в зарубежных странах, так и в РФ, является



(a)



(б)

Рис. 2. (а) – участок алмазного бурения на ж/б конструкции, выбранный для отбора образца-керна; (б) – фенолфталеиновый тест на определение карбонизации бетона образца-керна в лаборатории

Основная часть. Благодаря простоте и доступности МФФП успешно применяется в практике обследований, но, к сожалению, он не лишен своих недостатков [4–6], которые могут способствовать лишним временным затратам или недостаточной точности полученных результатов. В качестве примера рассмотрим незащищенную (без мероприятий первичной и вторичной защиты) бетонную конструкцию [4, 6]. При значениях рН бетона более 10,5, окраска раствора фенолфталеина практически бесцветная и переход индикатора, особенно в полевых условиях, может быть незаметным [4, 6]. К сравнению, рН свежеприготовленного бетона составляет примерно 13÷14 (сильнощелочная среда), а рН бетона недавно возведенной (1–3 года или 3–5 лет) бетонной или ж/б конструкции может составлять 11,5÷12,5. В таком диапазоне окраска раствора

метод фенолфталеиновой пробы (МФФП). Данный метод успешно используется как на полевом этапе обследования, так и на лабораторном [4, 6, 15]. Выполнить фенолфталеиновую пробу можно не только на объекте обследования при помощи нанесения раствора индикатора на свежие сколы (спилы) бетона или в недавно подготовленные контрольные отверстия, но также и в лабораторных условиях на заранее отобранных образцах (кернах) (рис. 2а) цилиндрической формы (рис. 2б) [4, 6].

Суть МФФП состоит в изменении окраски раствора фенолфталеина, в зависимости от величины рН бетона в реальном времени. Например, при значениях рН=8÷10 (щелочная среда) окраска раствора фенолфталеина переходит из бесцветной в малиновую (1 рабочий интервал перехода). При значении рН<8 окраска раствора фенолфталеина бесцветная, что позволяет понять границы зон карбонизированного бетона и определить глубину карбонизации (рис. 2) [4, 6] эксплуатируемой конструкции.

фенолфталеина также бесцветная [4, 6]. Таким образом, если процесс нейтрализации бетона уже начался и происходит постепенное снижение рН от начальных значений, раствор индикатора в МФФП не позволит понять динамику протекания процесса и оценить границы наиболее уязвимых зон к карбонизации, в особенности если поврежденный коррозией бетон визуально абсолютно не отличается от целого [4, 6].

Помимо фенолфталеина есть другие индикаторы и их смеси, работающие в большем диапазоне рН бетона. Именно поэтому, помимо раствора фенолфталеина ведется поиск растворов других индикаторов, которые смогут дать понимание показателей значений рН бетона и понять границы зон их распределения [4, 6].

В качестве такой альтернативы было предложено использование спиртового раствора универсального индикатора ЗИВ-1 [6]. Поскольку универсальный индикатор представляет собой смесь различных индикаторов, в отличие от фенолфталеина он имеет несколько рабочих интервалов перехода (рис. 3) [6]. Каждому интервалу перехода соответствует своя уникальная окраска раствора (окраска значительно контрастирует по сравнению с исходной), что упрощает определение pH в указанном участке (рис. 3) [6]. Благодаря данному индикатору можно получить представление о границах зон бетона с конкретными показателями его pH (рис. 5 а, б). В качестве примера показаны участки свежих сколов бетона одной и той же строительной ж/б конструкции, на поверхность которых нанесены спиртовые растворы универсального индикатора ЗИВ-1 и фенолфталеина (рис. 5 а, б) [6].

