

Научная статья

УДК 343.983.4; 343.983.7

DOI: 10.55001/2587-9820.2023.73.89.006

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ЭКСПЕРТНОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ РАСТЕНИЙ ЭФЕДРЫ КАК ОБЪЕКТА КОНТРОЛИРУЕМОГО ОБОРОТА

Евгения Валерьевна Заер¹, Сергей Евгеньевич Лебеденко², Евгений Александрович Мунгалов³

¹Экспертно-криминалистический центр ГУ МВД России по Алтайскому краю, г. Барнаул, Российская Федерация, djnazr@mail.ru

²Восточно-Сибирский институт МВД России, г. Иркутск, Российская Федерация, lebedenko@list.ru

³Барнаульский юридический институт МВД России, г. Барнаул, Российская Федерация, mung@mail.ru

Аннотация. В настоящей статье на основе обобщения и систематизации сведений о способах и методах исследования растений эфедры (растений рода Ephedra L.) предложен комплексный подход к решению экспертных задач по их отнесению к объектам незаконного оборота – растениям, содержащим прекурсоры наркотических средств или психотропных веществ. Рассмотрены анатомо-морфологические признаки представителей рода Ephedra L., условия и способы применения различных методов физико-химического анализа для определения основных алкалоидов эфедры.

Ключевые слова: незаконное производство наркотических средств, растение эфедра, анатомо-морфологические признаки, хромато-масс-спектрометрия, тонкослойная хроматография, инфракрасная спектроскопия.

Для цитирования: Заер, Е. В., Лебеденко, С. Е., Мунгалов, Е. А. Методические подходы к экспертному исследованию растений эфедры как объекта контролируемого оборота // Криминалистика: вчера, сегодня, завтра : сб. науч. тр. Иркутск : Восточно-Сибирский институт МВД России. 2023. Т. 26. № 2. С. 63–75. DOI: 10.55001/2587-9820.2023.73.89.006

METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE EXPERT STUDY OF EPHEDRA PLANTS AS AN OBJECT OF CONTROLLED TRAFFIC

Evgeniia V. Zaer¹, Sergei E. Lebedenko², Evgeniy A. Mungalov³

¹Forensic Center of the MIA of Russia in the Altay Territory, Barnaul, Russian Federation, djnazr@mail.ru

²East-Siberian Institute of the MIA of Russia, Irkutsk, Russian Federation, lebedenko@list.ru

³Barnaul Law Institute of the MIA of Russia, Barnaul, Russian Federation, mung@mail.ru

Abstract. In this article, on the basis of generalization and systematization of information on methods and techniques of research of ephedra plants (plants of the genus Ephedra L.), a comprehensive approach to solving expert problems on their attribution to objects of illicit trafficking – plants containing precursors of narcotic drugs or psychotropic substances is proposed. Anatomical and morphological features of representatives of the genus Ephedra L., conditions and modes of application of various

methods of physico-chemical analysis to determine the main alkaloids of ephedra are considered.

Key words: illegal production of narcotic drugs, ephedra plant, anatomical and morphological features, chromato-mass spectrometry, thin-layer chromatography, infrared spectroscopy.

For citation: Zaer, E. V., Lebedenko, S. E., Mungalov, E. A. Metodicheskie podhody k ekspertnomu issledovaniyu rastenij efedry kak ob"ekta kontroliruemogo oborota [Methodological approaches to the expert study of ephedra plants as an object of controlled traffic]. *Kriminalistika: vchera segodnya, zavtra = Forensics: yesterday, today, tomorrow*. 2023, vol. 26 no 2, pp. 63–75. (in Russ.) DOI: 10.55001/2587-9820.2023.73.89.006

Введение

Экспертные исследования психоактивных веществ в рамках расследования преступлений в сфере незаконного оборота наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров достаточно сложны, так как предусматривают не только применение знаний в области химии, химического и физико-химического анализа, но и свободное оперирование нормативной базой в виде соответствующих федеральных законов и постановлений Правительства Российской Федерации.

Ситуация еще более усложняется при необходимости проведения экспертизы в отношении достаточно редко встречающихся в экспертной практике контролируемых растений, содержащих наркотические средства, психотропные вещества или их прекурсоры. В этом случае требуется применение специальных знаний не только из области химии, но и из области ботаники. Одним из таких объектов является эфедрин, различные виды которой содержат в своем составе помимо прочих такие алкалоиды, как эфедрин, псевдоэфедрин, фенилпропаноламин (норэфедрин) [1, с. 20], отнесенные отечественным законодательством к числу

прекурсоров¹. На этом основании эфедрин (растение рода *Ephedra* L) включена в Перечень растений, содержащих наркотические средства или психотропные вещества либо их прекурсоры и подлежащих контролю в Российской Федерации².

