

**ИЗДЕЛИЯ, КОНТАКТИРУЮЩИЕ
С ПИЩЕВЫМИ ПРОДУКТАМИ, КАК ИСТОЧНИКИ
ПОСТУПЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА
(РАЗЛИЧИЯ В НАЦИОНАЛЬНЫХ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВАХ)
PRODUCTS IN CONTACT WITH FOOD AS A SOURCE OF METAL
INPUT INTO THE HUMAN ORGANISM
(DIFFERENCES IN NATIONAL
LEGISLATION)**

Е.Г. Пыхтеева, Д.В. Большой, Л.В. Басалаева, Е.С. Шитко*
E.G. Pykhtieieva, D.V. Bolshoy, L.V. Basalaeva, E.S. Shitko*

Украинский НИИ Медицины Транспорта, г. Одесса, Украина
Ukrainian Research Institute of Transport Medicine, Odessa, Ukraine

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тяжёлые металлы, условия экстракции, контакт с пищевыми продуктами
KEY WORDS: heavy metals, extraction conditions, contact with food

РЕЗЮМЕ: Материалы, контактирующие с пищевыми продуктами и питьевой водой, могут быть источником экспозиции тяжёлыми металлами. На миграцию металлов из материалов большое влияние оказывают условия экстракции – кислотность и природа среды, температура, а также время. Проведенный анализ данных позволяет утверждать, что актуальной является проблема унификации методов подготовки экстрактов для того, чтобы можно было сравнивать данные, полученные в различных лабораториях.

ABSTRACT: Materials in contact with foodstuffs and drinking water can be a source of heavy metal exposure. The migration of metals from the material is greatly affected by extraction conditions – acidity, temperature and time. The analysis of the data suggests that the unification of methods of preparation of the extracts is an actual problem in order to be able to compare data obtained in different laboratories.

ВВЕДЕНИЕ

Наряду с традиционными материалами (металлом, деревом, стеклом и керамикой), все большее применение для изделий, контактирующих с пи-

щевыми продуктами, в последние годы находят различные классы полимерных материалов (ПМ). Сегодня из ПМ делаются одежда и обувь, мебель и предметы обихода, электротехническая продукция и трубы для питьевой воды, детские игрушки и изделия медицинского назначения. Насыщенность среды обитания современного человека полимерами значительно возросла за последние десятилетия: изделия из ПМ дешевле и внешне более привлекательны, чем из традиционных материалов, им можно легко придать любую форму, современные материалы мало подвержены деструкции при контакте с окружающей средой, большинство упаковочных ПМ и посуда из ПМ используется как одноразовая.

Цель исследования: сравнение уровней миграции металлов из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами и водой, полученных при разных способах пробоподготовки, а также анализ нормативных документов, касающихся допустимых концентраций миграции (ДКМ), действующих в разных странах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование миграции металлов в модельные среды из материалов, предназначенных для контакта с пищевыми продуктами и водой, проводили методами атомно-абсорбционной спектрофотометрии (с электротермической атомизацией) на

*Адрес для переписки: Пыхтеева Елена Геракли-товна, к.х.н.; Украина, 65039, Одесса, ул. Канатная, 92, Украинский НИИ Медицины Транспорта, лаборатория промышленной и экологической токсикологии; E-mail: pykhteeva@rambler.ru

спектрофотометре AAS-3 с приставкой «Графит» и атомно-эмиссионной спектроскопии (с электродуговой атомизацией) на спектрометре ЭМАС-200 ССД. Миграцию изучали в соответствии с Инструкцией № 880-71, СанПиН 42-123-4240-86 и методами, рекомендованными в части 1 ДСТУ ISO 8391-1:2002, ДСТУ ISO 7086-2:2002 и ДСТУ ISO 4531-2-2001.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности действия тяжёлых металлов (ТМ) на человека и окружающую среду являются предметом изучения научных институтов во всех странах мира (Cadmium..., 1992; Inorganic lead, 1995), и закономерно, что содержание ТМ в пищевых продуктах и миграция ТМ из материалов, контактирующих с водой и пищевыми продуктами, нормируются во всех развитых странах.

Экспертная лаборатория УкрНИИ медицины транспорта активно участвует в проведении гигиенической экспертизы товаров и продукции, как выпускаемых на территории Украины, так и поступающих в нашу страну по импорту.