Раствор индикатора наносится на стенки недавно подготовленных контрольных отверстий (КО) на поверхности железобетонных конструкций, которые располагаются с определенным шагом (рис.4 а, б). Шаг КО определяется в зависимости от основных габаритов конструкции (длина, ширина, высота, толщина) [6]. Отверстия в конструкции предварительно подготавливаются с помощью перфоратора, при этом их полости тщательно очищаются от бетонной пыли и грязи, а также промываются дистиллированной водой (рис. 4 а, б). Очистка отверстий необходима от бетонной пыли, которая способствует загрязнению и может помешать работе индикатора. КО производятся в заранее определенных местах и представляют собой шпур, диаметром 16÷24мм и максимальной глубиной до 80 мм (в зависимости от толщины защитного бетонного слоя в железобетонных конструкциях). Рекомендуемая глубина отверстий составляет 1,5 диаметра. При обследовании бетона морских и реч-

ных гидротехнических сооружений, бомбоубежищ, подземных толстостенных и специальных конструкций, допускается выполнение отверстий глубиной до 180 мм. Места и разметка нанесения контрольных отверстий предварительно определяются магнитным детектором, для минимального шанса попадания в арматуру при сверлении. Шаг контрольных отверстий принимается 300 мм в горизонтальном направлении и 200 мм в вертикальном направлении. Раствор индикатора допускается наносить и на свежие сколы (спилы) бетона (рис. 5 а, б), в случае если имеются трудности с выполнением контрольных отверстий (рис. 5) [6]. Такая ситуация, например, характерна для тонкостенных ж/б конструкций. Поскольку раствор индикатора имеет несколько интервалов перехода окраски, то за основную окраску зоны pH принимается наиболее крупная зона с однородной насыщенной окраской. В случае если таких зон сразу несколько, предполагается равномерное усреднение показателей, с составлением подробной карты зон pH бетона.

При использовании метода необходимо иметь с собой качественные световые приборы, которые будут подсвечивать контрольные отверстия (освещение необходимо для точного определения различных pH зон в бетоне). Также необходимо наличие перфоратора с бурами необходимых диаметров (рекомендуемые диаметры буров от 16÷ 24 мм).

Новым методом исследовано более 10 участков железобетонной конструкции (ребристая плита покрытия автомобильнодорожного моста), которая длительное время (более 30 лет) эксплуатируется в условиях воздействия атмосферного воздуха и влаги. Конструкция выполнена без первичной и вторичной защиты бетона [2, 3, 14]. Автомобильнодорожный мост находится в Ивановской области. Результаты сравнения приведены в таблице 1.

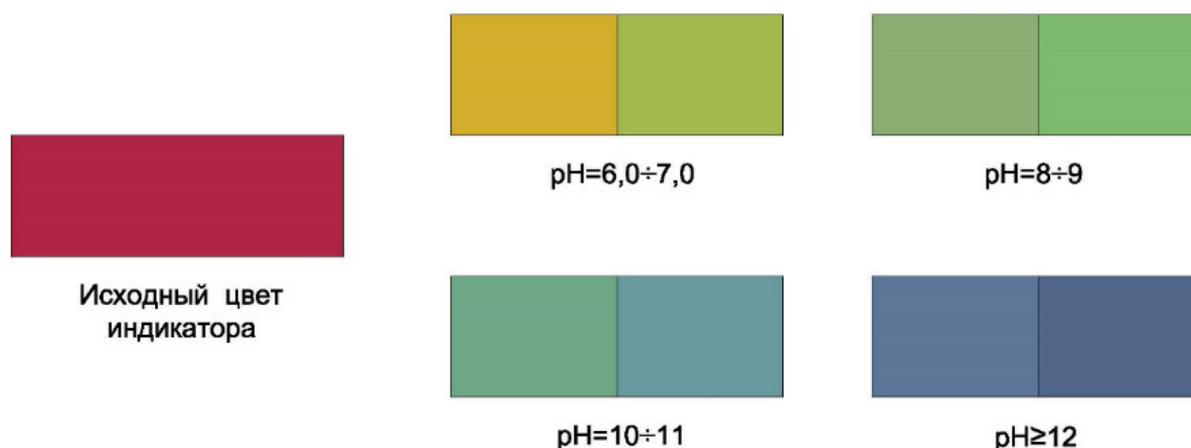


Рис. 3. Основные рабочие интервалы перехода раствора универсального индикатора ЗИВ-1

