

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТВЕРДОМ ТУАЛЕТНОМ МЫЛЕ

Н.П. Матвейко, А.М. Брайкова, В.В. Садовский

УДК 543.253

РЕФЕРАТ

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, СОДЕРЖАНИЕ, ТУАЛЕТНОЕ МЫЛО, ИНВЕРСИОННАЯ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЯ

*Методом инверсионной вольтамперометрии определено содержание **Zn, Pb, Cu** и **Hg** в образцах 8 наименований твердого туалетного мыла.*

*Установлено, что во всех изученных образцах туалетного мыла содержатся **Zn, Pb, Cu** и **Hg**, причем содержание **Zn** превышает содержание других тяжелых металлов в десятки и даже сотни раз.*

*Содержание **Pb** в изученных образцах туалетного мыла более чем в 3 раза меньше регламентируемой СанПиН № 130-А РБ величины.*

Кадмий лишь в незначительных количествах обнаружен только в двух изученных образцах туалетного мыла: NIVEA и CAMAY.

ABSTRACT

HEAVY METALS, CONTENT, TOILET SOAP, STRIPPING VOLTAMMETRY

*By stripping voltammetry method it was determined the maintenance of **Zn, Pb, Cu** and **Hg** in samples of 8 names of solid toilet soap.*

*It was established that all studied samples of toilet soap contain **Zn, Pb, Cu** and **Hg**, and the maintenance of **Zn** exceeds the content of other heavy metals in tens and even hundreds of times.*

*The maintenance of **Pb** in the studied samples of toilet soap is more than 3 times less than the size regulated by the SanPiN № 130-A RB.*

Only in insignificant quantities cadmium is found in two studied samples of toilet soap: NIVEA and CAMAY.

По имеющимся данным, мыло изготавливали ещё в древних Шумере и Вавилоне (около 2800 г. до н. э.). На глиняных табличках, найденных в Месопотамии и относящихся примерно к 2200 г. до н. э., дано описание технологии изготовления мыла. Египетский папирус середины второго тысячелетия до нашей эры свидетельствует, что египтяне регулярно употребляли мыло в омовениях [1, 2].

В 1808 году французский химик Мишель Эжен Шеврёль установил, что мыло – это натриевая соль высшей жирной (карбоновой) кислоты [1].

Непрерывный процесс мыловарения вместе с процессом гидролиза жиров водой и паром был отработан в конце 1930-х годов в Европе и США [1, 2].

В настоящее время мыло – одно из самых распространенных средств гигиены, оно занимает значительную часть рынка моющих средств [3, 4]. По данным исследований, мылом пользуются 98 % россиян. Установлено, например, что в 2010 в России годовое потребление туалет-

ного мыла на душу населения составляло около 0,8 кг, а общий объем потребления – более 113 тыс. тонн [3, 4].

Твердое туалетное мыло в Республике Беларусь подлежит обязательному подтверждению соответствия требованиям технических нормативных правовых актов (ТНПА) [5–7]. Согласно ТНПА эта продукция должна соответствовать показателям гигиенической безопасности, важнейшим из которых является содержание тяжелых металлов [6, 7]. Содержание тяжелых металлов в твердом туалетном мыле общего применения не должно превышать, мг/кг: мышьяк – 5,0; ртуть – 1,0; свинец – 5,0, а в детском мыле – мышьяк – 2,0; ртуть – 0,5; свинец – 2,0 [6]. По данным СанПиН 1.2.681–97 РФ мышьяк, ртуть и свинец в твердом туалетном мыле вообще должны отсутствовать [7]. Содержание меди, цинка и кадмия в твердом туалетном мыле не регламентируется, но при производстве мыла используют различное сырье природного и синтетического происхождения, которое может содержать соединения этих металлов.

