

## Судебно-экспертное исследование марихуаны: подходы к установлению принадлежности к ранее разделенным растительным массам

А.Н. Хох<sup>1</sup>, П.С. Восканян<sup>2</sup>, А.А. Петросян<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Государственное учреждение «Научно-практический центр Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь», Минск 220114, Республика Беларусь

<sup>2</sup> Государственная некоммерческая организация «Национальное бюро экспертиз» Национальной академии наук Республики Армения, Ереван 0004, Республика Армения

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований высушенной и измельченной марихуаны с помощью спектроскопии в ближней инфракрасной области и спорово-пыльцевого анализа для решения экспертной задачи, связанной с установлением принадлежности к ранее разделенным растительным массам. Проведена запись БИК-спектров экспертных образцов. Показана возможность интерпретации спектральных данных с применением дискриминантного анализа проекций на латентные структуры. Определены таксономический состав 8 435 пыльцевых зерен и спор, а также количественное содержание каждого таксона.

По результатам проведенного исследования сделан вывод, что применение комплекса независимых и взаимодополняющих методов позволяет получить необходимое и достаточное количество совпадающих признаков, которые могут быть признаны неповторимыми (уникальными), для проведения идентификации. Предложенная схема исследования может быть применена и для других наркотиков растительного происхождения.

**Ключевые слова:** *судебная экспертиза, марихуана, разделенная растительная масса, идентификация, БИК-спектроскопия, классификационная модель, SIMCA, PLS-DA, спорово-пыльцевой анализ, таксономический состав*

**Для цитирования:** Хох А.Н., Восканян П.С., Петросян А.А. Судебно-экспертное исследование марихуаны: подходы к установлению принадлежности к ранее разделенным растительным массам // Теория и практика судебной экспертизы. 2024. Т. 19. № 4. С. 40–53.  
<https://doi.org/10.30764/1819-2785-2024-4-40-53>

## Forensic Analysis of Marijuana: Approaches to Establishing Belonging to Previously Separated Plant Mass

Anna N. Khokh<sup>1</sup>, Patvakan S. Voskanyan<sup>2</sup>, Anna A. Petrosyan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> State Institution Scientific and Practical Center of the State Forensic Examination Committee of the Republic of Belarus, Minsk 220114, Republic of Belarus

<sup>2</sup> "National Bureau of Expertises" State non-commercial organization (SNCO) of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, Yerevan 0004, Republic of Armenia

**Abstract.** The article presents the results of the studies of dried and crushed marijuana using near-infrared spectroscopy and spore-pollen analysis for solving an expert task of establishing the affiliation to previously separated plant masses. The recording of near-infrared spectra of expert samples has been carried out. The possibility of interpreting spectral data using discriminant analysis of projections on latent structures is shown. The taxonomic composition of 8 435 pollen grains and spores has been determined, as well as the quantitative content of each taxon.

According to the results of the conducted research, it was concluded that the application of a complex of independent and complementary methods allows to obtain the necessary and sufficient number of matching signs that can be recognized as unique for identification. The proposed research scheme can be also applied to other narcotics of plant origin.

**Key words:** *forensic examination, marijuana, separated plant mass, identification, near-infrared spectroscopy, classification model, SIMCA, PLS-DA, spore-pollen analysis, taxonomic composition*

**For citation:** Khokh A.N., Voskanyan P.S., Petrosyan A.A. Forensic Analysis of Marijuana: Approaches to Establishing Belonging to Previously Separated Plant Mass. *Theory and Practice of Forensic Science*. 2024. Vol. 19. No. 4. P. 40–53. (In Russ.). <https://doi.org/10.30764/1819-2785-2024-4-40-53>

### Введение

Несмотря на появившиеся в настоящее время новые виды синтетических наркотиков, спрос на наркотики растительного происхождения продолжает оставаться высоким. Среди них самым распространенным является марихуана – наркотик, получаемый из конопли посевной (*Cannabis sativa* L.) [1–3].

Наркотическое действие марихуаны обусловлено наличием в ее составе тетрагидроканнабинола (ТГК), его производных и гомологов [4, 5]. В ней содержатся и другие каннабиноиды, среди которых по количественному составу, в первую очередь, выделяют каннабидиол (КБД) и каннабинол (КБН) [6]. Сами по себе КБД и КБН не обладают наркотическим действием, однако их содержание способствует усилению действия ТГК [7]. Общее количество каннабиноидов колеблется в зависимости от сорта конопли и погодных условий (в меньшей степени) [8–10]: холодный и дождливый вегетационный период не способствует накоплению основных каннабиноидов, а в сухое лето в тех же сортах конопли наблюдается увеличение их количества.

В подавляющем большинстве случаев марихуана попадает в руки лиц, ее употребляющих, небольшими дозами в виде высушенного растительного сырья, измеряемого граммами, которое фасуется из достаточно больших объемов – от килограмма и более. В таких случаях для органов предварительного следствия большое значение имеет решение вопроса о том, составляли ли ранее изъятые в разных местах объекты (разделенные части) единую растительную массу (единое целое), поскольку данные сведения влияют на квалификацию преступлений при рассмотрении уголовных дел.

При этом следует помнить, что задачи о принадлежности к единому целому отделенных от него частей и задачи об общем источнике происхождения – это разные экспертные задачи [11]. Так, для установления общего источника происхождения (установления биогеохимической провинции или района произрастания конопли) могут быть успешно использованы молекулярные маркеры, основанные на полиморфизме ДНК в

хлоропластах растительной клетки [12–14], макро- и микроэлементный состав [15–17], качественный и количественный состав каннабиноидов и других органических компонентов [18–20], а также стабильные изотопы [21–23].

Наркотические вещества приобретают признаки целого как во время изготовления, так и в процессе хранения или использования. Знание закономерностей отображения действий этих процессов на свойства наркотиков позволяет экспертам выделять признаки идентифицируемого объекта. В связи с этим идентификация разделенных частей единого целого имеет свою специфику и носит комплексный характер, который обусловлен особенностями формирования свойств объекта и его сложностью. Такое исследование подразумевает выявление устойчивой индивидуальной совокупности общих и частных признаков, которая будет неповторима для рассматриваемых объектов. При этом данные признаки должны быть уникальными, а их количество – достаточным для формулирования экспертного вывода [24–26]. Все эти факторы обуславливают специфичность каждого отдельного объекта и диктуют необходимость применения разных методов исследования. Выбор схемы изучения зависит от формы, состояния и количества объектов. Например, при сравнительном исследовании спрессованных кусков марихуаны в целях установления их принадлежности одному целому информация, получаемая экспертом-трасологом, представляет особую важность.

Цель работы – предложить один из возможных подходов для установления принадлежности марихуаны к ранее разделенной растительной массе.

Методической основой работы является междисциплинарный подход – комплексное применение спектроскопии в ближней инфракрасной области в сочетании с хемометрическим моделированием и спорово-пыльцевым анализом.

## 1. Материалы и методы

### 1.1. Объекты исследования

Материалом для исследований послужили 2 мешка с измельченной марихуаной

весом 345 г (А) и 829 г (В), а также 12 zip-пакетов с разовыми дозами марихуаны весом по 2 г (рис. 1 и рис. 2). Вес определили после высушивания в сушильном шкафу при температуре 115 °С. Требовалось установить, являлась ли ранее марихуана из 12 zip-пакетов частью растительных масс из мешков А или В.

Для изучения из каждого образца отбирались навески массой 0,5 г (в десятикратной повторности для мешков), которые затем перетирались в агатовой ступке до мелкодисперсного, гомогенного состояния, после чего формировались «таблетки». На первом этапе применяли БИК-спектроскопию как неразрушающий экспресс-метод [27–29], затем проводили спорово-пыльцевой анализ (СПА) [30–32]. Для СПА марихуаны из мешков использовалось 10 из 20 «таблеток».

### 1.2. Анализ БИК-спектров

БИК-спектры были получены путем применения портативного БИК-спектрометра MicroNIR OnSite с диодно-матричным детектором (VIAM, США) в диапазоне 10526–6060 см<sup>-1</sup> в режиме диффузного отражения с разрешением 2 см<sup>-1</sup> после усреднения накопленных спектрограмм, содержащих 64 сканирования. Для регистрации спектров использовали программу MicroNIR™ Pro 1700 (версия 2.5.1) (VIAM, США).

Измерения проводили в условиях контролируемой влажности (<60 %) и при 20 °С. Для каждой «таблетки» записывали по 2 спектра с каждой стороны. Из-за содержания большого количества избыточной («шумовой») информации в БИК-спектрах растений перед проведением сравнительных исследований производилась их предварительная обработка, посредством которой были устранены или, по крайней мере, сведены к минимуму вариации, касающи-

ся изменений базовой линии вследствие аддитивного и мультипликативного рассеяния [33], а также значительно снижена погрешность анализа. В нашем случае обработка заключалась в вычислении производной второго порядка по методу Савицкого-Голея (с использованием 7 сглаживающих точек).