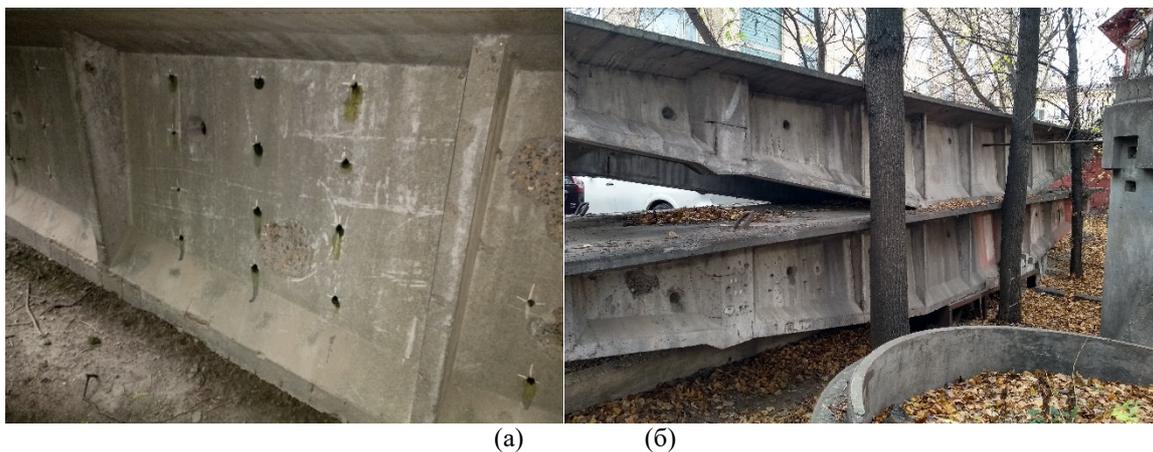


Рис. 4. (а) – выполненные контрольные отверстия глубиной 30÷50мм на поверхности железобетонной конструкции;(б) – пример обследуемой железобетонной конструкции. Конструкции находятся на открытом воздухе более 15 лет

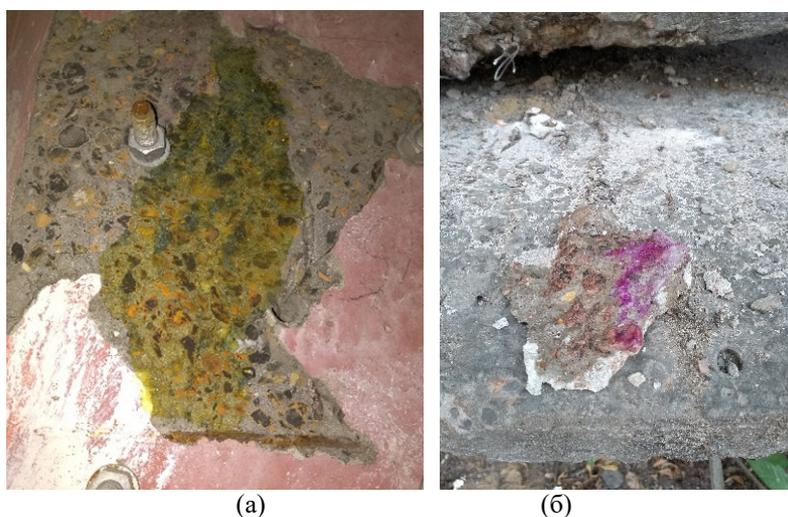


Рис.6. Сравнение показаний спиртовых растворов индикаторов, нанесенных на сколы бетона: а) универсальный индикатор ЗИВ-1; б) фенолфталеин. В зонах бесцветной окраски фенолфталеина карбонизированный бетон, рН которого можно определить с помощью раствора универсального индикатора

Таблица 1

Сравнение показаний предлагаемого метода с методом фенолфталеиновой пробы

№ участка	Предлагаемый метод		Метод фенолфталеиновой пробы	
	Окраска	Значение рН	Окраска	Значение рН
1	Светло-зеленая	9÷9,5	Малиновая	8÷10
2	Салатово-зеленая	7,5÷7,9	Блекло-малиновая	~8
3	Светло-зеленая	~9,5	Малиновая	8÷10
4	Синий	~12,5	Бесцветная	<8
5	Желтая	~6	Бесцветная	<8
6	Желто-салатовая	6,5÷7,0	Бесцветная	<8
7	Темно-зеленая	~10,5	Темно-малиновая	8÷10
8	Салатово-зеленая	7,5÷7,9	Блекло-малиновая	~8
9	Синий	~12,5	Бесцветная	<8
10	Желтая	~6	Бесцветная	<8

В участках №4 и №9 окраска фенолфталеина бесцветная, т.е. по данным фенолфталеиновой пробы, предполагается, что рН бетона на данном участке менее 8 (визуально бетон схож с поврежденными коррозией участками). Однако рас-

твор универсального индикатора ЗИВ-1 дает понимание, что рН бетона там превышает 12, что означает, что участок полностью «здоров» [6] – при ремонте железобетонной конструкции его не нужно удалять с последующим восстановлением ремонтными составами [2, 3].

