

ИССЛЕДОВАНИЕ МИГРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ШКОЛЬНЫХ ТЕТРАДЕЙ

STUDY OF HEAVY METAL MIGRATION FROM SCHOOL NOTEBOOKS PAPER

УДК 543.2:373

Н.П. Матвейко*, А.М. Брайкова, Н.А. Циркунова

Белорусский государственный экономический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2019-13710>

M. Matveika*, A. Braikova, N. Cirkunova

Belarus State Economic University

РЕФЕРАТ

ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ПРОДУКЦИЯ ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ, МИГРАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ, МЕТОД ИНВЕРСИОННОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ

Цель работы – определить концентрации миграции тяжелых металлов Zn, Cd, Pb, Cu и Hg в бидистиллированную воду (бидистиллят) из картона и бумаги образцов школьных тетрадей различных изготовителей.

Методом инверсионной вольтамперометрии определено количество Zn, Cd, Pb, Cu и Hg, мигрирующее в бидистиллированную воду из картона и бумаги образцов школьных тетрадей. Установлено, что из 12 изученных образцов в бидистиллированную воду мигрируют Zn, Pb и Cu, в то время как Cd выделяется из 5, а Hg – из десяти образцов картона и бумаги школьных тетрадей. Предельно допустимые концентрации миграции Zn, Cd, Pb, Hg, нормируемые ТР ТС 007/2011, не превышены ни в одной исследованной пробе образцов картона и бумаги школьных тетрадей. Наибольшая суммарная миграция тяжелых металлов составила 215,6 мг/кг или 0,379 мкг из 1 листа, а наименьшая – 24,54 мг/кг или 0,177 мкг из 1 листа картона обложки тетради.

ABSTRACT

PUBLISHING PRODUCTS FOR SCHOOLCHILDREN, MIGRATION OF HEAVY METALS, METHOD OF INVERSION VOLTAMMETRY

The aim of the work is to determine the concentration of heavy metals migration Zn, Cd, Pb, Cu and Hg in bidistilled water (bidistillate) from cardboard and paper samples of school notebooks of different manufacturers.

The amount of Zn, Cd, Pb, Cu and Hg migrating into bidistilled water from cardboard and paper samples of school notebooks was determined by the method of stripping voltammetry. It is detected that Zn, Pb and Cu migrate from 12 studied samples to bidistilled water, while Cd migrates from 5 samples, and Hg – from ten samples of cardboard and paper of school notebooks. The maximum permissible migration concentrations of Zn, Cd, Pb, Hg, according to TR CU 007/2011, are not exceeded in any studied sample of cardboard and paper school notebooks. The largest total migration of heavy metals was 215.6 mg/kg or 0.379 µg from 1 sheet, and the smallest – 24.54 mg/kg or 0.177 µg from 1 sheet of the cardboard cover of the notebook.

ВВЕДЕНИЕ

Требования к показателям качества и безопасности различных групп продукции для детей и подростков на территории Таможенного союза устанавливаются техническим регламентом ТР ТС 007/2011 «О безопасности продукции,

предназначенной для детей и подростков» [1]. Согласно этому техническому регламенту, для изготовления тетрадей школьных и общих используется бумага писчая, а также другие виды полиграфической бумаги с массой бумаги площадью 1 м² не менее 60,0±3,0 г. Допустимое ко-

* E-mail: matveiko_np@mail.ru (M. Matveika)

личество миграции *Zn* из бумаги или картона, используемых для изготовления тетрадей, в водную среду не должно превышать $1,0 \text{ мг/дм}^3$. Максимально допустимое количество миграции солей тяжелых металлов из материала, используемого при изготовлении школьно-письменных принадлежностей, не должно превышать в мг/кг : *Cd* – 75; *Pb* – 90; *Hg* – 60 [1]. Кроме нормируемых техническим регламентом токсичных элементов, из школьных тетрадей в модельную водную среду могут мигрировать и другие тяжелые металлы, например, медь, способные попадать и накапливаться в организме человека, чрезмерное содержание которых также может негативно отразиться на состоянии здоровья детей.