Статистическая обработка массивов БИК-спектров осуществлялась с использованием статистического пакета The Unscrambler X v. 10.4.1 (CAMO, США). Количественные данные обрабатывались методами описательной статистики. Классификационная модель строилась при помощи дискриминантного анализа проекций на латентные структуры (далее – PLSDA) [34]. При ее построении использовался алгоритм нелинейного итерационного проецирования при помощи чередующихся наименьших квадратов (NIPALS), который является разновидностью степенного метода и предусматривает переход к новому переменному пути последовательных приближений [35]. Проверка модели осуществлялась с помощью метода кросс-валидации, анализа графиков статистики Хотеллинга и графиков объясненной дисперсии.

### 1.3. Лабораторная пробоподготовка для проведения спорово-пыльцевого анализа

«Таблетку» заливали дистиллированной водой и инкубировали на магнитной мешалке с подогревом при температуре около 100 °С в течение 20 мин. После этого фильтрат переносили в коническую центрифужную пробирку и центрифугировали при 2 500 оборотах в минуту в течение 5–7 минут. Затем супернатант сливали, а к осадку добавляли 30 % раствор NaOH (KOH) в объеме 3 мл, осуществляли перемешивание с помощью стеклянной палочки и кипятили 57 мин на водяной бане.



**Рис. 1.** Общий вид мешка А  
**Fig. 1.** General view of the bag А



**Рис. 2.** Общий вид zip-пакета № 6  
**Fig. 2.** General view of zip package No.6

Далее супернатант сливали еще раз, к осадку добавляли 3 мл дистиллированной воды, перемешивали и центрифугировали при 2 500 оборотах в минуту. Процесс центрифугирования с водой повторяли несколько раз до нейтральной реакции среды. После удаления жидкости осадок в пробирке заливали глицерином в объеме, превышающем объем осадка примерно в 2–3 раза [36].

#### 1.4. Приготовление микропрепаратов

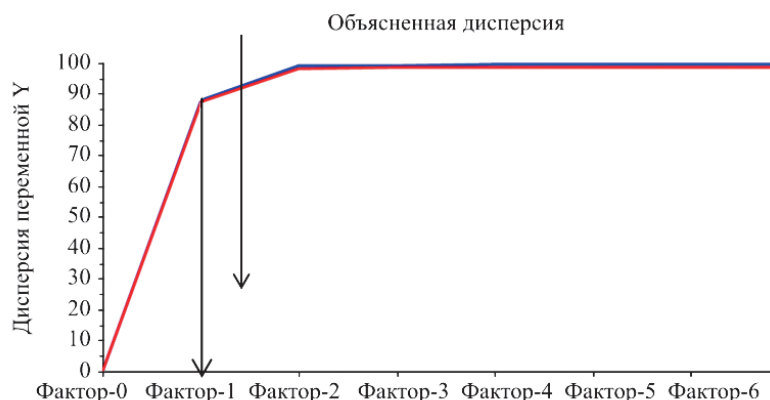
Осадок, содержащий пыльцевые зерна и споры, тщательно перемешивали с глицерином. Несколько капель осадка переносили на предметное стекло, аккуратно накрывали покровным стеклом и просматривали под микроскопом Nikon Eclipse E200 (Nikon, Япония). Изучение пыльцевых зерен и спор осуществлялось при 400-кратном увеличении (при необходимости более детального изучения использовали 1000-кратное увеличение с применением иммерсионной жидкости – кедрового масла). Их идентификация (определение таксономической принадлежности) проводилась с использованием коллекции эталонных микропрепа-

ратов, а также иллюстрированной реляционной базы данных с графическим интерфейсом PalDat<sup>1</sup> [37]. В препарате определяли и подсчитывали последовательно все встречаемые пыльцевые зерна и споры.

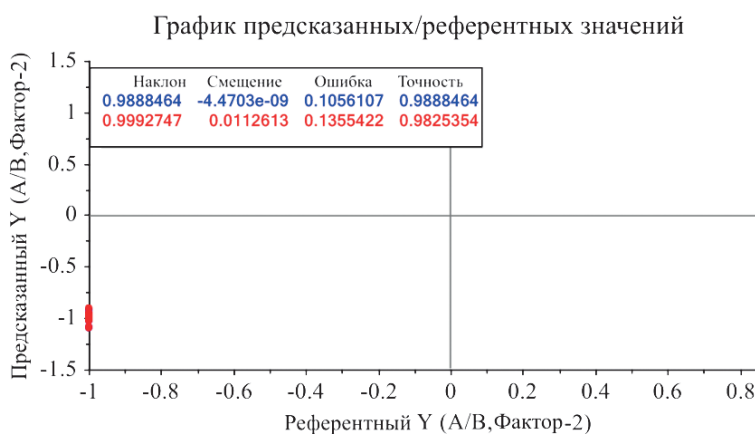
## 2. Результаты и обсуждение

Поскольку один из путей решения вопросов индивидуальной идентификации объектов – это внедрение статистических методов в практику проведения судебных экспертиз [38–41], в данном случае представляется оправданным построение классификационной модели. Для анализа методом PLS-DA БИК-спектры марихуаны предварительно были разделены на классы А и В, соответствующие исследуемым мешкам. Классу А было присвоено численное значение «1», классу В – «-1». Классификационная модель была разработана с использованием семи скрытых переменных (факторов), но, как можно видеть на рисунке 3, первые два фактора объясняют 98% и более дисперсии переменных X и Y.

<sup>1</sup> PalDat – Palynological Database. <http://www.paldat.org/>



**Рис. 3.** График объясненной дисперсии  
**Fig. 3.** Graph of the explained variance



**Рис. 4.** PLS-DA классификация  
**Fig. 4.** PLS-DA classification

Точность модели составила 98,9 % для обучающих выборок и 98,3 % для валидационных. Среднеквадратичные ошибки (RMSE) для обучающей и валидационной выборок были рассчитаны как 0,11 и 0,14 соответственно (рис. 4), что указывает на высокое качество регрессии и отсутствие грубых промахов (погрешностей), подтверждаемое анализом карты Хотеллинга.

На рисунке 5 показан двухмерный график счетов (фактор-1 против фактора-2) для разработанной модели, где наблюдается четкое различие между классами А и В по фактору-1. Фактор-1 объяснял 97 % и 88 % общей дисперсии переменных X и Y в обучающей и валидационной выборках, а фактор-2 – 1 % и 11 % соответственно.

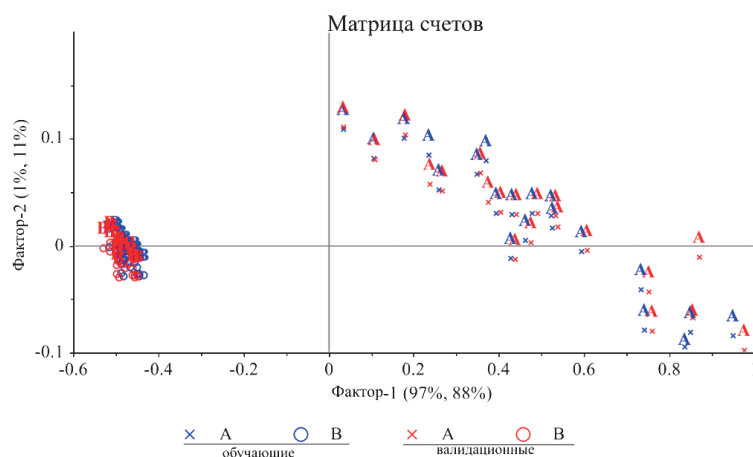
Далее полученные PLS-DA-модели были использованы для классификации 12 образцов из zip-пакетов с разовыми дозами марихуаны, изначально не использованных

при построениях модели. В таблице 1 и на рисунке 6 суммированы полученные результаты.

С учетом рассчитанных прогнозируемых значений исследованные образцы №№ 1, 3, 5, 8 и 10 были классифицированы как класс А, а образцы №№ 2, 4, 6, 7, 9, 11 и 12 как класс В. Поэтому далее по тексту будут употребляться понятия «растительная масса А» и «растительная масса В».

