

КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ БЕТОНА

К.П. Зубкова, старший преподаватель
К.Ю. Еременко, старший преподаватель
Югорский государственный университет
(Россия, г. Ханты-Мансийск)

DOI:10.24412/2500-1000-2026-5-1-325-331

Аннотация. В статье рассмотрены коррозионные воздействия окружающей среды на бетон и железобетон. Рассмотрены и описаны существующие типы и причины образования коррозии на примере сульфатной и щелочной коррозии, карбонизации, а также влияние последствий циклов замораживания и оттаивания на срок и качество эксплуатации сооружений из бетона и железобетона. Рассмотрены основные механизмы деградации цементного камня, а также влияние на образование данного процесса агрессивных сред. Выполнен обзор дозировок и способов увеличения прочностных характеристик бетона с помощью применения комплексных минеральных добавок микрокремнезёма, золы-уноса, диатомита, наноцеллюлозы, диоксида. Проанализированы результаты исследования влияния добавок на структуру цементного камня, прочность, водонепроницаемость, а также стойкость коррозионных процессов.

Ключевые слова: структура цементного камня; коррозионная стойкость бетона; комплексные минеральные добавки; повышение прочности; добавки; бетон; сульфатная коррозия; щелочная коррозия; карбонизация; диатомит; микрокремнезём; зола-уноса; наноцеллюлоза.

Бетон и железобетон вот уже многие десятилетия служат незыблемой основой строительной индустрии. Возведения зданий и сооружений из бетона и железобетона ввиду своей универсальности и популярности на сегодня достигает более 85%. Ключевым минусом использования этих материалов остаётся ограниченная способность готовых конструкций противостоять агрессии окружающей эксплуатационной среды. Однако в процессе эксплуатации эти материалы вынуждены противостоять целому спектру агрессивных воздействий – от химической атаки сульфатных и кислых вод до газовой коррозии (углекислый газ) и разрушительного влияния повторяющихся циклов чередующегося замораживания и оттаивания. Наличие указанных негативных факторов в окружающей среде сульфатных вод, широкого спектра кислот, углекислого газа и знакопеременных температур формирует актуальную повестку научных исследований, связанных с созданием методов целенаправленного воздействия на основные причины коррозионных разрушений, что в настоящее время является важным направлением для современных исследований. Детальное рассмотрение негативных факторов влияния окружающей среды, является основным при определении проблематики исследования

и понимания факторов образования коррозионного процесса и разрушения в целом [1, 2].

Основополагающий документом для испытания бетона на коррозионную стойкость, является ГОСТ Р 70109-2022 «Защита от коррозии в строительстве. Бетоны. Общие требования к проведению испытаний». Указанный стандарт определяет основные требования к бетонным и железобетонным конструкциям. Кроме того, в данном документе указаны основные методы лабораторных испытаний на коррозионную стойкость бетонов, изготавливаемых из цемента на основе портландцементного клинкера. Данный нормативный документ подробно описывает требования к организационным процессам изготовления, испытания и выдерживания образцов, а также порядок обработки полученных результатов. Использование данного документа, является основополагающим для проектирования конструкций и разработки новых составов произведенных бетонов на предмет стойкости образованию коррозионных процессов.

Цель данной работы обзор существующих исследований, методов испытания и материалов на предмет эффективности применения комплексных минеральных добавок, повышающих коррозионную стойкость бетона.

В рамках поставленной задачи исследования рассмотрены основные типы коррозионного воздействия, а также исследованы механизмы и особенности протекания указанных процессов, и их влияние на последующий жизненный цикл конструкций из бетона и железобетона.

Для более обширного понимания процесса рассмотрим методы и основные показатели испытания конструкций, являющиеся определяющими в процессах коррозионной стойкости (табл. 1).

