

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ В СУДЕБНОЙ МЕДИЦИНЕ

атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно связанной плазмой EXPEC PlaAr AES V марки Expec

Т. В. Горбачева, Т. В. Лебедева, М. Б. Фокин, СПб ГБУЗ «Бюро судебно-медицинской экспертизы».

Судебная медицина – наука, изучающая медицинские и биологические вопросы, которые возникают в процессе расследования или судебного разбирательства уголовных или гражданских дел. Одним из разделов судебно-медицинской экспертизы являются спектрографическая экспертиза, основанная на спектральных методах анализа.

Основными задачами спектрографической экспертизы являются:

- установление орудия травмы по отложениям металлов в зоне повреждения на теле и одежде пострадавшего;
- определение природы загрязнения или инородных включений в повреждениях;
- диагностика повышенного содержания отдельных металлов в органах, тканях, жидкостях и выделениях человека;
- решение отдельных вопросов, связанных с идентификацией личности по костным останкам;
- определение калий-натриевого баланса в миокарде для диагностики ранних признаков ишемии.

К основным видам травм, при которых проводятся судебно-медицинские (спектральные) исследования, относятся огнестрельная, тупая, взрывная, острая травмы, поражение техническим электричеством, отравление солями "тяжелых" металлов.

Особенностями спектральных исследований, проводимых в рамках судебно-медицинской экспертизы являются:

1. невосполнимость объекта экспертизы;
2. малое количество объекта экспертизы;
3. необходимость анализа на широкий спектр элементов;
4. разнообразные объекты анализа (биологические объекты, одежда, порошки и т.д.).

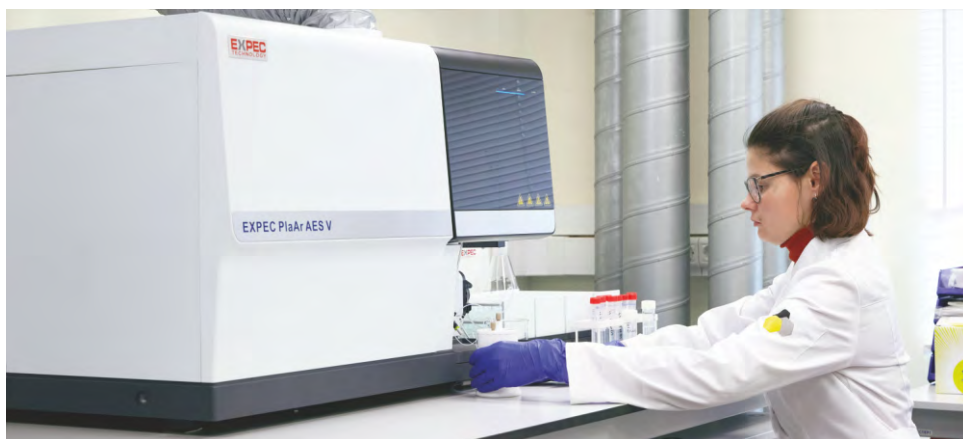
Данные особенности определяют требования к аналитическим методам, применяемым при проведении спектральных исследований в судебной медицине:

1. высокая чувствительность;
2. возможность определения широкого спектра элементов в одной пробе;
3. возможность проведения количественных определений;
4. относительно невысокая стоимость оборудования и его обслуживания.

Одним из наиболее информативных методов, отвечающих требованиям к спектральным исследованиям в судебной медицине, является метод атомно-эмиссионного спектрального анализа, который позволяет в одной пробе за одно измерение определять несколько десятков химических элементов.

Использование оптического эмиссионного спектрометра с индуктивно связанной плазмой Expec PlaAr AES V позволяет решать основные задачи судебно-медицинских (спектральных) исследований:

1. Идентификацию химических элементов в объектах исследования с последующим выводом об их наличии или отсутствии в объектах путем сравнения с контрольными образцами (интактные участки одежды, кожных покровов, чистый материал для взятия смывов) [3];
2. Количественные определения химических элементов на повреждениях одежды, кожных лоскутов, в смывах с повреждений при различных видах травм и в биотканях, в биожидкостях при различных патологических состояниях.