В 2007–2011 гг. доля материалов, контактирующих с пищевыми продуктами и питьевой водой, составила около 12% от общего объёма объектов экспертизы. Среди объектов экспертизы, контактирующих с водой и пищевыми продуктами в процессе приготовления, хранения или употребления, можно выделить ряд подгрупп. Распределение объектов экспертизы в 2010–2011 гг. приведено на рисунке 1. Из рисунка видно, как возрос удельный вес полимерных материалов.

Обычно при гигиенической экспертизе оборудования для пищевой промышленности кроме

оценки физических факторов необходимо проводить исследования миграции вредных веществ в модельные среды. Для этого может быть использован образец материала или небольшая по размеру часть, сделанная из материала, непосредственно контактирующего с пищевой продукцией или водой. Как правило, из керамической, стеклянной и металлической посуды, а также частей оборудования наибольшую опасность представляет миграция тяжёлых металлов.

Особенностью воздействия ТМ является их способность к аккумуляции в органах-мишенях и способность продолжать своё повреждающее действие через продолжительное время после того, как поступление этих токсикантов закончилось. Наиболее опасным в этом отношении является кадмий, время полувыведения которого составляет более 10 лет (Большой и др., 2002; Трахтенберг, Шафран, 2002). Согласно литературным данным, для изготовления термостабилизаторов ПМ используют 10% добываемого в мире кадмия, более 3,5% мировой добычи олова, 14% свинца. Следует отметить, что ещё 10% добываемого свинца используется для изготовления пигментов, красок и компаундов, также используемых в качестве компонентов полимерных материалов.

В настоящее время на территории Украины действует принятый в 1986 г. СанПиН 42-123-4240-86, в котором предписывается контроль за миграцией наиболее токсичных элементов из разных видов полимерных материалов. Однако за прошедшие десятилетия произошёл количественный и качественный скачок в применении полимерных и других материалов для контакта с пищевыми продуктами. Появились и активно при-

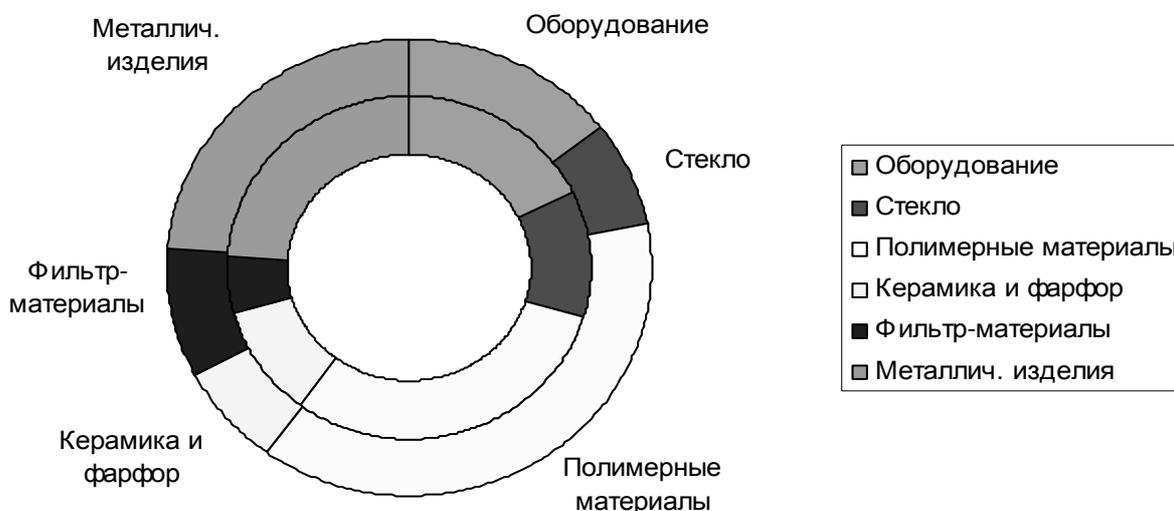


Рис. 1. Распределение объектов экспертизы, контактирующих с пищевыми продуктами и питьевой водой, за 2010 г. (внутреннее кольцо) и январь-август 2011 г. (внешнее кольцо), в %

меняются сложные композиции ПМ, за последние годы претерпела принципиальные изменения технология производства традиционных ПМ – полиолефинов, ПЭТФ, ПВХ, полистирольных пластиков и др. (Ухарцева, Гольдаде, 2006). В настоящее время полимерные упаковки делаются, как правило, многослойными, причем слой, контактирующий с пищевыми продуктами, как правило, выполнен из полиэтилена, как наиболее гигиенически «чистого» полимера.