Результаты сравнительного анализа спорово-пыльцевых комплексов, содержащихся в растительных массах А и В, представлены в таблице 2 и таблице 3

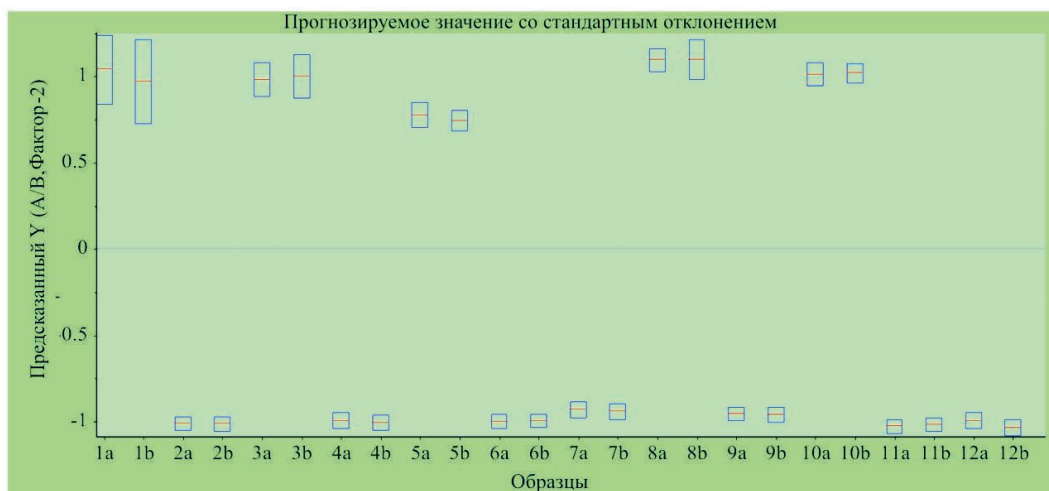
Данные, представленные в таблицах, показывают, что сравниваемые образцы двух растительных масс значительно отличаются по числу определенных семейств, родов и видов и имеют малое число общих таксонов. Несмотря на то, что большинство пыльцевых зерен во всех образцах принад-



**Рис. 5.** График счетов (фактор-1 – фактор-2) для разработанной PLS-DA модели  
**Fig. 5.** Chart of accounts (factor-1 – factor-2) for the developed PLS-DA model

**Таблица 1.** Результаты классификации 12 образцов из zip-пакетов с разовыми дозами марихуаны  
**Table 1.** Results of classification for 12 samples from zip-packs with single doses of marijuana

Прогнозируемый Y (А/В, Фактор-2)	Прогнозируемое значение	±SD	Прогнозируемый Y (А/В, Фактор-2)	Прогнозируемое значение	±SD
1a	1,039	0,200	7a	-0,932	0,046
1b	0,969	0,244	7b	-0,942	0,048
2a	-1,011	0,039	8a	1,095	0,065
2b	-1,013	0,041	8b	1,098	0,116
3a	0,980	0,098	9a	-0,955	0,039
3b	1,001	0,126	9b	-0,960	0,042
4a	-0,995	0,045	10a	1,011	0,067
4b	-1,007	0,046	10b	1,018	0,056
5a	0,776	0,071	11a	-1,030	0,039
5b	0,742	0,060	11b	-1,018	0,037
6a	-1,000	0,041	12a	-0,995	0,045
6b	-0,996	0,040	12b	-1,035	0,046



**Рис. 6.** Разделение 12 образцов из zip-пакетов с разовыми дозами марихуаны: «1» – мешок 1; «-1» – мешок 2

**Fig. 6.** Split 12 samples from zip-bags with one-off doses of marijuana: “1” – bag 1; “-1” – bag 2

**Таблица 2.** Таксономический состав и процентное содержание пыльцевых зерен в растительной массе А

**Table 2.** Taxonomic composition and percentage of pollen grains in plant mass A

Количество (%)	№1	№3	№5	№8	№10	Мешок А				
						1А	2А	3А	4А	5А
<b>Cannabis sp.</b>	<b>101 (38)</b>	<b>89 (34)</b>	<b>93 (33)</b>	<b>105 (39)</b>	<b>98 (36)</b>	<b>109 (40)</b>	<b>96 (35)</b>	<b>97 (37)</b>	<b>107 (40)</b>	<b>96 (35)</b>
<b>Прочие таксоны</b>	<b>166 (62)</b>	<b>169 (66)</b>	<b>190 (67)</b>	<b>164 (61)</b>	<b>173 (64)</b>	<b>163 (60)</b>	<b>182 (65)</b>	<b>164 (63)</b>	<b>158 (60)</b>	<b>179 (65)</b>
Пыльца древесных пород	10 (6)	4 (2,4)	7 (3,7)	4 (2,4)	5 (2,9)	5 (3,1)	5 (2,7)	6 (3,7)	2 (5)	9 (5)
<i>Picea abies</i> L. (Karst.)	3 (1,8)	2 (1,2)	2 (1,1)	1 (0,6)	1 (0,6)	1 (0,6)	2 (1,1)	2 (1,2)	1 (0,6)	3 (1,7)
<i>Pinus sylvestris</i> L.	1 (0,6)	1 (0,5)	1 (0,6)	1 (0,6)	3 (1,7)	3 (1,8)	3 (1,6)	3 (1,8)	1 (0,6)	2 (1,1)
<i>Ulmus</i> sp.	1 (0,6)	1 (0,6)	1 (0,5)	1 (0,6)	1 (0,6)	1 (0,6)	-	-	-	2 (1,1)
<i>Quercus robur</i> L.	1 (0,6)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Betula pendula</i> Roth	1 (0,6)	-	-	-	-	-	-	-	-	1 (0,6)
<i>B. pubescens</i> Ehrh.	-	-	1 (0,5)	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alnus incana</i> Moench	1 (0,6)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Carpinus betulus</i> L.	1 (0,6)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Corylus avellana</i> L.	-	-	1 (0,5)	-	-	-	-	-	-	-
<i>Frangula alnus</i> Mill.	1 (0,6)	-	1 (0,5)	1 (0,6)	-	-	-	1 (0,6)	-	1 (0,6)
Пыльца травянистых растений	156 (94)	165 (97,6)	183 (96,3)	160 (97,6)	168 (97,1)	158 (96,9)	177 (97,3)	158 (96,3)	156 (94)	179 (95)
<i>Ranunculus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amaranthaceae gen.	79 (47,6)	84 (49,7)	94 (49,5)	78 (47,6)	91 (52,6)	84 (51,5)	89 (48,9)	78 (47,6)	79 (50)	83 (46,4)
<i>P. persicarya</i> L.	2 (1,2)	8 (4,7)	8 (4,2)	7 (4,3)	6 (3,5)	3 (1,8)	9 (4,9)	5 (3)	3 (1,9)	7 (3,9)
Rosaceae gen.	11 (6,6)	9 (5,3)	11 (5,8)	11 (6,7)	11 (6,4)	14 (8,6)	13 (7,1)	11 (6,7)	10 (6,3)	14 (7,8)
<i>Plantago</i> sp.	4 (2,4)	4 (2,4)	1 (0,5)	1 (0,6)	2 (1,2)	4 (2,5)	4 (2,2)	2 (1,2)	1 (0,6)	4 (2,2)
Asteraceae gen.	44 (26,5)	43 (25,4)	41 (21,6)	45 (27,4)	38 (22)	36 (22,1)	36 (19,8)	41 (25)	39 (24,7)	38 (21,2)
Cichoriaceae gen.	6 (3,6)	7 (4,1)	12 (6,3)	7 (4,3)	11 (6,4)	8 (4,9)	8 (4,4)	12 (7,3)	12 (7,6)	12 (6,7)
<i>Taraxacum officinale</i> L.	3 (1,8)	1 (0,6)	1 (0,5)	2 (1,2)	3 (1,7)	-	3 (1,6)	3 (1,8)	1 (0,6)	-
Поaceae gen.	7 (4,2)	9 (5,3)	15 (7,9)	9 (5,5)	6 (3,5)	9 (5,5)	15 (8,2)	6 (3,7)	11 (7)	12 (6,7)

лежит исследуемому растению – конопле (этот таксон создает «фон», среди которого в заметно меньшем количестве встречается пыльца прочих таксонов) – для раститель-

ной массы А процент от общего количества составляет  $36,6 \pm 2,4$  (%), для растительной массы В –  $70,7 \pm 1,2$  (%), то есть отличается в 1,9 раза. Процентное содержание прочих