EXPEC
TECHNOLOGY



Оборудование

Атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно связанной плазмой EXPEC PlaAr AES V марки Expec

Оптический эмиссионный спектрометр с индуктивно связанной плазмой Expec PlaAr AES V оснащен вертикальной горелкой и двумя режимами обзора плазмы – аксиальным и радиальным, возможностью определения 72 элементов одновременно. Спектрометр предназначен для измерения массовой концентрации элементов в растворах после необходимой пробоподготовки в диапазоне от нг/л до 100 %. Оптический эмиссионный спектрометр Expec PlaAr AES V также оснащен автоматическим пробоотборником с загрузкой до 240 проб, дополнительно имеет систему для ввода легколетучих органических проб и ртутно-гидридную приставку.

Программное обеспечение PlaAr AES WS достаточно удобно для обработки полученных результатов анализа и включает в себя, в том числе калибровку по концентрациям, имеет встроенную библиотеку на более чем 50 000 спектральных линий.

Настоящая статья посвящена опыту применения оптического эмиссионного спектрометра с индуктивно связанной плазмой Expec PlaAr AES V (КНП) при проведении спектральных исследований в Бюро судебно-медицинской экспертизы г. Санкт-Петербурга.

Для количественного определения содержания элемента достаточно измерить интенсивность излучения на соответствующей длине волны и использовать калибровочную кривую для вычисления концентрации.

В настоящее время с применением оптического эмиссионного спектрометра с индуктивно связанной плазмой Exres PlA_g AES V в нашей лаборатории успешно выполняются разнообразные спектральные исследования.

Определение концентраций таких элементов как сурьма, олово, медь, цинк, железо, марганец, хром, барий, калий, фосфор, висмут, алюминий, сера, магний, никель, титан при огнестрельной травме в повреждениях участков кожи и одежды, в растворах Ратневского (раствор уксусной кислоты и этилового спирта, который служит для восстановления первоначальной формы раны на участке кожи) после обработки поврежденных участков кожи, в смывах с кистей рук или ног (в случае самоубийства) позволяет устанавливать вид огнестрельного оружия и дистанцию выстрела. Так, например, наличие сурьмы, которая входит в капсюльный состав патронов, дает возможность дифференцировать применение оружия самообороны типа «Оса» с капсюлями электро-воспламенения от патронов с ударными капсюлями. По наличию меди, цинка в повреждениях одежды или на участках кожи можно судить о виде оболочки пули, что имеет большое значение при сквозных ранениях, когда пуля не обнаружена. Барий, который входит в состав пороха, инициирующего вещества, в материал капсюля и снаряда, является наиболее информативным для определения дистанции выстрела [4].



При поражении техническим электричеством установление основного металла токонесущего проводника, а также идентификации зон входа-выхода электрического тока на поврежденных участках кожи определяют по наличию или отсутствию таких химических элементов как медь, железо, цинк, марганец, олово, алюминий, свинец, хром, титан, никель [3].



Одним из наиболее сложных направлений исследований является определение катионов металлов в случаях подозрений на отравление солями металлов. Данный вид исследований является одним из самых сложных исследований, так как традиционные методы (минерализация с последующим дробным анализом по методу А.Н. Крыловой) являются трудоемкими, требующими соответствующих навыков персонала отделений (которыми молодое поколение практически не владеет), различных химических реактивов (некоторые уже изъяты из оборота). Оценка результата определения основана на визуальной оценке окраски растворов экспертом, что не отвечает современным требованиям к доказательной базе судебно-химического заключения. В настоящее время проведение данных исследований возможно только с применением современных аналитических методов (эмиссионно-спектральных, атомно-абсорбционных и т.д.), в рамках деятельности спектральной лаборатории или соответствующих специалистов в судебно-химических отделениях. В условиях нашего отделения все исследования на «металлические яды» проводятся в спектральной лаборатории. Следует обратить внимание, что токсические и летальные дозы значительно отличаются, как между собой, так и по элементам. Так, например, токсическая доза бария составляет 0,2 г, а летальная в 10 раз больше - 2 г. Летальные дозы могут превышать токсические от 10 до 10000 раз [2]. Содержание одного и того же катиона может значительно различаться в разных объектах из-за неравномерного распределения элементов в организме. Именно

поэтому очень важно для проведения анализов в случаях отравлений неизвестными веществами использовать аналитический метод, позволяющий определять значительный перечень катионов металлов в широком диапазоне концентраций.

Основной особенностью объектов, анализируемых при производстве судебно-медицинских экспертиз, является необходимость удаления органической матрицы без потерь определяемых элементов.

Для проведения достоверных спектральных исследований необходимо создание условий, исключающих попадание металлов и их солей из окружающей среды лаборатории в пробы; наличие химических реактивов соответствующей чистоты без примесей металлов и их солей; правильный забор объектов для анализа, исключающих загрязнение проб. Для выполнения всех вышеприведенных условий целесообразно при закупке аналитического оборудования проводить сразу комплексное оснащение спектральной лаборатории.



