

Анализ вещества

Substances analysis

DOI: <https://doi.org/10.26896/1028-6861-2020-86-8-5-11>**СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАСТИЧНЫХ КУРИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ СИНТЕТИЧЕСКИЕ КАННАБИНОИДЫ, МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ**© **Андрей Витальевич Оберенко^{1*}, Сергей Васильевич Качин², Сергей Андреевич Сагалаков²**¹ Экспертно-криминалистический центр Управления на транспорте МВД России по Сибирскому федеральному округу (г. Красноярск), Россия, 660058, г. Красноярск, ул. Ломоносова, 50; *e-mail: krasandrew@mail.ru² ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Россия, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79.

*Статья поступила 26 апреля 2020 г. Поступила после доработки 2 июня 2020 г.
Принята к публикации 24 июня 2020 г.*

Для сравнительного исследования пластичных курительных смесей, содержащих синтетические каннабиноиды, методом газовой хроматографии провели профильный анализ 40 экспертных образцов смесей, изъятых из незаконного оборота сотрудниками Управления на транспорте МВД России по Сибирскому федеральному округу. Установлено, что профили летучих полярных компонентов наполнителей пластичных курительных смесей, содержащих синтетические каннабиноиды, хорошо проявляются и воспроизводятся, что наделяет их высокой идентификационной значимостью. Для сравнения профилей примесей выбрали 44 целевых соединения, которые обеспечивали наилучшую воспроизводимость площадей хроматографических пиков при повторных измерениях. После нормализации площадей хроматографических пиков целевых соединений рассчитали коэффициенты корреляции Пирсона и евклидовы расстояния, затем провели иерархическую кластеризацию полученных данных с построением дендрограмм, демонстрирующих уровни сходства образцов из различных партий. Установлено, что образцы могут быть отнесены к одной партии (рецептуре), если «связанные расстояния» между ними, рассчитанные на основе евклидовых расстояний, не превышают 0,14 отн. ед., а на основе коэффициентов корреляции Пирсона — 0,12 отн. ед. Предложенную газохроматографическую методику, которая включает профилирование примесей, выбор целевых соединений, нормализацию площадей их хроматографических пиков и последующую математическую обработку с применением кластерного анализа и расчетов коэффициентов корреляции Пирсона и евклидовых расстояний, можно рекомендовать для применения в экспертных исследованиях курительных смесей, содержащих синтетические каннабиноиды.

Ключевые слова: газовая хроматография; курительные смеси; профилирование примесей; кластерный анализ.

COMPARATIVE STUDY OF PLASTIC SMOKING MIXTURES CONTAINING SYNTHETIC CANNABINOIDS USING GAS CHROMATOGRAPHY© **Andrey V. Oberenko^{1*}, Sergey V. Kachin², Sergey A. Sagalakov²**¹ Criminal Expertise Centre of the Transport Administration of the Ministry of Internal Affairs of Russia in the Siberian Federal District, 50 Lomonosova ul., Krasnoyarsk, 660058, Russia; *e-mail: krasandrew@mail.ru² Siberian Federal University, 79 Svobodnyi prosp., Krasnoyarsk, 660041, Russia.

Received April 26, 2020. Revised June 2, 2020. Accepted June 24, 2020.

We propose an algorithm for comparative study of plastic smoking mixtures containing synthetic cannabinoids using gas chromatography in the following configuration: a Crystal 5000.2 chromatograph (Russia) with a quartz capillary column ($L = 50$ m, $\varnothing = 0.32$ mm) with a grafted phase based on polyethylene glycol modified with nitroterephthalic acid and a flame ionization detector. Plastic smoking mixtures (40 samples) seized from illegal circulation by officers of the Transport Department of the Ministry of Internal Affairs of Russia in the Siberian Federal District were used as test samples. Mathematical processing of chromatograms was performed using Chromatek Analytic 2.5 and Unscrambler 11.0 programs. It is shown that profiles of the volatile polar components of the fillers of plastic smoking mixtures containing

synthetic cannabinoids are quite well manifested and reproduced, which gives them a very high identification value. To compare the profiles of impurities, 44 target compounds were selected, which provided the best reproducibility of the areas of chromatographic peaks during repeated measurements. The chromatographic peak areas of the target compounds were normalized, and the Pearson correlation coefficients and the Euclidean distances were calculated. A hierarchical clustering of the obtained data was carried out with construction of the dendrograms demonstrating the levels of the similarity of samples from different lots. It is shown that samples could be assigned to a single batch (recipe) if the Euclidean distances between the corresponding profiles do not exceed 0.14, and the Pearson distances — 0.12 rel.u. An algorithm procedure for the comparative study of plastic smoking mixtures containing synthetic cannabinoids using gas chromatography has been developed. This procedure includes profiling of the impurities, selection of the target compounds, normalization of the areas of their chromatographic peaks and subsequent mathematical processing using cluster analysis and calculation of Pearson correlation coefficients and Euclidean distances. The obtained results allow us to recommend the developed procedure for use in expert studies of smoking mixtures containing synthetic cannabinoids.