Использование мыла может негативно сказываться на здоровье человека, поскольку содержащиеся в нем некоторые ингредиенты, а также тяжелые металлы способны через кожу проникать в организм человека. Еще большее влияние могут оказывать на окружающую среду сточные воды, образующиеся в большом количестве в процессе применения туалетного мыла. В этой связи представляло интерес изучить содержание тяжелых металлов (*Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* и *Hg*) в различных марках туалетного мыла.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Методом инверсионной вольтамперометрии определить содержание *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* и *Hg* в образцах твердого туалетного мыла отечественных и зарубежных производителей.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Необходимые для исследования растворы готовили из реактивов марки «ХЧ» на дважды перегнанной дистиллированной воде (бидистилляте).

Все значения электродных потенциалов в статье приведены по отношению к хлорсеребряному электроду сравнения в 1М растворе хлорида калия.

В качестве объектов исследования выбраны восемь образцов твердого туалетного мыла отечественных и зарубежных производителей, представленных на рынке Республики Беларусь. Наименования исследованных образцов мыла и основные компоненты, входящие в их состав, установленные по информации на упаковке мыла, приведены в таблице 1.

Из таблицы видно, что в туалетном мыле отечественного производства (образцы мыла № 1–4) перечень содержащихся компонентов значительно меньше, чем в туалетном мыле зарубежного производства (образцы мыла № 5–8). Можно предположить, что более широкий перечень компонентов, входящих в состав мыла зарубежных производителей, может с большей вероятностью привести к загрязнению мыла тяжелыми металлами, чем в случае мыла отечественных производителей.

Для подготовки проб твердого туалетного мыла применяли двухкамерную программируемую печь марки ПДП – 18М. Поскольку основны-

ми компонентами мыла являются соли жирных кислот животных жиров и растительных масел, подготовку проб туалетного мыла проводили на основе методики подготовки проб пищевых жиров и масел, описанной в работе [8], следующим образом. Навеску образца туалетного мыла массой 0,3–0,4 г помещали в кварцевый стакан объемом 10 см³, добавляли 3,0 см³ 10 % спиртового раствора *Mg(NO₃)₂*. Полученный раствор выпаривали в течение 80 минут, постепенно повышая температуру от 100 °С до 300 °С. Затем обугливали при температуре 350 °С в течение 30 минут. По окончании обугливания кварцевые стаканы помещали в камеру для озоления и проводили озоление проб при температуре 470 °С в течение 30 минут. После охлаждения до комнатной температуры к пробам добавляли по 2,0 см³ концентрированной азотной кислоты и по 0,5 см³ 30 %-ного раствора пероксида водорода. Образовавшийся раствор выпаривали в течение 70 минут, постепенно повышая температуру от 150 °С до 350 °С. После этого снова проводили озоление при температуре 470 °С в течение 180 минут. Операции обработки азотной кислотой (2,0 см³) с добавлением 0,5 см³ 30 %-ного раствора пероксида водорода, выпаривания и последующего озоления при температуре 470 °С повторяли до получения однородной золы белого цвета. Зола растворяли в 1,0 см³ концентрированной хлороводородной кислоты. Раствор выпаривали до влажного осадка при температуре 150 °С. Образовавшийся осадок растворяли в 10 см³ бидистиллята. После этого индикаторной бумагой определяли *pH* образовавшегося раствора. Если *pH* составляло 3 и более единиц, то проводили анализ, если *pH* – меньше 3, то повторяли процедуру выпаривания и растворения осадка в 10 см³ бидистиллята. Для вольтамперометрического анализа брали 0,4 см³ минерализата, добавляли 0,13 см³ концентрированной муравьиной кислоты, затем объем раствора доводили бидистиллятом до 10 см³. Концентрация фонового электролита (раствор муравьиной кислоты) в этом случае составляла 0,35 моль/дм³.

