

АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КОНКРЕМЕНТОВ

методом ИК-Фурье спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения (FTIR-ATR) с помощью i-Red 7800u-L марки SILab

Введение

Мочекаменная болезнь (уролитиаз, МКБ) – распространенное заболевание, которое характеризуется формированием конкрементов в органах мочевыделительной системы (лоханках почек, мочевом пузыре, мочеточнике). Как правило, образование конкрементов является конечным результатом нарушения баланса факторов, способствующих обогащению мочи такими веществами как кальция оксалат, кальция фосфат, ураты, цистин и т.д., приводящему к агрегации камней, и факторов, его тормозящих. Мочекаменная болезнь, помимо почечной колики, может вызывать развитие и более серьезного осложнения – обструктивного пиелонефрита.

Идентификация химического состава конкрементов необходима для получения информации об этиологических факторах, которые считаются ответственными за возникновение МКБ, а также позволяет

подобрать правильную тактику лечения в соответствии с клиническими рекомендациями Европейского общества урологов (European Association of Urology, 2017), Российскими клиническими рекомендациями по урологии (Москва, 2013), и клиническими рекомендациями по мочекаменной болезни Российского общества урологов (2019), что является необходимым этапом метафилактики мочекаменной болезни. Все извлекаемые конкременты подлежат анализу для определения их химического состава. Кроме того, если у пациента наблюдается рецидивное образование конкрементов, необходимо повторить анализ состава каждого нового камня, поскольку достаточно часто встречается изменение состава конкремента при рецидиве. В настоящее время для получения достоверной информации о химическом составе конкрементов все чаще обращаются к методу ИК-Фурье-спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения (FTIR-ATR).

SILAB
Simply Intelligent



Оборудование

Регистрация инфракрасных спектров поглощения конкрементов проводилась с использованием ИК-Фурье спектрометра i-Red 7800u-L марки SILab в комплекте с приставкой нарушенного полного внутреннего отражения Quest (Сресас) с кристаллом из синтетического алмаза при следующих параметрах:

- Разрешение: 4 см⁻¹;
- Число сканов: 20;

Классификация конкрементов

Согласно современной классификации мочевые камни можно разделить по химическому составу (см. Таблицу 1).

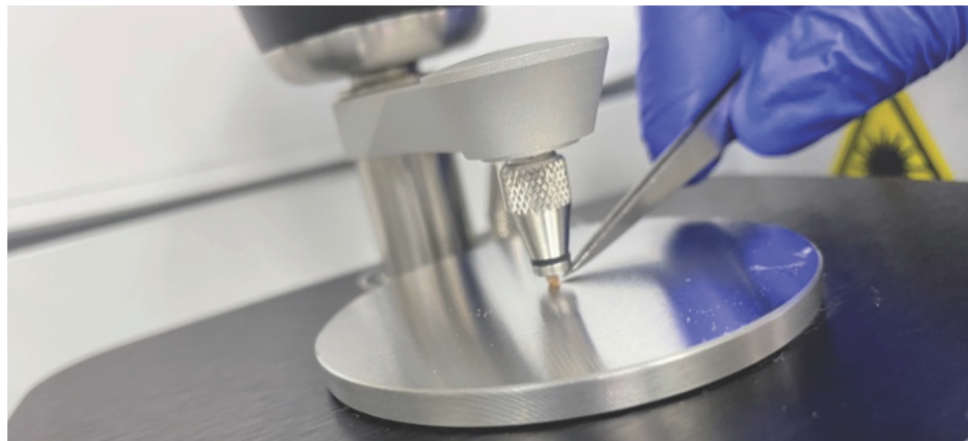
Типы	Наименование		Химическая формула
	минералогическое	химическое	
Оксалатные	Вевеллит	Оксалат кальция моногидрат	CaC ₂ O ₄ ·H ₂ O
	Ведделлит	Оксалат кальция дигидрат	CaC ₂ O ₄ ·2H ₂ O
Фосфатные	Гидроксиапатит	Гидроксофосфат кальция	Ca ₅ (PO ₄) ₃ OH
	Карбонатапатит	Карбонат-фосфат кальция	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (CO ₃) _{0,5}
	Октокальций фосфат	Фосфат кальция-водорода	Ca ₈ H(PO ₄) ₃
	Фосфат кальция	Фосфат кальция	Ca ₃ (PO ₄) ₂
	Брушит	Гидрогенфосфат кальция дигидрат	CaHPO ₄ ·2H ₂ O
	Струвит	Фосфат магния и аммония гексагидрат	MgNH ₄ PO ₄ ·6H ₂ O
	Ньюберит	Гидрогенфосфат магния тригидрат	MgHPO ₄ ·3H ₂ O
Уратные	Мочевая кислота дигидрат	Мочевая кислота дигидрат	C ₅ H ₄ O ₃ N ₄ ·2H ₂ O
	Урицит	Мочевая кислотабезводная	C ₅ H ₄ O ₃ N ₄
	Мочекислый аммоний	Урат аммония	NH ₄ C ₅ H ₃ O ₃ N
	Мочекислый натрий	Урат натрия	NaC ₅ H ₃ O ₃ N
Карбонатные	Кальцит, арагонит	Карбонат кальция	CaCO ₃
Цистиновые		Цистин	[-S-CH ₂ -CH(NH ₂)-COOH] ₂
Ксантиновые		Ксантин	[-S-CH ₂ -CH(NH ₂)-COOH] ₂
		Гипоксантин	C ₅ H ₄ O ₂ N ₄
Другие	Гипс	Сульфат кальция	CaSO ₄

