

Научная статья

УДК 378.016:62; DOI: 10.61260/1998-8990-2023-3-169-180

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ АМИДНОГО АЗОТА В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

✉ **Медведева Людмила Владимировна.**

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия.

Макарчук Галина Васильевна.

Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва, Санкт-Петербург, Россия.

Бранцевич Геннадий Владимирович.

ООО «Испытательный центр», Санкт-Петербург, Россия

✉ luvmed@mail.ru

Аннотация. В статье актуализирована экологическая проблема эмиссии аммиака в промышленных и жилых зданиях в воздушную среду помещений.

В процессе исследований установлено, что основными источниками эмиссии аммиака в воздух помещений являются бетонные конструкции (бетонные стены, перекрытия, колонны и т.п.) и отделочные материалы.

В бетоне аммиак образуется в результате гидролиза содержащейся в бетоне мочевины $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, а карбамид (мочевина) и другие подобные вещества применяются в качестве ускорителей твердения и противоморозных добавок, в том числе аммонизированная зола-унос.

Предотвратить эмиссию аммиака в воздух помещений возможно не только организацией проверки строительных материалов для выявления случаев превышения в них предельно допустимой концентрации карбамида, но и экспериментального определения концентрации амидного азота в бетонных смесях на стадии их поставок на строительные площадки.

Целью статьи является представление экспериментальной методики определения концентрации амидного азота в строительных материалах, разработанной для осуществления контроля концентрации амидного азота на стадии поставки бетонной смеси на строительные площадки с целью исключения образования аммиака после введения в эксплуатацию строительных объектов различного функционального назначения.

Экспериментальная методика определения концентрации амидного азота в строительных материалах является результатом решения следующих исследовательских задач:

- исследование строительных материалов методами физико-химического анализа на предмет количественного определения амидного азота;
- сравнение полученных результатов с данными исследовательских лабораторий с заключением о качестве выполненных анализов.

Апробация предложенной экспериментальной методики определения концентрации амидного азота в строительных материалах проведена в лаборатории испытательного центра «ООО Сэтл-Сити» в Кудрово.

Ключевые слова: экологическая безопасность, бетонные конструкции, аммиак, бетонная смесь, амидный азот, карбамид (мочевина), экспериментальная методика, строительные материалы, фотоколориметрический метод

Для цитирования: Медведева Л.В., Макаrchук Г.В., Бранцевич Г.В. Экспериментальная методика определения концентрации амидного азота в строительных материалах // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 3 (67). С. 169–180. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-3-169-180.

Scientific article

EXPERIMENTAL METHOD OF AMIDE NITROGEN CONCENTRATION DETERMINING IN CONSTRUCTION MATERIALS

✉ **Medvedeva Ludmila V.**

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia.

Makarchuk Galina V.

Military institute (engineering and technical) of Military academy of logistics named after army general A.V. Khrulev, Saint-Petersburg, Russia.

Brantsevich Gennady V.

LLC «Testing center», Saint-Petersburg, Russia

✉ **luvmed@mail.ru**

Abstract. The article actualizes the environmental problem of ammonia emission in industrial and residential buildings into the indoor air environment.

In the process of studies it has been established that the main sources of ammonia emission into the indoor air are concrete structures (concrete walls, ceilings, columns, etc.) and finishing materials.

In concrete, ammonia is formed as a result of hydrolysis of urea $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ contained in concrete, and urea (urea) and other similar substances are used as hardening gas pedals and anti-freeze additives, including ammonized fly ash.

It is possible to prevent ammonia emission into the indoor air not only by checking construction materials for cases of exceeding the maximum permissible concentration of urea in them, but also by experimental determination of amide nitrogen concentration in concrete mixtures at the stage of their delivery to construction sites.

The aim of the article is to present an experimental technique to determine amide nitrogen concentration in construction materials developed to control amide nitrogen concentration at the stage of concrete mixture delivery to construction sites to exclude ammonia formation after putting construction sites of different functional purposes into operation.

Experimental method for determining the concentration of amide nitrogen in building materials is the result of solving the following research tasks:

- examination of building materials by methods of physical and chemical analysis for the quantitative determination of amide nitrogen;
- comparison of the obtained results with the data of research laboratories with the conclusions about the quality of performed analyses.