¹ Об утверждении перечня наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров, подлежащих контролю в Российской Федерации: Постановление Правительства Российской Федерации от 30.06.1998 г. № 681 : в ред. от 15.06.2022 г. // КонсультантПлюс : сайт. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19243/ (дата обращения: 19.03.2023). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

² Об утверждении перечня растений, содержащих наркотические средства или психотропные вещества либо их прекурсоры и подлежащих контролю в Российской Федерации, крупного и особо крупного размеров культивирования растений, содержащих наркотические средства или психотропные вещества либо их прекурсоры, для целей статьи 231 Уголовного кодекса Российской Федерации, а также об изменении и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации по вопросу оборота растений, содержащих наркотические средства или психотропные вещества либо их прекурсоры : Постановление Правительства Российской Федерации от 27.11.2010 г. № 934 : в ред. от 29.07.2020 г. // КонсультантПлюс : сайт. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_107635/7007fb8f39ca6c1ecc2c03009bfc9526934decc0/#dst100014 (дата обращения: 19.03.2023). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

Интерес к экспертному исследованию эфедры обусловлен ее относительно широким ареалом распространения, в том числе и на территории Российской Федерации, а также сообщениями специализированных органов по борьбе с незаконным оборотом наркотиков иностранных государств и межгосударственных образований. В частности, Европейский центр мониторинга наркотиков и наркомании (EMCDDA) в специальной публикации, посвященной ситуации с наркопроизводством в Афганистане, отмечает, что с 2019 года на территории его западных и юго-западных регионов наблюдается устойчивый рост культивации и заготовки эфедры с целью выделения эфедрина и дальнейшего использования его для синтеза метамfetамина. Исследователи EMCDDA отмечают, что в указанных регионах производство метамfetамина практически вытеснило традиционное для этих местностей производство героина³. Ареал распространения различных видов эфедры на территории бывшего СССР включает в себя страны Средней Азии, юг Европейской части России, юг Западной Сибири и восточную часть главного Кавказского хребта [2, с. 79]. Таким образом, на отдельных территориях Российской Федерации весьма вероятно появление очагов незаконного производства метамfetамина с использованием растительного сырья, что приведет к увеличению количества изъятий и назначений экспертиз и исследований травы эфедры.

³ EU4MONITORING DRUGS SPECIAL REPORT : Emerging evidence of Afghanistan's role as a producer and supplier of ephedrine and methamphetamine // European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction : офиц. сайт. URL: <https://www.emcdda.europa.eu/system/files/media/publications/documents/13410/emcdda-methamphetamine-in-Afghanistan-report.pdf> (дата обращения 19.04.2023). Режим доступа: свободный.

При производстве судебных экспертиз с целью отнесения изъятых объектов к наркосодержащему растению эфедра (растение рода *Ephedra* L) эксперты сталкиваются с отсутствием единой методики экспертного исследования растений эфедры и их частей, которые обычно и поступают в экспертные подразделения в рамках уголовных дел или проверок сообщений о преступлениях. Для решения этой проблемы в настоящей статье приводятся и обобщаются сведения об анатомии и морфологии растений рода эфедра и исследовании алкалоидов эфедры физико-химическими методами.

Основная часть

На первом этапе экспертного исследования объектов растительного происхождения выявляются морфологические и анатомические особенности их строения, которые в рассматриваемом нами случае должны сопоставляться с аналогичными признаками эфедры. Рассмотрим подробнее признаки растений рода *Ephedra* L. и особенности систематизации последних.

Род эфедра (хвойник) *Ephedra* L – единственный род семейства Эфедровые *Ephedraceae* Dumort., представитель класса Гнетовые *Gnetopsida* из отдела Голосеменные *Pinophyta*. По мнению различных ученых, в роде эфедра насчитывается от 40 до 73 различных видов [3, с. 523; 4, с. 85; 5, с. 2].

Растения рода эфедра⁴ – это кустарники, реже деревья или лианы, высотой от 2–7 см до 5–7 м, с членистыми стеблями, напоминающими хвощ (рис. 1).

⁴ Атлас дикорастущих лекарственных растений Узбекистана // Проект лаборатории «Растительных ресурсов» Института ботаники Академии наук Республики Узбекистан. URL: https://planta-medica.uz/wp-content/uploads/2020/12/img_5933.jpg (дата обращения 20.04.2023). Режим доступа: свободный.



Рисунок 1. Эфедрa хвощевая (*Ephedra equisetina* Bunge)

Особый интерес представляет строение стеблей, так как в качестве источника алкалоидов (эфедрин, псевдоэфедрин) собираются именно неодревесневшие верхушечные части растения эфедрa. Стебли серо-зеленого, желто-зеленого цвета, имеют сочлененный вид из-за наличия на них отдельных узлов и междоузлий. Междоузлия продольно ребристые, а гребни на последующих междоузлиях чередуются. Листья, расположенные в основании узла, редуцированные, пленчатого типа, лишены хлорофилла, часто коричневого цвета, на 1/3 или почти полностью сросшиеся от основания в пленчатое влагалище, у отдельных видов листья опадающие (рис. 2). Поскольку листья чешуйчатые и редуцированные, процесс фотосинтеза осуществляется через поверхность стеблей, кора которых состоит в частности из клеток, содержащих

хлорофилл. Растение двудомное, реже однодомное, с невзрачными раздельнополыми цветами, собранными в небольшие почти сидячие колоски. Мужские колоски одиночные или скученные по 2–3 штуки, двух-, четырехцветковые, почти шаровидные, длиной 4–5 мм; тычиночные (мужские) цветы состоят из тычинок, сросшихся в колонку, едва выдающуюся из чешуевидных прицветников. Наружные прицветники округло-эллиптические, на 1/3 сросшиеся с узкой краем у основания; внутренние округлые, более длинные. Пыльники, числом 6–8, почти сидячие. Женские колоски мелкие, на коротких ножках, одноцветковые, с двумя (тремя) парами прицветников. Зрелые плоды представляют собой либо ложную ягоду желтоватую или красную, мясистую (рис. 3), либо сухие плоды, окруженные пленчатыми прицветниками.