Таблица 1. Система методов испытания бетонных материалов на коррозионную стойкость

Метод испытания (нормативный документ)	Область и основные показатели использования
ГОСТ Р 56687-2015 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Метод определения сульфатостойкости бетона»	Основной показатель исследования, критические значения деформаций 0,1% в агрессивной среде по сравнению с контрольным. Измерение деформаций следует выполнять через 7, 14, 28 сут. и далее каждый месяц до 6 мес. Полученные данные являются основанием для подбора состава бетона и контроля качества.
ГОСТ 31383-2008 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний»	Испытания на карбонизацию. Лабораторные исследования направлены на испытание конструкции в целом (бетон, арматура, защитное покрытие). Глубина нейтрализованного слоя, диффузионная проницаемость для CO ₂ . Полученные данные являются основанием для оценки защитных свойств бетона по отношению к арматуре.
ГОСТ 10060-2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости»	Потери массы и прочности после заданного числа циклов попеременного замораживания и оттаивания. Полученные данные являются основанием для определения марки по морозостойкости и подбору состава.
ГОСТ 31383-2008 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний» (Испытания на щелочную коррозию)	Исследования на определение коррозионной стойкости бетона в растворах кислот, определение диффузионной проницаемости бетона для углекислого газа, определение диффузионной проницаемости бетона для хлоридов, электрохимические методы определения пассивирующего действия бетона по отношению к стальной арматуре, коррозионные испытания стальной арматуры в бетоне, определение стойкости арматурной стали к коррозионному растрескиванию, определение свойств защитных покрытий на бетоне. Полученные испытания позволяют комплексно оценить коррозионную стойкость бетонных и железобетонных конструкций, прогнозировать их срок службы в агрессивных средах и выбирать оптимальные материалы и защитные меры (например диагностика начальных стадий щелочной реакции).
Ультразвуковая и радиолокационная дефектоскопия, портативные приборы (неразрушающие методы контроля)	Скорость УЗ-волн, положение и размеры внутренних дефектов. Обследование существующих конструкций без отбора образцов.
СЭМ (сканирующая электронная микроскопия), РФА (рентгенофлуоресцентный анализ), ТГА (термогравиметрический анализ), FTIR (фурье-спектроскопия в инфракрасном диапазоне (физико-химические методы)	Микроструктура, фазовый состав, распределение элементов. Исследование механизмов коррозии, оценка эффективности добавок.

Морозостойкость. Определение прочности бетона по морозостойкости, имеет неточности и не всегда позволяет произвести оценку целостности образцов в полном объеме. Обзор данных, представленных в работах [3-5] отражает постепенное ухудшение эксплуатационных качеств, включая изменение механических и деформационных свойств материала, которые на прямую влияют на прочностные характеристики. Кроме того, на ряду с деградацией деформационных характеристик бетона, негативные воздействия на качество прочности оказывают процессы сульфатной коррозии, приводящие к образованию этtringита и гипса. Возникновение данных процессов

приводит к образованию внутренних напряжений и как следствия к растрескиванию [6, 7].

Воздействие циклов попеременного замораживания и оттаивания приводит к накоплению остаточных деформаций, снижению модуля упругости, а при большом числе циклов – к уменьшению прочности [3, 4]. Данные воздействия напрямую оказывают влияние на несущую способность внецентренно сжатых железобетонных элементов, снижение прочностных характеристик в данном случае зависит от процента армирования и гибкости [16, 17].

Сульфатная коррозия – это физико-химический процесс разрушения цементного камня под воздействием сульфатсодержащих сред. Она приводит к постепенной потере прочности конструкций, образованию трещин и снижению эксплуатационных характеристик. Один из наиболее распространенных и опасных видов коррозионного воздействия в результате химического разрушения бетона. Источником образования данного процесса является взаимодействие цементного камня с микроэлементами грунтовых водах. Химические реакции, способствующие данному процессу, это сульфат-ионы (SO_4^{2-}), которые реагируют с гидроксидом кальция, образуя гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), а затем с трёхкальциевым алюминатом (C_3A) образуют этtringит ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$). Указанные процессы образования химических соединений вызывают растягивающие напряжения и образуют растрескивание [7]. Кроме того, деформации в бетоне также зависят от водоцементного отношения и содержания золы-уноса. В зависимости от химического состава окружающей среды, обусловленного количеством химических элементов оксида алюминия Al_2O_3 и железа Fe_2O_3 , коррозия может как замедляться, так и ускоряться [13].

Карбонизация – это химическая реакция, при которой углекислый газ (CO_2) из атмосферы проникает в поры бетона и взаимодействует с его компонентами. Проникновения углекислого газа (CO_2) из атмосферы приводит в нейтрализации портландита. Под действием данных химических реакций происходит уплотнение поверхностного слоя, что приводит к диффузии влаги и как следствию ухудшению сцеплению. Кроме того, снижение pH разрушает пассивную плёнку на арматуре, инициируя её электрохимическую коррозию [14].