Ранее нами уже проведены исследования и опубликованы результаты определения миграции тяжелых металлов *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* и *Hg* в водную среду из издательской продукции, предназначенной для детей до трех лет [2]. Показано, что суммарная миграция тяжелых металлов в бидистиллированную воду из издательской продукции для детей составляет 34,39–158,39 мг/кг .

Следует отметить, что при контроле содержания тяжелых металлов в кремах для лица и твердом туалетном мыле нами установлено превышение предельно допустимых концентраций

Pb и *Hg* в отдельных изученных образцах кремов и мыла [3, 4]. Учитывая это, а также тот факт, что школьные тетради повсеместно используются в учебных заведениях разного уровня, представляло интерес провести контроль миграции тяжелых металлов из картона и бумаги школьных тетрадей в водную среду.

Цель работы – изучить миграцию тяжелых металлов *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* и *Hg* в бидистиллированную воду (бидистиллят) из картона и бумаги образцов школьных тетрадей различных изготовителей.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Для изучения миграции тяжелых металлов *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* и *Hg* в водную среду и установления соответствия этих показателей требованиям технического регламента ТР ТС 007/2011 выбраны шесть образцов школьных тетрадей различных производителей, основные сведения о которых представлены в таблице 1.

Образцы всех изученных тетрадей состояли из обложки, изготовленной из картона, а также листов белой бумаги с линовкой или клеткой. Очевидно, что для получения полной и объективной информации о миграции тяжелых металлов в водную среду (бидистиллят) пробы образцов следует брать из всех применяемых для изготовления тетрадей материалов. С этой

Таблица 1 – Характеристика образцов школьных тетрадей

№ образца тетради	Наименование	Изготовитель	№ пробы образца и её материал	Масса пробы, г
1	тетрадь 48 листов в линейку	ООО «Бинера», Республика Беларусь, г. Минск	1 картон обложки 2 бумага листов	0,087 0,025
2	тетрадь 48 листов в клетку	ОАО «Добрушская бумажная фабрика «Герой труда»», Республика Беларусь, г. Добруш	3 картон обложки 4 бумага листов	0,075 0,023
3	тетрадь 48 листов в клетку	ООО «Бинера», Республика Беларусь, г. Минск	5 картон обложки 6 бумага листов	0,095 0,024
4	тетрадь 48 листов в клетку	ООО «Хатбер-М», Российская Федерация, г. Москва	7 картон обложки 8 бумага листов	0,074 0,021
5	тетрадь 48 листов в линейку	ООО «Бинера», Республика Беларусь, г. Минск	9 картон обложки 10 бумага листов	0,086 0,025
6	тетрадь 48 листов в клетку	ООО «Канц-ЭКМО», Российская Федерация, г. Видное	11 картон обложки 12 бумага листов	0,072 0,022

целью для исследований вырезали пробы размером 2×2 см (площадь поверхности 8 см²) как из материала (картона) обложек тетрадей, так и бумаги тетрадей с линовкой или клеткой. На электронных весах марки Adventurer с точностью до $0,001$ г определяли массы взятых проб образцов, численные значения которых также указаны в таблице 1. После этого пробы помещали в кварцевые стаканчики, приливали по 10 см³ бидистиллята и выдерживали в течение 24 часов ± 10 минут.

Определение *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* и *Hg* в вытяжках картона и бумаги школьных тетрадей проводили методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе марки ТА-4 («Томьаналит», Томск, РФ). Индикаторным электродом для определения *Zn*, *Cd*, *Pb* и *Cu* служила амальгамированная серебряная проволока, а для определения *Hg* – сплав золота 583 пробы. В качестве электрода сравнения и вспомогательного электрода во всех исследованиях применяли хлорсеребряный полуэлемент в 1 М растворе *KCl*.