**Таблица 3.** Таксономический состав и процентное содержание пыльцы и спор, подсчитанных в растительной массе В

**Table 3.** Taxonomic composition and percentage of pollen grains in plant mass B

Количество (%)	№2	№4	№6	№7	№9	№11	№12	Мешок В				
								1В	2В	3В	4В	5В
<b>Cannabis sp.</b>	<b>302 (70)</b>	<b>312 (70)</b>	<b>305 (71)</b>	<b>303 (68)</b>	<b>306 (71)</b>	<b>301 (70)</b>	<b>314 (70)</b>	<b>300 (72)</b>	<b>299 (72)</b>	<b>314 (73)</b>	<b>307 (70)</b>	<b>310 (70)</b>
<b>Прочие таксоны</b>	<b>129 (30)</b>	<b>131 (30)</b>	<b>122 (29)</b>	<b>143 (32)</b>	<b>128 (29)</b>	<b>126 (30)</b>	<b>134 (30)</b>	<b>119 (28)</b>	<b>114 (28)</b>	<b>118 (27)</b>	<b>130 (30)</b>	<b>130 (30)</b>
Пыльца древесных пород	27 (20,9)	31 (23,7)	24 (19,7)	29 (20,3)	24 (18,8)	24 (19)	25 (18,7)	27 (22,7)	22 (19,3)	23 (19,5)	31 (23,8)	31 (23,8)
<i>Pinus sylvestris</i> L.	12 (9,3)	11 (8,4)	9 (7,4)	12 (8,4)	8 (6,3)	9 (7,1)	12 (9)	11 (9,2)	9 (7,9)	10 (8,5)	11 (8,5)	12 (9,2)
<i>Quercus robur</i> L.	-	-	1 (0,8)	-	-	-	-	-	-	-	1 (0,8)	-
<i>Betula pendula</i> Roth	-	1 (0,8)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>B. pubescens</i> Ehrh.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 (0,8)	-
<i>Alnus incana</i> Moench	1 (0,8)	2 (1,5)	2 (1,6)	1 (0,7)	2 (1,6)	2 (1,6)	1 (0,7)	1 (0,8)	2 (1,8)	1 (0,8)	2 (1,5)	2 (1,5)
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	2 (1,6)	4 (3,1)	3 (2,5)	4 (2,8)	1 (0,8)	4 (3,2)	2 (1,5)	2 (1,7)	2 (1,8)	1 (0,8)	3 (2,3)	4 (3,1)
<i>Carpinus betulus</i> L.	-	-	-	1 (0,7)	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Corylus avellana</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	1 (0,8)	-	-	-	-
<i>Juglans</i> sp.	5 (3,9)	4 (3,1)	2 (1,6)	5 (3,5)	3 (2,3)	2 (1,6)	1 (0,7)	1 (0,8)	3 (2,6)	4 (3,4)	2 (1,5)	5 (3,8)
<i>Tilia cordata</i> Mill.	2 (1,6)	3 (2,3)	2 (1,6)	2 (1,4)	3 (2,3)	1 (0,8)	2 (1,5)	2 (1,7)	3 (2,6)	1 (0,8)	3 (2,3)	1 (0,8)
<i>Acer</i> sp.	-	1 (0,8)	-	-	3 (2,3)	3 (2,4)	2 (2,5)	3 (2,5)	1 (0,9)	1 (0,8)	3 (2,3)	3 (2,3)
<i>Hedera taurica</i> Carr.	-	1 (0,8)	1 (0,8)	-	1 (0,8)	2 (1,6)	1 (0,7)	2 (1,7)	1 (0,9)	2 (1,7)	1 (0,8)	2 (1,5)
<i>Euonymus</i> L.	4 (3,1)	4 (3,1)	4 (3,3)	4 (2,8)	2 (1,6)	1 (0,8)	4 (3)	3 (2,5)	1 (0,9)	2 (1,7)	4 (3,1)	2 (1,5)
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	1 (0,8)	-	-	-	-	-	-	1 (0,8)	-	-	-	-
cf. <i>Jasminium</i>	-	-	-	-	1 (0,8)	-	-	-	-	1 (0,8)	-	-
Пыльца травянистых растений	94 (72,9)	91 (69,5)	92 (75,4)	105 (73,4)	98 (76,6)	94 (74,6)	99 (73,9)	86 (72,3)	86 (75,4)	89 (75,4)	89 (68,5)	89 (68,5)
<i>Ranunculus</i> sp.	1 (0,8)	5 (3,8)	3 (2,5)	5 (3,5)	3 (2,3)	1 (0,8)	1 (0,7)	4 (3,4)	1 (0,8)	2 (1,7)	1 (0,8)	2 (1,5)
<i>Urtica</i> sp.	4 (3,1)	5 (3,8)	3 (2,5)	6 (4,2)	5 (3,9)	5 (4)	6 (4,5)	3 (2,5)	2 (1,8)	3 (2,5)	5 (3,8)	5 (3,8)
Caryophyllaceae gen.	3 (2,3)	3 (2,3)	1 (0,8)	2 (1,4)	4 (3,1)	4 (3,2)	1 (0,7)	2 (1,7)	1 (0,8)	2 (1,7)	4 (3,1)	5 (3,8)
Amaranthaceae gen.	21 (16,3)	25 (19,1)	26 (21,3)	19 (13,3)	22 (17,2)	24 (19)	23 (17,2)	21 (17,6)	26 (22,8)	21 (17,8)	22 (16,9)	19 (14,6)
<i>Rumex acetosa</i> L.	1 (0,8)	-	-	1 (0,7)	-	-	-	-	1 (0,8)	-	-	-
<i>Fagopyrum</i> sp.	2 (1,6)	-	-	-	-	2 (1,6)	-	-	-	-	-	-
<i>Hypericum</i> sp.	6 (4,7)	4 (3,1)	2 (1,6)	6 (4,2)	6 (4,7)	4 (3,2)	6 (4,5)	2 (1,7)	4 (3,5)	2 (1,7)	4 (3,1)	5 (3,8)
<i>Plantago</i> sp.	1 (0,8)	1 (0,8)	1 (0,8)	1 (0,7)	4 (3,1)	1 (0,8)	3 ( )	3 (2,5)	4 (3,5)	2 (1,7)	4 (3,1)	1 (0,8)
<i>Campanula</i> sp.	-	-	1 (0,8)	-	-	-	1 (0,7)	-	-	-	-	-
Asteraceae gen.	35 (27,1)	35 (26,7)	38 (31,3)	44 (30,8)	37 (28,9)	37 (29,4)	43 (32,1)	35 (29,4)	38 (33,3)	45 (38,1)	36 (27,7)	37 (28,5)
<i>Taraxacum officinale</i> L.	-	1 (0,8)	1 (0,8)	-	2 (1,6)	1 (0,8)	2 (1,5)	-	1 (0,8)	1 (0,8)	1 (0,8)	3 (2,3)
Liliaceae gen.	1 (0,8)	1 (0,8)	1 (0,8)	1 (0,8)	-	-	1 (0,7)	1 (0,8)	-	-	1 (0,8)	-
Рoaceae gen.	15 (11,6)	7 (5,3)	11 (9)	16 (11,2)	12 (9,4)	12 (9,5)	7 (5,2)	10 (8,4)	6 (5,3)	7 (5,9)	7 (5,4)	8 (6,2)
<i>Typha angustifolia</i> L.	3 (2,3)	3 (2,3)	2 (1,6)	3 (2,1)	2 (1,6)	2 (1,6)	2 (1,5)	3 (2,5)	1 (0,8)	1 (0,8)	3 (2,3)	1 (0,8)
<i>Typha latifolia</i> L.	1 (0,8)	1 (0,8)	2 (1,6)	1 (0,7)	1 (0,8)	1 (0,8)	3 (2,2)	2 (1,7)	1 (0,8)	3 (2,5)	1 (0,8)	3 (2,3)
Споры	8 (6,2)	9 (6,9)	6 (4,9)	9 (6,3)	6 (4,7)	8 (6,3)	10 (7,5)	6 (5)	6 (5,1)	6 (5,1)	10 (7,7)	10 (7,7)
<i>Sphagnum</i> sp.	4 (3,1)	2 (1,5)	3 (2,5)	2 (1,4)	1 (0,8)	1 (0,8)	3 (2,2)	3 (2,5)	1 (0,8)	2 (1,7)	4 (3,1)	2 (1,5)
<i>Lycopodium clavatum</i> L.	4 (3,1)	7 (5,3)	3 (2,5)	7 (4,9)	5 (3,9)	7 (5,6)	7 (5,2)	3 (2,5)	5 (4,4)	4 (3,4)	6 (4,6)	8 (6,2)

таксонов изменяется соответственно от 29,3±1,2 (%) до 63,4±2,4 (%).

Сравнение таксономического состава древесных пород, если не принимать во внимание пыльцу таксонов, которые отмечены только в 1–3 образцах, показало, что в обеих растительных массах присутствует пыльца сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Выявленные отличия: только

в образцах растительной массы А найдена пыльца ели обыкновенной (*Picea abies* L. (Karst.)), а пыльцевые зерна ольхи черной (*Alnus glutinosa* Gaertn.), ореха (*Juglans* sp.), липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.), бересклета (*Euonymus* L.) отмечены только в растительной массе В.

Что касается таксономического состава пыльцы травянистых растений, то в

данном случае сравнение выявило в образцах обеих партий содержание пыльцы амарантовых (Amaranthaceae gen.), злаков (Poaceae gen.), астровых (Asteraceae gen.) и подорожника (*Plantago* sp.). Отличия между растительными массами заключаются в следующем: только в образцах растительной массы А представлена пыльца горца почечуйного (*Polygonum persicarya* L.), розоцветных (Rosaceae gen.) и цикориевых (Cichoriaceae gen.), и только в растительной массе В присутствует пыльца крапивы (*Urtica* sp.), гвоздичных (Caryophyllaceae gen.), щавеля обыкновенного (*Rumex acetosa* L.), гречихи (*Fagopyrum* sp.), зверобоя (*Hypericum* sp.), колокольчика (*Campanula* sp.), лилейных (Liliaceae gen.), рогоза узколистного (*Typha angustifolia* L.) и рогоза широколистного (*Typha latifolia* L.).