Рисунок 2. Стебель с листьями растения эфедра



Рисунок 3. Ложные ягоды растения эфедра

Пыльцевые зерна эфедры эллипсоидальные и отмечены чередующимися гребнями и бороздками, параллельными длинной оси. Этот необычный полипликативный тип пыльцы также называется «эфедридным» [6, с. 41].

Эпидермальный слой стеблей эфедры по периметру состоит из чередующихся гребней и бороздок, что хорошо заметно при изучении их поперечных срезов. Внешний слой эпидермиса с толстым слоем кутикулы. В эпидермисе имеются многочисленные и вдавленные устьица, расположенные в бороздках. Устьица гаплогейные, и каждое устьице состоит из двух защитных клеток и выступающей субстоматальной полости. Кора представлена столбчатой и губчатой паренхимой с неравномерно распределенными участками склеренхимы. В центре стебля находится паренхиматозная сердцевина.

Исследование анатомо-морфологического строения растений эфедры и их частей проводится в соответствии с методикой исследования объектов растительного происхождения [7, с. 156–176], в ходе которого выявляется комплекс перечисленных выше признаков.

На следующем этапе экспертного исследования необходимо устано-

вить наличие в исследуемых объектах алкалоидов, отнесенных к прекурсорам наркотических средств и психотропных веществ. В большинстве видов эфедры основным алкалоидом является эфедрин, содержание которого может составлять до 65 % от общего количества (суммы) алкалоидов [2, с. 83; 8, с. 250].

Эфедрин (l-эфедрин; (1R, 2S)-2-метиламино-1-фенилпропан-1-ол) схож как по строению молекулы, так и по действию на организм человека с псевдоэфедрином (d-псевдоэфедрином, (1S, 2S)-2-метиламино-1-фенилпропан-1-олом) [9, с. 248], который является диастереомером эфедрина. Между собой эти соединения соотносятся как трео- и эритро-формы молекулы с брутто-формулой $C_{10}H_{15}NO$ соответственно (рис. 4).

Основные алкалоиды эфедры (l-эфедрин и d-псевдоэфедрин) являются прекурсорами такого распространенного наркотического средства, как метамфетамин (рис. 5). Получаемый с их использованием оптически активный d-метамфетамин обладает гораздо более высокой биологической активностью, чем смесь его оптических изомеров, получаемая при синтезе с использованием иных исходных компонентов [10, с. 14].

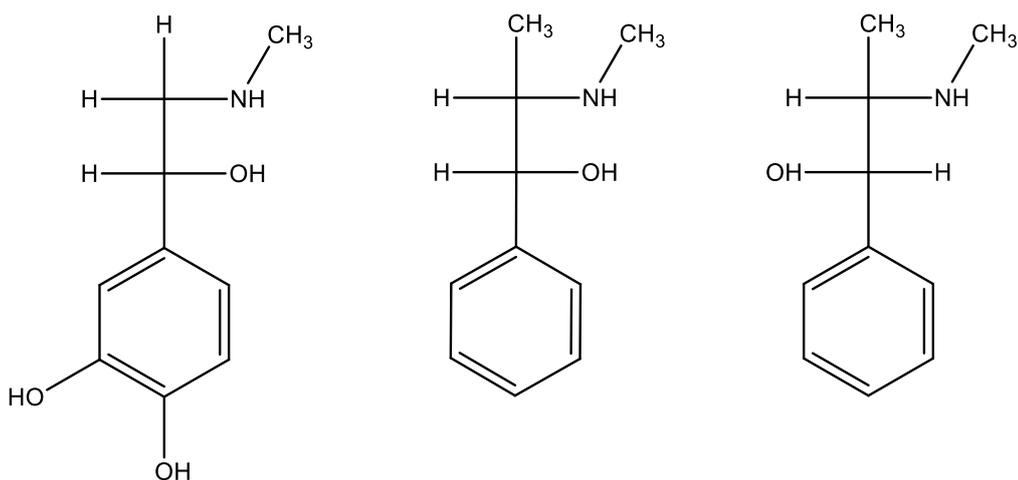


Рисунок 4. Структурные формулы соединений:
а) адреналин, б) l-эфедрин, в) d-псевдоэфедрин