Параметры и режимы проведения анализа водных вытяжек устанавливали предварительными исследованиями стандартных растворов, содержащих определяемые металлы, методом «введено-найдено». На основании этих исследований установлено, что определение *Zn*, *Cd*, *Pb* и *Cu* следует проводить при следующих параметрах:

- электрохимическая очистка индикаторного электрода в течение 15 с периодической анодной и катодной поляризацией электрода при потенциалах $+100$ мВ и -1150 мВ соответственно;

- накопление металлов на поверхности индикаторного электрода при потенциале -1340 мВ в течение 50 с;

- успокоение раствора при потенциале -1300 мВ в течение 10 с;

- регистрация анодных вольтамперных кривых индикаторного электрода при развёртке потенциала со скоростью 80 мВ/с на фоне $0,35$ М водного раствора муравьиной кислоты от потенциала -1120 мВ до потенциала $+130$ мВ.

Определение *Hg* в вытяжках картона и бумаги школьных тетрадей проводили на фоне буферного раствора Робинсона-Бриттона, содержащего $0,04$ моль/дм³ *H₃BO₃*, $0,04$ моль/

дм³ *H₃PO₄* и $0,04$ моль/дм³ *CH₃COOH*. Точные и хорошо воспроизводимые результаты определения *Hg* в водных вытяжках картона и бумаги школьных тетрадей, как было установлено методом «введено-найдено», получают, если регистрацию вольтамперных кривых индикаторного электрода проводить в следующих условиях:

- электрохимическая очистка индикаторного электрода при потенциале $+700$ мВ в течение 20 с;

- накопление ртути на поверхности индикаторного электрода при потенциале -550 мВ в течение 100 с;

- успокоение раствора при потенциале $+200$ мВ в течение 20 с;

- регистрация анодной вольтамперной кривой при скорости изменения потенциала 30 мВ/с в интервале потенциалов от $+200$ мВ до $+700$ мВ.

Проведение анализа водных вытяжек из обложки и бумаги школьных тетрадей на содержание тяжелых металлов выполняли следующим образом. Вначале регистрировали анодную вольтамперную кривую индикаторного электрода в растворе фонового электролита: $0,35$ М водном растворе муравьиной кислоты для определения *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* или буферном растворе Робинсона-Бриттона для определения *Hg*. После этого в фоновый электролит вводили аликвоту $0,2$ см³ водной вытяжки и снова регистрировали анодную вольтамперную кривую индикаторного электрода. После добавления в фоновый электролит с аликвотой водной вытяжки $0,05$ см³ стандартного раствора, содержащего по 2 мг/дм³ *Cd*, *Pb*, *Cu* и 3 мг/дм³ *Zn* или 1 мг/дм³ *Hg*, опять регистрировали анодную вольтамперную кривую индикаторного электрода.

Содержание тяжелых металлов в водных вытяжках рассчитывали на основании разности вольтамперных кривых пробы и фона, пробы с добавкой стандартного раствора и фона с помощью специализированной компьютерной программы «VALabTx», используя результаты анализа, полученные методом добавок стандартных растворов металлов, приготовленный на основе Государственных стандартных образцов (ГСО). При этом анализ каждой вытяжки обложки и бумаги школьных тетрадей на содержание *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* и *Hg* выполняли 3 раза. Полученные

результаты обрабатывали методом математической статистики согласно методике, изложенной в работе [5], рассчитав для каждого изученного образца интервальные значения ($\pm\Delta x$) и относительные стандартные отклонения (S_r) содержания **Zn, Cd, Pb, Cu** и **Hg**.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования, выполненные нами с использованием метода «введено-найдено», позволили установить, что для определения **Zn, Cd, Pb, Cu** и **Hg** не требуется минерализация проб вытяжек, как это указано в стандартных методиках инверсионно-вольтамперометрического определения этих металлов в плодоовощной и рыбной продукции [6, 7]. В отличие от методик, изложенных в [6, 7], определение **Zn, Cd, Pb** и **Cu** в нашем случае следует выполнять, регистрируя вольтамперные кривые индикаторного электрода на фоне 0,35 *М* водного раствора муравьиной кислоты, а определение **Hg** – на фоне буферного раствора Робинсона-Бриттона, содержащего по 0,04 *моль/дм³* **H₃BO₃, H₃PO₄**