Keywords: gas chromatography; smoking mixtures; impurity profiling; cluster analysis.

Введение

Появление и последующее распространение новых психоактивных веществ на нелегальном рынке наркотиков является глобальной проблемой [1], причем значительная часть этих веществ приходится на синтетические каннабиноиды (СК) [2, 3]. Данные соединения часто используют для приготовления курительных смесей, которые особенно популярны среди молодежи благодаря их доступности, низкой стоимости и ожидаемой безопасности по сравнению с классическими наркотиками [4, 5]. Вместе с тем компоненты СК-содержащих курительных смесей в организме человека могут вызывать ряд тяжелых психических и соматических нарушений [6, 7]. В последние годы в различных регионах России в незаконном обороте стали доминировать СК-содержащие пластичные курительные смеси с рядом наполнителей [8]. Наряду с изучением их компонентного состава весьма важным для правоохранительных органов являются исследования по профилированию примесей, которые могут помочь эксперту ответить на ряд вопросов: источник наркотиков, способы производства, используемые прекурсоры, распространение сети и маршруты незаконного оборота, отношения дилер-пользователь [9, 10]. В СК-содержащих пластичных курительных смесях в качестве профильных примесей с идентификационной значимостью можно рассматривать летучие полярные компоненты (глицерин, органические кислоты и др.) [11].

В экспертной практике для исследования подобных образцов в основном используют методы хроматографии и ИК-спектроскопии [12, 13]. Мы использовали для этой цели метод газовой хроматографии (ГХ) с типичной для экспертных лабораторий комплектацией: хроматограф «Кристалл 5000.2» (Россия), капиллярные колонки с полярной привитой фазой (типа HP-FFAP), пламенно-ионизационный детектор (ПИД), что

позволяет эффективно разделить и идентифицировать полярные летучие компоненты курительных смесей, содержащих наиболее распространенные СК. Параметры ГХ-исследований подбирали в целях минимизации видоизменения компонентов образцов в процессе анализа с учетом рекомендаций, изложенных в работах [14 – 16].

Цель работы состояла в разработке методики сравнительного исследования СК-содержащих пластичных курительных смесей методом газовой хроматографии.

Экспериментальная часть

Использовали хроматограф «Кристалл 5000.2» (Россия) с кварцевой капиллярной колонкой ($L = 50$ м, $\varnothing = 0,32$ мм) с привитой фазой на основе модифицированного нитротерефталевой кислотой полиэтиленгликоля (HP-FFAP) и ПИД, а также термостат ЕВ-18 (Jouan, Франция) и ультразвуковую ванну JP-008 (Skymen, Китай).

Условия измерений: температура инжектора — 190°C , детектора — 220°C ; программирование температуры термостата колонки от 60°C (начальная) до 200°C (конечная); скорость подъема температуры — $13^\circ\text{C}/\text{мин}$; время выдержки при начальной температуре — 2 мин, при конечной — 25 мин; скорость потока газа-носителя (гелия) — $1,0$ мл/мин (гелий марки «А» производства ОАО «Газпром»); режим ввода пробы — с делением потока (Split 40:1); объем вводимой пробы — 1 мкл; состав газовой смеси для ПИД: водород (30 мл/мин), воздух (300 мл/мин), гелий (15 мл/мин).

Пробоподготовка. В качестве исследуемых образцов использовали СК-содержащие пластичные курительные смеси, изъятые из незаконного оборота сотрудниками Управления на транспорте МВД России по Сибирскому федеральному округу в 2018 г. Экспертные образцы готовили к анализу в соответствии с рекомендациями [15];

