

возможность надежно привязать открытые археологические объекты к имеющимся сегодня топоосновам, получить координаты, в том числе и географические, что в перспективе позволяет найти объект, и либо привязаться к нему для продолжения исследований при помощи любого оборудования, даже обычного смартфона, поддерживающего навигационные системы GPS, ГЛОНАСС и другие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Башков, А. А. Отчет за 2005 год об археологических исследованиях в д. Волчин Каменецкого района Брестской области / А. А. Башков // ЦНА НАН Беларуси. ФАНД. Воп. 1. – Арх. № 2319.

2. Башков, А. А. Отчет об археологических исследованиях на объекте «Восстановление бывшей усадьбы рода Достоевских в д. Достоево Ивановского р-на» в 2012 г. / А. А. Башков // ЦНА НАН Беларуси. ФАНД. Воп. 1. – Арх. № 2971.

3. Башков, А. А. Отчет об археологических исследованиях на объекте «Восстановление бывшей усадьбы рода Достоевских в д. Достоево Ивановского р-на» в 2013 г. / А. А. Башков // ЦНА НАН Беларуси. ФАНД. Воп. 1. – Арх. № 3096.

4. Бурак, А. И. Имение Достоевских / А. И Бурак // Чырвоная звызда. – 2011. – 21 кастрычніка. – № 82. – С. 3.

5. Несцярчук, Л. М. Замкі, палацы, паркі Берасцейшчыны Х–ХХ стагоддзяў (гісторыя, стан, перспектывы) / Л. М. Несцярчук. – Мінск : БЕЛТА, 2002. – С. 136–137.

6. Свод памятников истории и культуры Белоруссии. Брестская область : Академия наук БССР, Институт искусствоведения, этнографии и фольклора. Белорусская Советская Энциклопедия ; редкол.: С. В. Марцелев (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Белорусская советская энциклопедия имени Петруся Бровк, 1990. – 417 с.

УДК 691. 544

Н. С. СТУПЕНЬ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ВЛИЯНИЕ АГРЕССИВНЫХ СРЕД НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

В условиях роста промышленного и жилищного строительства постоянно растет потребность в получении строительных материалов, отвечающих современным требованиям. Поэтому бетоны практически всех составов разрабатываются и производятся с химическими или минерально-химическими добавками. Современные добавки позволяют существенно повысить качество бетона, уменьшить сроки схватывания, сэкономить материальные и энергетические ресурсы предприятий. Но при этом, зачастую, теряется долговечность железобетонных конструкций. Это связано, прежде всего, с коррозионными процессами, которые идут в цементном камне и стальной арматуре. Сооружения на основе таких бетонов и железобетонных уже через 10–15 лет нуждаются в реставрации. Так, большинство путепроводов и мостов городов, дорожные покрытия разру-

шаются от применения противогололедных реагентов, из-за выделения в атмосферу оксидов азота, сернистого и других газов, выбрасываемых двигателями автотранспорта, промышленными предприятиями, от размораживания бетона. Ежегодные аварийные обрушения коммунальных тоннелей, особенно коллекторов сточных вод, происходят, в первую очередь, в результате газовой коррозии металлических и железобетонных элементов.

Весьма часто наблюдаются разрушения строительных конструкций, соприкасающихся с грунтами, насыщенными или периодически увлажняемыми минерализованными водами. Коррозионные процессы в твердой и газообразной средах фактически начинаются и протекают только в присутствии жидкой фазы. Для бетонных и железобетонных конструкций это природные и промышленные растворы, содержащие различное количество растворенных веществ (кислот, солей, щелочей) или некоторые органические жидкости.

Атмосферные воды, выпадающие в виде осадков, содержат обычно ничтожное количество солей: хлорид-ионов, как правило, в пределах 1,5–4 мг/л, а сульфатов в расчете на SO_3 – от 1 до 16 мг/л. Количество SO_3 может быть значительно больше в районе городов, где воздух загрязняется дымовыми газами. Кроме того, атмосферные воды содержат некоторое количество растворенного CO_2 , снижающего рН в результате образования в воде угольной кислоты до 5,7.

