



## **Уровни миграции токсичных элементов из отечественного пилотного полилактидного материала с 10 % углеволокна в модельные среды, имитирующие пищевые продукты**

**Докладчик:** Кузовкова А.А., зав. лаб., к.б.н.

**Содокладчик:** Велентей Ю.Н., Плешкова А.А.

Лаборатория спектрометрических исследований  
Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь



**Актуальность.** Для целей устойчивого развития общества, для зеленой экономики необходимы новые биodeградируемые упаковочные материалы для пищевых продуктов, которые помогут избежать проблемы засорения окружающей среды пластиковым мусором. Полилактид (ПЛ), получаемый из стереоизомеров молочной кислоты, считается наиболее перспективным биodeградируемым полимером. ПЛ, как правило, не используют в чистом виде, а проводят модификацию различными способами, например, применяют в качестве основы для биоразлагаемых композиционных материалов. В качестве добавок используют химические вещества (например, диоксид кремния, карбид кальция), природные минеральные полимеры на основе кремния, алюминия и магния (каолин и тальк) или полимеры растительного происхождения (например, лигнин, целлюлоза, крахмал, древесные опилки). Причем массовая концентрация наполнителей в конечном композиционном материале может достигать 100 % от массовой концентрации полилактида (50:50). Очевидно, что подобные биоразлагаемые композиционные материалы требуют обязательного санитарно-гигиенического контроля по миграции из них токсичных веществ и элементов.



**Цель** — исследовать уровни миграции токсичных элементов из отечественного пленочного ПЛ-материала с 10 % углеволокна в модельные среды, имитирующие пищевые продукты.

**Объекты исследований** — композиционный ПЛ-материал в виде пленки с 10 % углеволокна, разработанный ГНУ «Институт химии новых материалов НАН Беларуси» .

**Предмет исследований** – уровни миграции токсичных веществ из ПЛ-материала в модельные среды при комнатной температуре: дистиллированную воду; 0,3% раствор молочной кислоты; 3% раствор молочной кислоты; 2% раствор лимонной кислоты; 20% раствор этилового спирта после экспозиции в течение 1 сут (моделирование контакта пищевых продуктов с ПЛ-материалом до 2 ч) и 3 сут (моделирование контакта пищевых продуктов с ПЛ-материалом в течение 2–48 ч).



**Методы исследования.** Фрагмент ПЛ-материала в виде пленок размером 5×10 см (с учетом площади обеих поверхностей итоговая площадь составила 100 см<sup>2</sup>) помещали в плотно закрывающийся стеклянный бюкс и заливали модельным раствором из расчета на 2 см<sup>2</sup> поверхности 1 см<sup>3</sup> модельного раствора (50 см<sup>3</sup>). Концентрации токсичных элементов в модельных вытяжках из ПЛ-материала, за исключением ртути, проводили методом оптической атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Концентрацию ртути в модельных вытяжках из ПЛ-материала определяли методом беспламенной атомно-абсорбционной спектрометрии.

**Оценочными параметрами** токсичных элементов и веществ, выделяющихся из биоразлагаемой (бумага, бумага парафинированная, картон, картон мелованный, картон макулатурный, пергамент растительный, подпергамент (бумага с добавками, имитирующими свойства пергамента растительного)) и небiorазлагаемой упаковки (поливинилхлоридные пластики, стекло, фаянс, фарфор, металл), контактирующей с пищевыми продуктами, а также уровни миграции ртути и селена, оцениваемые в биоразлагаемой упаковке согласно ГОСТ 34030.1-2016 и ГОСТ EN 13432-2015. Полученные результаты исследований представлены в таблицах 1-5.