Содержание *Zn*, *Cd*, *Pb* и *Cu* в образцах мыла определяли методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе вольтамперометрическом марки ТА-4. Индикаторным электродом служила амальгамированная серебряная про-

Таблица 1 – Наименования образцов мыла и основные компоненты, входящие в их состав

№ образца мыла	Наименование мыла	Основные компоненты мыла
1	Липовый цвет. Марка «Ординарное». ГОСТ 28546	Натриевые соли жирных кислот пищевых животных жиров и растительных масел, $NaCl$, TiO_2
2	Жасмин. Марка «Ординарное». ГОСТ 28546	Натриевые соли жирных кислот животных жиров и растительных масел, оливковое масло, глицерин, TiO_2
3	Ваш малыш. Марка «Экстра». ГОСТ 28546	Натриевые соли жирных кислот пищевых животных жиров и растительных масел, глицерин, норковый жир, $NaCl$, TiO_2
4	Земляничное. Марка «Ординарное». ГОСТ 28546	Натриевые соли жирных кислот пищевых животных жиров и растительных масел, $NaCl$, TiO_2
5	NIVEA, крем-мыло	Натриевые соли жирных кислот животных жиров и кокосового масла, глицерин, $NaCl$, $Na_2S_2O_3$, метилбензоат, бензиловый спирт, органически модифицированный силикат магния
6	PALMOLIVE, крем-мыло	Натриевые соли жирных кислот животных жиров и пальмового масла, глицерин, $NaCl$, линалоол, метилпропанол, бутилфенил, органические кислоты тетранатриевая соль ЭДТА
7	FAX HAPPY HOME, крем-мыло	Натриевые соли жирных кислот животных жиров, пальмового и кокосового масел, глицерин, $NaCl$, токоферил ацетат, пропилен гликоль, α -изометил ионол, этидроновая кислота тетранатриевая соль ЭДТА
8	SAMAY, ТУ У 24.5 32509841-004	Натриевые соли жирных кислот животных жиров, пальмового масла и красного пальмового масла, жирные кислоты красного пальмового масла, натриевая соль лимонной кислоты, лимонная кислота, тетранатриевая соль ЭДТА, натриевая соль диэтилентриаминпентауксусной кислоты, линалоол

Примечание: ЭДТА – этилендиаминтетрауксусная кислота.

волока, электродом сравнения и вспомогательным электродом – хлорсеребряный электрод. Условия проведения анализа и состав фонового электролита определяли отдельными исследованиями. Установлено, что электрохимическую очистку индикаторного электрода целесообразно осуществлять в течение 20 с попеременной анодной и катодной поляризацией при потенциале +100 и –1120 мВ соответственно. Накопление металлов на поверхности индикаторного электрода осуществляется при потенциале –1350 мВ в течение 20–40 с (время зависит от концентрации металлов в растворе), успокоение

раствора при потенциале –1150 мВ – в течение 10 с, а развертка потенциала со скоростью 80 мВ/с на фоне 0,35 М водного раствора муравьиной кислоты – в интервале потенциалов от –1150 до +100 мВ.

Определение **Zn**, **Cd**, **Pb** и **Cu** проводили методом добавок с использованием стандартного раствора, содержащего по 2 мг/дм³ каждого металла, который готовили на основе государственных стандартных образцов (ГСО) и бидистиллята. Расчет содержания тяжелых металлов в пробах мыла выполняли по разности вольтамперных кривых пробы и фона, пробы с добавкой стан-

дартного раствора и фона с помощью программы «VALabTx» и персональной ЭВМ.

Анализ образцов мыла на содержание ртути проводили инверсионной вольтамперометрией на анализаторе марки АВА-3 с применением вращающегося углесталлового индикаторного электрода, хлорсеребряного электрода сравнения и платинового вспомогательного электрода. Анализ проб на содержание ртути выполняли, используя условия, описанные в работе [9], на фоне 0,4 М раствора H_2SO_4 , содержащего 0,1 моль/дм³ KNO_3 и 0,001 моль/дм³ динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты (трилон Б). Скорость развертки потенциала 5 В/с. Содержание ртути в ячейке определяли методом добавок с использованием стандартного раствора ртути концентрацией 2 мг/дм³, приготовленного из оксида ртути (II) марки «чда» и 0,05 М водного раствора H_2SO_4 . Расчет количества ртути в 1 кг мыла проводили по разности вольтамперных кривых пробы и фона, пробы с добавкой стандартного раствора и фона с помощью специализированной компьютерной программы, разработанной производителем анализатора АВА-3 («Буревестник» г. Санкт-Петербург).