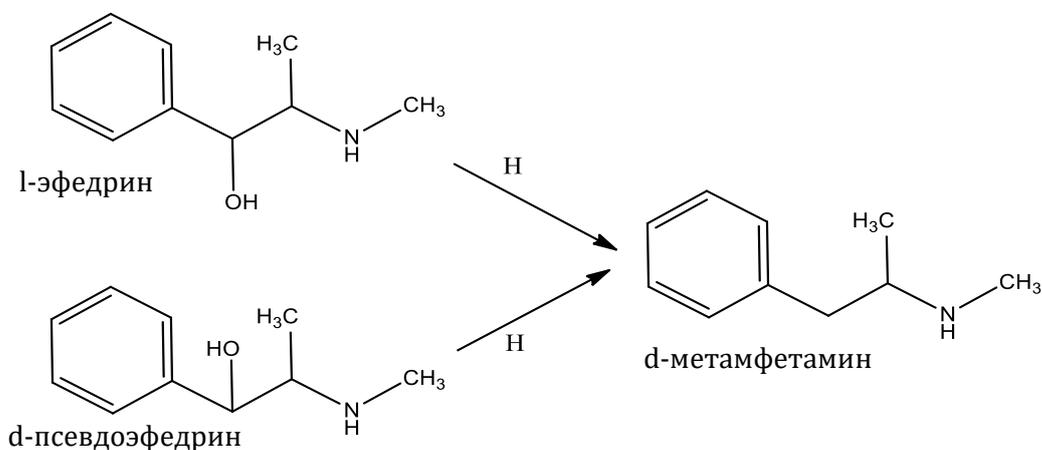


Рисунок 5. Схема восстановительной реакции получения метамфетамина из l-эфедрина или d-псевдоэфедрина

Как и большинство диастереомеров, l-эфедрин или d-псевдоэфедрин имеют схожие химические свойства, но несколько различаются по физическим свойствам, что позволяет проводить их обнаружение методами физико-химического анализа. В различных работах для исследований такого рода рекомендуется использовать тонкослойную хроматографию [10, с. 45–46], высокоэффективную жидкостную хроматографию [11, с. 353], капиллярный электрофорез [12, с. 8], хромато-масс-спектрометрию с хиральной и ахиральной дериватизацией [13, с. 89–90], либо сочетание нескольких из

перечисленных и иных методов [14, с. 5–9].

Отметим, что в случае исследования растительных объектов непосредственно анализу определяемых компонентов предшествует стадия их выделения из растительной матрицы. В качестве наиболее эффективного способа извлечения алкалоидов может быть предложена экстракция предварительно высушенной и измельченной растительной массы эфедры диэтиловым эфиром (при его отсутствии – хлороформом) с добавлением раствора гидроксида натрия до достижения значения pH, равного 12, в течение 30 минут

в ультразвуковой ванне при соотношении массы образца и объема растворителя 1:10 [10, с. 45; 11, с. 352]. Полученный экстракт необходимо отделить от растительных частиц путем фильтрации, упарить досуха в токе воздуха, после чего исследовать сухой остаток выбранным методом анализа.

В целях надежной идентификации соединений следует применять два независимых метода исследования, аналитический сигнал по меньшей мере одного из которых определяется химической структурой анализируемого компонента [15, с. 15–17]. Также возможно применение схем исследования, в которых используются три метода исследования, аналитические сигналы двух из которых определяются физическими или химическими свойствами искомого компонента, а третий метод се-

лективен по отношению к группе или классу соединений (например, метод качественных цветных реакций).

Для реализации первой из упомянутых схем в экспертных подразделениях чаще всего используется метод газовой хроматографии с масс-селективным детектированием, так как он по своей сути является комплексным и позволяет проводить идентификацию соединений как на основе спектральной информации, так и по хроматографическим параметрам. Однако в случае одновременного присутствия в исследуемых образцах эфедрина и псевдоэфедрина данный метод оказывается ограниченно применим, так как параметры удерживания эфедрина и псевдоэфедрина совпадают, а масс-спектры этих веществ и их дериватов практически неразличимы (рис. 6, 7).

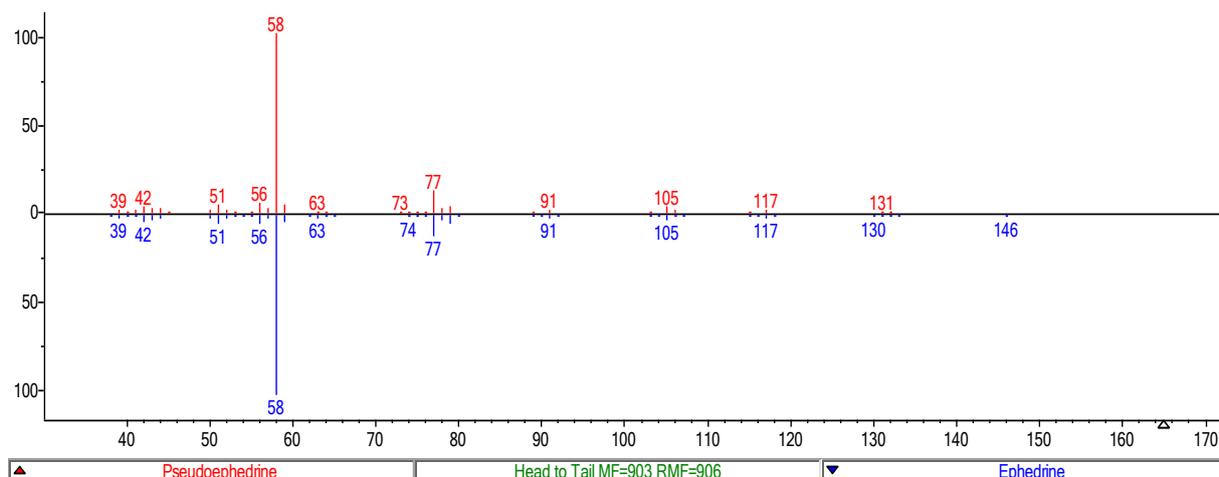


Рисунок 6. Масс-спектр псевдоэфедрина из библиотеки NIST Mainlib (вверху) в сравнении с масс-спектром эфедрина из библиотеки NIST Replib (внизу)