В конце XX века наши коллеги из России разработали документ ГН 2.3.3.972-00 «Гигиена питания. Тара, посуда, упаковка, оборудование и другие виды продукции, контактирующие с пищевыми продуктами. Предельно допустимые количества химических веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами», который вступил в действие с 01.08.2000. В этом документе учтён опыт СанПиН 42-123-4240-86, однако изменена структура и добавлен целый ряд новых материалов, от упаковочной бумаги до антипригарных фторсодержащих покрытий. Миграции токсичных элементов в этом документе уделено большое внимание. Документ содержит перечень основных видов материалов (полимерных, синтетических, сталей, сплавов и других), предназначенных для использования в контакте с продуктами питания, и основных химических веществ, присущих каждому виду материалов, которые следует контролировать при проведении типовых санитарно-химических исследований. Нормируется не только классическая триада – свинец, кадмий, ртуть – но и другие химические элементы – Cr, Ni, Mn, B, As, Al, Be, Ti, Ba, Zn. Причем процедура измерения миграции элементов в модельную среду четко прописана с учётом времени, температуры и площади поверхности. Определение уровня миграции химических веществ в этом случае проводится на модельных средах (дистиллированной воде, слабых растворах кислот и др.), имитирующих свойства предполагаемого ассортимента пищевых продуктов, при температурно-временных режимах, воспроизводящих реальные условия эксплуатации изделий. Значениями ПДКв (мг/л) – предельно допустимых концентраций химических веществ в питьевой воде – следует руководствоваться только в том случае, когда для идентифицированного вещества значение ДКМ не установлено (отсутствует). При этом независимо от того, какой материал используется для изготовления посуды, допустимые концентрации миграции элементов одинаковые (табл. 1). Это означает, что ДКМ свинца одинакова из металлической, лакированной, керамической или хрустальной посуды. Такой безупречный с гигиенической точки зрения подход часто наталкивается на непреодолимые сложности, связанные с природой используемого материала: например, миграция свинца из глиняных или хрустальных сосудов нередко не укладывается в ДКМ. Требования к материалам, контак-

тирующим с пищевыми продуктами и водой, в России значительно строже, чем на Украине и в мире. Поэтому главный санитарный врач России Г. Онищенко приказом № 16 от 24 января 2008 г. утвердил «План организационных и практических мероприятий Роспотребнадзора на 2008 год». Согласно документу, пересмотру и гармонизации с правилами ВТО должны были подвергнуться нормативные документы санитарного законодательства (направленные на его смягчение и приближение к нормам ВТО) и подготовлены рекомендации по оценке риска возможного причинения вреда при разработке критериев безопасности продукции для жизни и здоровья населения.

В Белоруссии аналогичный ГН 2.3.3.972-00 документ – СанПиН 13-3 РБ 01 – был введен в действие постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь № 48 от 19.09.2001 г. В нём содержится требование указывать конкретные области применения и кратность использования (одноразовые, многоразовые) упаковочных материалов и изделий; марку сырья, применяемого для изготовления изделия. Значения ДКМ и ПДКв соответствуют таковым в российских ГН 2.3.3.972-00. Однако уже в 2003 г. Постановлением КМ Республики Беларусь № 263 изменены ДКМ для свинца в стеклянной и керамической посуде с учетом конфигурации и размера (плоское изделие – изделие глубиной не более 25 мм при измерении от самой нижней точки до горизонтальной плоскости, проходящей через точку перелива, малое полое изделие – изделие глубиной более 25 мм, вместимостью менее 1,1 дм³, большое полое изделие – изделие глубиной более 25 мм вместимостью 1,1 дм³ и более). При этом старые нормы отменены.

По требованиям ИСО при оценке материалов и изделий проводится определение уровня миграции Pb и Cd в 4% уксусную кислоту. Метод испытаний для материалов и изделий согласно ИСО 7086-1-82, ГОСТ 25185-93 (ИСО 6486/1-81).

