

**Таблица 3.** Количество мигрировавшего металла за 10 циклов (расход фильтрационных вод - 185 г/г сухого вещества)

Величина	Хром	Цинк	Железо
Количество, мигрировавшего металла, - мг/кг сухого вещества	13,13	32,33	95,67
- % от валового	94,1	36,8	15,4

Из табл. 2 и 3 видно, что наибольшая миграционная способность наблюдается у хрома. При этом при подсушке до 90 % влажности мигрирует около 70 % от массы легкоподвижной фракции хрома. Однако, наиболее опасная ситуация складывается в случае миграции цинка, поскольку при подсушке до влажности 90 и 70 % происходит полное вымывание легкоподвижной фракции и соответственно 2 и 13 % от массы трудноподвижной фракции. Наименьшая миграционная способность наблюдается для железа. Максимальное значение наблюдается в случае подсушки ИАИ до 50 % и составляет 22 % легкоподвижной фракции.

Анализируя полученные экспериментальные данные, важно отметить, что многократное увлажнение и подсушка ИАИ приводит к увеличению количества мигрирующего хрома и цинка, и уменьшению количества мигрирующего железа. Расход фильтрата при изучении миграции в случае многократного увлажнения и подсушки ИАИ составил 185 г/г сухого вещества, а при постоянном промывании ИАИ – около 200 г/г сухого вещества.

Таким образом, в результате исследований установлены закономерности вымывания хрома, цинка и железа из избыточного активного ила в диапазоне pH 4,0 ÷ 9,0. Удельные показатели миграции составили: по хрому 1,6-2,5 мг/кг, по железу 182-712 мг/кг, по цинку 10-28 мг/кг сухого вещества осадка.

Миграционная способность исследуемых тяжелых металлов зависимости от pH среды изменялась в следующем ряду:

**Хром:** кислая > нейтральная > щелочная.

**Цинк:** щелочная > кислая > нейтральная.

**Железо:** нейтральная > кислая > щелочная.

Многократное увлажнение и подсушка избыточного активного ила приводит к увеличению количества мигрирующего

УДК 624.191.814

*Дубяго Д.С.*

## ОБРАЗОВАНИЕ БЕТОНОПОЛИМЕРА В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО БЕТОНА

В настоящее время основным материалом для ремонта и восстановления бетонных и железобетонных конструктивных элементов гидротехнических сооружений на мелиоративных и водохозяйственных системах является гидротехнический бетон. Он представляет собой капиллярно - пористую систему, которая потенциально обладает некоторым количеством связанных и не связанных с поверхностью бетона пор и капилляров. Количество и общий объем таковых с течением времени уменьшаются из-за постоянно протекающих, при обеспечении соответствующих условий, процессов гидратации цемента с параллельным заполнением объема пор и ка-

пилляров новообразованиями. При нанесении на поверхность гидротехнического бетона растворов на основе полимерной композиции, обладающих относительно низкой вязкостью, происходит проникновение этих веществ в поверхностные слои. Под влиянием физико-механических процессов в поверхностных слоях бетона происходит реакция полимеризации с образованием нового искусственного каменного материала - бетонополимера.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шарафутдинов Р.Б., Строганов А.А., Левин А.Г., Ларичев Л.Н., Шишиц И.Ю. Геолого - геохимические аспекты захоронения радиоактивных отходов // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. – 1999. - № 5. – С. 2 - 91.
2. Гедройц К.К. Почвенные коллоиды и поглощательная способность почв. – М.: Сельхозгиз, 1955. – 559 с.
3. Биотехнология: Принципы и применение/ Под ред. И.Хиггинса. – М.: Мир, 1988. – 479 с.
4. Илялетдинов А.Н. Микробиологические превращения металлов. – Алма - Ата: Наука, 1984. – 268 с.
5. Сеницын А.П., Райнина Е.И. Лозинский В.И. Иммунизированные клетки микроорганизмов. - М.: Изд-во МГУ, 1994. – 288 с.
6. Садовникова Л.К., Касатиков М.В. Влияние осадков сточных вод и извести на подвижность соединений тяжелых металлов в дерново-подзолистой почве // Агрохимия. – 1995. - № 6. – С. 81 - 88.
7. Методы охраны подземных вод от загрязнения и истощения / Под ред. Гавич И.К. – М.: Недра, 1985. – 320с.
8. Ильин В.Б. Система показателей для оценки загрязненности почв тяжелыми металлами // Агрохимия. –1995. - № 1. – С.94 - 99.
9. Черных Н.А., Ладонин В.Ф. Нормирование загрязнения почв тяжелыми металлами // Агрохимия. – 1995. - № 6. – С. 71 - 79.
10. Геоэкологические исследования и охрана недр. - М.: Геоинформмарк, 1992. - № 1 – С. 50.
11. Методы охраны подземных вод от загрязнения и истощения / Под ред. Гавич И.К. – М.: Недра, 1985. – 320 с.
12. Снижение негативного влияния тяжелых металлов на растения при утилизации осадков городских сточных вод. - Минск, 1993. – 22 с.
13. Дегтярев А.П. Эколого-геохимическая оценка бассейна реки Ардон // Проблемы охраны геологической среды: Тез. докл. науч.- практ. конф., Минск, 19 - 21 апр. 1995 г. / Белорусский государственный университет. – Минск, 1995. - С.69 - 71.
14. Охрана окружающей среды / Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 424 с.