Approbation of the proposed experimental method for determining the concentration of amide nitrogen in building materials was carried out in the laboratory of the test center «ООО«Settle City» in Kudrovo.

Keywords: environmental safety, concrete structures, ammonia, concrete mixture, amide nitrogen, urea (urea), experimental technique, building materials, photolorimetric method

For citation: Medvedeva L.V., Makarchuk G.V., Brantsevich G.V. Experimental method of amide nitrogen concentration determining in construction materials // Problemy upravleniyariskami v tekhnosfere = Problemsof risk management in the technosphere. 2023. № 3 (67). P. 169–180. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-3-169-180.

Введение

При систематическом воздействии на человека малых доз газообразного аммиака возникает аккумуляционный эффект в интоксикации организма и, как следствие, развитие хронических патологий и инвалидностей. Основными симптомами интоксикации в результате непрерывного воздействия малых доз газообразного аммиака являются: угнетение системы иммунитета и кроветворения, головные боли, нарушение обмена веществ, понижение артериального давления, неврастения, хронические воспалительные заболевания верхних дыхательных путей и др.

При строительстве зданий, предназначенных для постоянного или временного пребывания людей, производстве бетонных конструкций этих зданий контроль количественного содержания амидного азота в бетонных смесях и строительных материалах является чрезвычайно актуальной задачей обеспечения экологической безопасности строительных конструкций различного функционального назначения [1–3].

Цель статьи – представить экспериментальную методику определения концентрации амидного азота в строительных материалах, разработанную для осуществления контроля концентрации амидного азота на стадии поставки бетонной смеси на строительные площадки с целью исключения образования аммиака после введения в эксплуатацию строительных объектов различного функционального назначения.

Методы исследования

Для разработки экспериментальной методики определения концентрации амидного азота в бетонной смеси системно проанализированы [4, 5]:

– методики определения амидного азота с диметилглиоксимом (патент 2093817);
п-диметиламинобензальдегидом (Всероссийский научно-исследовательский институт им. Менделеева (ВНИИ им. Д.М. Менделеева) [6];

– спектрофотокolorиметрический метод определения и расчета массовой доли азота в амидной форме в сложных минеральных удобрениях [7, 8];

– спектрометрический метод определения массовой доли мочевины в кормах, комбикормах и комбикормовом сырье, включающий в себя нормативно установленную последовательность этапов [9]:

а) в присутствии обесцвечивающего средства приготовление суспензии из воды и навески испытуемой пробы;

б) перемешивание полученной суспензии;

в) фильтрация суспензии (получение фильтрата);

г) добавление 4-диметиламинобензальдегида к фильтрату;

д) измерение с помощью спектрометра поглощающей способности полученного раствора при длине волны 420 нм;

– методика определения массовой доли карбамида в комбикормах, белково-витаминных добавках и карбамидном концентрате, включающая в себя нормативно установленную последовательность следующих этапов [10]:

а) экстракция карбамида водой;

б) получение окрашенных растворов при взаимодействии с диметиламинобензальдегидом;

в) колориметрирование окрашенных растворов;

– методика количественного химического анализа проб питьевых, природных и сточных вод с целью нормативных измерений массовой концентрации мочевины фотометрическим методом с п-диметиламинобензальдегидом [11];

– фотометрический метод определения мочевины в природных водах с использованием в качестве реагента п-диметиламинобензальдегида. Метод основан на фотометрировании растворов, содержащих комплекс амидного азота с п-диметиламинобензальдегидом ($C_9H_{10}O$).

Экспериментально подтверждена надежность определения в речной воде 10 мг/л мочевины в объеме аликвотной части 10 мл [12];

– фотометрический метод определения карбамидов в бетонных смесях, использованный для разработки экспрессной фотометрической методики определения карбамидов в бетонных смесях в режиме «on-site», которая обеспечивает диапазон определяемых концентраций от 20 до 200 мг/кг в пересчете на мочевины с пределом обнаружения 6 мг/кг при массе пробы 20 гр. Исследовано влияние времени извлечения карбамидов из бетонной смеси на величину оптической плотности и определено оптимальное время извлечения карбамидов (1 мин). Получены зависимости: оптической плотности раствора продукта взаимодействия карбамида с *n*-диметиламинобензальдегидом от его концентрации; оптической плотности раствора аналитической формы от времени извлечения карбамидов из бетонной смеси (масса навески 20 г) [13–15].