Во многих странах при гигиенической оценке тары и посуды определяется суммарное количество мигрирующих металлов. Например, существующая в Турции и США практика в сертификатах анализа на полимерную тару и плёнку указывать, что миграция токсичных элементов не превышает 5 мг/л (иногда 10,0 мг/л) (в пересчёте на свинец), не может быть признана удовлетворительной, поскольку 5 мг/л, предположим, кадмия, хрома или ртути – это очень много. Понятно, что экономически оправдано определение двухвалентных металлов дитизиновым методом. Это непростая процедура, которая позволяет определить суммарное количество ТМ за одно определение. Но при проведении санитарно-эпидемиологической экспертизы такой продукции в обязательном порядке нужно отдельно определять содержание хотя бы наиболее токсичных металлов.

Спектр металлов, присутствующих в полиме-

Таблица 1. Сравнение допустимых концентраций миграции токсичных элементов для различной посуды в разных странах

Объект	Металл	Украина	Россия ⁽¹⁾	ЕС	СССР ⁽²⁾
Керамическая посуда	Pb	5,0 мг/л ⁽³⁾	0,03 мг/л	5,0 мг/л ⁽³⁾	плоская 1,7 мг/дм ² ; полая 5,0 мг/дм ³ ; для больших 2,5 мг/дм ³
	Cd	0,5 мг/л ⁽⁴⁾	0,001 мг/л	0,5 мг/л ⁽⁴⁾	плоская 0,17 мг/дм ² , полая 0,5 мг/л; для больших 0,25 мг/л
Стеклопосуда	Pb*	мелкая (600 мл) 1,5; глубокая (более 600 мл) 0,75; для хранения (более 3000 мл) 0,5 ⁽⁵⁾	0,03 мг/л	мелкая (600 мл) 1,5; глубокая (более 600 мл) 0,75; для хранения (более 3000 мл) 0,5 ⁽⁵⁾	
	Cd	мелкая 0,5; глубокая 0,25; для хранения 0,25 ⁽⁵⁾	0,001 мг/л	мелкая 0,5; глубокая 0,25; для хранения 0,25 ⁽⁵⁾	
	Zn		1,0 мг/л		1,0 мг/л
	Al		0,5 мг/л		0,5 мг/л
Эмалированные изделия	Pb	мелкая (600 мл) 0,8 мг/дм ² ; глубокая 0,8 мг/л; баки (> 3 л) 0,1 мг/дм ² ⁽³⁾	0,03	мелкая (600 мл) 0,8 мг/дм ² ; глубокая (более 600 мл) 0,8 мг/л; баки 0,1 мг/дм ² ⁽³⁾	
	Cd	мелкая 0,07 мг/дм ² ; глубокая 0,07 мг/л; баки 0,05 мг/дм ² ⁽³⁾	не нормируется; кроме того нормируется Fe 0,3 мг/л, Al 0,1 мг/л, Co 0,1 мг/л, Ni 0,1 мг/л, Cr 0,1 мг/л, As 0,05 мг/л, Zn 1,0 мг/л, Ti 0,1 мг/л	мелкая 0,07 мг/дм ² ; глубокая 0,07 мг/л; баки 0,05 мг/дм ² ⁽³⁾	0,001

Примечание: ⁽¹⁾ СанПиН 13-3 РБ 01 «Предельно допустимые количества химических веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами. Санитарные правила и нормы»; ⁽²⁾ СанПиН 42-123-4240-86 «Допустимые количества миграции (ДКМ) химических веществ, выделяющихся из полимерных материалов, контактирующих с пищевыми продуктами. Методы определения» (МЗ СССР №4240-86); ⁽³⁾ ГОСТ 25185-93 (ИСО 6486/1 -81) «Посуда керамическая в контакте с пищей. Выделение свинца и кадмия. Метод испытания»; ⁽⁴⁾ Постановление КМ Республики Беларусь № 263 «О внесении изменений и дополнений в Санитарные правила и нормы «Предельно допустимые количества химических веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами» № 13-3 РБ 01; ⁽⁵⁾ ИСО 7086-1-82. «Посуда стеклянная и стеклокерамическая в контакте с пищей. Выделение свинца и кадмия. Часть 1. Метод испытания»; * 4% уксусная кислота, площадь и объем соответствуют таковой при приготовлении или хранении пищи.

рах, весьма широк. В процессе производства для придания пластикам соответствующих свойств в ПМ вносят свинец, цинк, медь, титан, марганец, хром, кобальт, щелочноземельные металлы, маг-

ний и т.д. Самый грязный с точки зрения содержания ТМ вид полимеров – это поливинилхлорид, самый чистый – полиолефины: полиэтилен, полипропилен и их сополимеры. Однако это правило

не абсолютное, из него достаточно много исключений.