Щелочная коррозия – это процесс разрушения структуры бетона, вызванный химическим взаимодействием щелочных компонентов цемента с определёнными минералами, присутствующими в заполнителях. Причины образования, взаимодействие щелочей цемента с активными кремнезёмистыми заполнителями. Иными словами, щелочные гидросиликаты (результат реакции щёлочь-кремнезём) набухают, вызывая растрескивание [15].

Ультразвуковая дефектоскопия. Ультразвуковой метод контроля основан на измерении скорости распространения продольных и поперечных волн в материале. Коррозионные процессы, протекающие в бетоне, приводят к изменению его упругих свойств и плотности, что напрямую коррелирует со снижением скорости УЗ-волн. Чувствительность этого метода к дефектам типа трещин и расслоений, возникающим в результате коррозии, достигает 0,5 мм. Установлена четкая корреляция между изменениями скорости прохождения ультразвуковых импульсов и этапами набора прочности, временными факторами и условиями твердения. Ультразвуковая диагностика достаточно чувствительна к процессам, вызванным коррозионной деструкцией бетона, и позволяет получать достоверные данные, в то время как традиционные показатели – прочность и коэффициент стойкости – не всегда адекватно отражают развитие коррозионных процессов. Таким образом, применение УЗ-диагностики дает возможность повысить достоверность результатов исследований коррозии бетона [19].

Радиолокационная (георадарная) дефектоскопия использует электромагнитные волны. Портативные георадары излучают короткие импульсы в исследуемый материал и регистрируют отраженные сигналы от границ раздела сред с разными диэлектрическими свойствами. Этот метод позволяет не только выявлять внутренние дефекты и пустоты, но и оценивать состояние арматурного каркаса, коррозия которого приводит к существенному изменению параметров отраженного сигнала [19].

Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) позволяет получать изображения поверхности образцов с высоким разрешением (до нескольких нанометров), что дает возможность визуально оценивать морфологию цементного камня, характер его повреждений и изменения структуры под воздействием агрессивных сред. Структура камня при длительном твердении в термовлажностных условиях (моделирующих термическую коррозию) имеет сложный и неоднородный характер. Наряду с тоберморитовым гелем происходит образование хорошо закристаллизованных гидросиликатов кальция различной основности, что позволило объяснить меха-

низмы повышения термической стойкости цементных систем при введении активных минеральных добавок [20].

Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) – это высокоточный, быстрый и неразрушающий метод многоэлементного качественного и количественного анализа, позволяющий определять элементный состав материала с низкими пределами обнаружения. В контексте коррозионной стойкости бетона используется для идентификации агрессивных компонентов (хлоридов, сульфатов) и продуктов коррозии арматуры [21].

Термогравиметрический анализ (ТГА) – метод термического анализа, основанный на непрерывной регистрации изменения массы образца в зависимости от температуры в условиях программированного нагрева. Широко используется для идентификации и количественного определения продуктов гидратации и карбонизации цемента на основе характерного поведения потери массы [20].

Фурье-спектроскопия в инфракрасном диапазоне (FTIR) – метод, основанный на анализе

колебательных спектров молекул, позволяющий идентифицировать функциональные группы и химические соединения, входящие в состав материала. Представляет возможность быстро и качественно анализировать неорганические и органические молекулярные группы, определять фазовый состав цементного камня и выявлять новообразования, возникающие в процессе коррозии [21].

Изучив методы контроля и процессы, влияющие на коррозионную стойкость, следует рассмотреть эффективные направления повышения коррозионной стойкости – это использование комплексных минеральных добавок: микрокремнезёма, золы-уноса, метакаолина, диатомита, наноцеллюлозы и др. [8-10]. Данные добавки, взаимодействуя с продуктами гидратации портландцемента, уплотняют структуру, связывают свободный гидроксид кальция и снижают проницаемость [11, 12, 23-25]. Рассмотрим разнообразие указанных материалов, а также результаты от их воздействия (табл. 2).