Таблица 1 – Классификация мочевых камней

Аподизация: 3 TermBlackman-Harris. Проведение анализа

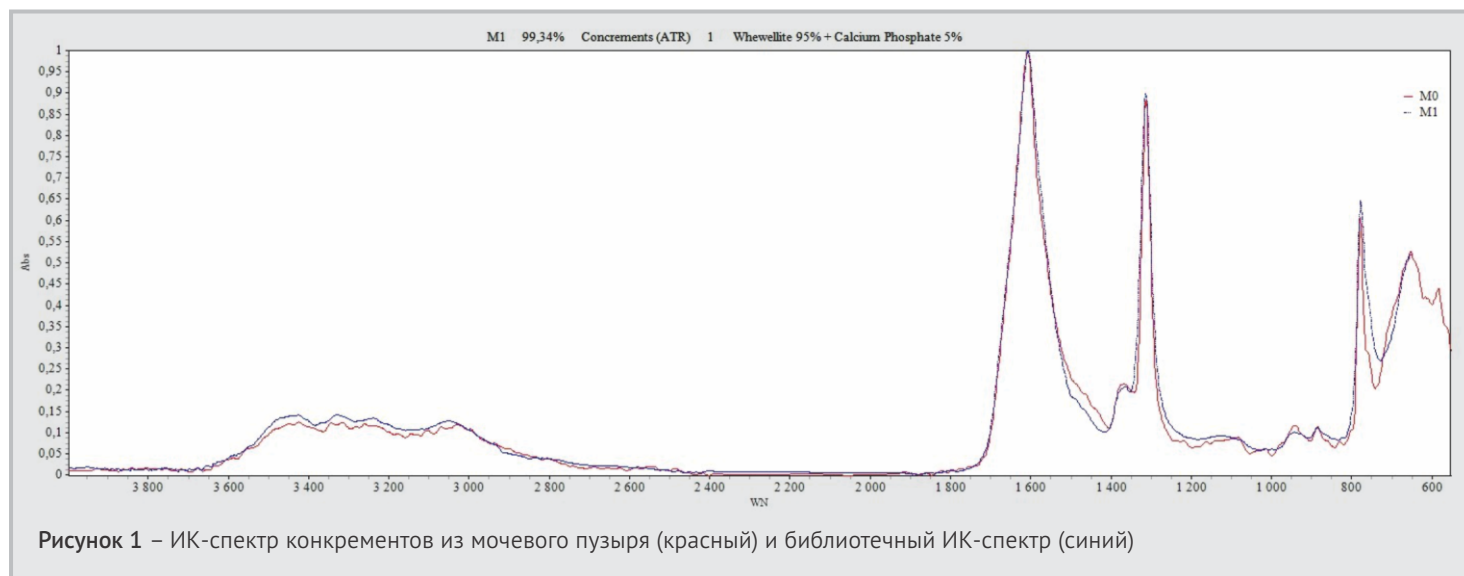
Конкременты из мочевого пузыря, представленные на анализ, предварительно промывали деионизированной водой и сушили при комнатной температуре в течение 24 ч. Далее образцы камней измельчали в агатовой ступке перед тем, как подвергнуть анализу, чтобы свести к минимуму влияние неоднородного распределения частиц веществ в случае смесевых составов конкрементов.

Идентификация компонентов выполнялась в программном обеспечении SIlab WSI путем автоматической расшифровки полученного спектра с использованием собственной ранее созданной пользовательской спектральной библиотеки – «Concrements» (см. Рисунок 1). Общее время анализа, включая настройку параметров, измерение и идентификацию, составило около 5 минут.



Метод

Метод инфракрасной спектроскопии основан на регистрации инфракрасных спектров поглощения вещества. Поглощение анализируемым веществом электромагнитного излучения в инфракрасном диапазоне связано с возбуждением колебаний атомов в молекулах. При облучении молекулы инфракрасным излучением поглощаются только те кванты, частоты которых соответствуют частотам валентных, деформационных и вибрационных колебаний этой молекулы.



Результаты

В результате исследования в составе мочевого конкремента обнаружен Вевеллит на уровне 95%, являющийся кристаллом моногидрата кальциевой соли щавелевой кислоты (оксалата), и Фосфат кальция на уровне 5%. Фосфатные камни формируются в

щелочной моче богатой кальцием и фосфатами. Причиной их образования являются ферменты бактерий мочи (уреазы), такие камни слабо рентгеноконтрастны. Фосфат кальция часто выступает в роли ядра кристаллизации для других солей мочевого конкремента. Вевеллит является частым компонентом оксалатных мочевых камней, обычно

представляет собой небольшие конкременты, имеющие гладкую поверхность, такие камни обычно рентгеноконтрастны. Рост оксалатных камней наблюдается в кислой среде. Часто формируются вокруг ядра из фосфатных солей, образуя, таким образом, смешанные камни.

Заключение

ИК-Фурье спектрометры серии i-Red 7800 в комплекте с приставкой нарушенного полного внутреннего отражения (FTIR-ATR) с кристаллом из синтетического алмаза и возможностью создания собственной пользовательской спектральной библиотеки являются отличными инструментами для быстрого и надежного анализа состава конкрементов медицинскими работниками и работниками лабораторных служб.