Одним из основных факторов, определяющим скорость и степень коррозионных процессов строительных сооружений, является химический состав грунтовых вод.

Химический состав грунтовых вод зависит от многих факторов, и в том числе от состава пород и характера почв, с которыми соприкасается вода, состава питающих вод (атмосферных, речных, морских и т. д.), близости вод к поверхности и климатических условий данного района. В гидрогеологических исследованиях предложено несколько вариантов классификации состава подземных вод в зависимости от степени их минерализации. По предложениям К. Е. Питьевой [1] подземные воды можно разделить на четыре группы с различной степенью минерализации. Первая группа – пресные воды со степенью минерализации < 1 г/л. Это преимущественно гидрокарбонатные кальциево-магниевые воды. Вторая группа – слабоминерализованные воды со степенью минерализации 1–10 г/л. Подземные воды этой группы включают гидрокарбонатный, сульфатный и хлоридный типы по анионам и кальциевый, магниевый и натриевый тип по катионам. В третью группу входят минерализованные воды со степенью минерализации 10–30 г/л. Эти воды хлоридного типа по анионам и натриевого типа по катионам. Четвертая группа включает воды со степенью минерализации более 30 г/л, они относятся к хлоридному типу по анионам и к натриевому, кальциевому, магниевому по катионам.

Оценить степень агрессивности вод можно только с учетом всего комплекса показателей, включающих химический состав грунтовых вод, назначение сооружений, особенности их конструкций, срок службы, применяемый цемент и требования, предъявляемые к бетону.

Действия агрессивной воды надо заранее учитывать и не допускать возникновения этих разрушительных по своим результатам процессов.

По воздействию на бетон среды делят на три типа: неагрессивная, слабоагрессивная, среднеагрессивная.

Неагрессивной считается среда, которая не вызывает снижения прочности материала и не способствует появлению внешней коррозии.

Слабоагрессивная среда вызывает снижение прочности материала не более чем на 5 % и слабое поверхностное разрушение материала.

Среднеагрессивной считается среда, снижающая прочность бетона в зоне коррозии на 5–20 % и вызывающая повреждение углов или образование волосящих трещин. Сильноагрессивная среда вызывает снижение прочности материала более чем на 20 % с ярко выраженным разрушением материала.

Основным типом грунтовых вод на большей части территории стран СНГ и Беларуси, в том числе, является сульфатно-гидрокарбонатная вода, которая содержит катионы Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} а также анион Cl^- .

Наиболее часто коррозионные повреждения арматуры возникают в результате действия хлорид-ионов, обладающих способностью разрушать пассивирующие пленки на поверхности стали. В результате этого образуются гальванические пары. Коррозионные поражения анодных участков приводят к возникновению «язв» на поверхности стальной арматуры.

При попадании в бетон хлорид ионов, коррозия стальной арматуры наступает в результате двух, идущих параллельно, процессов:

- коррозии цементного камня и карбонизации защитного слоя;
- хлоридной коррозии арматуры.

Таким образом, для оценки агрессивности грунтовых вод по отношению к железобетонным конструкциям необходимо рассматривать совместное влияние катионов и анионов данной среды на устойчивость цементного клинкера и стальной арматуры к процессам коррозии.

Контроль содержания хлорид-ионов в цементном клинкере, а также их влияние на интенсивность процессов коррозии цемента и стальной арматуры можно проводить доступными аналитическими методами. Количественное определение сульфат-ионов можно проводить гравиметрическим методом, используя в качестве осадителя горячий раствор 5%-ного раствора хлорида бария в присутствии 2–3 мл 2н соляной кислоты.