Фотоколориметрический метод анализа природы и концентрации вещества основан на зависимости коэффициента поглощения света (немонохроматического излучения) от интенсивности окраски растворов в видимой области спектра (бесцветные соединения окрашивают различными реактивами).

Визуальные (колориметрические) и фотоэлектрические методы фотоколориметрического анализа различаются способами измерения концентрации веществ в окрашенных растворах.

Колориметрический метод основан на сравнении интенсивности окраски стандартных растворов с известной концентрацией вещества с интенсивностью окраски исследуемых растворов, в которых концентрация вещества неизвестна.

В аналитической химии в диапазонах ультрафиолетового излучения и видимого света для расчета молярной концентрации окрашенного вещества используют зависимость интенсивности световой волны от молярной концентрации окрашенного вещества в растворе.

Отношение интенсивности света, прошедшего через образец (I) к интенсивности света, падающего на образец (I_0), называют пропусканием (T), а натуральный логарифм пропускания с обратным знаком определяет величину оптической плотности (D):

$$T = \frac{I}{I_0}; D = -\lg \frac{I}{I_0} = -\lg T.$$

По закону Бугера–Ламберта–Бера оптическая плотность прямо пропорциональна и равна произведению коэффициента поглощения света (ε), длины оптического пути (толщины светопоглощающего раствора) (l) и молярной концентрации окрашенного вещества (c):

$$D = \varepsilon \cdot c \cdot l.$$

Следует отметить, что коэффициент поглощения света (ε), который зависит от природы растворенного вещества, называют в аналитической химии молярным коэффициентом.

Измерение оптической плотности D с помощью спектрофотометров в диапазонах ультрафиолетового излучения и видимого света при известной толщине светопоглощающего слоя (l) и молярном коэффициенте (ε) позволяет рассчитать искомую молярную концентрацию (c) поглощающего окрашенного вещества.

В абсорбционной спектроскопии в диапазонах ультрафиолетового излучения и видимого света в качестве образцов используют разбавленные растворы. Для получения достоверных результатов измеряемая оптическая плотность должна находиться в диапазоне 0,01 ... 2. При толщине поглощающего слоя в 1 см это соответствует концентрации 10^{-8} М, что в 1 000 раз ниже, чем при титровании. Обычно в рабочей области (области линейности) измерений концентрация может изменяться по меньшей мере в 100 раз.

Влияние растворителя (матрицы) исключают путем селективного подбора длины волны, при которой поглощательная способность вещества достигает максимума. С помощью измерений оптической плотности определяют не только концентрацию анализируемого вещества, но и скорости реакций, так как измерения оптической плотности с помощью спектрофотометров и фотоколориметров непродолжительны.

Следует отметить ряд существенных отличий использования фотоколориметра для измерения оптической плотности D с целью расчета молярной концентрации (c) поглощающего окрашенного вещества.

В спектрофотометрах используют монохроматическое излучение, в фотоколориметрах – видимый свет. Это значит, что в отличие от спектрофотометров измерения проводятся в узком диапазоне спектра, то есть в полихроматическом свете, лучи которого формируются специальными светофильтрами. Это позволяет определять концентрации компонентов раствора, так как каждая компонента раствора поглощает световые волны определенной длины волны. При этом чем выше концентрация светопоглощающего вещества, тем выше коэффициент поглощения.

Как правило, на практике фотоколориметры используются для измерения оптической плотности растворов в диапазоне 315–630 нм. Результаты измерений, полученные на исследуемых растворах, сравнивают с результатами измерений, полученных на стандартных растворах, представленных на градуировочных (калибровочных) графиках.

Градуировочный график (градуировочная кривая) представляет зависимость значений оптической плотности (ось ординат) от известных концентраций растворов стандартного образца данного вещества (ось абсцисс). Для построения градуировочного графика измеряют оптические плотности всех растворов с известными концентрациями.

Следует отметить, что для стандартных образцов при построении градуировочного графика и исследуемых образцов с неизвестной концентрацией необходимо для каждого раствора использовать одну и ту же кювету и включать для определения оптической плотности один и тот же светофильтр. По измеренному значению оптической плотности в исследуемом образце по градуировочной кривой находят искомую концентрацию. Периодически необходимо осуществлять поверку градуировочной кривой.