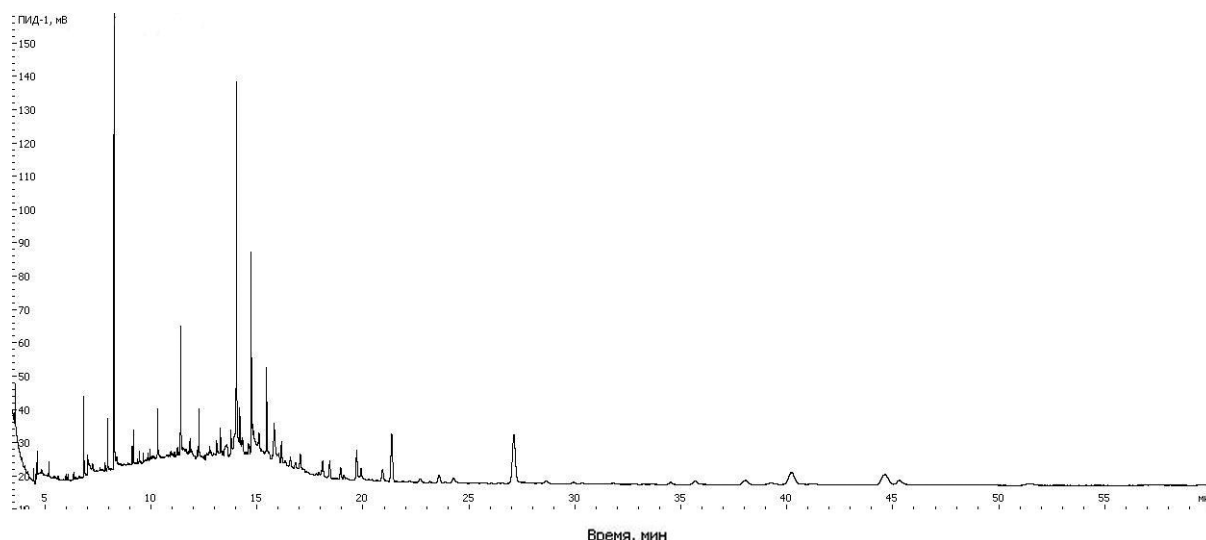


Рис. 1. Фрагмент типичной хроматограммы водно-метанольного экстракта экспертного образца пластичной курительной смеси

Fig. 1. Fragment of the typical chromatogram of the water-methanol extract of an expert sample of a plastic smoking mixture

навески массой 10 мг помещали в вials, добавляли по 1 мл метанола (хч, Merck) и 100 мкл дистиллированной воды; полученные смеси выдерживали 30 мин, подвергали ультразвуковой обработке в ванне в течение 3 мин и центрифугировали. Водно-метанольные экстракты далее исследовали методом ГХ.

Обработка хроматограмм. Для определения площадей хроматографических пиков компонентов использовали программу «Хроматэк Аналитик 2.5». Расчетные параметры для нормализации площадей хроматографических пиков, коэффициентов корреляции Пирсона, евклидовых расстояний, кластеризации и графиков получены с использованием программы Unscrambler 11.0.

Обсуждение результатов

При экспертных исследованиях синтетических наркотических средств и психотропных веществ методом ГХ результат считается информативным при наличии на хроматограмме как минимум пяти хроматографических пиков [12]. На рис. 1 приведен фрагмент типичной хроматограммы водно-метанольного экстракта экспертного образца: на ней достаточно четко проявляется свыше 20 пиков летучих компонентов, что свидетельствует о ее хорошей репрезентативности.

На рис. 2 приведены фрагменты хроматограмм водно-метанольных экстрактов трех экспертных образцов пластичных курительных смесей, предположительно полученных по разным рецептурам. Как видно из рис. 2, положение и интенсивность хроматографических пиков замет-

но различаются, что является весьма веским аргументом для эксперта.

На рис. 3 приведены фрагменты хроматограмм водно-метанольных экстрактов трех изъятых в разных местах экспертных образцов пластичных курительных смесей, предположительно относящихся к одной партии. В данном случае наблюдается хорошая сходимость в положении пиков, однако их интенсивности несколько разнятся.

Для сравнительного исследования схожести хроматограмм в экспертной практике используют различные методы: одним из них является метод «отпечатков пальцев», который предполагает практическое совпадение таких параметров, как число, время выхода, а также соотношение площадей хроматографических пиков [12, 13].

При значительном количестве образцов визуальное сравнение хроматограмм или профилей компонентов может быть достаточно сложным. В этом случае весьма эффективно применение численных методов обработки хроматограмм. Так, в работах [17, 18] были испытаны семь численных методов расстояния и подобия для оценки «связанных расстояний» между образцами из одной и той же партии и «несвязанных расстояний» между образцами из разных партий. Результаты показали, что для установления наличия или отсутствия связи между образцами лучше применять расчеты коэффициентов корреляции Пирсона и евклидовых расстояний.