*Дубяго Дмитрий Святославович. Ассистент каф. обустройства сельских населенных мест Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. Беларусь, БГСХА, г. Горки.*

перименты с двумя составами гидротехнического бетона, в которых принимались различные крайние уровни количества воды для затворения, но обеспечивающие необходимые условия для протекания процессов гидратации цемента. Состав №1 (условно - нормальный) - бетонная смесь марки БСГМЗ П1В20F200W4 - СТБ 1035-96 (бетонная смесь мелкозернистого гидротехнического бетона, осадка конуса П1, марка по прочности В20, марка по морозостойкости Р200, марка по водонепроницаемости W4). Состав №2 (условно - критический, т.е. обладающий требуемым количеством воды для затворения и обеспечивающее нормальное протекание процессов гидратации без учета возможных влагопотерь) - бетонная смесь марки БСГМЗ Ж4В17,5F200W4-СТБ 1035-96 (бетонная смесь мелкозернистого гидротехнического бетона, жесткость Ж4, марка по прочности В17,5, марка по морозостойкости F200, марка по водонепроницаемости W4).

Образцы изготавливались в формах типа ЗФК с размерами 10x10x10 см. До распалубливания за ними осуществлялся первичный и частично вторичный безвлажностный уход путем плотного укрытия открытых поверхностей полиэтиленовой пленкой. После распалубливания все образцы твердели в воздушно-сухих условиях при температуре 20±3°C. Раствор полимерной композиции на полимерной основе клея универсального «Бустилат-М» приготавливался по технологии, разработанной авторами, а наносился на поверхности образцов с помощью кисти фланцевой КФ-3. Объем нанесенного вещества для всех образцов был примерно одинаковым - 10... 15 г. (в пределах погрешности измерительных приборов). Применялись следующие концентрации однократно нанесенного раствора полимерной композиции - 37,4; 24,9; 19,7; 15; 0%. Время распалубливания 1...6 суток для состава №1, 1...3 - суток для состава №2. При проведении экспериментов, условно приняты следующие концентрации полимерного раствора: 37,4% - использование неизменного состава клея универсального «Бустилат-М»; 2) 0% - осуществление однократного влажностного ухода (нанесения одного слоя воды). В ходе проведенных экспериментов фиксировались влагопотери образцов в процессе твердения в воздушно-сухих условиях. Контрольные образцы твердели в условиях, имитирующих оптимальный безвлажностный уход, т.е. в плотнооблегающих полиэтиленовых пакетах.