Каждую пробу на содержание **Zn, Cd, Pb, Cu** и **Hg** анализировали не менее 4 раз.

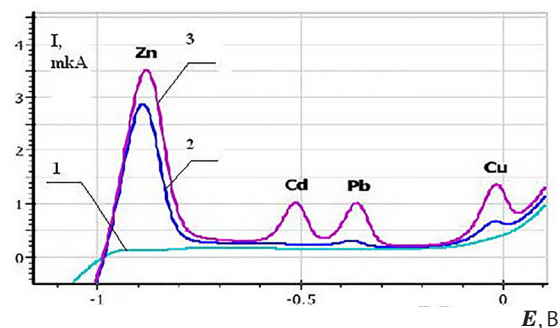
Все результаты обрабатывали методом математической статистики, рассчитав относительные стандартные отклонения (Sr) и интервальные значения ($\pm \Delta x$) содержания **Zn, Cd, Pb, Cu** и **Hg** в туалетном мыле [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 1 представлены примеры вольтамперных кривых, полученных при определении содержания **Zn, Cd, Pb** и **Cu** в пробе туалетного мыла № 1 (Липовый цвет).

Видно, что на вольтамперной кривой фонового электролита пики тока отсутствуют, что свидетельствует об отсутствии в нем **Zn, Cd, Pb** и **Cu**. При анализе пробы туалетного мыла № 1 на вольтамперной кривой появляется четкий пик тока в области потенциалов $-1 \div -0,7$ В и проявляются небольшие токи в области потенциалов: $-0,40 \div -0,30$; $-0,40 \div +0,40$ В. Эти токи свидетельствуют о присутствии в образце туалетного мыла № 1 **Zn, Pb, Cu** соответствен-

L , мкА



- 1 – фонового электролита (0,35 М водный раствор муравьиной кислоты);
- 2 – пробы образца туалетного мыла № 1 (Липовый цвет);
- 3 – пробы образца туалетного мыла № 1 с добавкой стандартного раствора, содержащего по 2 мг/дм³ **Zn, Cd, Pb, Cu**

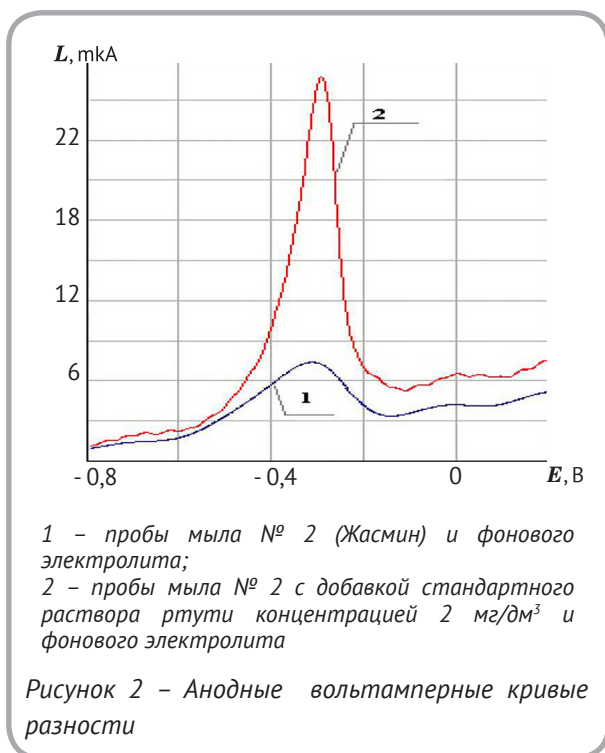
Рисунок 1 – Анодные вольтамперные кривые

но. После добавления к пробе туалетного мыла № 1 стандартного раствора, содержащего по 2 мг/дм³ каждого из определяемых металлов, пики тока окисления **Zn, Pb** и **Cu** увеличиваются, и появляется пик тока окисления **Cd**, что обусловлено увеличением концентрации этих металлов в растворе электролита.