и **CH₃COOH**. При этом для определения **Hg** целесообразно применять индикаторный электрод из сплава золота 583 пробы вместо золото-графитового электрода, как это указано в СТБ 1316 [7]. Определены новые параметры регистрации вольтамперных кривых индикаторных электродов в выбранных фоновых электролитах: потенциалы и время электрохимической очистки электродов; потенциалы и время накопления определяемых металлов; скорости изменения потенциала и интервалы потенциалов снятия вольтамперных кривых, позволившие получить воспроизводимые и точные результаты. Эти параметры указаны в разделе «Методика эксперимента».

На рисунке 1 представлен пример анодных вольтамперных кривых, зарегистрированных на амальгмированном серебряном электроде при определении **Zn, Cd, Pb** и **Cu** в водной вытяжке из бумаги школьной тетради образца № 2 (проба № 4).

Из рисунка видно, что на вольтамперной кривой в фоновом электролите (кривая 1) отсутству-

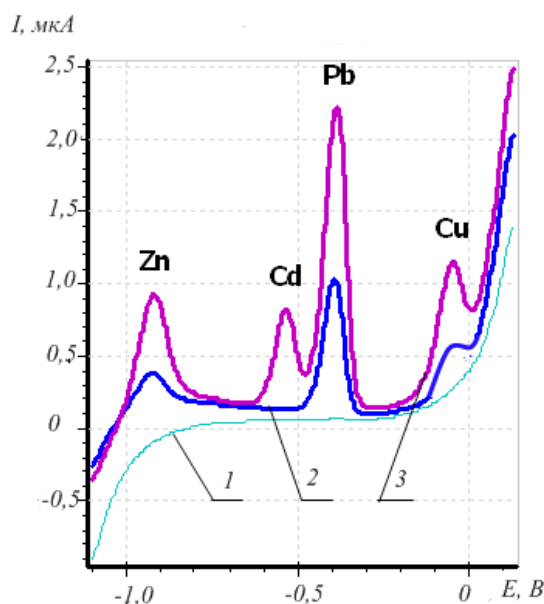


Рисунок 1 – Анодные вольтамперные кривые индикаторного электрода из амальгмированного серебра: 1 – в растворе фоновом электролита (0,35 *моль/дм³* муравьиной кислоты), 2 – в растворе фоновом электролита, содержащем вытяжку пробы № 4 образца листа тетради № 2; 3 – в растворе фоновом электролита, содержащем вытяжку пробы № 4 образца листа тетради № 2 с добавкой стандартного раствора, содержащего по 2 *мг/дм³* **Cd, Pb, Cu** и 3 *мг/дм³* **Zn**. Температура растворов 25 °С

ют максимумы тока, связанные с какими-либо анодными процессами окисления. Это свидетельствует о том, что *Zn, Cd, Pb* и *Cu*, а также другие вещества, способные окисляться, не концентрируются на электроде при проведении стадии накопления, что обусловлено их малой концентрацией или отсутствием в фоновом электролите. После введения в фоновый электролит аликвоты водной вытяжки пробы № 4 образца листа тетради № 2 на вольтамперной кривой (кривая 2) регистрируются три максимума тока окисления: при потенциалах (*мВ*) -900 , -380 и -50 , которые связаны с анодным окислением цинка, свинца и меди соответственно. После введения в раствор, содержащий аликвоту водной вытяжки пробы № 4, добавки стандартного раствора, максимумы тока окисления цинка, свинца и меди возрастают, и, кроме этого, регистрируется максимум тока при потенциале -550 *мВ*, обусловленный окислением кадмия.