Таблица 1 – Уровни миграции токсичных элементов из ПЛ-материала с 10 % углеволокна в дистиллированную воду

Модельная среда / условия моделирования	Токсичный элемент	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> ) из ПЛ-материала с 10 % углеволокна		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>	Соответствие нормативу
		при экспозиции в течение 1 сут	при экспозиции в течение 3 сут		
Дистиллированная вода / 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , комнатная температура	Свинец	менее 0,01	менее 0,01	0,03	соответствуют
	Мышьяк	менее 0,005	менее 0,005	0,05	соответствуют
	Ртуть (мкг/кг)	менее 2,5	менее 2,5	–	–
	Кадмий	0,0020±0,0006	0,0020±0,0006	0,001	<b>не соответствует</b>
	Хром	менее 0,01	менее 0,01	0,1	соответствуют
	Барий	менее 0,05	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Селен	менее 0,005	менее 0,005	–	–
	Цинк	0,068±0,016	0,082±0,020	1,0	соответствуют
	Олово	менее 0,5	менее 0,5	2,0	соответствуют
	Медь	0,006±0,003	0,009±0,004	1,0	соответствуют
	Никель	менее 0,01	менее 0,01	0,1	соответствуют
	Титан	менее 0,05	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Алюминий	0,197±0,047	0,208±0,050	0,5	соответствуют
	Железо	0,242±0,061	0,287±0,072	0,3	соответствуют
	Марганец	0,0020±0,006	0,008±0,002	0,1	соответствуют
	Молибден	менее 0,05	менее 0,05	0,25	соответствуют



Таблица 2 – Уровни миграции токсичных элементов из ПЛ-материала с 10 % углеволокна в 0,3% раствор молочной кислоты

Модельная среда / условия моделирования	Токсичный элемент	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> ) из ПЛ-материала с 10 % углеволокна		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>	Соответствие нормативу
		при экспозиции в течение 1 сут	при экспозиции в течение 3 сут		
0,3% раствор молочной кислоты / 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , комнатная температура	Свинец	менее 0,01	менее 0,01	0,03	соответствуют
	Мышьяк	менее 0,005	менее 0,005	0,05	соответствуют
	Ртуть (мкг/кг)	менее 2,5	менее 2,5	–	–
	Кадмий	менее 0,0001	менее 0,0001	0,001	соответствуют
	Хром	менее 0,01	менее 0,01	0,1	соответствуют
	Барий	менее 0,05	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Селен	менее 0,005	менее 0,005	–	–
	Цинк	0,103±0,025	0,138±0,033	1,0	соответствуют
	Олово	менее 0,5	менее 0,5	2,0	соответствуют
	Медь	0,008±0,003	0,015±0,006	1,0	соответствуют
	Никель	менее 0,01	менее 0,01	0,1	соответствуют
	Титан	менее 0,05	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Алюминий	0,144±0,035	0,152±0,036	0,5	соответствуют
	Железо	0,394±0,099	0,402±0,100	0,3	<b>не соответсвует</b>
	Марганец	0,003±0,001	0,003±0,001	0,1	соответствуют
Молибден	менее 0,05	менее 0,05	0,25	соответствуют	



Таблица 3 – Уровни миграции токсичных элементов из ПЛ-материала с 10 % углеволокна в 3% раствор молочной кислоты

Модельная среда / условия моделирования	Токсичный элемент	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> ) из ПЛ-материала с 10 % углеволокна		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>	Соответствие нормативу
		при экспозиции в течение 1 сут	при экспозиции в течение 3 сут		
3% раствор молочной кислоты / 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , комнатная температура	Свинец	менее 0,01	менее 0,01	0,03	соответствуют
	Мышьяк	менее 0,005	менее 0,005	0,05	соответствуют
	Ртуть (мкг/кг)	менее 2,5	менее 2,5	–	–
	Кадмий	менее 0,0001	менее 0,0001	0,001	соответствуют
	Хром	менее 0,01	менее 0,01	0,1	соответствуют
	Барий	менее 0,05	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Селен	менее 0,005	менее 0,005	–	–
	Цинк	0,079±0,019	0,087±0,021	1,0	соответствуют
	Олово	менее 0,5	менее 0,5	2,0	соответствуют
	Медь	0,006±0,002	0,066±0,017	1,0	соответствуют
	Никель	менее 0,01	менее 0,01	0,1	соответствуют
	Титан	менее 0,05	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Алюминий	0,324±0,078	0,384±0,092	0,5	соответствуют
	Железо	0,361±0,090	0,387±0,097	0,3	не соответствует
	Марганец	0,003±0,001	0,021±0,007	0,1	соответствуют
Молибден	менее 0,05	менее 0,05	0,25	соответствуют	