В Европе каждый год не менее 250 тыс. тонн ПВХ используется для производства упаковочных материалов. Основные сферы применения: жёсткая плёнка (51%), бутылки (35%), гибкая плёнка (11%) и бутылочные крышки (3%). Сегодня ПВХ занимает второе место после полиэтилена по потреблению среди синтетических полимеров. ПВХ является хорошим примером фантастической универсальности полимеров. Из ПВХ производят буквально всё — от медицинских емкостей для крови до детских игрушек, изоляционных материалов и оконных профилей. В качестве примеров использования ПВХ в упаковке можно привести туалетные принадлежности, тубики для зубной пасты. В качестве термостабилизаторов ПВХ часто применяют оловоорганические стабилизаторы. Они базируются на метильном, октильном и бутильном радикалах. Метильные термостабилизаторы не используются в ЕС, но в США их широко применяют для экструзии труб питьевых трубопроводов. Октильные и бутильные весьма популярны в ЕС для изготовления ПВХ листов, тары, плёнок, трубопроводных фитингов, пищевых упаковок, термоусадочной ПВХ плёнки и т.п. Промышленными нормами ЕС оловоорганические термостабилизаторы ПВХ признаны опасными для здоровья, токсичными и аллергенными веществами, поэтому для персонала заводов по приготовлению экструзионных ПВХ-компаундов разработаны строгие меры безопасности. Однако они разрешены к применению для экструзии ПВХ-изделий для пищевой промышленности (в том числе и для непосредственного контакта с пищевыми продуктами) и трубопроводов для питьевой воды во всех странах ЕС и в США. Правда, во Франции и в Бельгии доля их использования снижается; там возвращаются к испытанным старым добрым свинцовым термостабилизаторам. В настоящее время ПВХ, термостабилизированные свинцом, составляют более 60% от общего объёма произведённых ПВХ изделий в прошлом году. Справедливости ради стоит заметить, что эти данные касаются в основном дорогостоящих инженерных пластиков. В материалах, контактирующих с пищевыми продуктами, свинца гораздо меньше. Но подобные ПВХ компаунды (со свинцовым термостабилизатором) широко применяются для экструзии питьевых труб. Исследования на предмет выделения свинца в питьевую воду велись более 40 лет во всём мире. Все они выявили, что при соблюдении всех технологических норм при приготовлении ПВХ компаунда и экструзии ПВХ труб, содержание свинца в питьевой воде после ряда специальных провоцирующих исследований в 8 - 10 раз меньше ПДК, определённой ВОЗ (0,01 мг/л). Такие выводы содержатся в официальных отчётах: Королевской Инспекции Питьевой Воды (Великобритания) за 1995 год, Шведского Агентства Защиты Окружающей Сре-

ды, Шведской Ассоциации Водоснабжения и Канализации (обе они указали на допустимость применения в ПВХ трубах для питьевой воды и профилях свинцовых термостабилизаторов), Норвежской Трубной Федерации, Австрийского Института Полимеров (в его исследованиях были приведены данные о том, что в некоторых случаях содержание свинца в питьевой воде горводопроводов выше, чем содержание ионов свинца в воде из ПВХ трубопроводов, стабилизированных свинцом). По данным (Hazards of heavy metal contamination, 2003) за 50 лет в ЕС не было ни одного юридически доказанного случая вреда, нанесённого применением ПВХ изделий, стабилизированных свинцовыми термостабилизаторами.

Что касается миграции других металлов из ПМ пищевого назначения, то она очень сильно зависит от pH. Часто пищевые продукты имеют достаточно кислую реакцию среды. Мы провели исследование и установили, что пищевые пластики, используемые на Украине, как правило, металлами не обогащены. Полиолефиновые упаковочные плёнки, полистирольные формочки и стаканчики содержат металлов гораздо меньше, чем бытовые и инженерные пластики. Суммарное содержание металлов в них не превышает обычно 0,1 мг/кг. А вот полиэтилентерефталат, из которого изготавливаются пластиковые бутылки для хранения соков, вод, пива и других напитков, оказался в этом отношении гораздо интереснее. Даже бутылки, в которую фасует сок одна и та же фирма, отличаются друг от друга по составу. Так, исследованная нами полуторалитровая бутылка сока «Манго-апельсин» фирмы «Биола» содержала высокие уровни сурьмы и особенно кобальта (рис. 2). Причём кобальт легко экстрагируется в кислую среду. В экстракте в модельный раствор мы обнаруживали его в концентрации 13 мг/л, что в сто раз выше значения ПДК. А вот полулитровая бутылка смородинового сока той же фирмы почти не содержит металлов, и сок из этой бутылки также по металлу чист.

