

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОСТУПЛЕНИЯ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА В ПРОЦЕССЕ «ДЫМОВЕЙПЕРИЗАЦИИ»

Л.И. Торопов, канд. хим. наук, доцент

А.В. Сотин, канд. техн. наук, доцент

А.В. Касимов, ассистент

А.М. Казаева, студент

Е.И. Качкина, студент

Р.Р. Сафин, студент

А.А. Шидловский, студент

Пермский государственный национальный исследовательский университет
(Россия, г. Пермь)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-4-4-70-73

Аннотация. В статье рассматривается вопрос поступления токсичных химических элементов в организм человека с дымом сигарет и при использовании современных гаджетов: вейпа, GLO и кальяна. Забор продуктов «дымвейперизации» для анализа проводился с помощью аспиратора. Спектральным методом контролировалось наличие 20 элементов в адсорбционном материале. Установлено, что наибольшее количество металлов (12-14) содержится в парах вейпа и дыме сигарет.

Ключевые слова: сигареты, кальян, вейп, токсичные элементы, атомно-эмиссионный анализ.

Проблема табакокурения существовала и обсуждалась всегда. В последнее время стали популярными гаджеты различного типа: электронные сигареты, жидкостные системы (вейпы), устройства нагревания табака (GLO), кальяны, которые воспринимаются как более безопасная альтернатива табачным сигаретам. Однако их использование связано поступлением в организм человека, наряду с никотином, большого количества вредных органических соединений [1-5]. В то же время все большее число исследований обнаруживают токсичные металлы в выбросах электронных сигарет [6, 7]. Металлы могут поступать из конструкционных материалов гаджетов: сплавов (например, кантала (Fe+Cr+Al), нихрома (Ni+Cr) или металлов высокой чистоты (Ni, Ti)). Олово (Sn) и другие металлы используются в паяных соединениях. Жидкости для электронных сигарет также могут содержать мышьяк (As) и другие металлы/металлоиды в различных количествах [8]. В табачном дыме обнаруживают более 70 металлов, в том числе никель, медь, цинк, кадмий, ртуть, хром, свинец и др.

Наличие тяжелых металлов наряду с токсическим воздействием органической составляющей отрицательно сказывается на здоровье человека. Международное агентство исследований рака (IARC) относит к «канцерогенам человека первой группы» 44 отдельных вещества, 9 из которых присутствуют в основном потоке табачного дыма. Это бензол, кадмий, мышьяк, никель, хром, 2-нафтиламин, винилхлорид, 4-аминобифенил, бериллий [9]. Цель нашей работы – проведение сравнительной характеристики различных современных устройств и систем, а также сигарет по «доставке» в организм человека токсичных элементов.

Оборудование, материалы, образцы, параметры, условия.

Улавливание выделяющихся паров и дыма проводили с помощью автоматического пробоотборника воздуха «ОП–221ТЦ» путем пропускания выделяющегося аэрозоля через слой ваты, помещенной в склянку Тищенко для твердых поглотителей. Вата, с высокой адсорбционной способностью: медицинская, гигроскопическая, хирургическая, хлопковая по ГОСТ 5556-81.

Используемые образцы:

1) Сигареты (Winston Blue, в одной сигарете с фильтром 0,94 г табака, на каждую сигарету приходится 6 г смол и 0,6 мг никотина).

2) Жидкость для электронных сигарет (Tip-top Salt, 40 мг/мл – количество никотина), вейп – Charon baby.

3) Табак для кальяна (Blaze X, в 1 г табака содержится примерно 2,95 мг никотина).

4) Устройство GLO. Стиki (Neo для GLO, в одном стике содержится 1,9 мг никотина на 0,7 г смеси табака).

Детализация условий проведения эксперимента по адсорбции аэрозолей представлена в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Скорость пропускания дыма и пара через вату

Сигареты, GLO	0,7 л/мин
Вейп, кальян	3 л/мин

Таблица 2. Усредненная доза и время аспирации* дыма и пара

Источник аэрозолей	Среднесуточная доза	Время пропускания, мин
Стики GLO	10 шт.	25 минут (время пропускания пара от стиков меньше, чем дыма от сигарет, поскольку курение одного стика занимает меньше времени)
Сигареты	10 шт.	35
Кальян	1 полный кальян (20 г табачной смеси)	40
Вейп	4 мл жидкости (две полные заправки картриджа)	25

* зависит от суточной дозы каждого из видов курения.