Аналогичные анодные вольтамперные кривые зарегистрированы для проб всех исследованных наименований твердого туалетного мыла.

По разности вольтамперных кривых пробы и фона, пробы с добавкой стандартного раствора и фона с помощью специализированной компьютерной программы «VALabTx» рассчитано содержание каждого металла (в пересчете на 1 кг мыла) в образцах всех исследованных наименований туалетного мыла. Полученные на основании анализа после мокрой минерализации образцов проб туалетного мыла интервальные значения содержания **Zn, Cd, Pb, Cu** и относительные стандартные отклонения представлены в таблице 2.

На рисунке 2 приведены кривые разности вольтамперных кривых пробы и фонового электролита, а также пробы с добавкой стандартного раствора и фонового электролита, зарегистрированные с помощью анализатора марки АВА-3 при анализе образца мыла № 2 (Жасмин) на со-



держание ртути **Hg**.

Видно, что в интервале потенциалов от $-0,58$ до $-0,10$ В на кривой разности анодной вольтамперной кривой пробы мыла № 2 и фонового электролита (кривая 1) имеется хорошо выраженный максимум тока окисления, свидетельствующий о присутствии в пробе ртути. При введении в анализируемую пробу добавки стандартного раствора ртути максимум анод-

ного тока пропорционально увеличивается (кривая 2), что указывает на увеличение концентрации ртути в растворе. Аналогичный характер изменения кривых разности анодных вольтамперных кривых пробы мыла и фонового электролита, а также пробы мыла с добавкой стандартного раствора ртути и фонового электролита наблюдается для всех исследованных наименований твердого туалетного мыла. На основании совокупности зарегистрированных вольтамперных кривых с помощью комплексной специализированной компьютерной программы, разработанной производителем анализатора АВА-3, рассчитано содержание ртути во всех исследованных образцах мыла. Интервальные значения содержания ртути в образцах мыла, а также относительные стандартные отклонения представлены в таблице 2.

Из таблицы видно, что во всех образцах изученных наименований туалетного мыла содержатся **Zn**, **Pb**, **Cu** и **Hg**. При этом больше всего в мыле содержится цинка (от $21 \pm 0,4$ мг/кг для образца № 8 CAMAY до $67 \pm 0,8$ мг/кг для образца № 5 NIVEA). По сравнению с цинком содержание **Pb**, **Cu** и **Hg** значительно меньше: в 40–160; в 16–72; в 24–390 раз соответственно. При этом наибольшее содержание **Pb** характерно для образца № 6 (крем-мыло PALMOLIVE) ($1,6 \pm 0,06$ мг/кг). В образце мыла № 8 CAMAY содержание **Pb** наименьшее: $0,3 \pm 0,01$ мг/кг. Следует отметить, что количество свинца в ис-

Таблица 2 – Содержание **Zn**, **Cd**, **Pb**, **Cu** и **Hg** в мг на 1 кг твердого туалетного мыла