В нашей лаборатории была осуществлена комплексная поставка оборудования, включающая:



Подготовка пробы и проведение анализа

В судебной медицине основным методом пробоподготовки объектов является мокрое озоление. В лаборатории пробоподготовка проводится по следующей методике:

- Навески контрольных образцов, навески исследуемых объектов по отдельности помещают в стаканы лабораторные термостойкие.
- Добавляют 70 %-ую азотную кислоту (о. с. ч.), очищенную в системе глубокой очистки кислот АОК-70 и 33%-ую перекись водорода в пропорции 3 : 1. Оставляют при комнатной температуре до прекращения реакции.
- Затем минерализацию проводят в системе электротермической пробоподготовки DigiBlock ED16S при температуре 120 °С.
- Полученные минерализаты фильтруют через обеззоленные бумажные фильтры и доводят деионизированной водой, полученной в водоочистительной установке со сверхточной степенью очистки GWB-1 с сопротивлением 18.2 МОм*см, до определенного объема [1].

Параллельно при тех же условиях проводят пробоподготовку контрольной пробы на чистоту реактивов. Одновременно готовят растворы градуировочных образцов из растворов стандартных образцов МЭС-1, МЭС-2, МЭС-3. Все лабораторные процедуры, за исключением минерализации, проводят в обеспыленном лаборатор-

ном рабочем месте, которое позволяет максимально обезопасить процесс пробоподготовки практически от всех внешних источников загрязнений: пыли, аэрозолей, реактивов и т.д. Система глубокой очистки кислот позволяет доочищать кислоту в условиях лаборатории и значительно экономить на закупках особо чистой кислоты.

Для каждого вида исследований (по видам травм) созданы приборные методы по определенному набору элементов. Анализируются контрольная проба реактивов, пробы образцов сравнения и пробы исследуемого объекта. Время исследования одного объекта составляет примерно 1.5 – 2 мин. Но необходимо учитывать, что время выхода на рабочий режим составляет 40 минут, в процессе анализа объектов прибору необходимо время на промывку системы между анализируемыми объектами. За недолгий период эксплуатации оптического эмиссионного спектрометра с индуктивно связанной плазмой Expec PlaAr AES V было исследовано более 300 биологических объектов и растворов. Нами были получены данные о естественном содержании 22-х элементов в биотканях и биожидкостях. В настоящее время в нашей лаборатории также проводятся исследования по определению естественного содержания химических элементов в волосах, ногтях и костях человека.

Заключение

- ОЭС Expec PlaAr AES V позволяет в полном объеме решать задачи по определению привнесенных металлов при судебно-медицинских исследованиях на современном научном уровне с наглядной иллюстрацией результатов анализов;
- Комплексное оснащение спектральной лаборатории оборудованием для пробоподготовки значительно повышает качество проб, за счет снижения загрязнения металлами из окружающей среды;
- Возможность определения широкого спектра металлов с их количественной оценкой открывает большие перспективы для спектральных исследований в токсикологии и судебной медицине.

Литература

1. Вергун О.М. Методика микроволнового разложения биологических объектов человеческого организма для количественного определения солей тяжелых металлов и микроэлементов / О. М. Вергун, Л. М. Боровикова / БГМУ в авангарде медицинской науки и практики: сб. науч. тр. / Белорус. гос. мед. ун-т; под ред. А. В. Сикорского, О. К. Дорониной. - Вып. 6. - Минск: РНМБ, 2016. - с. 215-218.
2. Илларионова Е. А. Химико - токсикологический анализ тяжелых металлов: учебное пособие / Е. А. Илларионова, И. П. Сыроватский. ГФБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, кафедра фармацевтической и токсикологической химии. Иркутск: ИГМУ, 2016. - 58 с.
3. Назаров Г. Н. Методы спектрального анализа в судебной медицине. / Г. Н. Назаров, Т. Ф. Макаренко. Москва: МНПП "ЭСИ", 1994. - 360 с.
4. Светлолобов Д. Ю. Критерий установления расстояния выстрела из огнестрельного оружия ограниченного поражения с использованием морфологических признаков поврежденных и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. / Д. Ю. Светлолобов, И. С. Лузанова, И. В. Демидов, Ю. В. Зорин, М. А. Сонис, А. С. Лихачев // Судебно-медицинская экспертиза №4, М., 2013. - с. 11-15.