Аналогичный вид вольтамперных кривых наблюдается для амальгамированного индикатор-

ного электрода при изучении содержания *Zn, Cd, Pb* и *Cu* во всех водных вытяжках из обложки и бумаги школьных тетрадей.

Пример анодных вольтамперных кривых, зарегистрированных при анализе вытяжки пробы № 2 образца листа тетради № 1 на содержание ртути, приведен на рисунке 2.

Видно, что на вольтамперной кривой индикаторного электрода из сплава золота 583 пробы, зарегистрированной в фоновом электролите (кривая 1), отсутствуют максимумы токов окисления, что свидетельствует об отсутствии в растворе фона веществ, способных концентрироваться при потенциале -550 *мВ*. На анодной вольтамперной кривой (кривая 2), полученной в растворе, содержащем вытяжку пробы № 2 образца листа тетради № 1, регистрируется максимум тока в интервале потенциалов $0,45 \pm 0,65$ *В*, что обусловлено окислением сконцентрированной на индикаторном электроде ртути и свидетельствует о её присутствии в растворе вытяжки. Максимум тока окисления ртути, как видно на

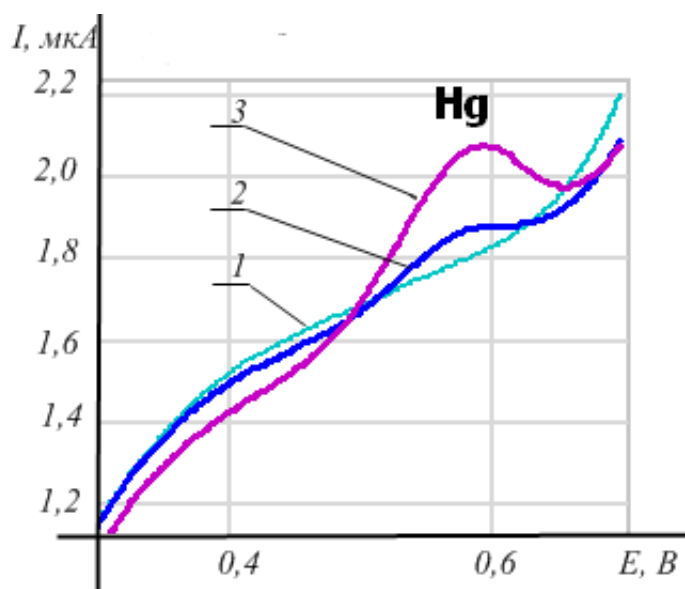


Рисунок 2 – Анодные вольтамперные кривые индикаторного электрода из сплава золота 583 пробы: 1 – в растворе фонового электролита (буферный раствор Робинсона-Бриттона); 2 – в растворе фонового электролита, содержащем вытяжку пробы № 2 образца листа тетради № 1; 3 – в растворе фонового электролита с вытяжкой пробы № 2 образца листа тетради № 1 и с добавкой стандартного раствора, содержащего $1 \text{ мкг/дм}^3 \text{ Hg}$. Температура растворов 25°C

кривой 3, возрастает после введения в ячейку добавки стандартного раствора ртути. Схожий вид анодных вольтамперных кривых индикаторного электрода получен при определении ртути в водных вытяжках всех проб картона и бумаги изученных образцов тетрадей.