При выборе модельной среды и условий экстракции исследователь оказывается перед сложным выбором: следовать Инструкции № 880-71 или использовать принятые в большинстве стран более жёсткие условия. Более жёсткие европейские стандарты пробоподготовки (экстракции) обуславливают более полное извлечение металлов из исследуемого объекта, что подразумевает и более высокие ДКМ. Тем не менее, для анализа вытяжек на тяжёлые металлы целесообразно унифицировать систему пробоподготовки, приняв за основу 4% раствор уксусной кислоты в горячем или холодном виде в зависимости от назначения тары, упаковки или посуды, и точно зафиксировать экспозицию и соотношение «объем – поверхность», как это в свое время было сделано в Инструкции № 880-71. Подобные методические указания позволили бы сравнивать концентрации мигрирующих тяжёлых металлов из разных видов

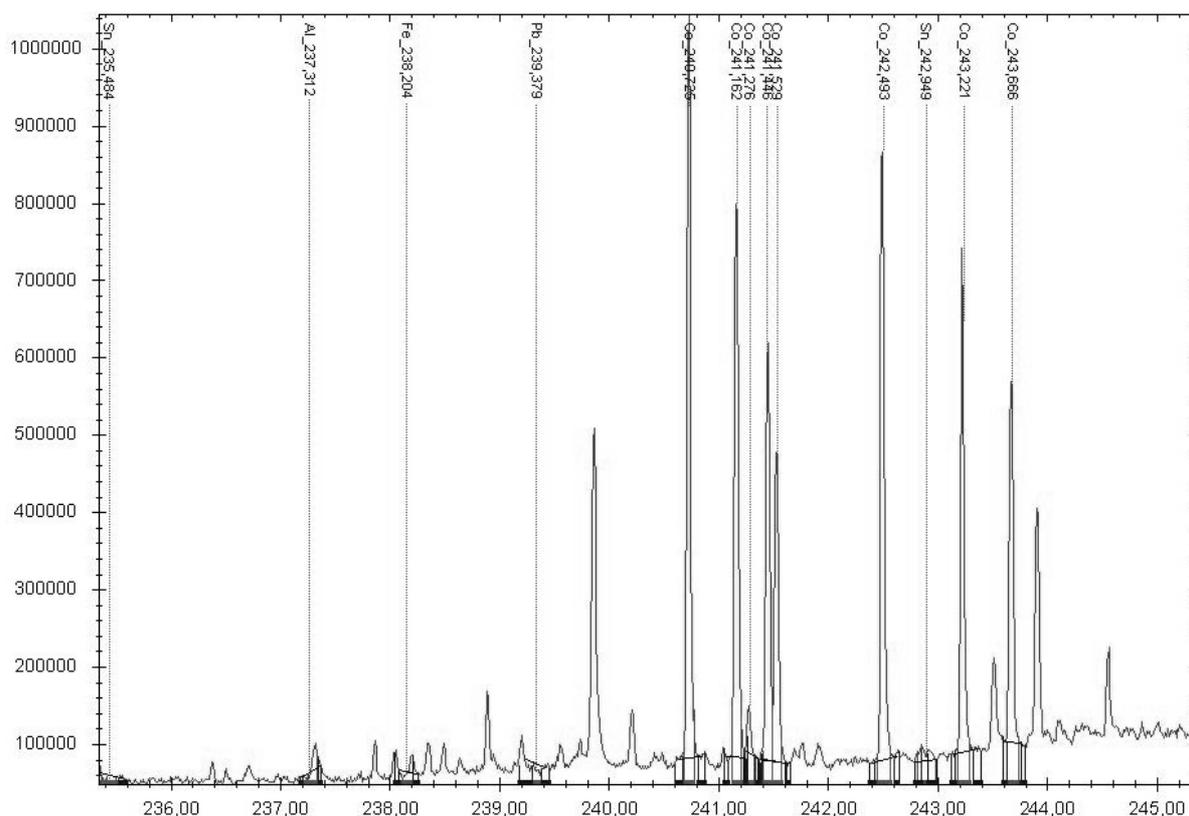


Рис. 2. Участок АЭС-спектра пластиковой бутылки, изготовленной из ПЭТФ

материалов и изделий, полученные в разных лабораториях, и тем самым избегать конфликтов, связанных с несовпадением данных экспертных исследований в различных инстанциях. Кроме того, помимо наиболее токсичных кадмия, ртути и свинца, необходимо обязательно исследовать миграцию и других металлов, изучение биологического действия малых доз которых доказано (ртуть) (Трахтенберг, 1964; Большой, 2007), либо находится в процессе накопления данных (хром, марганец, сурьма, барий, алюминий, олово и др.) (Шафран, Большой, 2004).

Позади первое десятилетие XXI века. Изменились условия экономического хозяйствования. В сфере санитарии и гигиены наша страна обязалась согласовывать свои действия с международными санитарными нормами и определять рамки ответственности наблюдательных и контролирующих органов в данной сфере. Для этого необходимо, чтобы гармонизация с требованиями ВОЗ и ВТО гигиенических нормативов и методов исследования была не в ущерб интересам внутреннего потребителя. Это касается не только посуды и упаковочных материалов в контакте с пищевыми продуктами.

ЛИТЕРАТУРА

Большой Д.В., Пыхтеева Е.Г., Шафран Л.М. Тяжелые металлы – извечная проблема токсикологии // Здо-

ровье и окружающая среда. Сборник научных трудов к 75-летию НИИ санитарии и гигиены. Минск. 2002. С.116–121.