В участках №2 и №8, где цвет окраски раствора фенолфталеина практически бесцветный (т.е. pH бетона ≈ 8), раствор универсального индикатора ЗИВ-1 позволяет получить практически полностью точные значения (табл. 1). Сходная ситуация наблюдается и в участках №5, №6, №10, где при показателях $\text{pH} < 8$ новый метод позволяет с большей точностью определить границы зон полностью нейтрализованного бетона [6].



Рис. 7. Окраска фенолфталеина на поверхности кубиков с ускорителем твердения. Окраска говорит о $9 < \text{pH} \leq 10,1$

В качестве примера приведено исследование влияния добавок-ускорителей твердения на pH бетона с помощью предполагаемого метода.

Недостаток метода фенолфталеиновой пробы состоит в том, что фенолфталеина не даёт представления о pH бетона выше границы своего применения. На рис. 7, 8 приведены снимки окраски фенолфталеина на бетонных кубиках $10 \times 10 \times 10$ см с добавкой ускорителя твердения (на основе фтористых солей, рис. 7) и кубика из обычного бетона (без добавок, рис. 8).



Рис.8. Окраска фенолфталеина на поверхности кубиков без добавок. Почти полное отсутствие окраски говорит о $\text{pH} \gg 10,5$

Предлагаемый метод позволяет определить pH бетона в случае применения подобных добавок. Например, на рис. 9-11 показаны карбонизированные бетонные кубики $3 \times 3 \times 3$ см (2шт) и кубик $10 \times 10 \times 10$ см (1шт), в которые 3 года назад были добавлены различные добавки (ускоритель твердения на основе неорганических фтористых солей, нитрит натрия и ускоритель твердения на

основе орг. фтористых солей). Как видно из фотографий, в участках бетона, где окраска фенолфталеина была бы бесцветной, раствор универсального индикатора окрашивает бетон. Это позволяет понять зоны бетона с различным pH, а также даёт представление о влиянии различных добавок на pH бетона при дальнейшей эксплуатации.



Рис. 9. Окраска универсального индикатора на поверхности карб. кубика $3 \times 3 \times 3$ см с ускорителем твердения (неорг. фториды). Окраска в **зоне 1** говорит $\text{pH} \approx 10,5$. Окраска в **зоне 2** говорит $7 < \text{pH} \leq 8$



Рис. 10. Окраска универсального индикатора на поверхности карб. кубика $10 \times 10 \times 10$ см с добавкой нитрита натрия. Окраска говорит о $10,5 < \text{pH} \leq 11$

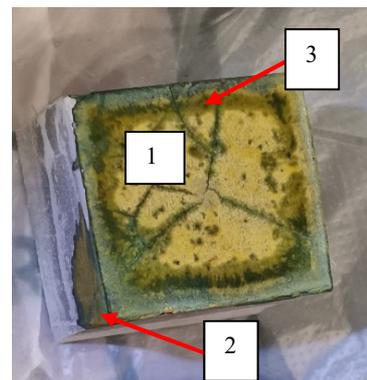


Рис. 11. Окраска универсального индикатора на поверхности карб. кубика $3 \times 3 \times 3$ см с ускорителем твердения (орг. фторист. соли). Окраска в **зоне 1** говорит $\text{pH} \approx 6,5$. Окраска в **зоне 2** говорит $\text{pH} \approx 11$. Окраска в **зоне 3** говорит $\text{pH} \approx 7,5$

Выводы

1. Новый индикаторный метод определения зон карбонизации (нейтрализации) бетона является перспективным и более точным, по сравнению с методом фенолфталеиновой пробы, а также позволяет определить динамику процесса (границы зон бетона с различными показателями его рН).