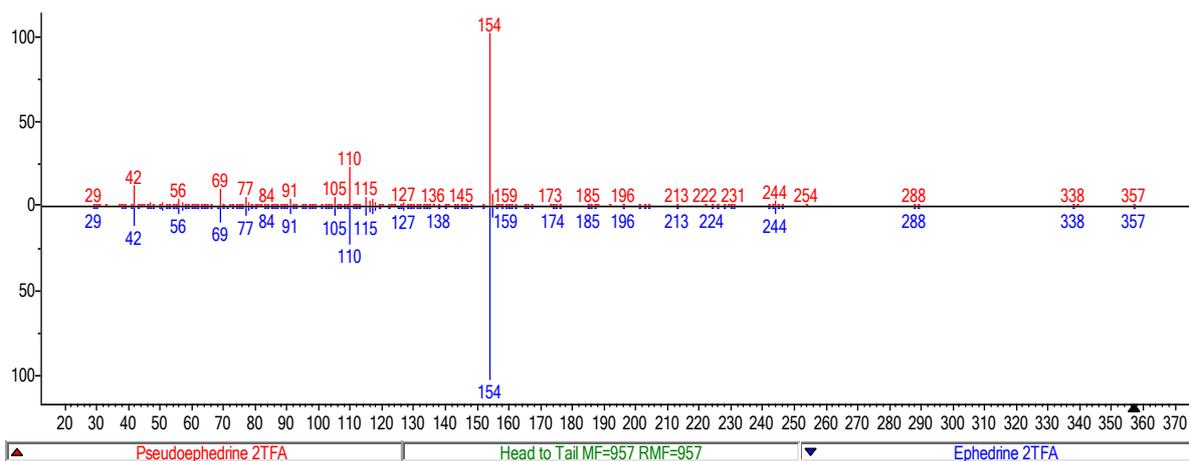


Рисунок 7. Масс-спектр трифторацетильного производного псевдоэфедрина (вверху) в сравнении с масс-спектром трифторацетильного производного эфедрина (внизу). Приведены масс-спектры из библиотеки EKBDRUGS-17

Изменение времени, а соответственно, и индексов удерживания возможно при дериватизации исследуемых образцов в среде хлороформа, например путем ацетилирования [16, с. 121] или силилирования [17, с. 117].

Масс-спектры ацетильных, трифторацетильных и некоторых силильных производных эфедрина и, в меньшей степени, псевдоэфедрина содержатся в наиболее распространенных в экспертных подразделениях библиотеках масс-спектров, таких как NIST, EKBDRUGS-17, а также в библиотеках модулей масс-спектрометрического анализа информационно-поисковой системы «АИПСИН Антинаркотики». Кроме того, в библиотеке масс-спектров EKBDRUGS-17 приведены экспериментальные значения индексов удерживания (RI) трифторацетильных производных эфедрина и псевдоэфедрина для хроматографической колонки HP-5ms: для производного эфедрина RI = 1409, для производного псевдоэфедрина RI = 1459.

Так как малое различие масс-спектров в данном случае не позволяет проводить идентификацию исследуемых компонентов, целесообразно использовать метод добавок. Он заключается в проведении не менее двух последовательных анализов

в одинаковых условиях, при этом в ходе повторного в аналит до дериватизации вносится навеска стандартного образца эфедрина или псевдоэфедрина массой не более 1 мг. По изменению площади хроматографического пика можно судить о химической структуре соответствующего ему компонента.

Аналогичным образом может быть проведено и исследование методом газожидкостной хроматографии с пламенно-ионизационным детектированием.

Рекомендуемые экспертным подразделениям органов внутренних дел условия анализа методами хромато-масс-спектрометрии и газожидкостной хроматографии в целях обнаружения эфедриноподобных алкалоидов приведены в работе коллектива авторов ЭКЦ МВД России [14, с. 6, 8].

Также при наличии стандартных образцов псевдоэфедрина и/или эфедрина может быть применен метод тонкослойной хроматографии. Для разделения указанных веществ в слое силикагеля предложены по меньшей мере две системы растворителей: хлороформ – метанол – ацетон – 25 %-ный раствор аммиака (система 1) в соотношении 40:20:6:3 [10, с. 46] и циклогексан – толуол –

диэтиламин (система 2) в соотношении 75:15:10 [16, с. 121]. В качестве растворителей для нанесения образцов могут быть использованы этанол, метанол, хлороформ с добавлением триэтиламина (диэтиламина). В качестве проявителя целесообразно использовать 1 %-ный раствор нингидрина в ацетоне с нагреванием хроматографических пластин при температуре 70° до появления синевioletового окрашивания зон стандартных образцов.

В случае отсутствия стандартных образцов эфедрина, псевдоэфедрина для их обнаружения может быть применен метод инфракрасной (ИК) спектроскопии в различных исполнениях (прессование таблеток с галогенидами щелочных металлов, использование приставок нарушенного полного внутреннего отражения, ИК-микроскопия и т. д.), так как инфракрасные спектры эфедрина и псевдоэфедрина достаточно информативны для их идентификации и

дифференциации этих соединений между собой (рис. 8).