Большой Д.В. Гігієнічне значення особливостей токсикокінетики, токсикодинаміки і біотрансформації малих доз ртуті. Автореф. канд. біол. наук. Киев, 2007. 20 с.

ГН 2.3.3.972-00 «Гигиена питания. Тара, посуда, упаковка, оборудование и другие виды продукции, контактирующие с пищевыми продуктами. Предельно допустимые количества химических веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами».

ГОСТ 25185-93 (ИСО 6486/1 -81) «Посуда керамическая в контакте с пищей. Выделение свинца и кадмия. Метод испытания»

ИСО 7086-1-82. «Посуда стеклянная и стеклокерамическая в контакте с пищей. Выделение свинца и кадмия. Часть 1. Метод испытания».

Постановление КМ Республики Беларусь № 263 «О внесении изменений и дополнений в Санитарные правила и нормы «Предельно допустимые количества химических веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами» № 13-3 РБ 01.

СанПиН 13-3 РБ 01 «Предельно допустимые количества химических веществ, выделяющихся из мате-

риалов, контактирующих с пищевыми продуктами. Санитарные правила и нормы».

СанПиН 42-123-4240-86 «Допустимые количества миграции (ДКМ) химических веществ, выделяющихся из полимерных материалов, контактирующих с пищевыми продуктами. Методы определения» (МЗ СССР №4240-86).

Трахтенберг И.М. Микромеркуриализм как гигиеническая проблема. Автореф. дисс. докт. мед. наук. Киев, 1964. 44 с.

Трахтенберг И.М., Шафран Л.М. Тиоловые яды // Общая токсикология / Под ред. Б.А. Курляндского, В.А. Филова. М.: Медицина, 2002. Гл. 4. С.111–175.

Ухарцева И.Ю., Гольдаде В.А. Современные упаковочные материалы в пищевой промышленности (обзор) // Пластические массы. 2006. №6. С.42–50.

очные материалы в пищевой промышленности (обзор) // Пластические массы. 2006. №6. С.42–50.

Шафран Л.М., Большой Д.В. Парадоксальная токсичность — интенсивно развивающееся направление современной токсикологии // Тезисы докладов II съезда токсикологов Украины, 12-14 октября 2004 года, Киев. С.17–18.

Cadmium – environmental aspects. International program on chemical safety. Geneva, Switzerland: WHO, 1992. Environmental health criteria. Vol. 135. 156 p.

Inorganic lead. IPCS: Environ. Health Crit. No.165. Geneva: WHO, ILO, UNEP, 1995. 300 p.

Jarup L. Hazards of heavy metal contamination // British Medical Bulletin. 2003, 68:167–182.