Сопоставление таксономического состава спор растений позволило установить полное отсутствие спор в образцах растительной массы А и наличие спор сфагнума (*Sphagnum* sp.) и плауна булавовидного (*Lycopodium clavatum* L.) в образцах растительной массы В.

Сравнение доминирующих таксонов показало, что среди пыльцы древесных пород в растительной массе А отсутствует пыльца таксонов, содержание которых составляет 3 % и более (для всех образцов). Среди пыльцы травянистых доминирующими таксонами являются (в порядке убывания процентного содержания): амарантовые (Amaranthaceae gen.), астровые (Asteraceae gen.), злаки (Poaceae gen.) и цикориевые (Cichoriaceae gen.). В растительной массе В доминирующим таксоном среди пыльцы древесных пород является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), а среди травянистых – астровые (Asteraceae gen.),

амарантовые (Amaranthaceae gen.) и злаки (Poaceae gen.).

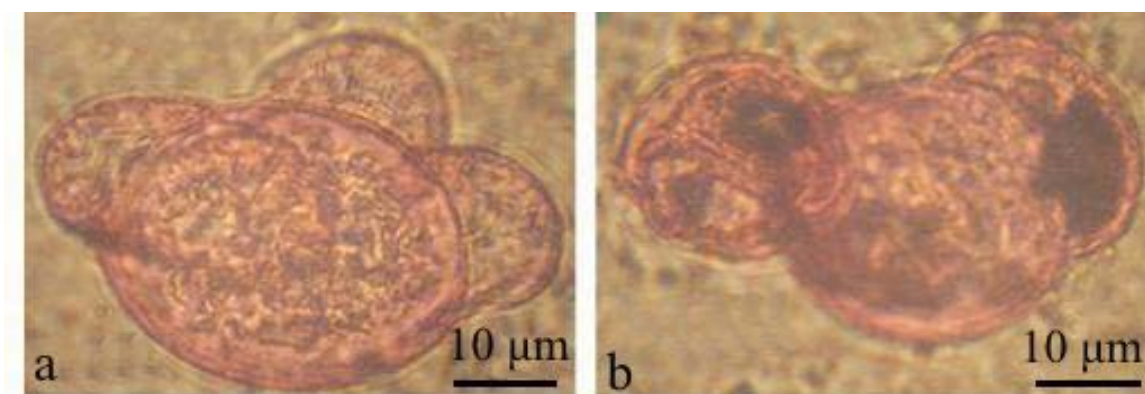
Для растительной массы А процент от прочих таксонов для сосны обыкновенной составляет  $1,1 \pm 0,6$  (%), для растительной массы В –  $8,7 \pm 0,9$  (%), то есть отличается в 7,6 раза; для амарантовых –  $49,1 \pm 1,9$  (%) и  $17,8 \pm 2,6$  (%), то есть отличается в 2,8 раза; для астровых –  $23,6 \pm 2,5$  (%) и  $30,3 \pm 3,2$  (%), то есть отличается в 1,3 раза; для злаков –  $5,8 \pm 1,7$  (%) и  $7,7 \pm 2,4$  (%), то есть отличается в 1,3 раза; для цикориевых –  $5,6 \pm 1,5$  (%) и только в растительной массе А (в растительной массе В не обнаружены).

Следует отметить, что в образцах растительной массы В пыльцевые зерна сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в 11,  $1 \pm 3,7$  (%) случаев являлись морфологически аномальными, что можно рассматривать как дополнительный идентификационный признак при установлении целого по части. Так, встречались пыльцевые зерна с 3 воздушными мешками (рис. 7а), а также разноразмерные пыльцевые зерна (рис. 7б).

Далее проводили кластерный анализ полученных спорово-пыльцевых комплексов. В качестве меры сходства было выбрано евклидово расстояние (*euclidean distance*). Дендрограммы составлялись по методу Уорда. Следует подчеркнуть, что в кластерном анализе не требуется предварительная информация о кластерной принадлежности любого из объектов, то есть кластеры определяются в ходе анализа полученных данных измерений, а не заранее (на основе использования другой информации).

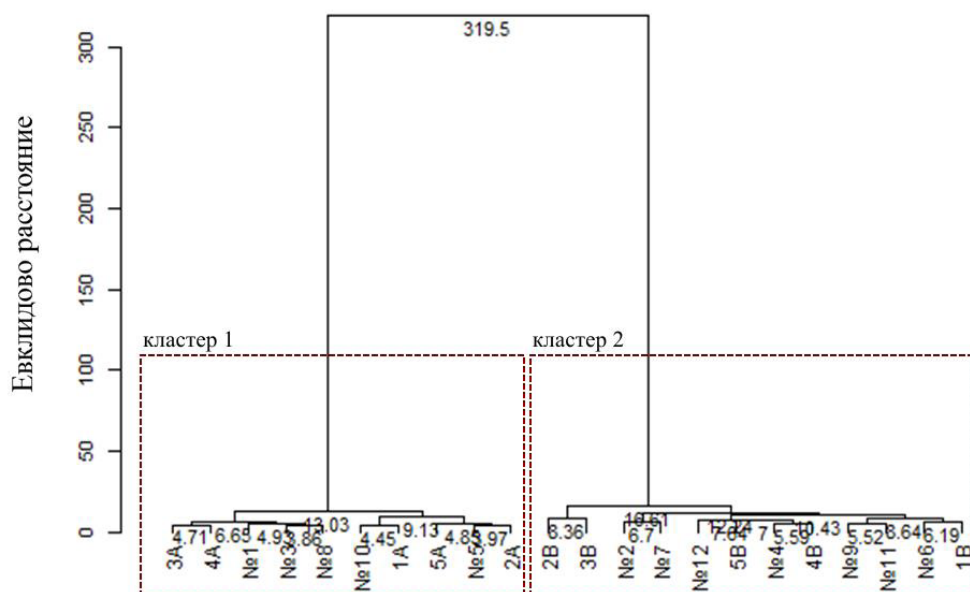
Результаты проведенного анализа представлены на рисунке 8.

На дендрограмме (рис. 8) отчетливо выделяются 2 кластера (расстояние объединения составило 319,5), что соответствует результатам анализа БИК-спектров:



**Рис. 7.** Пыльцевые зерна сосны с морфологическими нарушениями  
**Fig. 7.** Pollen grains of pine with morphological disorders

Метод Уорда



**Рис. 8.** Вертикальная дендрограмма распределения исследованных объектов по кластерам  
**Fig. 8.** Vertical dendrogram of the distribution of the objects studied by clusters

– кластер № 1 – образцы 1А–5А из мешка А (№№ 1, 3, 5, 8 и 10);

– кластер № 2 – образцы 1В–5В из мешка В (№№ 2, 4, 6, 7, 9, 11 и 12).

Таким образом, совокупность совпадающих выделенных признаков позволила экспертам сформулировать вывод о том, что образцы №№ 1, 3, 5, 8 и 10 ранее принадлежали измельченной растительной массе марихуаны из мешка А, а образцы №№ 2, 4, 6, 7, 9, 11 и 12 – измельченной растительной массе марихуаны из мешка В. Комплексное исследование было проведено в объеме, необходимом и достаточном для решения поставленного вопроса.

### 3. Заключение

В статье была продемонстрирована возможность решения экспертного вопроса о принадлежности измельченных объектов марихуаны к ранее разделенной растительной массе с применением двух независимых и взаимодополняющих методов – БИК-спектроскопии в сочетании с хемометрическим моделированием и спорово-пыльцевым анализом.

Как показывают полученные результаты, свойства растительной массы марихуаны совпадают со свойствами суммы ее составляющих, то есть, покидая ее, эти составляющие лишь уменьшаются в объеме, а с

самой растительной массой не происходит никаких качественных изменений. Предлагаемая схема исследования позволила получить разноплановую информацию об объектах исследования, а также набрать необходимое и достаточное количество совпадающих признаков, комплекс которых может быть признан неповторимым (уникальным), для проведения идентификации; она может быть применена и для других наркотиков растительного происхождения. При этом экспертам следует тщательно оценить идентификационную значимость каждого установленного признака. Анализ спорово-пыльцевых спектров обеспечил проверку достоверности ранее полученной на основе спектральных данных PLS-DA-модели и одновременно дополнил информацию об исследуемых образцах марихуаны. Такой подход, расширяющий экспертные возможности, уже зарекомендовал себя в экспертной практике и позволяет решать вопросы в категорической форме.