В рамках настоящего исследования было протестировано в общей сложности около 40 образцов СК-содержащих пластичных курительных смесей, предположительно полученных по раз-

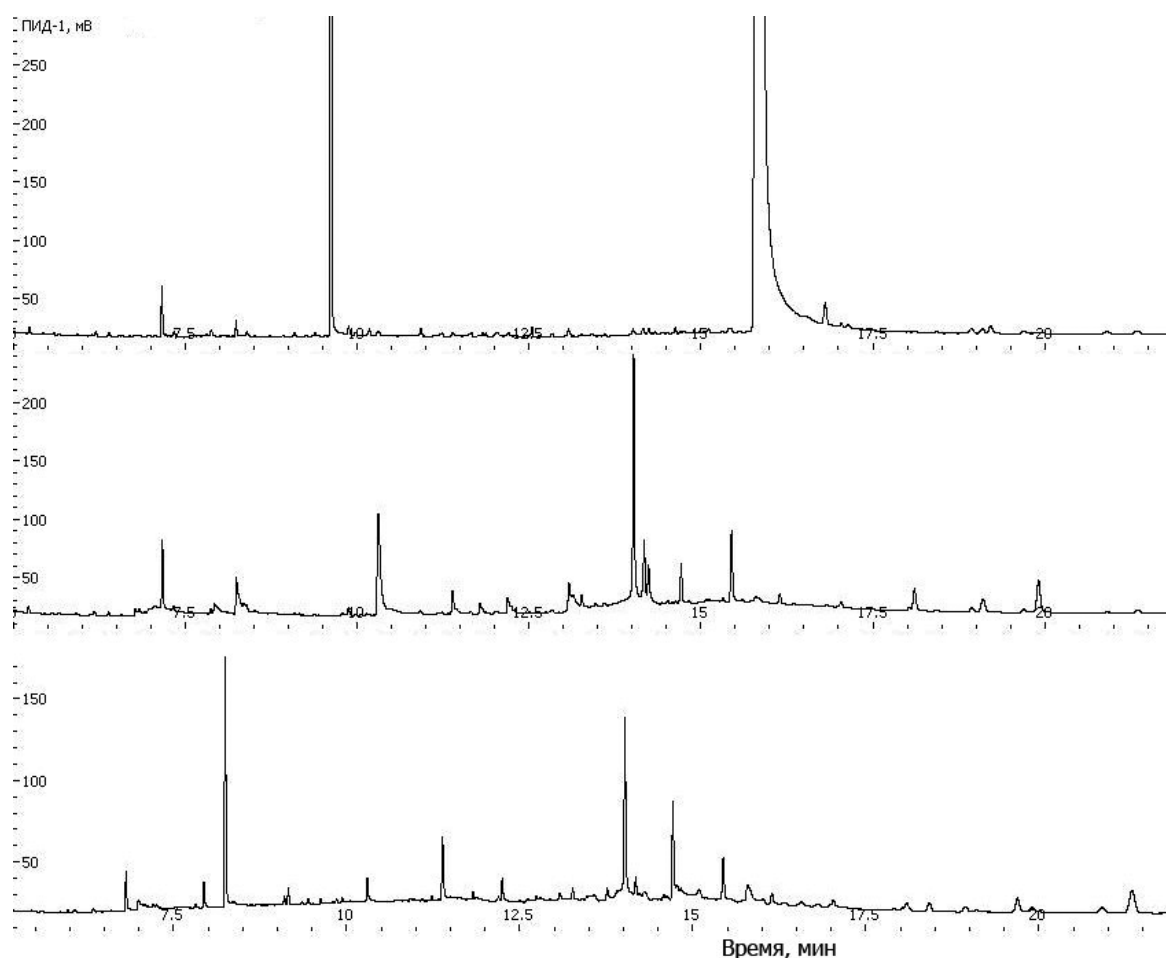


Рис. 2. Фрагменты хроматограмм водно-метанольных экстрактов экспертных образцов, предположительно полученных по разным рецептурам

Fig. 2. Fragments of the chromatograms of water-methanol extracts of expert samples, presumably made according to different formulations

ным или схожим рецептурам. В первую очередь проводили профильный ГХ-анализ образцов. Для сравнения профилей примесей были выбраны 44 идентифицированных ранее целевых соединения, которые обеспечивали наилучшую воспроизводимость площадей пиков при повторных хроматографических измерениях [8].

На втором этапе проводили нормализацию путем деления площади пика каждого целевого соединения на сумму площадей пиков всех целевых соединений на одной и той же хроматограмме. Нормализованную площадь хроматографического пика i -го компонента (x_i) рассчитывали по уравнению:

$$x_i = S_i / \sum_{i=1}^n S_i,$$

где S_i — площадь i -го пика; $\sum_{i=1}^n S_i$ — сумма площадей всех пиков на хроматограмме; n — количество пиков.

Далее рассчитывали евклидовы расстояния (ed_{kl}) и коэффициенты корреляции Пирсона (r_{kl}) по уравнениям:

$$ed_{kl} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_{il})^2},$$

$$r_{kl} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_k)(x_{il} - \bar{x}_l)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_k)^2 \sum_{i=1}^n (x_{il} - \bar{x}_l)^2}},$$

где x_{ik} и x_{il} — отклики (нормализованные площади) примеси i в образцах k и l ; $\bar{x}_k$, $\bar{x}_l$ — средние площади пиков в образцах k и l ; n — количество площадей пиков целевых соединений, используемых в расчетах расстояний.