Таблица 2. Минеральные добавки для повышения коррозионной стойкости

Наименование добавки	Особенности воздействия
Микрокремнезём (аморфный SiO ₂)	Высокоактивная добавка, снижает водопотребность, ускоряет гидратацию, но требует совмещения с суперпластификаторами. Содержание SiO ₂ до 91,65% обеспечивает интенсивное связывание портландита и уменьшение деформаций в сульфатной среде на 25–30%.
Зола-уноса	Снижает тепловыделение, повышает сульфатостойкость, однако при высоком содержании Al ₂ O ₃ (24,17%) и Fe ₂ O ₃ (6,15%) может способствовать образованию гидросульфатоалюминатов с большим мольным объёмом, что увеличивает деформации. Оптимальное содержание – 20–30% от массы цемента.
Метакаолин	Очень мелкие частицы метакаолина действуют как микрозаполнители, создают барьер на их стенках, существенно снижая капиллярное всасывание. Это затрудняет проникновение агрессивных сульфатионов вглубь бетона. Метакаолин эффективно потребляет Ca(OH) ₂ , замедляет переход монокарбоалюмината в эттрингит. Эффективная дозировка составляет от 5% до 20% от массы цемента.
Диатомит	Кремнистая осадочная порода с развитой поверхностью. Активация диатомита суперпластификатором (1% Штайберг PFM-ISO MA + 4% диатомита) позволяет повысить прочность цементного камня на 23,8% и водонепроницаемость до W12.
Опока	Образует дополнительное количество прочного и устойчивого гидросиликата кальция укрепляя цементный камень. Уменьшает пороговый диаметр пор в затвердевшем цементном камне. Эффективная дозировка составляет от 10% до 30% от массы цемента.
Диатомит и поликарбонатный суперпластификатор	Обеспечивает синергетический эффект. Повышает прочность через 28 суток на 32% (с 47,2 до 62,3 МПа) и морозостойкость до F300.
Наноцеллюлоза	Введение наноцеллюлозы в концентрации 0,84·10 ⁻⁴ % по объёму ускоряет гидратацию в ранние сроки (по данным калориметрии), повышает прочность на сжатие на 11%, на изгиб на 23%, снижает усадку на 26%. Микроармирование и направленная кристаллизация за счёт высокой гидрофильности волокон.
Диопсид и известняк	Оптимальные дозировки: известняк – 1%, диопсид – 7%. Комплексная добавка (66,6% диопсида + 33,3% известняка) в количестве 7% от массы цемента обеспечила прирост прочности до 34% по сравнению с бездобавочным составом (86,8 МПа против 62,7 МПа через 28 суток). Диопсид имеет высокий модуль упругости и твердость (7 по Моосу), что способствует перераспределению напряжений и микроармированию.

Рассмотрев разнообразие существующих минеральных добавок, в том числе и комплексных можно сделать следующие выводы

о влиянии их на прочность и плотность. Введение микрокремнезёма (10-15%) совместно с суперпластификатором позволяет снизить

В/Ц до 0,26-0,28 и повысить прочность через 28 суток до 80-90 МПа (класс В60-В70). Добавка золы-уноса в количестве 30% приводит к замедленному набору прочности в ранние сроки, но к 90 суткам прочность превышает контрольную на 12-15% [13].

Комплексная добавка «диатомит (4%) + суперпластификатор Штайберг (1%)» повысила прочность на сжатие на 32% по сравнению с контролем (с 47,2 до 62,3 МПа), а водонепроницаемость – с W4 до W12. Аналогичный эффект получен для наноцеллюлозы, прочность при изгибе возросла на 23% (с 5,6 до 6,9 МПа), а модуль упругости – на 7,1% [18].

Воздействия минеральных добавок на деформации бетона в сульфатной среде. Для составов с 40% золы-уноса относительная деформация на 28 сутки достигала 0,035-0,045%, что в 1,5-2 раза выше, чем для составов с 20%.

Микрокремнезём, напротив, связывая Са(ОН)₂, подавляет образование этtringита. При дозировке 10% деформации снижаются на 25-30% по сравнению с бездобавочным составом [13].