Комплексный подход к решению экспертных задач как проявление прогрессивной тенденции интеграции знаний значительно расширяет возможности судебной экспертизы и тем самым повышает ее эффективность как средства установления обстоятельств, имеющих доказательственное значение.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Malabadi R.B., Kolkar K.P., Chalannavar R.K. Cannabis Sativa: Ethnobotany and Phytochemistry. *International Journal of Innovation Scientific Research and Review*. 2023. Vol. 5. No. 2. P. 3990–3998.
2. Mariotti K. de C., Marcelo M.C.A., Ortiz R.S., Borille B.T., dos Reis M. *et al.* Seized Cannabis Seeds Cultivated in Greenhouse: A Chemical Study by Gas Chromatography–Mass Spectrometry and Chemometric Analysis. *Science & Justice*. 2016. Vol. 56. No. 1. P. 35–41.  
<https://doi.org/10.1016/j.scijus.2015.09.002>
3. Leite J. de A., de Oliveira M.V.L., Conti R., Borges W. de S., Rosa T.R. *et al.* Extraction and Isolation of Cannabinoids from Marijuana Seizures and Characterization by <sup>1</sup>H NMR Allied to Chemometric Tools. *Science & Justice*. 2018. Vol. 58. No. 5. P. 355–365.  
<https://doi.org/10.1016/j.scijus.2018.06.005>
4. de Andrade A.F.B., Salum L.B., Jnior E.F. Forensic Laboratory Backlog: The Impact of Inconclusive Results of Marijuana Analysis and the Implication on Analytical Routine. *Science & Justice*. 2021. Vol. 61. No. 6. P. 755–760.  
<https://doi.org/10.1016/j.scijus.2021.09.005>
5. Pattnaik F., Nanda S., Mohanty S., Dalai A.K., Kumar V. *et al.* Cannabis: Chemistry, Extraction and Therapeutic Applications. *Chemosphere*. 2022. Vol. 289. 133012.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133012>
6. Messina G., Rovelli F., Lissoni P. A Review of On the Psychobiological Differences among Tetrahydrocannabinol, Cannabinol, Cannabidiol and Cannabigerol. *Clinical Reviews & Cases*. 2022. Vol. 4. No. 2. P. 1–4.  
<https://doi.org/10.33425/2689-1069.1040>
7. Englund A., Oliver D., Chesney E., Chester L., Wilson J. *et al.* Does Cannabidiol Make Cannabis Safer? A Randomised, Double-blind, Cross-over Trial of Cannabis with Four Different CBD:THC Ratios. *Neuropsychopharmacology*. 2022. Vol. 48. P. 869–876.  
<https://doi.org/10.1038/s41386-022-01478-z>
8. Poniatowska J., Panasiewicz K., Szalata M., Zarina L., Zute S. *et al.* Variability of Cannabinoid Yields of Fibre Hemp Cultivars Depending on the Sowing Density and Nitrogen Fertilisation. *Plant, Soil and Environment*. 2022. Vol. 68. No. 11. P. 525–532.  
<https://doi.org/10.17221/223/2022-PSE>
9. Karğili U., Aytaç E. Evaluation of Cannabinoid (CBD and THC) Content of Four Different Strains of Cannabis Grown in Four Different Regions. *European Food Research and Technology*. 2022. Vol. 248. P. 1351–1364.  
<https://doi.org/10.1007/s00217-022-03975-3>
10. Naim-Feil E., Elkins A.C., Malmberg M.M., Ram D., Tran J. *et al.* The Cannabis Plant as a Complex System: Interrelationships between Cannabinoid Compositions, Morphological, Physiological and Phenological Traits. *Plants*. 2023. Vol. 12. No. 3. 493.  
<https://doi.org/10.3390/plants12030493>

## REFERENCES

1. Malabadi R.B., Kolkar K.P., Chalannavar R.K. Cannabis Sativa: Ethnobotany and Phytochemistry. *International Journal of Innovation Scientific Research and Review*. 2023. Vol. 5. No. 2. P. 3990–3998.
2. Mariotti K. de C., Marcelo M.C.A., Ortiz R.S., Borille B.T., dos Reis M. *et al.* Seized Cannabis Seeds Cultivated in Greenhouse: A Chemical Study by Gas Chromatography–Mass Spectrometry and Chemometric Analysis. *Science & Justice*. 2016. Vol. 56. No. 1. P. 35–41.  
<https://doi.org/10.1016/j.scijus.2015.09.002>
3. Leite J. de A., de Oliveira M.V.L., Conti R., Borges W. de S., Rosa T.R. *et al.* Extraction and Isolation of Cannabinoids from Marijuana Seizures and Characterization by <sup>1</sup>H NMR Allied to Chemometric Tools. *Science & Justice*. 2018. Vol. 58. No. 5. P. 355–365.  
<https://doi.org/10.1016/j.scijus.2018.06.005>
4. de Andrade A.F.B., Salum L.B., Jnior E.F. Forensic Laboratory Backlog: The Impact of Inconclusive Results of Marijuana Analysis and the Implication on Analytical Routine. *Science & Justice*. 2021. Vol. 61. No. 6. P. 755–760.  
<https://doi.org/10.1016/j.scijus.2021.09.005>
5. Pattnaik F., Nanda S., Mohanty S., Dalai A.K., Kumar V. *et al.* Cannabis: Chemistry, Extraction and Therapeutic Applications. *Chemosphere*. 2022. Vol. 289. 133012.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133012>
6. Messina G., Rovelli F., Lissoni P. A Review of On the Psychobiological Differences among Tetrahydrocannabinol, Cannabinol, Cannabidiol and Cannabigerol. *Clinical Reviews & Cases*. 2022. Vol. 4. No. 2. P. 1–4.  
<https://doi.org/10.33425/2689-1069.1040>
7. Englund A., Oliver D., Chesney E., Chester L., Wilson J. *et al.* Does Cannabidiol Make Cannabis Safer? A Randomised, Double-blind, Cross-over Trial of Cannabis with Four Different CBD:THC Ratios. *Neuropsychopharmacology*. 2022. Vol. 48. P. 869–876.  
<https://doi.org/10.1038/s41386-022-01478-z>
8. Poniatowska J., Panasiewicz K., Szalata M., Zarina L., Zute S. *et al.* Variability of Cannabinoid Yields of Fibre Hemp Cultivars Depending on the Sowing Density and Nitrogen Fertilisation. *Plant, Soil and Environment*. 2022. Vol. 68. No. 11. P. 525–532.  
<https://doi.org/10.17221/223/2022-PSE>
9. Karğili U., Aytaç E. Evaluation of Cannabinoid (CBD and THC) Content of Four Different Strains of Cannabis Grown in Four Different Regions. *European Food Research and Technology*. 2022. Vol. 248. P. 1351–1364.  
<https://doi.org/10.1007/s00217-022-03975-3>
10. Naim-Feil E., Elkins A.C., Malmberg M.M., Ram D., Tran J. *et al.* The Cannabis Plant as a Complex System: Interrelationships between Cannabinoid Compositions, Morphological, Physiological and Phenological Traits. *Plants*. 2023. Vol. 12. No. 3. 493.  
<https://doi.org/10.3390/plants12030493>