Так как коэффициент корреляции Пирсона может меняться от -1 до 1 , использовали относительные расстояния $rd_{kl} = 1 - r_{kl}$, которые могут принимать значения от 0 до 2 .

На следующем этапе проводили иерархическую кластеризацию полученных данных методом одиночной связи с построением дендро-

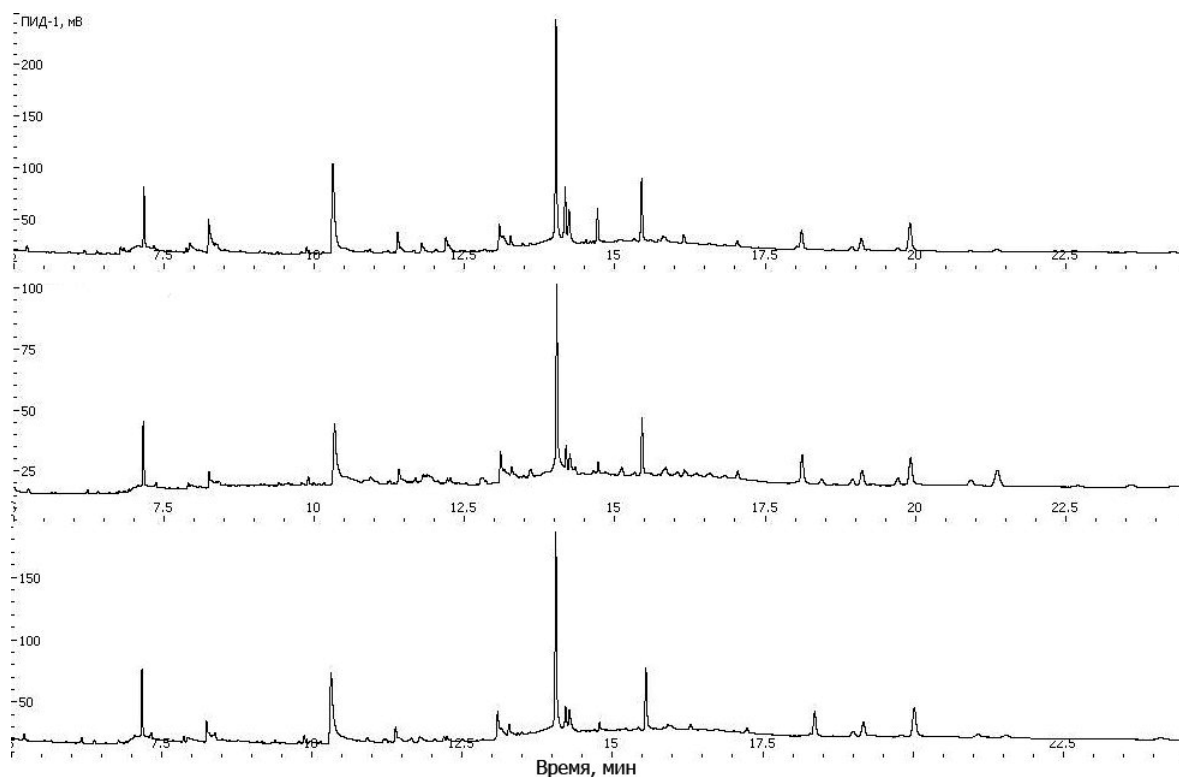


Рис. 3. Фрагменты хроматограмм водно-метанольных экстрактов экспертных образцов пластичных курительных смесей, предположительно относящихся к одной партии и изъятых в разных местах

Fig. 3. Fragments of chromatograms of water-methanol extracts expert samples of plastic smoking mixtures, presumably related to the same batch but seized in different places

