

кПа; при относительной влажности анализируемого газа в диапазоне от 20 % до 80 %.

Реальные условия работы газоанализаторов существенно отличаются от стандартных условий, обеспечиваемых при проверке. В связи с этим на данном этапе применение газоанализаторов метана в шахтах определяющим становится их стоимость.

Применение газоанализаторов обеспечит непрерывное измерения объемной доли метана в атмосфере угольных шахт Китая, опасных по рудничному газу и пыли, а также выдачу сигнализации при достижении измеряемым компонентом установленных пороговых значений. Информация работников об объемной доли метана в атмосфере угольных шахт позволит минимизировать человеческие потери.

### **Список информационных источников**

1. Деренок А.Н., Чулков Н.А., Шепелева А.В. Каталитическое дожигание газовых выбросов эмальпроизводства// Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. 2008. № 1. С. 216-218.

2. Гусельников М.Э., Анищенко Ю.В., Чулков Н.А. Автоматизация контроля метеорологических параметров рабочего места// Контроль. Диагностика. 2011. № Sp. С. 143-145.

3. IEC 60079-0 Explosive atmospheres - Part 0: Equipment - General requirements (Взрывоопасные среды. Часть 0. Общие требования)

4. [www.analitpribor-smolensk.ru](http://www.analitpribor-smolensk.ru) и [analitpribor.pf](http://analitpribor.pf).

### **ИММОБИЛИЗАЦИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ**

*Нгуен А.Т.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научные руководители: Висак П.М., Ph.D., м.н.с., Назаренко О.Б.,*

*д.т.н., профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

В настоящее время деятельность многих промышленных предприятий (атомных электростанций, медицинских учреждений) сопровождается образованием радиоактивных отходов (РАО). В целях охраны здоровья человека и окружающей среды, как в настоящее время, так и в будущем, необходимо применять правильные методы управления и обращения с РАО.

Одной из основных стадий обращения с РАО является их иммобилизация, под которой понимается операция перевода отходов в твердую форму посредством их отверждения, включения в какую-либо матрицу или заключение в герметичные оболочки. Существует много способов для иммобилизации радиоактивных отходов, они зависят от характера и свойств отходов (уровня радиоактивности, формы), конечных условий для захоронения, технологии, а также от экономических показателей [1]. В зависимости от вида и свойств матрицы материалов, методы иммобилизации радиоактивных отходов можно разделить на несколько групп.

1. Цементирование: цемент является неорганическим материалом, который обладает способностью взаимодействовать с водой при комнатной температуре, при этом отверждается с формированием монолитного продукта. Цемент обычно используется для иммобилизации большого количества низкорadioактивных отходов, благодаря его доступности и разумной стоимости. Тем не менее, цементирование плохо совместимо с органическими жидкими отходами.

2. Битумизация: битумные материалы представляют собой высокомолекулярные смеси углеводородов, в основном получающихся после отгонки легких фракций из природной нефти. В отличие от цемента, битум может быть использован для иммобилизации органических отходов, например отработанного масла. Битум получил широкое распространение благодаря своим высоким гидроизолирующим свойствам, термопластичности, широкому распространению, доступности, дешевизне.

3. Витрификация (остекловывание): предназначена для иммобилизации отходов для долговременного хранения в компактной твердой нерастворимой форме путем включения твердых отходов в стеклообразующие материалы, такие как боросиликатное или фосфатное стекло, последующим плавлением полученной смеси при высокой температуре и охлаждением с формированием стекла [2]. Этот метод может применяться для обработки высокорadioактивных отходов, а также отходов среднего уровня активности. Тем не менее, этот метод очень дорогой и может применяться для мелкомасштабных объектов.

4. Полимеризация: полимеры можно использовать для иммобилизации радиоактивных отходов, которые не могут быть обработаны упомянутыми выше способами. Полимеры обладают высокой механической прочностью, высокой химической стойкостью по отношению ко многим видам коррозионных элементов,

присутствующих в отходах. Полимеры характеризуются низким уровнем выщелачивания и могут лучше противостоять неблагоприятному воздействию окружающей среды, чем другие материалы для иммобилизации [1]. Недостатком использования полимеров является то, что при включении РАО в полимерную матрицу происходит деградация почти всех свойств полимерного материала. Поэтому необходимо детальное изучение приемлимости конкретных полимеров для иммобилизации РАО.

Эпоксидные смолы – это термореактивные полимеры, которые отверждаются благодаря образованию поперечных связей между макромолекулами эпоксидных олигомеров с отвердителем. По сравнению с термопластиками, термореактивные полимеры, имеющие пространственную сетчатую структуру, обычно обладают лучшими механическими и химическими свойствами, а также термическую устойчивость. Кроме того, в процессе формирования термореактивные полимеры могут принимать молекулы других веществ в свою молекулярную структуру и плотно фиксировать их там, таким образом, радионуклиды эффективно иммобилизуются при использовании полимеров для обработки радиоактивных отходов.

Эпоксидная смола ЭД-20 широко используется в технике, благодаря высоким механическим свойствам, хорошей адгезии, термической и химической стойкости. Представляет интерес использовать эпоксидную смолу ЭД-20 для иммобилизации радиоактивных отходов. Тем не менее, известно, что полимеры обычно становятся хрупкими и подвержены растрескиванию при воздействии радиации. Целью данной работы являлось изучение влияния облучения пучком ускоренных электронов на механические свойства эпоксидного полимера.

Эпоксидные полимерные образцы были приготовлены с использованием ЭД-20 и полиэтиленполиамиона в качестве отвердителя. Облучение образцов проводилось электронным пучком дозами 30, 100 и 300 кГр на электронном ускорителе ЭЛУ-4.

Механические свойства при растяжении образцов анализировали с использованием Универсальной испытательной машины Н50КТ (Tinius Olsen) с нагрузкой 1000 Н.

Механические свойства при растяжении, в том числе прочность при растяжении, относительное удлинение при разрыве и модуль Юнга эпоксидных образцов после облучения приведены в таблице 1.

Таблица 1. Механические свойства эпоксидного полимера при облучении электронным пучком

Доза, кГр	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %	Модуль Юнга, МПа
0	51.1±3	10.55± 0.8	4.84
30	56.8±4	10.24±0.6	5.55
100	58.8±5	10.04±0.8	5.86
300	42.6±6	7.98±0.3	5.34

Как следует из таблицы 1, предел прочности при растяжении возрастает после облучения дозой 100 кГр на 15 %, а затем уменьшается, и при дозе 300 кГр составляет 83 % от исходного значения. Аналогичная зависимость получена для модуля Юнга эпоксидного полимера.

Таким образом, полученные результаты показали, что механические характеристики эпоксидной смолы под действием электронного пучка с ростом поглощенной дозы до 100 кГр улучшаются, а при дальнейшем увеличении дозы происходит их ухудшение. Эпоксидная смола представляет собой полимер с высокой устойчивостью к радиации, и может быть использована для иммобилизации радиоактивных отходов.

### Список информационных источников

1. Tang Y.S., Saling J.H. Radioactive waste management. – Washington: Hemisphere Publishing Corporation, 1990. – 460 p.
2. Donald I.W., Metcalfe B.L., Taylor R.N.J. // Journal of Materials Science. – 1997. – V. 32. – P. 5851–5887.

## ВЛИЯНИЕ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Никонова Е.Д.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Вторушина А.Н., к.х.н., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

Угольная промышленность является неотъемлемой частью экономики Кемеровской области с конца XIX столетия. Не смотря на