Результаты исследований и их обсуждение

В проведенном исследовании были поставлены следующие задачи:

- исследование строительных материалов методами физико-химического анализа на предмет количественного определения амидного азота;
- сравнение полученных результатов с данными исследовательских лабораторий с заключением о качестве выполненных анализов.

Было проведено изучение и анализ существующих методик определения амидного азота с:

- диметилглиоксимом (патент 2093817) [1];
- *n*-диметиламинобензальдегидом (ВНИИ им. Д.М. Менделеева).

Определение амидного азота с диметилглиоксимом в бетонных смесях оказалось невозможным, так как получается нестабильная окраска, при этом также используется кипячение и концентрированная серная кислота, что опасно с точки зрения техники безопасности.

Определение амидного азота с *n*-диметиламинобензальдегидом показало стабильные результаты. Разработанная методика определения массы мочевины в бетоне основана на образовании комплексного соединения желтого цвета при добавлении к раствору, содержащему амидный азот, кислого раствора *n*-диметиламинобензальдегида ($C_9H_{10}O$) и на фотометрическом определении концентрации данного комплекса.

Разработанный метод включает в себя четыре этапа:

1) *Первый этап: приготовление растворов.*

– п-диметиламинобензальдегида. Навеска вещества растворяется в концентрированной соляной кислоте (HCl), после чего с добавлением дистиллированной воды получается раствор необходимой концентрации. Раствор может храниться в течение одного месяца;

- растворов HCl необходимой концентрации;
- основного раствора карбамида;
- рабочего раствора карбамида (для кислотной экстракции);
- рабочего раствора карбамида (для водной экстракции).

2) *Второй этап: построение градуировочного графика.*

Измеряются оптические плотности градуировочных растворов относительно раствора сравнения на спектрофотометре при длине волны 440 нм в кювете с толщиной светопоглощающего слоя, равной 10 мм.

Градуировочный график устанавливает зависимость оптической плотности (ось ординат) от концентрации карбамида (мг/дм³) (ось абсцисс). Контроль стабильности градуировочной характеристики проводится при приготовлении нового раствора п-диметиламинобензальдегида.

3) *Третий этап: проведение анализа.*

Исследовались следующие строительные материалы:

- цемент;
- бетон;
- клей;
- штукатурка;
- бетонный раствор (жидкий);
- кладочный раствор (сухой);
- кладочный раствор (жидкий);
- стяжка (жидкая);
- стяжка сухая.

В ходе исследования установлены:

- масса строительного материала, необходимая для проведения анализа;
- оптимальный экстрагент: раствор соляной кислоты определенной концентрации или вода;
- количество экстрагента, которое необходимо добавить к навеске строительного материала;
- оптимальное время экстрагирования (время, необходимое для наиболее полной вытяжки соединений, содержащих амидный азот).

При проведении анализа к навеске испытуемого строительного материала соответствующей массой добавляется экстрагент: дистиллированная вода или раствор соляной кислоты (табл. 1).

Таблица 1

Строительный материал	Масса навески, г	Экстрагент	Количество экстрагента, см ³
Цемент	10	Вода	20
Бетон	10 (без щебня) Предварительно измельчить	Раствор соляной кислоты HCl определенной концентрации	50
Клей	10	Вода	50
Штукатурка	10	Вода	50
Бетонный раствор (жидкий)	20	Вода	20
Кладочный раствор (жидкий)	20	Вода	20
Стяжка (жидкая)	20	Вода	20
Кладочный раствор (сухой)	10	Раствор соляной кислоты HCl	50
Стяжка (сухая)	10	Раствор соляной кислоты HCl	50

После экстрагирования проба фильтруется через бумажный фильтр обеззоленный (синяя лента) в мерные пробирки.

Экспериментально установленные зависимости содержания мочевины в образцах цемента в зависимости от времени фотоколориметрирования представлены в табл. 2, 3 на рис. 1, 2.