2. Также этот метод в полевых условиях, с учетом факторов эксплуатации железобетонных конструкций, дает возможность оценить распределение наиболее уязвимых к карбонизации зон бетона и определить моменты возможного начала химической и электрохимической коррозии арматуры в данных участках.

3. Метод возможно использовать не только при оценке долговечности бетонных и железобетонных конструкций, но также и применять при испытаниях новейших добавок в бетон (неорганических кислотных, щелочных и солевых, органических), поскольку он даст понимание по их влиянию на рН свежеприготовленного бетона. Таким образом, постепенно решается задача по накоплению практического опыта в этой области научных знаний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Раткин В.В., Черных В.К. Хлоридная коррозия и ее влияние на свойства бетона // XVII междунар. науч.-техн. конф. «Актуальные проблемы строительства, строительной индустрии и промышленности». Сборник трудов конф. 2016. С. 150–151.

2. Павлова И.Л., Мосюкова Н.О. Повышение долговечности железобетонных конструкций при их реконструкции и восстановлении // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2015. № 6. С. 200–203.

3. Гнам П.А. Анализ методик технического обследования объектов с целью определения их физического износа // AlfaBuild. 2019. № 4 (11). С. 7–22.

4. Федоров П.А., Анваров Б.Р., Латыпова Т.В., Анваров А.Р., Латыпов В.М. Карбонизация бетона. По какой формуле рассчитывать глубину коррозии? // ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2010. № 4-5 (16). С. 54–60.

5. Румянцева В.Е., Логинова С.А., Карцева Н.Е. Математическое моделирование коррозии бетонных конструкций в биологически агрессивных средах // Вестник Череповецкого государственного университета. 2021. № 3 (102). С. 56–67. DOI: 10.23859/1994-0637-2021-3-102-4

6. Пат. 2755246 С1, Российская Федерация. Способ определения долговечности железобетонных конструкций / Д.С.Рыбнов, И.Н.Гоглев, К.Ю. Соколов. № 2020127659; заявл. 19.08.2020, опубл.14.09.2021.

7. Федосов С.В., Федосеев В.Н., Логинова С.А., Гоглев И.Н. Выявление сульфатной и хлоридной коррозии бетона на полевой и лабораторной стадиях обследования строительных конструкций зданий и сооружений // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2021. № 10 (1046). С. 29–31.

8. Сороканич С.В., Бочковский Д.Ю., Корж А.А. Сульфатная коррозия бетона при фильтрационном влагопереносе // Вестник Луганского государственного университета им. Владимира Даля. 2020. № 12 (42). С. 131–134.

9. Строганов В.Ф., Сагадеев Е.В. Биоповреждение строительных материалов // Строительные материалы. 2015. № 5. С. 5–9.

10. Бондаренко В.М., Мигаль Р.Е., Ягулов Б.А. Резервы и экспозиция конструктивной безопасности зданий, эксплуатирующихся в агрессивной среде // Строительство и реконструкция. 2014. № 1 (51). С. 3–10.

11. Etteyeb N., Sanchez M., Dhouibi L., Alonso C., Andrade C., Triki E. Corrosion protection of steel reinforcement by a pre-treatment phosphate solution. Assessment of passivity by electrochemical techniques. //Corrosion Engineering Science and Technology. 2006. V. 41(4). Pp. 336–341. DOI: 10.1179/174327806X120775

12. Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Ярмаковский В.Н., Ерофеев В.Т.О современных методах обеспечения долговечности железобетонных конструкций // Academia. Архитектураи строительство. 2015. № 1. С. 93–102.

13. Cao C., Cheung M. Non-uniform rust expansion for chloride-induced pitting corrosion in RC structures // Constr. Build. Mater. 2014. №51. Pp. 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.10.042>

14. Лесная В.И. Карбонизация бетона в конструкциях зданий // Вологодские чтения. 2003. № 37. С. 86–87.

15. Васильев А.А., Шевченко Д.Н. Математическая расчетно-экспериментальная модель начальной карбонизации бетона // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: наука и транспорт. 2016. № 2 (33). С. 176–179.