На основании выполненных инверсионно-вольтамперметрических исследований, используя специализированную компьютерную программу VALabTx, рассчитаны массы *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* и *Hg*, выделяющиеся в бидистиллированную воду из проб картона и бумаги исследованных образцов тетрадей. Результаты расчетов, характеризующих миграцию тяжелых металлов с 1 кг картона и бумаги, представлены в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, пробы № 1 (картон обложки тетради ООО «Бинера»), № 4 (бумага листов тетради ОАО «Добрушская бумажная фабрика»), № 6 (бумага листов тетради ООО «Бинера»), №№ 9–12 (картон и бумага листов тетрадей ООО «Бинера» и ООО «Канц-ЭКМО») не содержат *Cd*. В пробах № 1 (картон обложки тетради ООО «Бинера») и № 10 (бумага листов тетради ООО «Бинера») отсутствует также *Hg*, то есть наиболее токсичные элементы. Максималь-

ная масса *Hg* (46 мг/кг) мигрирует из листа бумаги образца № 2.

Из всех образцов картона и бумаги школьных тетрадей выделяется *Cu* (от 0,70 до 40 мг/кг), допустимая концентрация миграции которой не нормируется ТНПА, а также свинец и цинк. Содержание свинца в исследованных водных вытяжках образцов изменяется в диапазоне от 2,4 до 24 мг/кг, а цинка – от 15 до 148 мг/кг.

ВЫВОДЫ

1. Методом «введено-найдено» установлено, что определение тяжелых металлов в водных вытяжках картона и бумаги школьных тетрадей не требует минерализации проб. При этом оптимальным составом фоновый электролит при определении *Zn*, *Cd*, *Pb* и *Cu* является 0,35 М водный раствор муравьиной кислоты, а при определении *Hg* – буферный раствор Робинсона-Бриттона, содержащий по 0,04 моль/дм³ *H₃BO₃*, *H₃PO₄* и *CH₃COOH*.

2. Из всех 12 изученных проб картона и бумаги школьных тетрадей в бидистиллированную воду мигрируют *Zn*, *Pb* и *Cu*, в то время как *Cd* – из 5, а *Hg* – из десяти проб картона и бумаги школьных тетрадей.

Таблица 1 – Миграция *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* и *Hg* в дистиллированную воду с 1 кг картона и бумаги образцов школьных тетрадей

№ пробы	Содержание металла, мг/кг									
	<i>Zn</i> **	<i>S_p</i> , %	<i>Cd</i> *	<i>S_p</i> , %	<i>Pb</i> *	<i>S_p</i> , %	<i>Cu</i>	<i>S_p</i> , %	<i>Hg</i> *	<i>S_p</i> , %
1	22±1,2	3,9	нет		5,7±0,2	2,5	2,3±0,1	2,3	нет	
2	96±6,7	5,0	0,76±0,02	1,9	24±1,3	3,9	15±0,7	3,4	46±2,9	4,5
3	32±1,9	4,3	0,35±0,01	2,1	8,0±0,4	3,6	2,4±0,1	3,0	2,2±0,08	2,6
4	135±9,7	5,2	нет		18±1,0	4,0	6,5±0,3	3,3	0,22±0,01	3,3
5	21±1,2	4,1	0,27±0,01	2,7	6,3±0,3	3,4	1,9±0,1	3,8	1,9±0,07	2,7
6	58±3,7	4,6	нет		19±1,0	3,8	40±2,4	4,3	2,9±0,11	2,7
7	35±2,1	4,3	0,57±0,02	2,5	6,8±0,3	3,2	2,0±0,1	3,6	2,1±0,08	2,7
8	143±11	5,5	1,29±0,04	2,2	24±1,3	3,9	4,8±0,2	3,0	43±2,7	4,5
9	15±0,8	3,8	нет		5,8±0,2	2,5	0,70±0,02	2,1	2,9±0,11	2,7
10	92±6,4	5,0	нет		2,4±0,1	3,0	9,6±0,4	3,0	нет	
11	46±2,9	4,5	нет		2,9±0,1	2,5	2,1±0,1	3,4	0,63±0,02	2,3
12	148±11	5,3	нет		3,2±0,1	2,2	4,5±0,2	3,2	1,8±0,06	2,4

Примечание: * – согласно требованиям ТР ТС, содержание не должно превышать в мг/кг: *Cd* – 75; *Pb* – 90; *Hg* – 60; ** – согласно требованиям ТР ТС, миграция *Zn* не должна превышать 1,0 мг/дм³ (что соответствует 167 мг/кг).