Таблица 4 – Уровни миграции токсичных элементов из ПЛ-материала с 10 % углеволокна в 2% раствор лимонной кислоты

Модельная среда / условия моделирования	Токсичный элемент	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> ) из ПЛ-материала с 10 % углеволокна		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>	Соответствие нормативу
		при экспозиции в течение 1 сут	при экспозиции в течение 3 сут		
2% раствор лимонной кислоты / 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , комнатная температура	Свинец	менее 0,01	менее 0,01	0,03	соответствуют
	Мышьяк	менее 0,005	менее 0,005	0,05	соответствуют
	Ртуть (мкг/кг)	менее 2,5	менее 2,5	–	–
	Кадмий	0,0010±0,0003	0,0010±0,0003	0,001	соответствуют
	Хром	менее 0,01	менее 0,01	0,1	соответствуют
	Барий	менее 0,05	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Селен	менее 0,005	менее 0,005	–	–
	Цинк	0,130±0,031	0,152±0,036	1,0	соответствуют
	Олово	менее 0,5	менее 0,5	2,0	соответствуют
	Медь	0,007±0,003	0,010±0,004	1,0	соответствуют
	Никель	менее 0,01	0,0020±0,0007	0,1	соответствуют
	Титан	менее 0,05	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Алюминий	0,598±0,144	0,618±0,099	0,5	не соответствуют
	Железо	0,055±0,014	0,205±0,051	0,3	соответствуют
	Марганец	0,002±0,001	0,0020±0,0006	0,1	соответствуют
	Молибден	менее 0,05	менее 0,05	0,25	соответствуют



Таблица 5 – Уровни миграции токсичных элементов из ПЛ-материала с 10 % углеволокна в 20% раствор этилового спирта

Модельная среда / условия моделирования	Токсичный элемент	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> ) из ПЛ-материала с 10 % углеволокна		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>	Соответствие нормативу
		при экспозиции в течение 1 сут	при экспозиции в течение 3 сут		
20% раствор этилового спирта / 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , комнатная температура	Свинец	менее 0,01	менее 0,01	0,03	соответствуют
	Мышьяк	менее 0,005	менее 0,005	0,05	соответствует
	Ртуть (мкг/кг)	менее 2,5	менее 2,5	–	–
	Кадмий	менее 0,0001	менее 0,0001	0,001	соответствуют
	Хром	менее 0,01	менее 0,01	0,1	соответствуют
	Барий	менее 0,05	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Селен	менее 0,005	менее 0,005	–	–
	Цинк	менее 0,05	менее 0,05	1,0	соответствуют
	Олово	менее 0,5	менее 0,5	2,0	соответствуют
	Медь	менее 0,001	менее 0,001	1,0	соответствуют
	Никель	менее 0,01	менее 0,01	0,1	соответствуют
	Титан	менее 0,05	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Алюминий	менее 0,05	менее 0,05	0,5	соответствуют
	Железо	менее 0,05	менее 0,05	0,3	соответствуют
	Марганец	менее 0,001	менее 0,001	0,1	соответствуют
Молибден	менее 0,05	менее 0,05	0,25	соответствуют	



## **ВЫВОД**

Большинство исследуемых токсичных элементов, за исключением кадмия, железа, алюминия, при комнатной температуре мигрируют из отечественного ПЛ-материала с 10 % углеволокна в выбранные модельные среды после экспозиции в течение 1 сут и 3 сут на уровнях ниже нормативов, установленных в ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки». Уровни миграции кадмия из ПЛ-материала в дистиллированную воду, железа в 0,3% и 3% растворы молочной кислоты, алюминия в 2% раствор лимонной кислоты после экспозиции в течение 1 сут и 3 сут были выше установленных нормативов.

**Исследования выполнены в рамках НИР «Изучить санитарно-химические показатели гигиенической безопасности образцов отечественных биоразлагаемых материалов на основе полилактидов на этапе разработки технологий их производства». ГПНИ 2 «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биооргхимия» (подпрограмма «Лесохимия-2»).**