

ВЛИЯНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ, СОДЕРЖАЩЕЙ СУЛЬФАТ- И ХЛОРИД-ИОНЫ, НА ЦЕМЕНТНЫЕ БЕТОНЫ

В результате техногенеза во всех природных компонентах происходит увеличение концентраций загрязняющих веществ. В атмосферу ежегодно выбрасывается более 200 млн тонн оксидов двух и четырехвалентного углерода (CO и CO_2), почти 146 млн тонн оксидов двух и трех валентной серы (SO_2 и SO_3), примерно 53 млн тонн оксидов азота. Атмосферные осадки, содержащие соединения азота и серы способствуют нарушению естественных химических и биологических процессов в почвах и водных объектах, оказывают разрушающее воздействие на хозяйственные (строительные) объекты. Нормативное содержание CO_2 в атмосферном воздухе составляет 0,03–0,04 %. Повышение содержания углекислого газа во влажном воздухе способствует процессам карбонизации в поровом пространстве бетонов.

Значительная часть строительных конструкций эксплуатируется при воздействии агрессивных сред с высокой влажностью, а гидротехнические сооружения функционируют в жидкой агрессивной среде. Проблема коррозионных повреждений бетонных и железобетонных конструкций под воздействием жидких агрессивных сред имеет особую актуальность, так как состояние и эксплуатационные характеристики таких конструкций инициируют не только технические и экономические проблемы, но также оказывают негативное влияние на окружающую среду и безопасность человека. При эксплуатации инженерных сооружений, постоянно подвергающихся воздействию агрессивной водной среды, атмосферных осадков, действию механических сил, необходимо учитывать то, что до механического разрушения материал может быть поврежден в результате внутренних физико-химических процессов, таких как коррозия бетона и арматуры, дегидратация, перекристаллизация, образование новых солей в поровом пространстве материала, и других [1].

Нормативное значение рН для водных объектов находится в пределах от 6,5 до 8,5. Отклонения значения рН в природной воде от установленной нормы вызывают загрязнения воздуха кислотными примесями, которые с атмосферными осадками попадают в водоем. Изменения рН могут вызывать недостаточно очищенные и неочищенные сточные воды промышленных предприятий, создавая агрессивную среду по отношению к гидротехническим и мостовым сооружениям.

Качество природной воды в значительной степени зависит от содержания в ней растворенных солей минерального происхождения. Основное солесодержание обусловлено соединениями кальция и магния, которые характеризуют жесткость воды. Содержание анионов хлора, сульфат анионов, карбонатов и гидрокарбонатов, катионов железа и других ионов обуславливают минерализа-

цию природных водных объектов. Для каждого из ионов соли установлено нормативное значение ПДК [2].

Таблица 1 – Основные показатели предельно допустимых концентраций компонентов, создающих минерализацию воды

Катионы и анионы солей	ПДК (предельно-допустимая концентрация)
Кальций Ca^{2+}	200 мг/л
Магний Mg^{2+}	100 мг/л
Сульфат SO^{2-}	500 мг/л
Хлорид Cl^-	350 мг/л
Железо общее (Fe^{2+} Fe^{3+})	0,3 мг/л

Известно, что естественное содержание сульфатов в поверхностных и грунтовых водах обусловлено выветриванием пород и биохимическими процессами, происходящими в водоносных слоях. Предельное содержание сульфат-ионов в воде источников централизованного водоснабжения не должно превышать 500 мг/л, но, как правило, в речной воде концентрация сульфатов составляет 100–150 мг/л. Повышенная концентрация сульфатов может свидетельствовать о загрязнении водного объекта производственными сточными водами.

Хлориды являются составной частью большинства природных вод. Однако в воде рек концентрация хлоридов невелика – обычно она не превышает 10–30 мг/л, поэтому повышенное количество хлорид-ионов указывает на загрязнение водного объекта сточными водами. В соответствии с нормативами качества воды природных водных объектов концентрация хлоридов не должна превышать 350 мг/л. При некоторых соотношениях сульфатов и хлоридов вода становится агрессивной по отношению к различным типам бетона [3].