Таблица 2

Зависимость концентрации мочевины (мг/кг) в цементе Литовский 500 (партия 1) от времени фотоколориметрирования

Время, с	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
Оптическая плотность, 1 ряд	62,97	74,27	82,35	87,19	90,42	95,26	93,65	95,26	93,65	92,04
Оптическая плотность, 2 ряд	61,35	74,27	80,73	85,58	88,8	92,04	93,65	93,65	92,04	–

Таблица 3

Зависимость концентрации мочевины (мг/кг) в цементе (Савино) от времени фотоколориметрирования

Время, с	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
Оптическая плотность, 1 ряд	41,98	40,36	40,36	38,75	38,75	37,14	–	–	–	–	–
Оптическая плотность, 2 ряд	40,36	40,36	38,75	38,75	35,52	35,52	33,9	33,9	33,9	33,9	32,29
Оптическая плотность, 3 ряд	38,75	37,14	35,52	33,9	–	–	–	–	–	–	–
Оптическая плотность, среднее	40,363	39,287	38,21	37,13	–	–	–	–	–	–	–

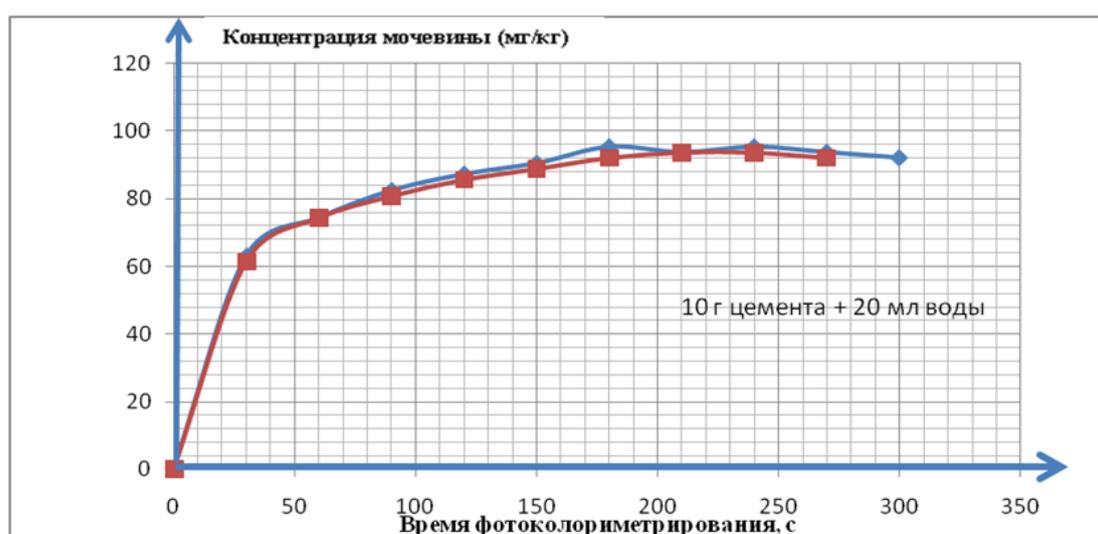


Рис. 1. График зависимости содержания мочевины в цементе Литовский 500 от времени фотоколориметрирования

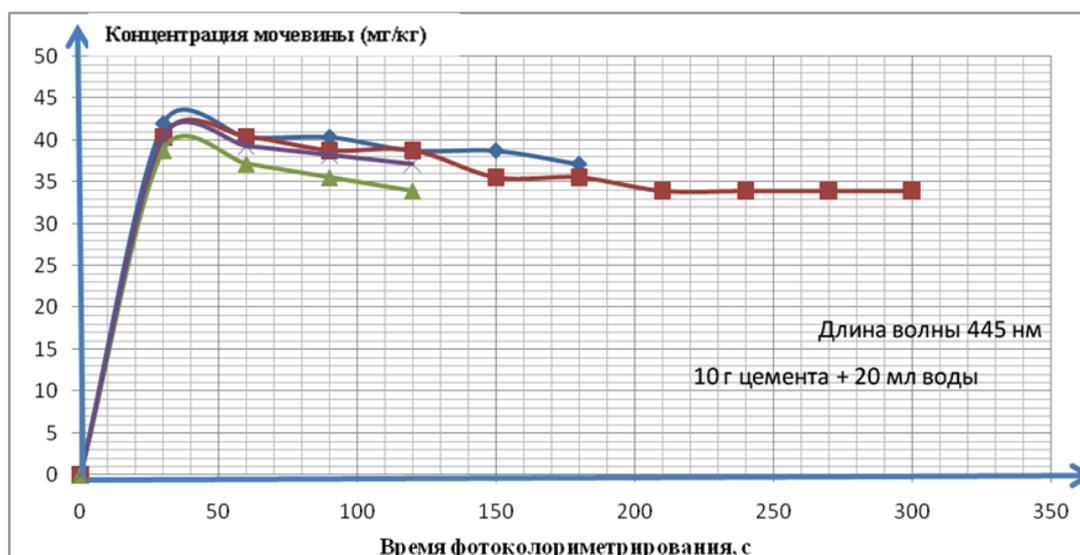


Рис. 2. График зависимости содержания мочевины в цементе (Савино) от времени фотоколориметрирования