Воздействия минеральных добавок на карбонизацию и структурные изменения. После выдерживания образцов в среде СО₂ под давлением 0,3 МПа глубина карбонизации за 35 суток составила 8-12 мм. В карбонизированной зоне полностью исчезают субмикросталлы гидросиликатов кальция, формируется рыхлая комковатая структура. Это объясняет плохое сцепление ремонтных составов с карбонизированным бетоном. Для решения данной проблемы предлагается способ форсированного разогрева ремонтной смеси, создающий температурный градиент и усиливающий диффузию цементного молока в капилляры старого бетона [14, 15].

Рассмотрев вышеуказанный обзор микроструктурного анализа и механизмов повышения стойкости, можно сказать, что добавки выполняют роль центров кристаллизации и микроармирующих элементов. Комплексные минеральные добавки позволяют производить контроль процессов коррозионного воздействия и влиять на конкретные показатели, тем самым увеличивая продолжительность срока эксплуатации зданий и сооружений (табл. 3).

Таблица 3. Повышение стойкости коррозионных процессов

Способ воздействия	Показатель, повышающий прочность
Микрокремнезём, зола, диатомит	Снижение капиллярной пористости
Пуццолановая реакция	Связывания портландита
Известняк, диатомит	Блокирования пор гидроалюминатами и гидрокарбоалюминатами
Добавки на основе этtringита	Создания напряжённого состояния, компенсирующего усадку
Ганоцеллюлоза, диоксид	Микроармирование

Библиографический список

1. Krishan A.L., Chernyshova E.P., Likhidko M.A., Zakieva L.R. Mechanical Properties of Compressed Concrete with Confinement Mesh Reinforcement // Construction of Unique Buildings and Structures. – 2020. – Vol. 91, Article 9003.
2. Самченко С.В., Воронин В.В., Ларсен О.А., Наруть В.В. Самоуплотняющийся бетон с компенсированной усадкой с использованием материалов из бетонного лома // Известия вузов. Строительство. – 2021. – № 2. – С. 71-78.
3. Королев Е.В., Гришина А.Н., Михеев А.В., Гладких В.А. Влажностные деформации бетона, подверженного щелочной коррозии. Модель процесса // Вестник гражданских инженеров. – 2020. – № 4 (81). – С. 134-143.
4. Попов В.М., Плюснин М.Г., Белов В.В., Хегай О.Н. Влияние армирования изгибаемых железобетонных элементов на их несущую способность в условиях переменного замораживания и оттаивания // Вестник гражданских инженеров. – 2023. – Т. 20, № 4. – С. 32-39.
5. Ковалева А.Ю., Ступак М.В., Сидорова А.С. Влияние воздействий окружающей среды на свойства твердеющего высокопрочного бетона // Вестник гражданских инженеров. – 2021. – Т. 18, № 2. – С. 120-127.

6. Молодин В.В., Нижегородова А.И., Ануфриева А.Е. Влияние карбонизации на структуру цементного камня и восстановление железобетонных конструкций // Приволжский научный журнал. – 2024. – № 4. – С. 131-136.

7. Лам Танг Ван, Нго Суан Хунг, Зиен Ву Ким, Булгаков Б.И. Влияние комплексной органоминеральной добавки на деформацию гидротехнических бетонов // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2019. – № 4 (79). – С. 7-19.

8. Ильина Л.В., Бердов Г.И., Гичко Н.О. Влияние комплексных дисперсных минеральных добавок на прочность цементного камня // Известия вузов. Строительство. – 2017. – № 1. – С. 38-44.

9. Демьяненко О.В., Куликова А.А., Копаница Н.О., Петров А.Г. Влияние комплексных модифицирующих добавок на эксплуатационные свойства тяжелого бетона // Известия вузов. Строительство. – 2021. – № 5 (749). – С. 23-32.

10. Соловьёв В.Г., Шувалова Е.А., Шаламов В.В. Влияние минерального волокна на стойкость тяжелого бетона к статическим и циклическим нагрузкам // Известия вузов. Строительство. – 2020. – № 1 (733). – С. 78-86.

11. Хирхасова В.И. Влияние наноцеллюлозы на процесс гидратации портландцемента и свойства бетона // Вестник гражданских инженеров. – 2020. – Т. 17, № 5. – С. 155-160.

12. Тараканов О.В., Ильина Л.В., Гичко Н.О. Влияние отрицательных температур на микроструктуру, кинетику твердения и прочность цементных материалов // Региональная архитектура и строительство. – 2024. – № 4. – С. 63-70.