№ образца мыла	Содержание металла, мг/кг									
	Zn	$S_r, \%$	Cd	$S_r, \%$	Pb	$S_r, \%$	Cu	$S_r, \%$	Hg	$S_r, \%$
1	$55 \pm 0,8$	1,1	не обнаружен	–	$1,4 \pm 0,05$	2,7	$3,42 \pm 0,095$	2,0	$1,06 \pm 0,038$	2,6
2	$45 \pm 0,7$	1,2	не обнаружен	–	$1,2 \pm 0,05$	2,8	$1,82 \pm 0,061$	2,4	$1,82 \pm 0,061$	2,4
3	$40 \pm 0,7$	1,3	не обнаружен	–	$0,9 \pm 0,04$	3,1	$0,73 \pm 0,033$	3,3	$0,77 \pm 0,042$	3,2
4	$63 \pm 0,9$	1,0	не обнаружен	–	$0,7 \pm 0,03$	3,3	$0,87 \pm 0,037$	3,1	$0,16 \pm 0,006$	2,8
5	$67 \pm 0,8$	0,9	$0,0110 \pm 0,0007$	4,9	$0,4 \pm 0,02$	3,6	$1,39 \pm 0,052$	2,7	$1,24 \pm 0,038$	2,3
6	$39 \pm 0,7$	1,3	не обнаружен	–	$1,6 \pm 0,06$	2,5	$0,47 \pm 0,023$	3,5	$0,27 \pm 0,014$	3,0
7	$38 \pm 0,7$	1,3	не обнаружен	–	$1,2 \pm 0,05$	2,8	$1,84 \pm 0,061$	2,4	$1,52 \pm 0,055$	2,6
8	$21 \pm 0,4$	1,4	$0,0170 \pm 0,0008$	4,7	$0,3 \pm 0,01$	3,6	$0,67 \pm 0,031$	3,3	$0,98 \pm 0,038$	2,8

следованных образцах мыла более чем в 3 раза меньше регламентируемой величины [6].

Содержание меди в исследованных образцах мыла невелико. При этом больше всего меди содержится в образце мыла № 1 Липовый цвет ($3,42 \pm 0,095$ мг/кг), а меньше всего – в образце мыла № 6 PALMOLIVE ($0,47 \pm 0,023$ мг/кг).

Достаточно большое количество ртути содержится в образцах мыла № 2 Жасмин, № 5 NIVEA и № 7 FAX HAPPY HOME (мг/кг): $1,82 \pm 0,061$; $1,24 \pm 0,038$; $1,52 \pm 0,055$ соответственно. Причем содержание ртути в этих образцах мыла в 1,8–1,2 раза больше регламентируемого СанПиН № 130-А РБ [6].

Что касается кадмия, то этот металл в незначительных количествах обнаружен лишь в образцах мыла № 5 NIVEA и № 8 САМАУ: $0,0110 \pm 0,0007$ и $0,0170 \pm 0,0008$ мг/кг соответственно.

ВЫВОДЫ

1. Во всех изученных образцах туалетного мыла содержатся **Zn**, **Pb**, **Cu** и **Hg**, причем содержание **Zn** превышает содержание других тяжелых металлов в десятки и даже сотни раз.

2. Содержание **Pb** в изученных образцах туалетного мыла более чем в 3 раза меньше регламентируемой СанПиН № 130-А РБ величины.

3. Содержание **Hg** в образцах туалетного мыла Жасмин, NIVEA и FAX HAPPY HOME в 1,8–1,2 раза больше регламентируемого СанПиН № 130-А РБ.

4. Кадмий лишь в незначительных количествах обнаружен только в двух изученных образцах туалетного мыла: NIVEA и САМАУ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мыло [Электронный доступ]. – 2012. Режим доступа: www.ru.wikipedia.org/wiki/ – Дата доступа: 11.12.2014.
2. История мыла и мыловарения [Электронный доступ]. – 2010. Режим доступа: www.soapdream.ru/.../Istoriya-myla-i-mylovareniya.html – Дата доступа: 12.12.2014.
3. Российский рынок твердого мыла, Москва, 2010, 26 с.
4. Обзор российского рынка растительного масла [Электронный доступ]. – 2010. Режим доступа: www.marketcenter.ru/.../document_r_57ed7a16-4028-4c82-a9b4-c7fbfc517db0.html – Дата доступа: 11.12.2014.
5. ГОСТ 28546–2002 (2002), Мыло туалетное. Общие технические условия, Минск, Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2002, 11 с.