В результате длительной эксплуатации инженерных сооружений, контактирующих с агрессивной по отношению к цементному камню средой, необходимо учитывать скорость диффузии и скорость химических реакций с продуктами гидратации минералов цемента, а также учитывать свойство гигроскопичности солей нитратов, сульфатов и хлоридов, притягивающих воду и влагу из атмосферы. Это значит, что с увеличением содержания солей в материале увеличивается и содержание воды и растворенных в ней кислотных оксидов, снижающих значение рН в вытяжках бетона.

В работе исследовались водные вытяжки из образцов бетона взятых в местах дефектов деталей строительных сооружений. По количественному содержанию химических веществ в водных вытяжках образцов бетона, таких как ионы хлора, рН, ионы кальция, карбонизация, оценивался уровень воздействия внешних агрессивных факторов на инженерные сооружения.

Содержание хлорид-ионов в вытяжках этих элементов, преимущественно, меньше, чем в образцах элементов, расположенных в горизонтальной плоскости, т. е. в плитах перекрытий, насадках и балках.

Полное содержание хлоридов является суммой свободных хлорид-ионов в поровом растворе и связанных хлоридов на поверхности гидратов, поэтому в общем случае содержание хлоридов зависит от пористости и вида вяжущего.

Учитывая высокую водонепроницаемость бетонов и низкую пористость, содержание хлоридов на поверхности гидратов пор в работе не определялось.

Для определения зависимости содержания хлоридов необходимо оценивать расположение каждого отдельного элемента конструкции моста и учитывать влияние процессов карбонизации бетонов.

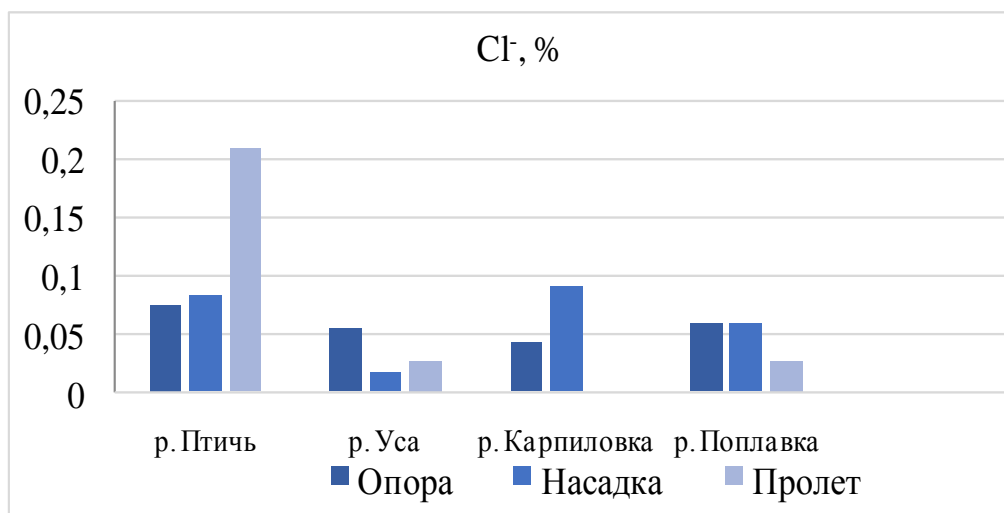


Рисунок 1 – Содержание ионов хлора (%) в водных вытяжках конструкций мостовых сооружений

Известно, что основной причиной разрушения бетонных конструкций, подвергающихся действию различных агрессивных сред, является коррозия цементной матрицы бетона. Наибольшее разрушающее действие на цементную матрицу бетона оказывает сульфатная коррозия, вызванная действием сульфатов различной природы и концентрации. Данный вид коррозии включает процессы, при развитии которых происходят образование и накопление кристаллов двуводного гипса и трехсульфатной формы гидросульфатоалюмината кальция. Кристаллизация малорастворимых продуктов реакции цементной составляющей бетона с сульфатной средой приводит к разрушению цементной матрицы, а значит и бетонной конструкции, за счет значительного увеличения объема твердой фазы [4].

Ранее, в лабораторных условиях проводились испытания бетонных образцов размерами $5 \times 5 \times 5$, приготовленных на основе напрягающего цемента состава: портландцемент марки М500 Д0 (75 %), метакалин (13 %), гипс (12 %), вода (33,5 %). Данная методика предназначена для ускоренного определения коррозионной стойкости бетона в средах, характеризующихся сульфатной агрессивностью с концентрацией сульфат-ионов не более 2000 мг/л. Метод основан на сравнении скорости поглощения агрессивных ионов (SO_4^{2-}) испытуемым бетоном и особо плотным бетоном повышенной сульфатостойкости приготовленным из портландцемента по ТУ 21-21-10-80. Испытания образцов проводились в сроки, соответствующие 1, 3, 6 неделям. По окончании испытаний нами строилась кривая поглощения бетоном сульфатных ионов во времени и сравнивалась с эталонной кривой (рисунок 2).

