

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КАРБОНИЗАЦИИ БЕТОНОВ ПО ХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Физико-химические процессы на поверхности строительных материалов протекают постоянно. В зависимости от химического и минералогического состава, пористости материала в бетонах происходят соответствующие процессы выщелачивания, переноса, образования и кристаллизации солей. Диоксид углерода, содержащийся в атмосфере, реагируя с водой, образует химически слабую угольную кислоту, вызывающую растворение карбонатов. Вяжущее бетона – цемент, обладая щелочными свойствами, не устойчив к воздействию кислых сред. Карбонизация бетона приводит к снижению щелочности и вызывает коррозию незащищенной стальной арматуры.

Концентрация углекислого газа в атмосферном воздухе существенно влияет на процесс карбонизации бетонов, скорость которого повышается с увеличением содержания углекислого газа и увеличения температуры. Следует отметить, что диффузия углекислого газа во влажном воздухе происходит примерно в 10000 раз быстрее, чем в воде, увлажняющей защитный слой бетона.

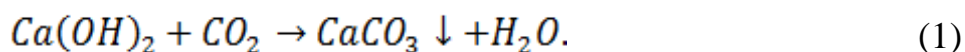
В бетоне, который эксплуатировался в агрессивной атмосфере с содержанием кислых газов, обычно выделяют три основных слоя [1]:

- 1) внешний, нейтрализованный газом, образующим более сильную кислоту, чем угольная;
- 2) средний, карбонизированный;
- 3) внутренний, не подвергшийся действию кислых газов.

После карбонизации защитного слоя бетона на всю его глубину интенсифицируется коррозия стальной арматуры, которая является основной причиной разрушения железобетонных конструкций.

В настоящее время проблемным является вопрос критериев оценки состояния бетона, его защитных свойств по отношению к стальной арматуре. Согласно исследованиям В.И. Бабушкина, бетон теряет свои защитные свойства по отношению к арматуре при  $pH < 11.8$ , но это не означает, что степень карбонизации при таком показателе будет минимальной. Снижение значения  $pH$  в вытяжках бетона не может являться критерием оценки содержания углекислого газа в поровой структуре бетона. Очевидно, что содержание углекислого газа и других кислых газов в поверхностных слоях бетона будет выше, а значение  $pH$  ниже, но какая глубина проникновения углекислого газа вглубь бетона?

Под химическим процессом карбонизации понимают реакцию гидроксида кальция с диоксидом углерода из воздуха с образованием карбоната кальция [2].



В результате образования карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) уменьшается значение рН, что снижает защитные свойства бетона по отношению к арматуре. Однако на снижение величины рН оказывают влияние и другие кислотные оксиды, содержащиеся в атмосферном воздухе. К ним относятся оксиды азота различной валентности, оксиды серы и другие примеси.

Поскольку карбонат кальция является гигроскопичной солью, то при образовании его в порах материала уровень влажности повышается даже при температурах ниже точки росы. Причем, чем тоньше поры, тем интенсивнее конденсация на поверхности пор, нарушающая равновесную влажность строительного материала. Растворимая соль кальция впоследствии вымывается из материала грунтовыми или дождевыми водами, либо проникает в глубь материала. Растворимость соли, также, является важным критерием агрессивного воздействия, обуславливающего ее перенос внутрь материала.

Так, растворимость:

- карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) – 0,0015 г/ на 100 г;
- нитрата кальция ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) – 266 г/ на 100 г воды;
- сульфата кальция ( $\text{CaSO}_4$ ) – 0,24 г/на 100 г;
- хлорида кальция ( $\text{CaCl}_2$ ) – 75 г/ на 100 г воды.

При сравнении растворимости солей кальция очевидно, что растворимость карбоната кальция значительно меньше, чем у других солей. Однако концентрации оксидов азота, серы в атмосферном воздухе многократно меньше [3].

В работе мы предприняли попытку определить зависимость степени карбонизации, содержания ионов кальция и водородного показателя в образцах бетонов некоторых мостовых сооружений и путепроводов Минского района, расположенных на автомагистрали Е28 Минск – Гродно. Из сорока исследуемых мостов для определения степени карбонизации были выбраны образцы бетонов мостовых сооружений с самыми низкими и самыми высокими значениями рН водных вытяжек.

Степень карбонизации бетона характеризуется химически связанным с цементным камнем диоксидом углерода, которая определяется в процентах от массы цемента в соответствии с СТБ 1481-2011. Показатель рН определялся потенциометрическим способом на приборе HANNA рН 211 Microprocessor рН Meter. Содержание кальция определялось по стандартной методике в соответствии с ГОСТ.