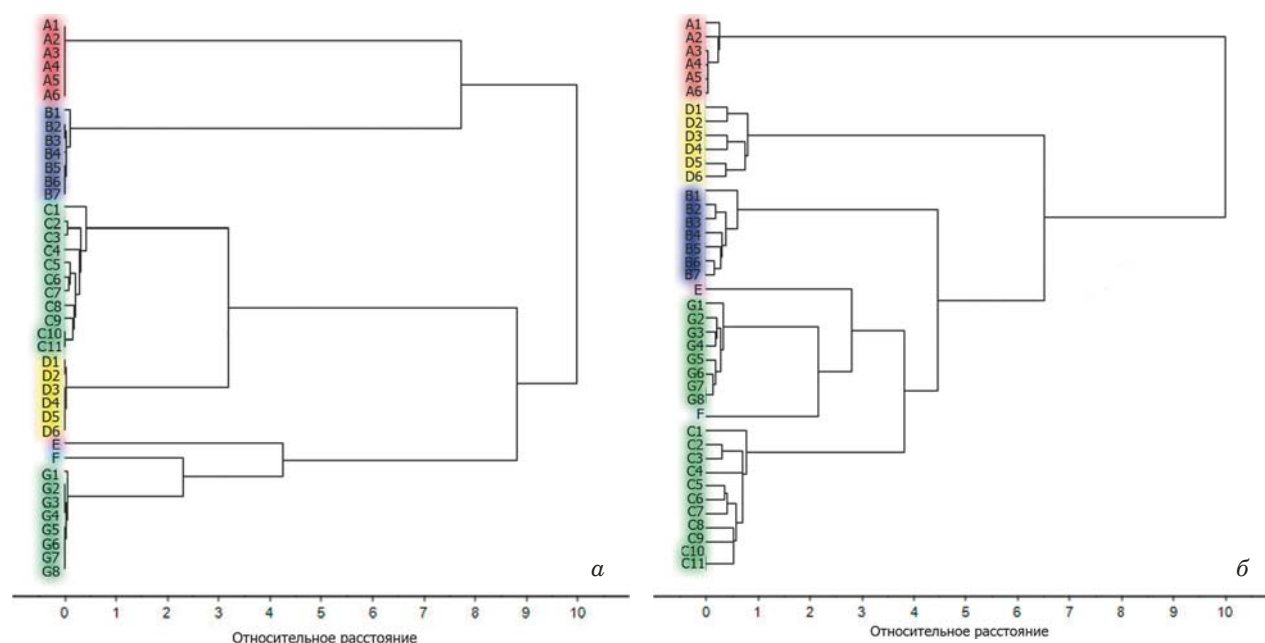


Рис. 4. Дендрограммы уровней сходства экспертных образцов на основе расчета коэффициентов корреляции Пирсона (а) и евклидовых расстояний (б)

Fig. 4. Dendrogram of the similarity levels of expert samples based on calculations of Pearson's correlation coefficients (а) and Euclidean distances (б)

грамм, демонстрирующих уровни сходства объектов различных групп образцов. Для облегчения

восприятия относительные расстояния масштабировали по шкале 0 – 10. В настоящей работе

«связанное расстояние» было определено как расстояние, рассчитанное для образцов из одной и той же или из различных партий, изготовленных с высокой степенью воспроизводимости по схожей рецептуре. Соответственно, «несвязанное расстояние» было определено как расстояние, рассчитанное при сравнении образцов с разными рецептурами, условиями изготовления или маршрутами доставки.

На рис. 4 приведены дендрограммы уровней сходства экспертных образцов на основе расчета коэффициентов корреляции Пирсона и евклидовых расстояний. Видно, что наблюдается отчетливое различие относительных расстояний между образцами из разных партий — 7 групп для 40 образцов. Так, «связанные расстояния» для образцов, предположительно изготовленных по схожим рецептурам ($A_1 - A_6$, $B_1 - B_7$, $C_1 - C_{11}$, $D_1 - D_6$, $G_1 - G_8$, E, F), рассчитанные на основе коэффициентов корреляции Пирсона, не превышают 0,12, а на основе евклидовых расстояний — 0,14 отн. ед. Напротив, «несвязанные расстояния» для образцов, предположительно полученных по разным рецептурам, находятся в интервалах 0,43 – 1,12 (расчеты на основе коэффициентов корреляции Пирсона) и 0,25 – 1,19 отн. ед. (расчеты евклидовых расстояний).

Таким образом, использованный в данной работе метод профилирования примесей с последующей математической обработкой хроматографических данных может быть дополнительным инструментом в установлении меры сходства между образцами СК-содержащих пластичных курительных смесей. Эти расчеты могут храниться в базе данных и при необходимости использоваться для подтверждения результатов визуального сравнения профилей.

Заключение

Разработан алгоритм сравнительного исследования СК-содержащих пластичных курительных смесей методом ГХ, включающий профилирование примесей, выбор целевых соединений, нормализацию площадей их хроматографических пиков, расчет коэффициентов корреляции Пирсона или евклидовых расстояний, иерархическую кластеризацию данных по методу одиночной связи и построение соответствующих дендрограмм.

Разработанная ГХ-методика позволяет весьма эффективно дифференцировать значительные массивы экспертных образцов и может быть рекомендована для применения в экспертно-криминалистических подразделениях для сравнительного анализа СК-содержащих пластичных курительных смесей.