Для клея, штукатурки, бетонного раствора (жидкого), кладочного раствора и стяжки экстрагентом была определена вода. Определено оптимальное время фотометрирования образцов: 60 с. При анализе некоторых образцов цемента оптическая плотность увеличивается во времени (время фотометрирования может достигать 15 мин). В этом случае в качестве показателя рекомендовано брать максимальное значение оптической плотности. Если в течение ≈ 1 мин оптическая плотность не увеличивается, то производят следующее измерение.

К пробе полученного фильтрата добавляется раствор п-диметиламинобензальдегида. Через 30 с в кювете со светопоглощающим слоем, равным 10 мм, при длине волны 440 нм проводят измерение оптической плотности (A) полученных растворов на спектрофотометре. Измерение проводят относительно раствора сравнения.

По градуировочному графику определяют концентрацию мочевины (C , мг/дм³), которой соответствует измеренная оптическая плотность.

Если фильтрат заметно окрашен или слегка опалесцирует, то дополнительно проводят измерение собственной оптической плотности фильтрата A_{ϕ} относительно раствора сравнения.

Значение оптической плотности A_x , соответствующее концентрации карбамида в пробе, равно:

$$A_x = A - A_{\phi},$$

где A – значение оптической плотности анализируемой пробы, в которую добавлен раствор п-диметиламинобензальдегида; A_{ϕ} – значение собственной оптической плотности фильтрата.

Оптическую плотность определяют не менее двух раз. По полученной оптической плотности, используя градуировочный график, определяется концентрация мочевины C (мг/дм³), соответствующую полученному значению оптической плотности A_x .

Если количество карбамида, найденное по калибровочному графику C (мг), то массу карбамида в строительном материале (мг/кг) можно определить из соотношения:

$$X = \frac{C * V}{m},$$

где V – объем экстрагента, см³; m – масса навески, г.

4) *Четвертый этап. Установление соответствия содержания амидного азота допускаемой норме.*

В случае превышения концентрации амидного азота в строительном материале составляется акт о несоответствии качества строительного материала технологическому регламенту организации производства работ.

Таблица 4

Нормы содержания амидного азота в строительных материалах

Строительный материал	ПДК амидного азота (в перерасчете на мочевины), мг/кг
Цемент	40
Бетон	130
Клей	80
Штукатурка	80
Бетонный раствор (жидкий)	20
Кладочный раствор (сухой)	130
Кладочный раствор (жидкий)	80
Стяжка (жидкая)	80
Стяжка сухая	130

Заключение

Произведено исследование оптимальных условий эксперимента по определению амидного азота с п-диметиламинобензальдегидом в различных образцах (экстрагент: вода или раствор соляной кислоты; температура; концентрация экстрагента; время экстрагирования; время фотометрирования; количество пробы; длина волны; концентрация растворов; рН; поставщик реагентов). В качестве экстрагента для бетона выбран раствор соляной кислоты, для цемента и бетонной смеси – дистиллированная вода. Апробация метода была произведена в лаборатории испытательного центра «ООО Сэтл-Сити» в Кудрово.

Для выявления концентрации мочевины подрядчик обязан до начала бетонирования представлять в испытательный центр контрольные пробы бетонной смеси.

В случае превышения концентрации амидного азота в строительном материале составляется акт о несоответствии качества строительного материала технологическому регламенту организации производства работ.

Список источников

1. СанПин 2.1.2.729–99. Полимерные и полимерсодержащие строительные материалы, изделия и конструкции. Гигиенические требования безопасности // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: docs.cntd.ru/document/1200003940 (дата обращения: 28.06.2023).

2. ГН 21.6.1338–03. ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест, определение миграции аммиака в воздушную среду // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: docs.cntd.ru/document/901865554 (дата обращения: 28.06.2023).