16. Goglev I.N. A new promising method for detecting carbonization of reinforced concrete building structures during inspections // Smart Composite in Construction. 2021. V. 2. № 4. Pp. 35–45. DOI: 10.52957/27821919_2021_4_35

Информация об авторах

Гоглев Илья Николаевич, соискатель. E-mail: azidplumbum00@mail.ru. Ивановский государственный политехнический университет. Россия, 153000, Иваново, Шереметевский пр., д. 21

Логинава Светлана Андреевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций. E-mail: sl79066171227@yandex.ru. Ярославский государственный технический университет. Россия, 150023, Ярославль, Московский пр., д. 88

Поступила 14.03.2022 г.

© Гоглев И.Н., Логинава С.А., 2022

¹**Goglev I.N.**, ²***Loginova S.A.**
¹Ivanovo State Polytechnic University
²Yaroslavl State Technical University
 *E-mail: sl79066171227@yandex.ru

NEW INDICATOR METHOD FOR DETERMINING CARBONIZATION ZONES IN CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Abstract. The article considers a new indicator method for identifying zones of carbonization (neutralization) of concrete, which can be successfully applied in the practice of inspections of building structures made of concrete and reinforced concrete (at the field and laboratory stages of work). The aspects of the occurrence and course of the carbonization (neutralization) process are considered. The cases of its influence on the durability of concrete and reinforced concrete building structures of various objects (industrial, transport, civil, hydraulic, linear) are analyzed. Carbonization can lead to leaching of concrete under certain conditions. This is followed by damage of armature in reinforced concrete structures. The objects of the survey using the new method are considered. A comparison of the effectiveness of this method with the phenolphthalein test method is made. The disadvantage of the phenolphthalein test method (PPTM) is that it does not allow to understand the full picture of the pH distribution of concrete over layers, because the indicator has 1 working color transition interval. The difference of the new method consists in higher accuracy: the method allows to identify areas in which the corrosion process of concrete associated with the mass transfer of the target component during carbonization is just beginning or is fully proceeding. In addition, it helps to assess the condition of the protective layer of concrete at the current time. The new method is promising, because it allows assessing the condition of the examined reinforced concrete structures for their durability and degree of damage. The results of the study can be used in organizing the repair of concrete and reinforced concrete building structures.

Keywords: concrete, reinforced concrete, corrosion, carbonization, neutralization, leaching, examination, phenolphthalein test, universal indicator.

REFERENCES

1. Ratkin V.V., Chernykh V.K. Chloride corrosion and its influence on the properties of concrete [Hloridnaya korrozziya i ee vliyanie na svoystva betona]. XVII intl. sci.-tech. conf. «Aktual'nye problem stroitel'stva, stroitel'noj industrii i promyshlennosti». Collection of proceedings conf. 2016. Pp. 150–151. (rus)
2. Pavlova I.L., Mosyukova N.O. Increasing the durability of reinforced concrete structures during their reconstruction and restoration [Povyshenie dolgovechnosti zhelezobetonnykh konstrukcij pri ih rekonstrukcii i ivosstanovlenii]. Resursoenergoeffektivnye tekhnologii v stroitel'nom komplekse regiona. 2015. No.6. Pp. 200–203. (rus)
3. Gnam P.A. Analysis of methods of technical inspection of objects in order to determine their physical wear [Analiz metodik tekhnicheskogo sledovaniya ob"ektov s cel'yu opredeleniya ih fizicheskogo iznosa]. AlfaBuild. 2019. No. 4 (11). Pp. 7–22. (rus)
4. Fedorov P.A., Anvarov B.R., Latypova T.V., Anvarov A.R., Latypov V.M. Concrete carbonization. What is the formula for calculating the depth of corrosion? [Karbonizaciya betona. Po kakoj formule rasschityvat' glubinukorrozii?]. ALITinform: Cement. Concrete. Dry mixes. 2010. No. 4–5 (16). Pp. 54–60. (rus)
5. Rumyantseva V.E., Loginova S.A., Kartseva N.E. Mathematical modeling of corrosion of concrete structures in biologically aggressive environments [Matematicheskoe modelirovanie korrozii betonnykh konstrukcij v biologicheski agressivnykh sredah]. Bulletin of the Cherepovets State University. 2021. No. 3 (102). Pp. 56–67. DOI: 10.23859/1994-0637-2021-3-102-4. (rus)
6. Rybnov D.S., Goglev I.N., Sokolov K.Yu. Patent RF, no. 2020127659, 2021