REFERENCES

1. Myilo [Soap], (2012), available at: www.ru.wikipedia.org/wiki/ (accessed 11 December 2014).
2. Istoriya myla i mylovareniya [The history of soap and soap manufacture], (2010), available at: www.soapdream.ru/.../Istoriya-myla-i-mylovareniya.html (accessed 12 December 2014).
3. Rossiyskiy ryinok tverdogo myla [Russian market of solid soap], Moscow, 2010, 26 p.
4. Obzor rossiyskogo ryinka rastitelnogo masla [Review of the Russian market of vegetable oil], (2010), available at: www.marketcenter.ru/.../document_r_57ed7a16-4028-4c82-a9b4-c7fbfc517db0.html (accessed 11 December 2014).
5. GOST 28546-2002 (2002), Myilo tualetnoe. Obchie tehicheskie usloviya [Toilet soap. General specifications], Минск, Interstate council for standardization, metrology and certification, 11 p.

6. СанПиН № 130-А РБ (2008), *Гигиенические требования к безопасности парфюмерно-косметической продукции, ее производству и реализации*, Минск, ГУРНПЦ РБ, 2008, 114 с.
7. СанПиН 1.2.681–97 РФ (1998), *Гигиенические требования к производству и безопасности парфюмерно-косметической продукции*, Москва, 1998, 41 с.
8. Носкова, Г.Н., Заичко, А.В., Иванова, Е.Е. (2007), *Минерализация пищевых продуктов. Методические пособие по подготовке проб для определения содержания токсичных элементов. Практическое руководство*, Томск, Изд-во ТПУ, 2007, 30 с.
9. Матвейко, Н.П., Брайкова, А.М., Садовский, В.В. (2014), Определение содержания тяжелых металлов в табаке сигарет и продуктах его сгорания, *Вестник БГЭУ*, 2014, Вып. 3., С. 65-70.
10. МИ 2336-95. (1995), *Характеристики погрешности результатов количественного химического анализа. Алгоритмы оценивания*, Екатеринбург, 1995, 45 с.
6. SanPiN No. 130-A RB (2008), *Gigienicheskie trebovaniya k bezopasnosti parfumerno-kosmeticheskoy produkcii, ee proizvodstvu i realizacii* [Hygienic requirements to safety of perfumery and cosmetic production, its production and realization], Minsk, GURNPTS RB, 114 p.
7. SanPiN 1.2.681–97 (1997), *Gigienicheskie trebovaniya k proizvodstvu i bezopasnosti parfumerno-kosmeticheskoy produkcii* [Hygienic requirements to production and safety of perfumery and cosmetic production: Russian Federation], Moscow, 41 p.
8. Noskova, G.N., Zaichko, A.V., Ivanova, E.E. (2007), *Mineralizaciya pichevyih produk-tov. Metodicheskoe posobie po podgotovke prob dlya opredeleniya soderzhaniya toksichnyih ele-mentov. Prakticheskoe rukovodstvo* [Mineralization of foodstuff. Methodical manual on preparation of tests for definition of the maintenance of toxic elements. Practical guidance], Tomsk, Publishing house of TPU, 30 p.
9. Matveiko, N.P., Braikova, A.M., Sadovsky, V.V. (2014), Determination of the content of heavy metals in tobacco of cigarettes and products of its combustion [Opredelenie soderzhaniya tyazhelyh metallov v tabake sigaret i produktah ego sgoranya], *Vestnik BGEU – The BGEU Bulletin*, 2014, No 3, pp. 65-70.
10. MI 2336-95 (1995), *Harakteristiki pogreshnosti rezultatov kolichestvennogo himich-eskogo analiza. Algoritmy ocenivaniya* [Characteristics of error in the results of quantitative chemical analysis. Estimation algorithms], Ekaterinburg, 45 p.

Статья поступила в редакцию 17.02.2015 г.