Следует учитывать, что метод ИК-спектроскопии применим в качестве идентифицирующего только к относительно чистым веществам. При исследовании объектов сложного состава, таких как экстракты растительных масс, необходимо предварительное выделение определяемых компонентов. Для этого может быть использована препаративная тонкослойная хроматография в системах растворителей, указанных ранее. Как показывает практика, при выделении веществ методом препаративной тонкослойной хроматографии удовлетворительные результаты достигаются с использованием пластин с тонким слоем силикагеля на алюминиевой фольге без УФ-индикатора, например «Sorbfil ПТСХ-АФ-В» (ООО «ИМИД», Россия).

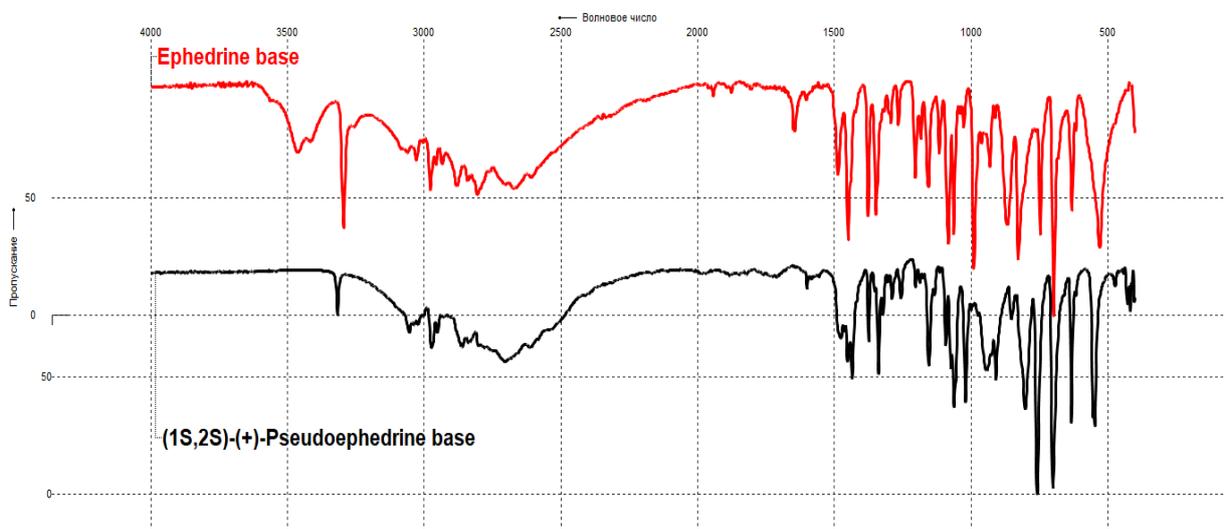


Рисунок 8. Инфракрасные спектры эфедрина (вверху) и псевдоэфедрина (внизу) из спектральной библиотеки SWGDRUG IR Library Version 2.1, полученные в программном обеспечении ZaIR 3.5

Для выделения эфедрина и псевдоэфедрина экстракт исследуемого образца растения эфедры необходимо

наносить на стартовую линию предварительно очищенной хроматографической пластины в виде непре-

рывной полосы. После хроматографирования в выбранной системе растворителей пластину следует высушить в токе воздуха, отрезать от нее участки шириной до 2 сантиметров с левого и правого края и обработать их раствором нингирина. В упомянутых ранее работах указывается, что R_f (показатель хроматографической подвижности) эфедрина и псевдоэфедрина соответственно составляет 0,55 и 0,97 в системе 1 и 0,05 и 0,54 в системе 2. После проявления хроматографических зон отрезанные участки нужно приложить к оставшейся части пластины и по проявленным зонам на ней отметить участки локализации разделенных компонентов. Далее с отмеченных участков необходимо поочередно удалить силикагель и подвергнуть его экстракции диэтиловым эфиром с последующим отделением экстрактов фильтрацией или центрифугированием. Полученные экстракты следует высушить в токе воздуха,

после чего инфракрасные спектры их сухих остатков могут быть зарегистрированы одним из указанных ранее способов и сопоставлены в автоматическом или ручном режиме с имеющимися в библиотеках программного обеспечения ИК-спектрами эфедрина и псевдоэфедрина.

Выводы и заключение

Рассмотренные нами анатомические и морфологические признаки растений эфедры и их частей, приемы и методы выявления, идентификации и дифференциации основных алкалоидов эфедры образуют комплекс исследований, осуществление которого необходимо и достаточно для решения вопроса об отнесении объектов растительного происхождения в рамках судебной экспертизы или исследования к наркосодержащему растению эфедра (растению рода *Ephedra* L) или его частям.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Особенности производства экспертиз наркотических средств и психотропных веществ растительного происхождения, а также наркосодержащих растений и их частей: информационное письмо ЭКЦ МВД России от 18.06.2013 № 37/3739. 26 с.
2. Моргункова, Ю. М., Сорокин, В. И., Любецкий, Г. В. Анатомо-морфологическое исследование наркотических средств растительного происхождения : учебное пособие. М. : ЭКЦ МВД России, 2008. 215 с.
3. Мусаев, И. Ф. О географии и филогении представителей рода эфедра // Ботанический журнал, 1978. Т. 63, № 4. С. 523–543.
4. Сосков, Ю. Д. Три линии развития в секции *Ephedra* рода *Ephedra* L. во флоре СССР // Ботанический журнал, 1968. Т. 53, № 1. С. 85–91.
5. Ramírez A, Pastor-Palacios G, Pérez-Miranda S, Ramírez-Hernández A, Trujillo J, Bautista, E. A Review of the *Ephedra* genus: Distribution, Ecology, Ethnobotany, Phytochemistry and Pharmacological Properties // *Molecules*, 2020 Jul 20; 25(14):3283.
6. Robert A. Price Systematics of the Gnetales: A Review of Morphological and Molecular Evidence // *International Journal of Plant Sciences* 1996, Volume 157. pp. 40–49.
7. Мусин, Э. Ф., Мелешев, Р. С., Виноградова, М. М. Типовые экспертные методики исследования вещественных доказательств : в 2 ч. Ч. II / под ред. А. Ю. Семёнова; общ. ред. канд. техн. наук В. В. Мартынова. М. : ЭКЦ МВД России, 2012. 800 с.