Известно, что при соотношении сульфат- и хлорид-ионов 1:2 в бетоне даже замедляется сульфатная коррозия. Поэтому, определив содержание хлорид- и сульфат-ионов в затвердевшем цементном клинкере, в качестве рекомендации в технологической схеме можно учитывать химический состав добавки-ускорителя, подбирая необходимые концентрации сульфат- и хлорид ионов [2].

Для надежной защиты арматуры в бетоне необходимо, чтобы щелочность среды бетона была не ниже $\text{pH} = 11,8$. При меньших значениях pH возможна коррозия арматуры в бетоне. Сталь в щелочной среде пассивна. Наступление пассивности характеризуется резким облагораживанием электродного потенциала металла. Так железо в активном состоянии имеет потенциал $-0,40$ В, а в пассивном его потенциал поднимается до $+1$ В. Пассивность обеспечивается покрытием оксидных пленок: Fe_2O_3 или Fe_3O_4 .

В твердеющей бетонной смеси смещение потенциала стали в положительную сторону, происходит не сразу. Значение потенциала стали, зависит от влажности и от проницаемости бетона для кислорода. Начальное значение рН в бетонной смеси велико. Со временем оно изменяется, вследствие химизма процессов твердения. Поэтому важен нижний диапазон значений рН, при котором коррозия стали не идет – 11,5–11,8. По некоторым источникам рН = 12. Опытным путем установили, что диапазон потенциалов стали в бетоне при рН = 12–12,5 находится в области пассивности и коррозионные процессы не идут [3].

Понижение рН среды в бетоне наблюдается при уменьшении концентрации Са (ОН)₂ вследствие выщелачивания его проточной водой или в случае использования активных минеральных добавок. Вместе с тем в поверхностных слоях бетона может наблюдаться снижение щелочности вследствие нейтрализации гидроксида кальция кислотными жидкостями и газами (карбонизация). Активные минеральные добавки в составе портландцемента связывают гидроксид кальция, и концентрация извести в среде может снизиться настолько, что произойдет растворение гидроалюмината кальция. гидроалюминат в этом случае будет образовываться в присутствии сульфат-ионов в жидкой фазе, и его кристаллизация не вызовет разрушающих напряжений в цементном камне. Это может даже в какой-то степени способствовать уплотнению цементного камня.

Таким образом, долговечность бетонных и железобетонных конструкций определяется условиями внешней среды, т. е. климатом местности, составом воздуха, воды и грунта, а также особенностями контакта между внешней средой и наружными поверхностями конструкции.

Один из основных путей повышения долговечности бетонных конструкций при воздействии различных агрессивных сред – создание плотного бетона. Высокопрочные бетоны, имеющие, как правило, достаточно однородную структуру и повышенную плотность, более устойчивы при работе в таких условиях.

При этом очень важно обеспечить получение эффективного защитного слоя (в конструкциях, предназначенных для работы в агрессивных условиях, толщина защитного слоя должна быть не менее 20-ти мм) и повышение трещиностойкости железобетонных конструкций. Одним из радикальных средств защиты конструкций от воздействия агрессивных сред является применение различного вида покрытий [2]. Покрытия, нанесенные после распалубки на поверхность конструкции, способствуют нормальному процессу твердения бетона и в значительной степени предупреждают появление и развитие усадочных трещин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Питьева, К. Е. Гидрохимия / К. Е. Питьева. – М. : Наука, 1971. – 336 с.
2. Ступень, Н. С. Исследование процессов коррозии в железобетонных композициях аналитическими методами / сб. матер. Всероссийской научной интернет-конф. с международным участием «Химическая наука: современные достижения и историческая перспектива», Казань, 31 марта 2015 г. – С. 118–122.
3. Москвин, В. М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В. М. Москвин [и др.]. – М. : Стройиздат, 1980. – 536 с.
4. Бетон. Часть 1: Общие технические требования, производство и контроль качества : EN 206-1. – Введ. 12.05.2000. – CEN/TC 104 (секретариат при DIN). – 103 с.