7. Fedosov S.V., Fedoseev V.N., Loginova S.A., Goglev I.N. Identification of sulfate and chloride corrosion of concrete at the field and laboratory stages of inspection of building structures of buildings and structures [Vyyavlenie sul'fatnoj i hlorldnoj korrozii betona na polevoj i laboratornoj stadiyah obledovaniya stroitel'nyh konstrukcij zdaniy i sooruzhenij]. BST: Byulleten' stroitel'noj tekhniki. 2021. No. 10 (1046). Pp. 29–31. (rus)

8. Sorokanich S.V., Bochkovsky D.Yu., Korzh A.A. Sulfate corrosion of concrete during filtration moisture transfer [Sul'fatnaya korroziya betona pri fil'tracionnom vlagopere nose]. Bulletin of the Lugansk State University. Vladimir Dahl. 2020. No. 12 (42). Pp. 131–134.

9. Stroganov V.F., Sagadeev E.V. Biodeterioration of building materials [Biopovrezhdenie stroitel'nyh materialov]. Construction materials. 2015. No. 5. Pp. 5–9. (rus)

10. Bondarenko V.M., Migal R.E., Yagupov B.A. Reserves and exposition of the constructive safety of buildings operated in an aggressive environment [Rezervy i ekspozitsiya konstruktivnoj bezopasnosti zdaniy, ekspluatiruyushchihsvya v agresivnoj srede]. Construction and Reconstruction. 2014. No. 1 (51). Pp. 3–10. (rus)

11. Etteyeb N., Sanchez M., Dhouibi L., Alonso C., Andrade C., Triki E. Corrosion protection of steel reinforcement by a pre-treatment phosphate solution. Assessment of passivity by electrochemical tech-

niques. Corrosion Engineering Science and Technology. 2006. Vol. 41(4). P. 336–341. DOI: 10.1179/174327806X120775

12. Karpenko N.I., Karpenko S.N., Yarmakovskiy V.N., Erofeev V.T. On modern methods of ensuring the durability of reinforced concrete structures [O sovremennyh metodah obespecheniya dolgovechnosti zhelezobetonnyh konstrukcij]. Academia. Architecture and Construction. 2015. No. 1. Pp. 93–102. (rus)

13. Cao C., Cheung M. Non-uniform rust expansion for chloride-induced pitting corrosion in RC structures. Constr. Build. Mater. 2014. Vol. 51. Pp. 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.10.042>.

14. Lesnaya V.I. Concrete carbonization in building structures [Karbonizatsiya betona v konstrukciyah zdaniy]. Vologdinskie chteniya. 2003. No. 37. Pp. 86–87. (rus)

15. Vasiliev A.A., Shevchenko D.N. Mathematical calculation-experimental model of the initial carbonization of concrete [Matematicheskaya raschetno-eksperimental'naya model' nachal'noj karbonizatsii betona]. Bulletin of the Belarusian State University of Transport: Science and Transport. 2016. No. 2 (33). Pp. 176–179. (rus)

16. Goglev I.N. A new promising method for detecting carbonation reinforced building structures in practice surveys. Smart Composite in Construction. 2021. Vol.2. No.4. Pp. 35–45.

Information about the authors

Goglev, Ilya N. Applicant. E-mail: azidplumbum00@mail.ru. Ivanovo State Polytechnic University. Russia, 153000, Ivanovo, Sheremetevsky pr., 21

Loginova, Svetlana A. PhD. Associate Professor of the Department of Building Structures. E-mail: sl79066171227@yandex.ru. Yaroslavl State Technical University Russia, 150023, Yaroslavl, Moskovsky pr., 88

Received 14.03.2022

Для цитирования:

Гоглев И.Н., Логинова С.А. Новый индикаторный метод определения зон карбонизации в бетонных и железобетонных конструкциях // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 8. С. 00–00. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-8-8-16

For citation:

Goglev I.N., Loginova S.A. New indicator method for determining carbonization zones in concrete and reinforced concrete structures. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2022. No. 8. Pp. 8–16. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-8-8-16