Предварительные результаты исследования образцов бетона конструктивных элементов путепроводов и мостовых сооружений показывают, что степень карбонизации, как оценка состояния защитного слоя бетона, зависит как от содержания ионов кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ), так и от водородного показателя (рН). При физико-химическом анализе образцов строительных материалов, специалисты не всегда определяют степень карбонизации, считая достаточным, установление показателя рН водной вытяжки.

Однако нами было установлено, что при низких и высоких значениях рН водных вытяжек из бетонных образцов, степень карбонизации может иметь приблизительно одинаковые значения. При этом значения содержания ионов кальция значительно различаются.

Так, при значении рН = 8,47 содержание ионов кальция составляет 30 мг/л, а при значении рН = 9,36 содержание ионов кальция составляет 96 мг/л.

Результаты исследований приведены в таблицах 1, 2.

Анализ результатов проведенных исследований позволяет сделать вывод о том, что при увеличении степени карбонизации (5,98; 6,36; 7,23; 7,36;) увеличивается значение водородного показателя. Высокое содержание ионов кальция соответствует высоким значениям рН.

Таблица 1 – Результаты исследований образцов элементов моста 24

Название элемента	Степень карбонизации (%)	Содержание ионов $\text{Ca}^{2+}$ (мг/л)	рН
Балка 2	5,98	36	8,26
Насадка	6,36	44	8,39
Стойка	7,23	30	8,47
Балка 1	7,36	24	8,93

Таблица 2 – Результаты исследований образцов бетона моста 26

Название элемента	Степень карбонизации (%)	Содержание ионов $\text{Ca}^{2+}$ (мг/л)	рН
Насадка	7,61	64	10,43
Стойка	7,98	92	9,36

По полученным опытным данным были построены графические зависимости степени карбонизации от химических показателей (рН,  $\text{Ca}^{2+}$ ). Графические зависимости представлены на рисунках 1, 2.