3. ГН 2.1.61338–03. Атмосферный воздух и воздух закрытых помещений. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Гигиенические требования // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: docs.cntd.ru/document/556185926 (дата обращения: 28.06.2023).

4. Чакчир Б.А., Алексеева Г.Н. Фотометрические методы анализа: методические указания. СПб.: СПХФА, 2002. 44 с.

5. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам. Л., 1986. С. 245.
6. Определение концентрации аммиака, выделяющего из бетона в воздушную среду. URL: <https://findpatent.ru/patent/214/2145949.html> (дата обращения: 15.06.2023).
7. Способ фотометрического определения мочевины и ее производных: пат. Рос. Федерация RU 2093817C1: МПК G01N 21/78 / Бедняк А.Е., Павлова В.М., Гриднев Ю.С., Яцевич О.В.; патентообладатель Хабаровский государственный медицинский институт; заявл. 23.03.1993; опублик. 20.10.1997.
8. ГОСТ 30181.5–94. Удобрения минеральные метод определения массовой доли амидного азота в сложных удобрениях (спектрофотокolorиметрический метод). Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. URL: protect.gost.ru (дата обращения: 15.06.2023).
9. ГОСТ Р 51422–99. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения массовой доли мочевины // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: [docs.cntd.ru>document/1200028426](http://docs.cntd.ru/document/1200028426) (дата обращения: 15.06.2023).
10. ГОСТ 29113–91. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Дата введения. Метод определения массовой доли мочевины // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: [docs.cntd.ru>document/1200024399](http://docs.cntd.ru/document/1200024399) (дата обращения: 15.06.2023).
11. ПНД Ф 14.1:2:3:4.155–99. Количественный химический анализ вод: методика определения содержания мочевины в питьевых, природных и сточных водах фотометрическим методом. М., 2014.
12. Басова Е.М., Буланова М.А., Иванов В.М. Фотометрическое определение мочевины в природных водах // Вестник Московского университета. Сер.: 2. Химия. 2011. Т. 52. № 6. С. 419–425.
13. Коковкина Т.К. Применение фотоколориметрического метода анализа для измерения концентрации исследуемого вещества на примере колориметра «КФК-2МП» // Радиоэлектроника, проблемы и перспективы развития: Четвертая Всерос. молодежная науч. конф., посвященная Дню Радио. Тамбов, 2019. С. 256–258.
14. Фотометрическое определение карбамидов в бетонных смесях / А.В. Булатов [и др.] // Аналитика и контроль. 2012. Т. 16. № 3. С. 281–284.
15. НД 01.11.32. Методика измерений массовой доли амидного азота в строительных материалах // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: docs.cntd.ru (дата обращения: 15.06.2023).

References

1. SanPin 2.1.2.729–99. Polimernye i polimersoderzhashchie stroitel'nye materialy, izdeliya i konstrukcii. Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti // Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhnicheskoy dokumentacii. URL: [docs.cntd.ru>document/1200003940](http://docs.cntd.ru/document/1200003940) (data obrashcheniya: 28.06.2023).
2. GN 21.6.1338–03. PDK zagryaznyayushchih veshchestv v atmosfernom vozduhe naselennyh mest, opredelenie migracii ammiaka v vozduhnyuyu sredu // Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhnicheskoy dokumentacii. URL: [docs.cntd.ru>document/901865554](http://docs.cntd.ru/document/901865554) (data obrashcheniya: 28.06.2023).
3. GN 2.1.61338–03. Atmosferynyj vozduh i vozduh zakrytyh pomeshchenij. Predel'no dopustimye koncentracii zagryaznyayushchih veshchestv v atmosfernom vozduhe naselennyh mest. Gigienicheskie trebovaniya // Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhnicheskoy dokumentacii. URL: [docs.cntd.ru>document/556185926](http://docs.cntd.ru/document/556185926) (data obrashcheniya: 28.06.2023).
4. Chakchir B.A., Alekseeva G.N. Fotometricheskie metody analiza: metodicheskie ukazaniya. SPb.: SPHFA, 2002. 44 s.