ЛИТЕРАТУРА

1. The challenge of new psychoactive substances. — NY: United Nations Office on Drugs and Crime, 2013. — 114 p.
2. **Oberenko A. V., Kachin S. V., Sagalakov S. A.** Types of synthetic cannabinoids seized from illicit trafficking in the territory of the Siberian Federal District (Russia) between 2009 – 2018 / *Forensic Sci. Int.* 2019. Vol. 302. Article 109902. DOI: 10.1016/j.forsciint.2019.109902.
3. **Анцыборов А. В., Мрыхин В. В.** Синтетические каннабиноиды: распространенность, механизмы формирования зависимости, психические нарушения, связанные с употреблением. Современное состояние проблемы / *Интерактивная наука*. 2017. Т. 14. № 4. С. 39 – 51. DOI: 10.21661/r-117272.
4. **Софронов Г. А., Головкин А. И., Баринков В. А. и др.** Синтетические каннабиноиды. Состояние проблемы / *Наркология*. 2012. Т. 11. № 10. С. 97 – 110.
5. **Макиев К. Т., Гладырев В. В., Любецкий Г. В. и др.** Современные угрозы национальной безопасности России (курительные смеси, содержащие аналоги каннабиноидов) и пути их преодоления / *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 2. С. 667.
6. **Шахова С. М., Винникова М. А.** Синтетические каннабиноиды («спайсы»): состояние проблемы / *Вопросы наркологии*. 2016. № 1. С. 35 – 75.
7. **Порядин Г. В., Шарпань Ю. В.** Патологические и клинические аспекты наркомании синтетическими каннабиноидами, входящими в состав курительных смесей «спайс» / *Лечебное дело*. 2015. № 3. С. 9 – 16.
8. **Оберенко А. В., Качин С. В., Сагалаков С. А.** Хромато-масс-спектрометрическое определение нелетучих компонентов наполнителей пластичных курительных смесей, содержащих синтетические каннабиноиды / *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2019. Т. 22. № 4. С. 24 – 28. DOI: 10.29296/25877313-2019-04-04.
9. Drug characterization/impurity profiling background and concepts. Manual for use by national law enforcement authorities and drug testing laboratories. United Nations Office on Drugs and Crime. — NY: United Nations, 2001. — 14 p. <https://www.unodc.org/pdf/publications/st-nar-32-rev1.pdf>.
10. **Иванова Е. В., Журавлева О. С.** О методическом обеспечении экспертных исследований новых психоактивных соединений / *Вопросы экспертной практики*. 2017. № S1. С. 125 – 130.
11. **Oberenko A. V., Kachin S. V., Sagalakov S. A.** Profiling of impurities in samples of synthetic cannabinoids seized from illegal circulation in the siberian region of the Russian Federation / *J. Siberian Fed. Univ. Chem.* 2018. Vol. 11. N 3. P. 310 – 322. DOI: 10.17516/1998-2836-0077.
12. **Завьялова А. А., Завьялов В. В., Гладырев В. В. и др.** Методические основы установления общего источника происхождения синтетических наркотических средств и психотропных веществ: методические рекомендации. — М.: ЭКЦ МВД России, 2013. — 75 с.
13. **Сорокин В. И., Орлова О. С., Любецкий Г. В. и др.** Установление общности источника происхождения героина: методические рекомендации. — М.: ЭКЦ МВД России, 2002. — 80 с.
14. **Савчук С. А., Колесов Г. М., Нужный В. П.** Исследование химического состава и потенциальной токсичности спиртов и спиртных напитков хроматографическими методами / *Журн. аналит. химии*. 2007. Т. 62. № 6. С. 641 – 649. DOI: 10.1134/S1061934807060147.
15. **Ya L. I. U., Zhang Y., Maochang L. I.** Comparison between fragrant of shredded tobacco by HP-5MS and HP-FFAP / *Yunnan Chemical Technology*. 2006. Vol. 33. N 6. P. 44 – 48. DOI: 10.1016/S0308-8146(03)00256-5.
16. **Pitipong W., Sittiwat L.** Comparison of determination method for volatile compounds in Thai soy sauce / *Food Chem.* 2003. Vol. 83. N 4. P. 619 – 629. DOI: 10.1016/S0308-8146(03)00256-5.
17. **Inoue H., Kanamori T., Ivata Y. T., et al.** Methamphetamine impurity profiling using a 0.32 mm i.d. nonpolar capillary

column / Forensic Sci. Int. 2003. Vol. 135. N 1. P. 42 – 47. DOI: 10.1016/S0379-0738(03)00176-2.

18. **Andersson K., Lock E., Jalava K., et al.** Development of a harmonised method for the profiling of amphetamines. VI. Evaluation of methods for comparison of amphetamine / Forensic Sci. Int. 2007. Vol. 169. N 1. P. 86 – 99. DOI: 10.1016/j.forsciint.2006.10.020.