После проведения аспирации образцы ваты (масса ~ 10 г) озоляли в фарфоровых чашках на электроплитке, прокаливали в муфельной печи при 460°C в течение 30 мин. Полученный остаток взвешивали на аналитических весах, переносили в фарфоровые тигли, добавляли рассчитанное количество графитового порошка квалификации осч-8-4 для создания оптимальных условий спектрографирования, обрабатывали смесью HCl (хч) : HNO₃ (осч) = 3:1 мл, выпаривали досуха на плитке и переносили в спектрально чистые графитовые электроды осч-7-4.

Спектры регистрировали на автоматизированном атомно-эмиссионном спектрографеДФС-458С с фотоэлектрическим анализатором спектров ФЭП-454. Контролировалось наличие 20 элементов: Al, As, Ba, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, In, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, Sr, Ti, V, Zn.

Условия съемки спектров: переменный ток – 7 А; время экспозиции – 30 с; аналитический промежуток – 2,5 мм; промежуточная диафрагма – круглая; щель спектрографа – 0,020 мм. Электроды графитовые, спектрально чистые: нижний – с кра-

тером 5×3,5 мм; верхний – заточен на конус с площадкой 2 мм². Для каждого образца, включая контрольный (вата без стадии аспирации), проводилось 3 параллельных определения. Результаты обрабатывались с помощью программного обеспечения «Спектр» анализатора ФЭП-454.

Результаты и обсуждение.

В таблице 3 представлены результаты определения содержания в исследуемых образцах 15 элементов. Оставшиеся пять металлов (Bi, Mo, Mn, Fe, Co) отсутствуют, поскольку их количество в пробах соизмеримо с наличием в контрольном опыте. Полученные данные свидетельствуют о том, что наибольшее количество токсичных элементов попадает в организм человека с дымом сигарет и при вдыхании паров вейпов. Наименьшее количество контролируемых металлов (неметаллов) обнаруживается в аэрозоле кальяна: As, Ba и In. Однако следует отметить, что содержание канцерогенного элемента мышьяка в других аэрозолях минимально. В то же время в работе [10] отмечено, что мышьяк при курении кальяна также не был обнаружен. Отсюда следует, что в значитель-

ной степени это несоответствие вероятно обусловлено выбором табачной смеси для

кальяна и условиями проведения эксперимента.

Таблица 3. Среднесуточное поступление элементов в организм курящего человека (n = 3)

Источник дыма, пара	Содержание элементов в суточной дозе аэрозолей, мкг														
	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	In	Ni	Pb	Sb	Sn	Sr	V	Ti	Zn
Сигарета	0,12	0,0002	12	0,0002	0,005	0,39	0,02	0,45	0,20	0,68	0,14	0,90	–	0,70	12
Вейп	1,0	0,0004	1,8	0,0021	0,020	0,65	–	0,75	1,0	0,77	0,18	–	0,11	–	10
Кальян	–	0,11	1,8	–	–	–	0,004	–	–	–	–	–	–	–	–
GLO	–	0,0001	6,8	–	0,0050	0,49	0,02	–	–	–	0,12	–	–	–	–

Необходимо обратить внимание на наличие других канцерогенных металлов – Cd, Ni, Cr. В работе [11] отмечено, что при активном курении (20 сигарет/день) в организм поступает 1,5 мкг Cd в отличие от пассивного (0,001–0,014 мкг). Результаты нашего исследования, также как и обзоры [6, 12] свидетельствуют о значительно меньших содержаниях в суточной дозе этого суперэкоксиканта в сигаретах (0,0002–0,001 мкг/10 шт.) и жидкостях для вейпов (0,00048–0,004 мкг/4 мл). Как следует из полученных данных, никель и хром в значимых количествах поступают с дымом сигарет и парами вейпа. По различным источникам их содержание в электронных жидкостях варьируется в пределах более двух порядков [12]. Кроме ука-

занных канцерогенных элементов к токсичным металлам также относят обнаруженные в данном исследовании олово, стронций, титан, алюминий, свинец [13].