8. Кожамжарова, Л. С., Аблайханова, Н. Т., Есимсиитова, З. Б. Биоэкология и компонентный состав эфедриновых алкалоидов у видов *Equisetina* в Джунгарском Алатау // Вестник КазНМУ: науч.-практич. журн. Алматы: Казахский Национальный мед. ун-т им. С. Д. Асфендиярова, 2021. № 2. С. 246–252.

9. Машковский, М. Д. Лекарственные средства: пособие для врачей / 16-е изд., перераб., испр. и доп. М.: Новая волна: Изд. Умеренков, 2012. 1216 с.

10. Журинов, М. Ж., Газалиев, А. М., Фазылов, С. Д. Химия эфедриновых алкалоидов. Алма-Ата: Наука, 1990. 144 с.

11. Chang, C. W., Hsu, S. Y., Huang, G. Q. [et al.]. Ephedra alkaloid contents of Chinese herbal formulae sold in Taiwan // Drug Testing and Analysis, 2018. Vol.10, № 2, P. 350–356.

12. Lloyd A, Russell M, Blanes L. Lab-on-a-chip screening of methamphetamine and pseudoephedrine in samples from clandestine laboratories // Forensic science international, 2013. Vol. 228. P. 8–14.

13. Wang S. M., Lewis R. J., Canfield D. Enantiomeric determination of ephedrines and norephedrines by chiral derivatization gas chromatography-mass spectrometry approaches // Journal of chromatography. B, Analytical technologies in the biomedical and life sciences, 2005. Vol. 825, № 1. P. 88–95.

14. Гладырев, В. В., Дроздов, М. А., Дротьев, В. М. Вопросы криминалистического исследования псевдоэфедрина. М.: ЭКЦ МВД России, 2007. 13 с.

15. Rodriguez-Cruz S. E., Matchett C., Iera J. Scientific working group for the analysis of seized drugs (SWGDRUG) recommendations. Edition 8.1. Washington: SWGDRUG, 2023. 85 p. URL: https://www.swgdrug.org/Documents/SWGDRUG%20Recommendations%20Version%208.1_FINAL_ForPosting_Rev%201-23-23.pdf (дата обращения: 24.04.2023). Режим доступа: свободный.

16. Сурнина, О. В. Обнаружение эфедрина и псевдоэфедрина в БАД // Избранные вопросы судебно-медицинской экспертизы. Избранные вопросы судебно-медицинской экспертизы: сб. науч. трудов / ГБОУ ВПО ДВГМУ Минздрава России; под ред. А. И. Авдеева, И. В. Власюка. Хабаровск: Ред.-изд. центр ИПКСЗ, 2009. Вып. 10. С. 120–123.

17. Cui, J. F., Zhou, T. H. C. Q., Zhang, J. S. [et al.]. Analysis of Alkaloids in Chinese Ephedra Species by Gas Chromatographic Methods // Phytochemical Analysis, 1991. Vol. 2. pp. 116–119.

REFERENCES

1. Information letter of the ECC of the Ministry of Internal Affairs of Russia “Features of the production of examinations of narcotic drugs and psychotropic substances of plant origin, as well as narcotic plants and their parts: information letter” dated 18.06.2013 No. 37/3739. 26 p. (in Russian).

2. Morgunkova, Yu. M., Sorokin, V. I., Lyubeckij, G. V. Anatomico-morfologicheskoe issledovanie narkoticheskikh sredstv rastitel'nogo proiskhozhdeniya [Anatomical and morphological study of narcotic drugs of plant origin]. Moscow, ECC of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 2008, 215 p. (in Russian).

3. Musaev, I. F. O geografii i filogenii predstavitelej roda efedra [On the geography and phylogeny of representatives of the genus ephedra]. Botanicheskii Zhurnal – Botanical Journal. Moscow, 1978, vol. 63, no. 4, pp. 523–543. (in Russian).

4. Soskov, Yu. D. Tri linii razvitiya v sekcii Ephedra roda Ephedra L. vo flore SSSR [Three lines of development in the Ephedra section of the genus Ephedra L. in the flora of the USSR]. Botanicheskii Zhurnal – Botanical Journal. Moscow, 1968, vol. 53, no. 1, pp. 85-91. (in Russian).