11. Saks M.J. Forensic Identification: From a Faith-based “Science” to a Scientific Science. *Forensic Science International*. 2010. Vol. 201. No. 1–3. P. 1417.  
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.03.014>
12. Roman M.G., Gangitano D., Houston R. Characterization of New Chloroplast Markers to Determine Biogeographical Origin and Crop Type of *Cannabis Sativa*. *International Journal of Legal Medicine*. 2019. Vol. 133. P. 1721–1732.  
<https://doi.org/10.1007/s00414-019-02142-w>
13. Ribeiro L. de O. P., Avila E., Mariot R.F., Fett M.S., Camargo F. A. de O. *et al.* Evaluation of Two 13-loci STR Multiplex System Regarding Identification and Origin Discrimination of Brazilian *Cannabis Sativa* Samples. *International Journal of Legal Medicine*. 2020. Vol. 134. P. 1603–1612.  
<https://doi.org/10.1007/s00414-020-02338-5>
14. Punja Z.K., Rodriguez G., Chen S. Assessing Genetic Diversity in Cannabis Sativa Using Molecular Approaches. *Cannabis Sativa L. – Botany and Biotechnology*. 2017. P. 395–418.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-54564-6\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-319-54564-6_19)
15. Fett M.S., Mariot R.F., Ortiz R.S., Avila E., Camargo F. A. de O. Geographic Origin Determination of Brazilian *Cannabis Sativa* L. (Marihuana) by Multi-element Concentration. *Forensic Science International*. 2020. Vol. 315. 110459.  
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110459>
16. Nava V., Albergamo A., Bartolomeo G., Rando R., Litrenta F. *et al.* Monitoring Cannabinoids and the Safety of the Trace Element Profile of Light *Cannabis sativa* L. from Different Varieties and Geographical Origin. *Toxics*. 2022. Vol. 10. No. 12. 758 p.  
<https://doi.org/10.3390/toxics10120758>
17. Zerihun A., Chandravanshi B.S., Debebe A., Mehari B. Levels of Selected Metals in Leaves of *Cannabis sativa* L. Cultivated in Ethiopia. *SpringerPlus*. 2015. No. 4. 359 p.  
<https://doi.org/10.1186/s40064-015-1145-x>
18. Abdollahi M., Sefidkon F., Peirovi A., Calagari M., Mousavi A. Assessment of the Cannabinoid Content from Different Varieties of *Cannabis sativa* L. during the Growth Stages in Three Regions. *Chemistry & Biodiversity*. 2021. Vol. 18. No. 12. e2100247.  
<https://doi.org/10.1002/cbdv.202100247>
19. Ramos M.F., Boston D., Kinney Ch.A., Coblinski J.A., Camargo F. A. de O. Sourcing *Cannabis sativa* L. by Thermogravimetric Analysis. *Science & Justice*. 2021. Vol. 61. No. 4. P. 401–409.  
<https://doi.org/10.1016/j.scijus.2021.03.002>
20. R.Z. Al Bakain R.Z., Al-Degs Y.S., Cizdziel J.V., Elsohly M.A. Linear Discriminant Analysis Based on Gas Chromatographic Measurements for Geographical Prediction of USA Medical Domestic Cannabis. *Acta Chromatographica*. 2021. Vol. 33. No. 2. P. 179–187.  
<https://doi.org/10.1556/1326.2020.00782>
11. Saks M.J. Forensic Identification: From a Faith-based “Science” to a Scientific Science. *Forensic Science International*. 2010. Vol. 201. No. 1–3. P. 1417.  
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.03.014>
12. Roman M.G., Gangitano D., Houston R. Characterization of New Chloroplast Markers to Determine Biogeographical Origin and Crop Type of *Cannabis Sativa*. *International Journal of Legal Medicine*. 2019. Vol. 133. P. 1721–1732.  
<https://doi.org/10.1007/s00414-019-02142-w>
13. Ribeiro L. de O. P., Avila E., Mariot R.F., Fett M.S., Camargo F. A. de O. *et al.* Evaluation of Two 13-loci STR Multiplex System Regarding Identification and Origin Discrimination of Brazilian *Cannabis Sativa* Samples. *International Journal of Legal Medicine*. 2020. Vol. 134. P. 1603–1612.  
<https://doi.org/10.1007/s00414-020-02338-5>
14. Punja Z.K., Rodriguez G., Chen S. Assessing Genetic Diversity in Cannabis Sativa Using Molecular Approaches. *Cannabis Sativa L. – Botany and Biotechnology*. 2017. P. 395–418.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-54564-6\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-319-54564-6_19)
15. Fett M.S., Mariot R.F., Ortiz R.S., Avila E., Camargo F. A. de O. Geographic Origin Determination of Brazilian *Cannabis Sativa* L. (Marihuana) by Multi-element Concentration. *Forensic Science International*. 2020. Vol. 315. 110459.  
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110459>
16. Nava V., Albergamo A., Bartolomeo G., Rando R., Litrenta F. *et al.* Monitoring Cannabinoids and the Safety of the Trace Element Profile of Light *Cannabis sativa* L. from Different Varieties and Geographical Origin. *Toxics*. 2022. Vol. 10. No. 12. 758 p.  
<https://doi.org/10.3390/toxics10120758>
17. Zerihun A., Chandravanshi B.S., Debebe A., Mehari B. Levels of Selected Metals in Leaves of *Cannabis sativa* L. Cultivated in Ethiopia. *SpringerPlus*. 2015. No. 4. 359 p.  
<https://doi.org/10.1186/s40064-015-1145-x>
18. Abdollahi M., Sefidkon F., Peirovi A., Calagari M., Mousavi A. Assessment of the Cannabinoid Content from Different Varieties of *Cannabis sativa* L. during the Growth Stages in Three Regions. *Chemistry & Biodiversity*. 2021. Vol. 18. No. 12. e2100247.  
<https://doi.org/10.1002/cbdv.202100247>
19. Ramos M.F., Boston D., Kinney Ch.A., Coblinski J.A., Camargo F. A. de O. Sourcing *Cannabis sativa* L. by Thermogravimetric Analysis. *Science & Justice*. 2021. Vol. 61. No. 4. P. 401–409.  
<https://doi.org/10.1016/j.scijus.2021.03.002>
20. R.Z. Al Bakain R.Z., Al-Degs Y.S., Cizdziel J.V., Elsohly M.A. Linear Discriminant Analysis Based on Gas Chromatographic Measurements for Geographical Prediction of USA Medical Domestic Cannabis. *Acta Chromatographica*. 2021. Vol. 33. No. 2. P. 179–187.  
<https://doi.org/10.1556/1326.2020.00782>

- 
21. Hurley J.M., West J.B., Ehleringer J.R. Stable Isotope Models to Predict Geographic Origin and Cultivation Conditions of Marijuana. *Science & Justice*. 2010. Vol. 50. No. 2. P. 86–93.  
<https://doi.org/10.1016/j.scijus.2009.11.003>
22. Calvi M., Bontempo L., Pizzini S., Cucinotta L., Camin F. *et al.* Isotopic Characterization of Italian Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.) Intended for Food Use: A First Exploratory Study. *Separations*. 2022. Vol. 9. No. 6. 136 p.  
<https://doi.org/10.3390/separations9060136>
23. McDaniel A., Perry L., Liu Q., Shih W.Ch., Yu J. Toward the Identification of Marijuana Varieties by Headspace Chemical Forensics. *Forensic Chemistry*. 2018. Vol. 11. P. 23–31.
24. Biedermann A., Bozza S., Taroni F. The Decisionalization of Individualization. *Forensic Science International*. 2016. Vol. 266. P. 29–38.  
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.04.029>
25. Swofford H.J., Cino J.G. Lay Understanding of “Identification”: How Jurors Interpret Forensic Identification Testimony. *Journal of Forensic Identification*. 2018. Vol. 68. No. 1. P. 29–41.
26. Broeders T. Philosophy of Forensic Identification. *Encyclopedia of Criminology and Criminal Justice* / G.J.N. Bruinsma, D.L. Weisburd (eds.). Springer Science and Business Media: New York, 2014. P. 3513–3526.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5690-2\\_164](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5690-2_164)
27. Ferrari M., Mottola L., Quaresima V. Principles, Techniques, and Limitations of Near Infrared Spectroscopy. *Canadian Journal of Applied Physiology*. 2004. Vol. 29. No. 4. P. 463–487.  
<https://doi.org/10.1139/h04-031>
28. Pasquini C. Near Infrared Spectroscopy: Fundamentals, Practical Aspects and Analytical Applications. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 2003. Vol. 14. No. 2. P. 198–219.  
<https://doi.org/10.1590/S0103-50532003000200006>
29. Skobeveva S., Banyard A., Rooney B., Thatti R., Thatti B. *et al.* Near-infrared Spectroscopy Combined with Chemometrics to Classify Cosmetic Foundations from a Crime Scene. *Science & Justice*. 2022. Vol. 62. No. 3. P. 327–335.  
<https://doi.org/10.1016/j.scijus.2022.03.002>
30. Ezegbogu M.O. Identifying the Scene of a Crime Through Pollen Analysis. *Science & Justice*. 2021. Vol. 61. No. 3. P. 205–213.  
<https://doi.org/10.1016/j.scijus.2020.12.002>
31. Morgan R.M., Davies G., Balestri F., Bull P.A. The Recovery of Pollen Evidence from Documents and Its Forensic Implications. *Science & Justice*. 2013. Vol. 53. No. 4. P. 375–384.  
<https://doi.org/10.1016/j.scijus.2013.03.004>
32. Morgan R.M., Allen E., King T., Bull P.A. The Spatial and Temporal Distribution of Pollen in a Room: Forensic Implications. *Science & Justice*. 2014. Vol. 54. No. 1. P. 49–56.  
<https://doi.org/10.1016/j.scijus.2013.03.005>
33. Blanco M., Villarroya I. NIR Spectroscopy: a Rapid-response Analytical Tool. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2002. Vol. 21. No. 4. P. 240–250.  
[https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(02\)00404-1](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(02)00404-1)
21. Hurley J.M., West J.B., Ehleringer J.R. Stable Isotope Models to Predict Geographic Origin and Cultivation Conditions of Marijuana. *Science & Justice*. 2010. Vol. 50. No. 2. P. 86–93.  
<https://doi.org/10.1016/j.scijus.2009.11.003>
22. Calvi M., Bontempo L., Pizzini S., Cucinotta L., Camin F. *et al.* Isotopic Characterization of Italian Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.) Intended for Food Use: A First Exploratory Study. *Separations*. 2022. Vol. 9. No. 6. 136 p.  
<https://doi.org/10.3390/separations9060136>
23. McDaniel A., Perry L., Liu Q., Shih W.Ch., Yu J. Toward the Identification of Marijuana Varieties by Headspace Chemical Forensics. *Forensic Chemistry*. 2018. Vol. 11. P. 23–31.
24. Biedermann A., Bozza S., Taroni F. The Decisionalization of Individualization. *Forensic Science International*. 2016. Vol. 266. P. 29–38.  
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.04.029>
25. Swofford H.J., Cino J.G. Lay Understanding of “Identification”: How Jurors Interpret Forensic Identification Testimony. *Journal of Forensic Identification*. 2018. Vol. 68. No. 1. P. 29–41.
26. Broeders T. Philosophy of Forensic Identification. *Encyclopedia of Criminology and Criminal Justice* / G.J.N. Bruinsma, D.L. Weisburd (eds.). Springer Science and Business Media: New York, 2014. P. 3513–3526.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5690-2\\_164](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5690-2_164)
27. Ferrari M., Mottola L., Quaresima V. Principles, Techniques, and Limitations of Near Infrared Spectroscopy. *Canadian Journal of Applied Physiology*. 2004. Vol. 29. No. 4. P. 463–487.  
<https://doi.org/10.1139/h04-031>
28. Pasquini C. Near Infrared Spectroscopy: Fundamentals, Practical Aspects and Analytical Applications. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 2003. Vol. 14. No. 2. P. 198–219.  
<https://doi.org/10.1590/S0103-50532003000200006>
29. Skobeveva S., Banyard A., Rooney B., Thatti R., Thatti B. *et al.* Near-infrared Spectroscopy Combined with Chemometrics to Classify Cosmetic Foundations from a Crime Scene. *Science & Justice*. 2022. Vol. 62. No. 3. P. 327–335.  
<https://doi.org/10.1016/j.scijus.2022.03.002>
30. Ezegbogu M.O. Identifying the Scene of a Crime Through Pollen Analysis. *Science & Justice*. 2021. Vol. 61. No. 3. P. 205–213.  
<https://doi.org/10.1016/j.scijus.2020.12.002>
31. Morgan R.M., Davies G., Balestri F., Bull P.A. The Recovery of Pollen Evidence from Documents and Its Forensic Implications. *Science & Justice*. 2013. Vol. 53. No. 4. P. 375–384.  
<https://doi.org/10.1016/j.scijus.2013.03.004>
32. Morgan R.M., Allen E., King T., Bull P.A. The Spatial and Temporal Distribution of Pollen in a Room: Forensic Implications. *Science & Justice*. 2014. Vol. 54. No. 1. P. 49–56.  
<https://doi.org/10.1016/j.scijus.2013.03.005>
33. Blanco M., Villarroya I. NIR Spectroscopy: a Rapid-response Analytical Tool. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2002. Vol. 21. No. 4. P. 240–250.  
[https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(02\)00404-1](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(02)00404-1)
-