На основе анализа и интерпретации полученных данных влияния времени распалубливания и концентрации раствора полимерной композиции на среднюю прочность при осевом сжатии образцов гидротехнического бетона были получены следующие уравнения регрессии:

для состава №1:

$$K=0,0005X^3 + 0,025X^2 - 0,2X + R_{BCY}, \text{ МПа} \quad (1)$$

для состава №2:

$$K=0,00005X^3 + 0,02X^2 - 0,136X + R_{BCY}, \text{ МПа} \quad (2)$$

где  $K$  - средняя прочность образцов гидротехнического бетона, МПа;

$X$  - условная концентрация раствора полимерной композиции, (кг сухого вещества/1 кг раствора полимерной композиции)х100%;

$R_{BCY}$  - средняя прочность образцов гидротехнического бетона при твердении в воздушно-сухих условиях, МПа.

Анализ полученных результатов экспериментов позволяет сделать следующие выводы: 1) обезвоживание раствора полимерной композиции в поверхностном слое гидротехнического бетона является одной из основных предпосылок образования бетонополимера в этом слое; 2) концентрация нанесенного раствора композиции на основе клея "Бустилат-М" или слоя воды, эквивалентного однократному влажностному уходу, не влияют на объем испаряющейся воды из бетона, а его значение примерно равно потерям воды из контрольных

образцов, твердевших в тех же воздушно-сухих условиях, но без какого-либо внешнего искусственного воздействия. Это дает возможность сделать вывод о том, что при формировании бетонополимера не образуется влагонепроницаемого слоя; 3) для обеспечения протекания нормальных процессов формирования кристаллической решетки цементного камня она должна достигнуть к моменту нанесения раствора полимерной композиции определенной критической прочности, при которой она бы не воспринимала деструктивные воздействия на нее отдельных компонентов композиции. Отрицательное действие раствора выражается в ухудшении условий кристаллизации цементного геля. Критическая прочность зависит от: а) концентрации раствора полимерной композиции; б) количества и концентрации повторных покрытий; в) состава и свойств компонентов бетона. Необходимо отметить, что при снижении концентрации нанесенного раствора композиции увеличивается необходимая степень (объем) обезвоживания нанесенного и проникшего в поверхностные слои бетона и возрастает требуемая критическая прочность; 4) наиболее оптимально формируется бетонополимер у таких бетонов, бетонная смесь которых имела некоторый недостаток воды для затворения; 5) образование бетонополимера в поверхностном слое приводит к увеличению прочности только в поверхностном слое бетона (на толщину пропитанного слоя полимерным раствором).

Следует отметить, что на повышение прочности образцов существенно влияет результат совместной работы полимерной пленки, образующейся на поверхности бетона при полимеризации раствора полимерной композиции. На это свойство совместной работы бетона и полимерной пленки, образовавшейся на поверхности бетона в результате высыхания лакокрасочных материалов, указывают отдельные исследователи [1]. В указанном случае полимерные материалы применялись при проведении работ по уходу за свежесуложенным бетоном.

Теоретически, максимальные значения прочности должны быть получены при использовании раствора композиции максимального значения - 37,4%. Однако, при проведении опытов этой закономерности не было зафиксировано. Предположительно, одна из причин этого - неравномерность толщины образующейся полимерной пленки на поверхности образцов бетона и, как следствие, возникновение «очагов» на поверхности образцов при их испытаниях на сжатие и преждевременное разрушение. При нанесении растворов композиции концентрации 24,9... 12,5% на поверхности образовывалась полимерная пленка примерно одинаковой толщины в силу низкой вязкости раствора. Образование пленки на поверхности примерно одинаковой толщины было предпосылкой отсутствия резко выраженных «очагов» напряжения, как при применении раствора с концентрацией 37,4%.

Таким образом, по данным проведенных исследований, можно заключить, что наиболее оптимальным применением повышения прочности за счет образования бетонополимера в поверхностном слое на полимерной основе клея универсального «Бустилат-М» при твердении гидротехнического бетона в воздушно-сухих условиях является его применение в тонкостенных конструкциях (>10 см). Наибольшее увеличение прочности достигается для жестких бетонных смесей, имеющих некоторый недостаток воды затворения в своем составе и достигших определенной критической прочности, при которой не воспринималось бы деструктивное воздействие раствора полимерной композиции на кристаллическую решетку.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Красовская Т. А. Роль полимерных покрытий в работе бетонных и железобетонных конструкций / Тр. МИИТ. - 1975. - вып. 494. - с. 76 - 83.