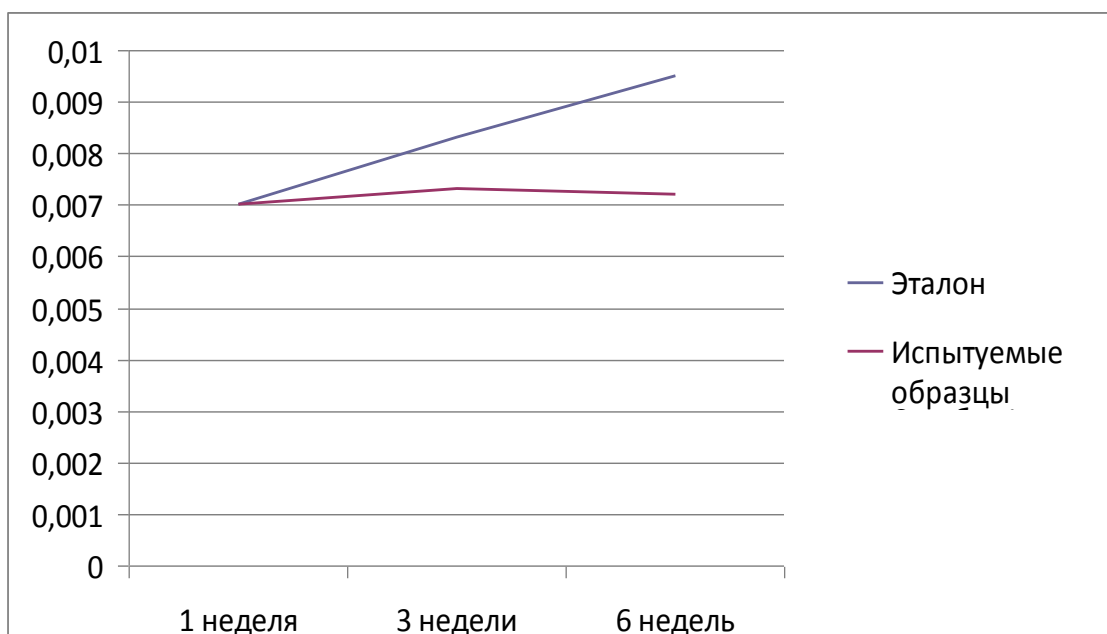


Рисунок 2 – Зависимость относительного количества сульфат-ионов в перерасчете на SO_3 , поглощенного бетоном, в граммах, от времени

Исследования содержания сульфатов и хлоридов в образцах бетонов мостовых сооружений позволяет оценить состояние бетона в местах дефектов и, тем самым, предупреждать коррозионные процессы арматуры, являющиеся основной причиной разрушения строительных конструкций и сооружений. Использование сульфатостойких бетонов в условиях переменного уровня воды, а также сооружений, которые подвергаются агрессивному воздействию сульфатных вод при одновременном многократном изменении температуры или многократном увлажнении и высыхании позволяет продлить срок эксплуатации инженерных сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фрессель, Ф. Ремонт влажностных и поврежденных солями строительных сооружений / Ф. Фрессель. – М. : ООО «Пэйнт-Медиа», 2006. – 320 с.
2. Линник, Л. И. Химия воды и микробиология: конспект лекций для студентов специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»; специализация 1-70 04 03 02 «Техническая эксплуатация и реконструкция систем водоснабжения и водоотведения» / Л. И. Линник. – Новополоцк : ПГУ, 2015. – 228 с.
3. Павлова, И. П. Влияние воздействия внешней воздушной среды на процессы карбонизации бетона дымовых труб / И. П. Павлова, Н. В. Левчук, В. С. Андреюк // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2020. – № 1: Строительство и архитектура. – С. 70–77.
4. Москвин, В. М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В. М. Москвин [и др.]. – М. : Стройиздат, 1980. – 536 с.