Таким образом, результаты проведенных испытаний свидетельствуют о наличии значительного количества канцерогенных и токсичных металлов в анализируемых объектах. Установлено, что наибольшее количество металлов содержится в парах вейпа и дыме сигарет. Очевидно, что продолжительность использования сигарет и гаджетов и синергизм воздействия элементов с органической составляющей аэрозолей на организм человека приведут к тяжелым последствиям здоровья курящего и окружающих его людей.

Библиографический список

1. Гамбарян М.Г. Вся правда об электронных сигаретах: российская реальность. Часть I. Электронные сигареты – угроза для людей и антитабачной политики в России. Актуальность правового регулирования // Профилактическая медицина. – 2019. – № 22(5). – С. 7-15.
2. Pisinger C., Dossing M. A systematic review of health effects of electronic cigarettes // *Prev. Med.* – 2014. – V. 69. – P. 248-260.
3. Endothelial disruptive proinflammatory effects of nicotine and e-cigarette vapor exposures / K.S. Schweitzer [et al.] // *Am. J. Physiol. Lung Cell. Mol. Physiol.* – 2015. – V. 309. – P. L175-L187.
4. Khlystov A., Samburova V. Flavoring Compounds Dominate Toxic Aldehyde Production during E-Cigarette Vaping // *Environ. Sci. Technol.* – 2016. – V. 50. – P. 13080-13085.
5. Toxicity of electronic cigarettes: A general review of the origins, health hazards, and toxicity mechanisms / Y. Cao [et al.] // *Sci. Total. Environ.* – 2021. – V. 772. – P. 145475.
6. Metal Concentrations in e-Cigarette Liquid and Aerosol Samples: The Contribution of Metallic Coils / Pablo Olmedo [et al.] // *Environmental Health Perspectives.* – 2018. – V. 126, № 2. – P. 027010-1– 027010-11.
7. E-cigarettes as a source of toxic and potentially carcinogenic metals / C.A. Hess [et al.] // *Environmental Research.* – 2017. – V. 152. – P. 221-225.

8. Metal/Metalloid Levels in Electronic Cigarette Liquids, Aerosols, and Human Biosamples: A Systematic Review / Di Zhao [et al.] // *Environmental Health Perspectives*. – 2020. – V. 128, № 3. – P. 036001-1– 036001-13.

9. Матвейко Н.П., Брайкова А.М., Садовский В.В. Определение тяжелых металлов в табаке сигарет и продуктах его сгорания // *Вестник Белорусского государственного экономического университета*. – 2014. – № 3. – С. 65-70.

10. Kamal Chaouachi. Hookah (Shisha, Narghile) Smoking and Environmental Tobacco Smoke (ETS). A Critical Review of the Relevant Literature and the Public Health Consequences // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2009. – №6 (2). – P. 798-843.

11. Scherer, G; Conze, C; von Meyerinck, L; Sorsa, M; Adlkofer, F. Importance of exposure to gaseous and particulate phase components of tobacco smoke in active and passive smokers // *Int. Arch. Occup. Environ. Health*. – 1990. – V. 62. – P. 459-466.

12. ICP-MS Determination of 23 Elements of Potential Health Concern in Liquids of e-Cigarettes. Method Development, Validation, and Application to 37 Real Samples / Andrea Mara [et al.] // *Molecules*. – 2021. – V. 26. № 21. – P. 1-18.

13. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. – М.: Мир, 2004. – 216 с.

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE ENTRY OF TOXIC ELEMENTS INTO THE HUMAN BODY IN THE PROCESS OF «SMOKE VAPORIZATION»

L.I. Toropov, *Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor*

A.V. Sotin, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

A.V. Kasimov, *Assistant*

A.M. Kazaeva, *Student*

E.I. Kachkina, *Student*

R.R. Safin, *Student*

A.A. Shidlovsky, *Student*

Perm State National Research University
(Russia, Perm)

Abstract. *The article deals with the issue of the entry of toxic chemical elements into the human body with cigarette smoke and when using modern gadgets: vape, GLO and hookah. The sampling of products of "smoke vaporization" for analysis was carried out using an aspirator. The presence of 20 elements in the adsorption material was controlled by the spectral method. It has been established that the largest amount of metals (12-14) is found in vape vapor and cigarette smoke.*

Keywords: *cigarettes, hookah, vape, toxic elements, atomic emission analysis.*