5. Bulatov M.I., Kalinkin I.P. Prakticheskoe rukovodstvo po fotometricheskim metodam. L., 1986. S. 245.
6. Opredelenie koncentracii ammiaka, vydelyayushchego iz betona v vozdushnuyu sredu. URL: <https://findpatent.ru/patent/214/2145949.html> (data obrashcheniya: 15.06.2023).
7. Sposob fotometricheskogo opredeleniya mocheviny i ee proizvodnyh: pat. Ros. Federaciya RU 2093817C1: MPK G01N 21/78 / Bednyak A.E., Pavlova V.M., Gridnev Yu.S., Yacevich O.V.; patentoobladatel' Habarovskij gosudarstvennyj medicinskij institut; zayavl. 23.03.1993; opubl. 20.10.1997.
8. GOST 30181.5–94. Udobreniya mineral'nye metod opredeleniya massovoj doli amidnogo azota v slozhnyh udobreniyah (spektrofotokolorimetriceskij metod). Mezhhgosudarstvennyj sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii. URL: protect.gost.ru (data obrashcheniya: 15.06.2023).
9. GOST R 51422–99. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metod opredeleniya massovoj doli mocheviny // Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhnicheckoj dokumentacii. URL: docs.cntd.ru/document/1200028426 (data obrashcheniya: 15.06.2023).
10. GOST 29113–91. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Data vvedeniya. Metod opredeleniya massovoj doli mocheviny // Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhnicheckoj dokumentacii. URL: docs.cntd.ru/document/1200024399 (data obrashcheniya: 15.06.2023).
11. PND F 14.1:2:3:4.155–99. Kolichestvennyj himicheskij analiz vod: metodika opredeleniya sodержaniya mocheviny v pit'evykh, prirodnykh i stochnykh vodah fotometricheskim metodom. M., 2014.
12. Basova E.M., Bulanova M.A., Ivanov V.M. Fotometricheskoe opredelenie mocheviny v prirodnykh vodah // Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser.: 2. Himiya. 2011. T. 52. № 6. S. 419–425.
13. Kokovkina T.K. Primenenie fotokolometriceskogometoda analiza dlya izmereniya koncentracii issleduemogo veshchestva na primere kolorimetra «KFK-2MP» // Radioelektronika, problemy i perspektivy razvitiya: Chetvertaya Vseros. molodezhnaya nauch. konf., posvyashchennaya Dnyu Radio. Tambov, 2019. S. 256–258.
14. Fotometricheskoe opredelenie karbamidov v betonnykh smesyah / A.V. Bulatov [i dr.] // Analitika i kontrol'. 2012. T. 16. № 3. S. 281–284.
15. ND 01.11.32. Metodika izmerenij massovoj doli amidnogo azota v stroitel'nykh materialah // Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhnicheckoj dokumentacii. URL: docs.cntd.ru (data obrashcheniya: 15.06.2023).

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 25.05.2023; одобрена после рецензирования: 17.07.2023;

Принята к публикации: 08.09.2023

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 25.05.2023; approved after review: 17.07.2023;

accepted for publication: 08.09.2023

Информация об авторах:

Медведева Людмила Владимировна, профессор кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, e-mail: luvlmed@mail.ru, SPIN-код: 9487-3042

Макарчук Галина Васильевна, доцент кафедры военной архитектуры, автоматизированных систем проектирования, естественно-научных дисциплин Военного института (инженерно-технического) Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва (199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8), кандидат педагогических наук, доцент, SPIN-код: 9213-8828

Бранцевич Геннадий Владимирович, генеральный директор ООО «Испытательный центр» (196158, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 25, к. 1), e-mail: [<icentrspb@bk.ru>](mailto:icentrspb@bk.ru)

Information about the authors:

Medvedeva Lyudmila V., professor of the department of physical and technical fundamentals of fire safety of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of pedagogical sciences, professor, honored worker of higher education of Russian Federetion, e-mail: luvlmed@mail.ru, SPIN: 9487-3042

Makarchuk Galina V., associate professor of the department of military architecture, automated design systems, natural sciences of the Military institute (engineering and technical) of Military academy of logistics named after general of the army A.V. Khrulev (199034, Saint-Petersburg, nab. Makarova, 8), candidate of pedagogical sciences, associate professor, SPIN: 9213-8828

Brantsevich Gennady V., general director of LLC «Test center» (196158, Saint-Petersburg, Moskovskoe sh., 25, building 1), e-mail: [<icentrspb@bk.ru>](mailto:icentrspb@bk.ru)