13. Котова К.С. Влияние характеристик макропористой структуры пенобетона на параметры его сцепления с арматурой // Вестник инженерной школы ДВФУ. – 2019. – № 4 (41). – С. 146-156.

14. Плюсин М.Г. Влияние циклов замораживания и оттаивания на несущую способность внецентренно сжатых элементов железобетонных конструкций // Вестник гражданских инженеров. – 2022. – Т. 19, № 2. – С. 30-35.

15. Саденко Д.С., Гарькин И.Н. Внутренние дефекты в бетонных конструкциях: диагностика и методика устранения // Региональная архитектура и строительство. – 2020. – № 4 (45). – С. 105-109.

16. Duan A., Jin W.L., Qian J.W. Effect of freeze-thaw cycles on the stress-strain curves of unconfined and confined concrete // Materials and Structures. – 2011. – Vol. 44 (7). – P. 1309-1324.

17. Meng W., Khayat K.H. Effect of graphite nanoplatelets and carbon nanofibers on rheology, hydration, shrinkage, mechanical properties, and microstructure of UHPC // Cement and Concrete Research. – 2018. – Vol. 105. – P. 64-71.

18. Бутт Ю.М., Рашкович Л.Н. Твердение вяжущих при повышенных температурах. – М.: Стройиздат, 1965. – 223 с.

19. Тольпина, Н.М. Ультразвуковая диагностика деструкции бетона под воздействием агрессивных сред / Н.М. Тольпина, Д.Ю. Данилов // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2024. – Т. 21, № 4(98). – С. 628-638.

20. Тольпина, Н.М. Термическая стойкость цементных систем с активными минеральными добавками / Н.М. Тольпина, Ш.М. Рахимбаев, Д. Ю. Чашин // Вестник МГСУ. – 2025. – Т. 20, № 2. – С. 291-305.

21. Экспериментальные исследования количественного состава продуктов коррозии на поверхности железобетонных конструкций / К.И. Фомиченко, Г.В. Волчанин, А.А. Кузнецов, А.Ю. Кузьменко // Омский научный вестник. – 2024. – № 3(191). – С. 150-156.

22. Тольпина, Н.М. Термическая стойкость цементных систем с активными минеральными добавками / Н.М. Тольпина, Ш.М. Рахимбаев, Д.Ю. Чашин // Вестник МГСУ. – 2025. – Т. 20, № 2. – С. 291-305.

23. Оценка влияния кварцевых отходов на физико-механические свойства цементного камня / А.Ф. Косач, И.Н. Кузнецова, Р.Б. Курбанова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2020. – № 10(742). – С. 17-26.

24. Зубкова, К.П. Самовостанавливающейся бетон конструкций топливно-энергетического комплекса / К.П. Зубкова // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: Материалы Национальной научно-практической конференции, Тюмень, 18-19 декабря 2025 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2025. – С. 132-135.

25. Цементный камень на кварцезолоцементном вяжущем / А.Ф. Косач, И.Н. Кузнецова, М.А. Рашупкина, Г.А. Педун // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. – 2022. – Т. 14, № 2. – С. 83-88. – DOI 10.15828/2075-8545-2022-14-2-83-88.

CORROSION RESISTANCE OF CONCRETE

X.P. Zubkova, *Senior Lecturer*

K.Yu. Eremenko, *Senior Lecturer*

Yugra State University

(Russia, Khanty-Mansiysk)

***Abstract.** The article discusses the corrosive effects of the environment on concrete. The existing types and causes of corrosion formation are studied and described using the example of sulfate and alkali corrosion, carbonation, as well as the effects of freezing and thawing cycles on the service life and quality of structures and concrete. The main mechanisms of cement stone degradation, as well as the influence of aggressive media on the formation of this process, are considered. A review of dosages and methods for increasing the strength characteristics of concrete using complex mineral additives of silica, fly ash, diatomite, nanocellulose, and diopside is performed. The results of the study of the effect of additives on the structure of cement stone, strength, water resistance, as well as the effect of additives on corrosion resistance are studied.*

***Keywords:** cement stone structure; concrete corrosion resistance; complex mineral additives; strength enhancement; additives; concrete; sulfate corrosion; alkaline corrosion; carbonation; diatomite; microsilicon; fly ash; nanocellulose.*