5. Ramírez A, Pastor-Palacios G, Pérez-Miranda S, Ramírez-Hernández A, Trujillo J, Bautista E. A Review of the *Ephedra* genus: Distribution, Ecology, Ethnobotany, Phytochemistry and Pharmacological Properties // *Molecules*, 2020. Vol. 25. No.14, 3283. DOI: 10.3390/molecules25143283

6. Robert A. Price Systematics of the Gnetales: A Review of Morphological and Molecular Evidence // *International Journal of Plant Sciences*, 1996, vol. 157, pp. 40-49.

7. Musin, E. F., Meleshev, R. S., Vinogradova, M. M. Tipovye ekspertnye metodiki issledovaniya veshhestvennykh dokazatelstv [Typical expert methods for the study of physical evidence. Part II / Ed. by A.Yu. Semyonov. General edition of the candidate of technical sciences V.V. Martynov]. Moscow, ECC of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 2012, 800 p. (in Russian).

8. Kozhamzharova, L. S., Ablajhanova, N. T., Esimsitova, Z. B. [i dr.]. Bioekologiya i komponentnyj sostav efedrinovykh alkaloidov u vidov *Equisetina* v Dzhungarskom Alatau [Bioecology and component composition of ephedrine alkaloids in *Equisetina* species in the Dzungarian Alatau]. Vestnik Kazahskogo Nacional'nogo medicinskogo universiteta imeni S.D. Asfendiyarova – Vestnik of the Kazakh National Medical University named after S.D. Asfendiyarov, 2021, no. 2, pp. 246-252. (in Russian).

9. Mashkovskij, M. D. Lekarstvennye sredstva [Medicinal products]. Moscow, 2012, 1216 p. (in Russian).

10. Zhurinov, M. Zh., Gazaliev, A. M, Fazylov, S. D. Himiya efedrinovykh alkaloidov [Chemistry of ephedrine alkaloids.]. Alma-Ata, 1990, 144 p. (in Russian).

11. Chang C. W., Hsu S. Y., Huang G. Q. [et al.]. Ephedra alkaloid contents of Chinese herbal formulae sold in Taiwan // *Drug Testing and Analysis*, 2018. Vol.10, № 2, P. 350-356. DOI: 10.1002/dta.2209.

12. Lloyd A, Russell M., Blanes L. [et al.]. Lab-on-a-chip screening of methamphetamine and pseudoephedrine in samples from clandestine laboratories // *Forensic science international*, 2013. Vol. 228. P 8-14. DOI: 10.1016/j.forsciint.2013.01.036.

13. Wang S. M., Lewis R. J., Canfield D. [et al.]. Enantiomeric determination of ephedrines and norephedrines by chiral derivatization gas chromatography-mass spectrometry approaches // *Journal of chromatography. B, Analytical technologies in the biomedical and life sciences*, 2005. Vol. 825, № 1. P. 88-95. DOI: 10.1016/j.jchromb.2005.01.016.

14. Gladyrev, V. V., Drozdov, M. A., Drot'ev, V. M. Voprosy kriminalisticheskogo issledovaniya psevdofedrina [Issues of forensic investigation of pseudoephedrine]. Moscow, 2007, 13 p. (in Russian).

15. Rodriguez-Cruz S. E., Matchett C., Iera J. [et al.]. Scientific working group for the analysis of seized drugs (SWGDRUG) recommendations. Edition 8.1. Washington: SWGDRUG, 2023. 85 p. URL: https://www.swgdrug.org/Documents/SWGDRUG%20Recommendations%20Version%208.1_FINAL_ForPosting_Rev%201-23-23.pdf. (Дата обращения 24.04.2023).

16. Surnina, O. V. Obnaruzhenie efedriny i psevdofedrina v BAD [Detection of ephedrine and pseudoephedrine in dietary supplements]. *Izbrannyye voprosy sudebno-*

medicinskoj ekspertizy – Selected issues of forensic medical examination. Khabarovsk, 2009, issue. 10, pp. 120-123. (in Russian).

17. *Cui J. F., Niu C. Q., Zhang J. S.* Determination of six Ephedra alkaloids in Chinese Ephedra (Ma Huang) by gas chromatography // Yao xue xue bao = Acta pharmaceutica Sinica, 1991, vol. 26, no. 11, pp. 852-857.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Заер Евгения Валерьевна, эксперт отдела экспертиз материалов, веществ и изделий. Экспертно-криминалистический центр ГУ МВД России по Алтайскому краю. 656015, Российская Федерация, г. Барнаул, ул. Молодежная, 3.

Лебеденко Сергей Евгеньевич, кандидат химических наук, доцент кафедры криминалистики. Восточно-Сибирский институт МВД России. 664074, Российская Федерация, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 110.

Мунгалов Евгений Александрович, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры криминалистики. Барнаульский юридический институт МВД России. 656038, Российская Федерация, г. Барнаул, ул. Чкалова, 49.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Evgeniia V. Zaer, expert of the Department of Examinations of Materials, Substances and Products. Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of Russia in the Altay Territory. 3, st. Molodezhnaia, Barnaul, Russia Federation, 656015.

Sergey E. Lebedenko, Candidate of chemical sciences, Associate Professor of the Department of Criminalistics. East-Siberian Institute of the MIA of Russia. 110, st. Lermontova, Irkutsk, Russia Federation, 66407.

Evgeniy A. Mungalov, candidate of biology sciences, Senior Lecturer of the Department of Criminalistics. Barnaul Law Institute of the MIA of the Russia. 49, st. Chkalova, Barnaul, Russia Federation, 656038.