REFERENCES

1. The challenge of new psychoactive substances. — NY: United Nations Office on Drugs and Crime, 2013. — 114 p.
2. **Oberenko A. V., Kachin S. V., Sagalakov S. A.** Types of synthetic cannabinoids seized from illicit trafficking in the territory of the Siberian Federal District (Russia) between 2009 – 2018 / Forensic Sci. Int. 2019. Vol. 302. Article 109902. DOI: 10.1016/j.forsciint.2019.109902.
3. **Antsyborov A. V., Mrykhin V. V.** Synthetic cannabinoids: prevalence, mechanisms of addiction, mental disorders associated with use. The current state of the problem / Interakt. Nauka. 2017. Vol. 4. N. 14. P. 39 – 51. DOI: 10.21661/r-117272 [in Russian].
4. **Sofronov G. A., Golovko A. I., Barinov V. A., et al.** Synthetic cannabinoids. State of the problem / Narkologiya. 2012. Vol. 11. N 10. P. 97 – 110 [in Russian].
5. **Makiev K. T., Gladyshev V. V., Lyubetskii G. V., et al.** Modern threats to the national security of Russia (smoking mixtures containing cannabinoid analogues) and ways to overcome them / Sovr. Probl. Nauki i Obrazov. 2015. N 2. P. 667 [in Russian].
6. **Shakhova S. M., Vinnikova M. A.** Synthetic cannabinoids (“spice”): state of the problem / Vopr. Narkol. 2016. N 1. P. 35 – 75 [in Russian].
7. **Poryadin G. V., Sharpan’ Yu. V.** Pathophysiological and clinical aspects of drug addiction with synthetic cannabinoids that are part of the Spice smoking blends / Lech. Delo. 2015. N 3. P. 9 – 16 [in Russian].
8. **Oberenko A. V., Kachin S. V., Sagalakov S. A.** GC-MS determination of non-volatile components of diluents in plastic smoking blends containing synthetic cannabinoids / Vopr. Biol. Med. Farm. Khimii. 2019. Vol. 22. N 4. P. 24 – 28 [in Russian]. DOI: 10.29296/25877313-2019-04-04.
9. Drug characterization/impurity profiling background and concepts. Manual for use by national law enforcement authorities and drug testing laboratories. United Nations Office on Drugs and Crime. — NY: United Nations, 2001. — 14 p. <https://www.unodc.org/pdf/publications/st-nar-32-rev1.pdf>.
10. **Ivanova E. V., Zhuravleva O. S.** On methodic provision for expert research of new psychoactive compounds / Vopr. Ékspert. Prakt. 2017. N S1. P. 125 – 130 [in Russian].
11. **Oberenko A. V., Kachin S. V., Sagalakov S. A.** Profiling of impurities in samples of synthetic cannabinoids seized from illegal circulation in the siberian region of the Russian Federation / J. Siberian Fed. Univ. Chem. 2018. Vol. 11. N 3. P. 310 – 322. DOI: 10.17516/1998-2836-0077.
12. **Zavyalova A. A., Zavyalov V. V., Gladyshev V. V., et al.** Methodological bases for establishing the common source of origin of synthetic narcotic drugs and psychotropic substances: Methodological recommendations. — Moscow: ÉKTs MVD Rossii, 2013. — 75 p. [in Russian].
13. **Sorokin V. I., Orlova O. S., Lyubetskii G. V., et al.** Establishment a common source of heroin origin: Methodological recommendations. — Moscow: ÉKTs MVD Rossii, 2002. — 80 p. [in Russian].
14. **Savchuk S. A., Kolesov G. M., Nuzhnyi V. P.** Chromatographic study of the chemical composition and potential toxicity of spirits and alcoholic beverages / J. Anal. Chem. 2007. Vol. 62. N 6. P. 575 – 582. DOI: 10.1134/S1061934807060147.
15. **Ya L. I. U., Zhang Y., Maochang L. I.** Comparison between fragrant of shredded tobacco by HP-5MS and HP-FFAP / Yunnan Chemical Technology. 2006. Vol. 33. N 6. P. 44 – 48. DOI: 10.1016/S0308-8146(03)00256-5.
16. **Pitipong W., Sittiwat L.** Comparison of determination method for volatile compounds in Thai soy sauce / Food Chem. 2003. Vol. 83. N 4. P. 619 – 629. DOI: 10.1016/S0308-8146(03)00256-5.
17. **Inoue H., Kanamori T., Ivata Y. T., et al.** Methamphetamine impurity profiling using a 0.32 mm i.d. nonpolar capillary column / Forensic Sci. Int. 2003. Vol. 135. N 1. P. 42 – 47. DOI: 10.1016/S0379-0738(03)00176-2.
18. **Andersson K., Lock E., Jalava K., et al.** Development of a harmonised method for the profiling of amphetamines. VI. Evaluation of methods for comparison of amphetamine / Forensic Sci. Int. 2007. Vol. 169. N 1. P. 86 – 99. DOI: 10.1016/j.forsciint.2006.10.020.