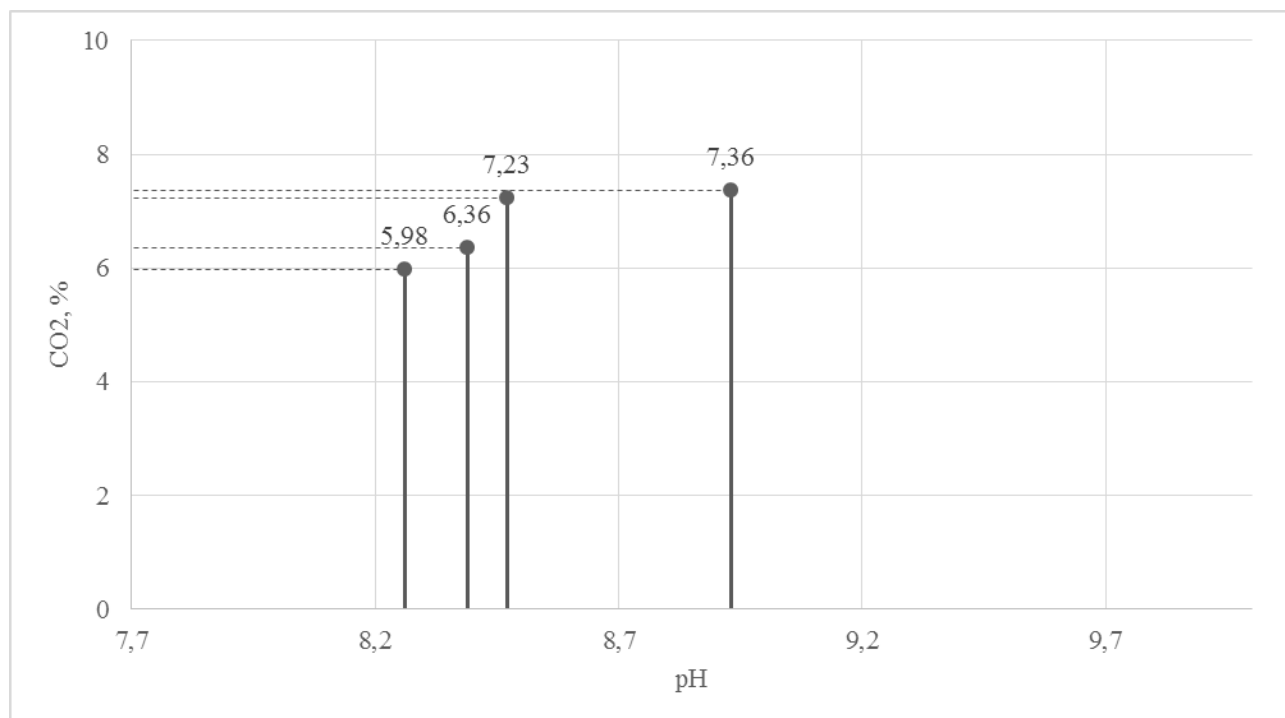
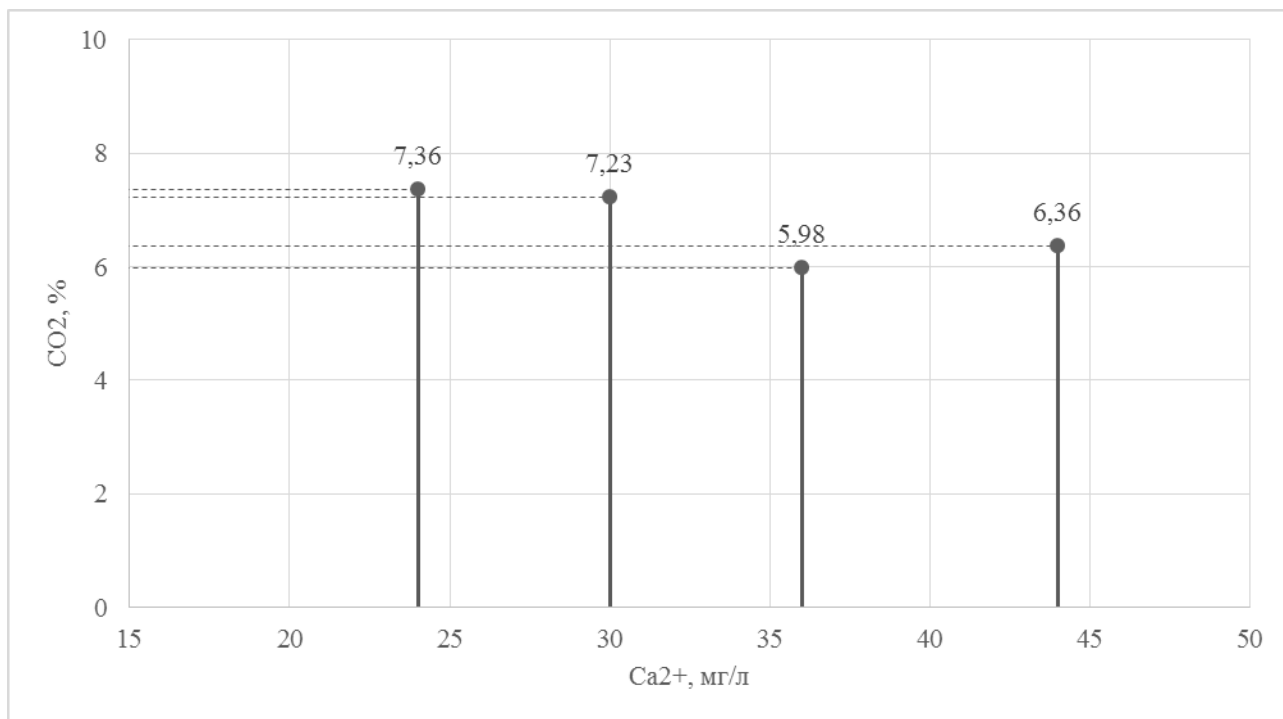


Рисунок 1 – Зависимость степени карбонизации образцов бетона моста 24 от рН водных вытяжек



**Рисунок 2 – Гистограмма зависимости степени карбонизации бетона моста 24 от содержания ионов Ca<sup>2+</sup>**

При оценке процессов карбонизации бетонов, кроме химических показателей, необходимо учитывать условия и сроки эксплуатации сооружения, марку бетонов по водонепроницаемости, наличие дефектов и повреждений.

#### **Список цитированных источников**

1. Москвин, В. М., Иванов, Ф. М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В. М. Москвин, Ф. М. Иванов, С. Н. Алексеев ; под общ. ред. В. М. Москвина. – М. : Строиздат 1980. – 536 с.
2. Фрессель, Ф. Ремонт влажностных и поврежденных солями строительных сооружений / Ф. Фрессель. – М. : Пэйнт-Медиа, 2006 – 320 с.
3. Голдовская, Л. Ф. Химия окружающей среды / Л. Ф. Голдовская. – 3-е изд.- М. : Мир ; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 295 с.

УДК 691.51

**Русак Е. Ю.**

**Научный руководитель: к. т. н., доцент Тур Э. А.**

## **КОМПЛЕКСНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ Г. ПИНСКА**

Для нашей страны глубокое изучение и всестороннее использование памятников наследия имеет особое значение. Изучение, сохранение и реставрация недвижимых объектов историко-культурного наследия являются необходимым условием предупреждения процесса разрушения национального богатства и сохранения духовности нашего народа. Историко-культурной ценностью признаются объекты, обладающие совокупностью двух признаков: культурной значимостью и юридическим признанием в таком качестве посредством включения