3. Предельно допустимые концентрации миграции в воду *Zn, Cd, Pb, Hg*, нормируемые ТР ТС 007/2011, не превышены ни в одной исследованной пробе образцов картона и бумаги школьных тетрадей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ТР ТС 007/2011. О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков. – Утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 23.09.2011 г. № 797. – 60 с.
2. Матвейко, Н. П., Брайкова, А. М., Садовский, В. В. (2018), Миграция тяжелых металлов из издательской продукции для детей, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2018, Выпуск 34, с. 88–95.
3. Брайкова, А. М., Матвейко, Н. П. (2012), Определение тяжелых металлов в кремах для лица методом инверсионной вольтамперометрии, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2012, Выпуск 22, с. 111–116.
4. Матвейко, Н. П., Брайкова, А. М., Садовский, В. В. (2015), Вольтамперометрическое определение тяжелых металлов в твердом туалетном мыле, *Химия и экология – 2015. Материалы международной научно-практической конференции*, Салават, 25 марта 2015, Уфа, УГНТУ, 2015, С. 273–277.
5. Васильев, В. П. (2004), *Аналитическая химия: в 2 ч*, Москва, Дрофа, 2004. Ч. 1, С. 122.
6. СТБ 1313. *Продукты пищевые и сырье продовольственное. Методика определения содержания токсичных элементов цинка, кадмия, свинца и меди методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА-4*. Введ. 2002-06-15, Минск: Госстандарт, 2002, 22 с.

REFERENCES

1. TR TS 007/2011. On the safety of products intended for children and adolescents. - Approved. By the decision of the Commission of the Customs Union of September 23, 2011 No. 797. – 60 p.
2. Matveika, M. P., Braikova, A. M., Sadovsky, V. V. (2018), Migraciya tyazhelyh metallov iz izdatel'skoj produkcii dlya detej [Migration of heavy metals from children's publishing products], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2018, Issue 34, pp. 88–95.
3. Braikova, A. M., Matveika, M. P. (2012), Opredelenie tyazhelyh metallov v kremah dlya lica metodom inversionnoj vol'tamperometrii [Determination of heavy metals in facial creams by the method of inverse voltammetry], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2012, Issue 22, pp. 111–116.
4. Matveika, M. P., Braikova, A. M., Sadovsky, V. V. (2015), Vol'tamperometricheskoe opredelenie tyazhelyh metallov v tverdom tualetnom myle [Voltammetric determination of heavy metals in solid toilet soap], *Himiya i ekologiya – 2015. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii – Chemistry and Ecology – 2015. Materials of the international scientific and practical conference*, Salavat, March 25, 2015, Ufa, UGNTU, 2015, pp. 273–277.
5. Vasiliev, V. P. (2004), *Analiticheskaya himiya: v 2 ch* [Analytical chemistry: at 2 hours], Moscow, Drofa, 2004. Part 1, P. 122.

7. СТБ 1316. *Рыба, морепродукты и продукты их переработки. Методика определения содержания ртути методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА-4.* Введ. 2002-06-15, Минск: Госстандарт, 2002, 22 с.

6. STB 1313. *Food products and food raw materials. Methodology for determining the content of toxic elements of zinc, cadmium, lead and copper by inversion voltammetry on TA-4 analyzers.* Vved. 2002-06-15, Minsk: Gosstandart, 2002, 22 p.

7. STB 1316. *Fish, seafood and products of their processing. Method for determination of mercury content by inversion voltammetry on TA-4 analyzers.* Vved. 2002-06-15, Minsk: Gosstandart, 2002, 22 p.

Статья поступила в редакцию 16. 10. 2019 г.