34. Asri M.N.M., Verma R., Ibrahim M.H., Nor N.A.M., Sharma V. *et al.* On the Discrimination Between Facial Creams of Different Brands Using Raman Spectroscopy and Partial Least Squares Discriminant Analysis for Forensic Application. *Science & Justice*. 2021. Vol. 61. No. 6. P. 687–696. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2021.08.006>
35. Sharma Ch.P., Sharma S., Sharma V., Singh R. Rapid and Non-destructive Identification of Claws Using ATR-FTIR Spectroscopy – A Novel Approach in Wildlife Forensics. *Science & Justice*. 2019. Vol. 59. No. 6. P. 622–629. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2019.08.002>
36. Рылова Т.Б., Кузменков Д.Е., Хох А.Н., Прохорова Е.А. Методика экспертного исследования объектов растительного происхождения, в том числе наркотических и психотропных, методом спорово-пыльцевого анализа. Минск: ИВЦ Минфина, 2019. 32 с.
37. Weber M., Ulrich S. *PalDat* 3.0 – Second Revision of the Database, Including a Free Online Publication Tool. *Grana*. 2017. Vol. 56. No. 4. P. 257–262. <https://doi.org/10.1080/00173134.2016.1269188>
38. Gerules G., Bhatia S.K., Jackson D.E. A Survey of Image Processing Techniques and Statistics for Ballistic Specimens in Forensic Science. *Science & Justice*. 2013. Vol. 53. No. 2. P. 236–250. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2012.07.002>
39. Bovens M., Ahrens B., Alberink I., Nordgaard A., Salonen T. Chemometrics in Forensic Chemistry – Part I: Implications to the Forensic Workflow. *Forensic Science International*. 2019. Vol. 301. P. 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.05.030>
40. D. San Pietro, Kammrath B.W., P.R. De Forest. Is Forensic Science in Danger of Extinction? *Science & Justice*. 2019. Vol. 59. No. 2. P. 199–202. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2018.11.003>
41. Curran J.M. Statistics in Forensic Science. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*. 2009. Vol. 1. No. 2. P. 141–156. <https://doi.org/10.1002/wics.33>
34. Asri M.N.M., Verma R., Ibrahim M.H., Nor N.A.M., Sharma V. *et al.* On the Discrimination Between Facial Creams of Different Brands Using Raman Spectroscopy and Partial Least Squares Discriminant Analysis for Forensic Application. *Science & Justice*. 2021. Vol. 61. No. 6. P. 687–696. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2021.08.006>
35. Sharma Ch.P., Sharma S., Sharma V., Singh R. Rapid and Non-destructive Identification of Claws Using ATR-FTIR Spectroscopy – A Novel Approach in Wildlife Forensics. *Science & Justice*. 2019. Vol. 59. No. 6. P. 622–629. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2019.08.002>
36. Rylova T.B., Kuzmenkov D.E., Khokh A.N., Prokhorova E.A. Methodology of Expert Examination of Objects of Plant Origin, Including Narcotic and Psychotropic Substances, by the Method of Spore-Pollen Analysis. Minsk: IVTs Minfina, 2019. 32 p. (In Russ.)
37. Weber M., Ulrich S. *PalDat* 3.0 – Second Revision of the Database, Including a Free Online Publication Tool. *Grana*. 2017. Vol. 56. No. 4. P. 257–262. <https://doi.org/10.1080/00173134.2016.1269188>
38. Gerules G., Bhatia S.K., Jackson D.E. A Survey of Image Processing Techniques and Statistics for Ballistic Specimens in Forensic Science. *Science & Justice*. 2013. Vol. 53. No. 2. P. 236–250. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2012.07.002>
39. Bovens M., Ahrens B., Alberink I., Nordgaard A., Salonen T. Chemometrics in Forensic Chemistry – Part I: Implications to the Forensic Workflow. *Forensic Science International*. 2019. Vol. 301. P. 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.05.030>
40. D. San Pietro, Kammrath B.W., P.R. De Forest. Is Forensic Science in Danger of Extinction? *Science & Justice*. 2019. Vol. 59. No. 2. P. 199–202. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2018.11.003>
41. Curran J.M. Statistics in Forensic Science. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*. 2009. Vol. 1. No. 2. P. 141–156. <https://doi.org/10.1002/wics.33>

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Хох Анна Николаевна** – заведующий лабораторией исследования материалов, веществ и изделий научного отдела технических и специальных исследований Научно-практического центра Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь;  
e-mail: 1ann1hoh@gmail.com

**Восканян Патвакан Степанович** – к. хим. н., заместитель директора по научной работе Государственной некоммерческой организации «Национальное бюро экспертиз» Национальной академии наук Республики Армения;  
e-mail: p.voskanyan@nbe.am

**Петросян Анна Араиковна** – начальник отдела почвоведческих и биологических экспертиз Государственной некоммерческой организации «Национальное бюро экспертиз» Национальной академии наук Республики Армения;  
e-mail: annapetrosyan99@gmail.com

**ABOUT THE AUTHORS**

**Khokh Anna Nikolaevna** – Head of the Laboratory of Materials, Substances and Products Research of the Scientific Department of Technical and Special Studies of the Scientific and Practical Center of the State Forensic Examination Committee of the Republic of Belarus; e-mail: 1ann1hoh@gmail.com

**Voskanyan Patvakan Stepanovich** – Candidate of Chemistry, Deputy Director for Scientific Work of the “National Bureau of Expertises” State non-commercial organization (SNCO) of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia; email: p.voskanyan@nbe.am

**Petrosyan Anna Araikovna** – Head of the Soil and Biological Expertises Department of the “National Bureau of Expertises” State non-commercial organization (SNCO) of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia; email: annapetrosyan99@gmail.com

*Статья поступила: 06.05.2024*

*После доработки: 15.07.2024*

*Принята к печати: 20.08.2024*

*Received: May 06, 2024*

*Revised: June 15, 2024*

*Accepted: August 20, 2024*