

ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА АМЕТИСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Аметист — минерал класса силикатов, прозрачная фиолетовая разновидность кварца (SiO_2). Окраска изменяется от голубовато-фиолетовой, фиолетово-синей до темно-фиолетовой. С появлением на рынке Украины искусственных аналогов аметистов возникла проблема их идентификации. Обычный набор геммологических методик диагностики аметистов не дает достоверной информации о природе их происхождения, поэтому использование метода инфракрасной (ИК) спектроскопии в комплексе с другими геммологическими методиками становится актуальным.

История исследования. Изучение синтетических аметистов проводилось параллельно с отработкой методик по синтезу этих камней приблизительно с 1980-х годов в нескольких научных центрах США, бывшем СССР и европейских лабораториях. Аналитические возможности ИК-спектрометров в те годы были невысокими. Поэтому диагностика аметистов была затруднительной. Изучались, прежде всего, некоторые оптические эффекты и включения в кристаллах с помощью микроскопа. В настоящее время появилась возможность исследовать ИК-спектры природных и синтетических аметистов, полученные на ИК-спектрометрах с большими аналитическими возможностями (разрешающая способность до $0,5 \text{ см}^{-1}$ и выше), а также использовать современное программное обеспечение для анализа ИК-спектров (для определения параметра FWHM).

Данные ИК-спектроскопии в комплексе с другими методами позволяют во многих случаях решить вопрос идентификации природных и синтетических драгоценных камней [1—3]. Большую часть синтетических аметистов в мировой практике выращивают из щелочного раствора (K_2CO_3), меньшую — из близкого к нейтральному раствора (NH_4F). При диагностике этих аметистов наиболее информативные параметры — наличие пика 3543 см^{-1} [3] и отсутствие пика 3595 см^{-1} [2]. Диагностика кристаллов, выращенных из нейтрального раствора, проводится посредством применения ИК-спектроскопии с выявлением пиков $3630, 3664, 3684 \text{ см}^{-1}$ [1].

Эксперимент. Для исследования было отобрано 85 образцов природных аметистов и их синтетических аналогов. Кроме ограненных вставок для исследований использовались тонкие (0,2—0,3 см) полированные и распиленные пластины природных и синтетических аметистов, а также образцы в виде необработанных кристаллов.

Геммологическое исследование. В начале эксперимента было выполнено геммологическое исследование образцов аметистов и обобщены их характеристики:

- цвет — от бледно-фиолетового до темно-фиолетового;
- масса образцов — 0,3—20,0 кар;
- показатель преломления — 1,54—1,55;
- плотность — 2,64 г/см³;
- люминесценция отсутствует;

• внутреннее строение: природным аметистам свойственна зональность окраски по ромбоздру, наличие двойников по “японскому” и “бразильскому” законам; синтетические аметисты характеризуются специфической внутренней структурой, которая выражена в наличии искривленных конических фигур; также наблюдаются включения типа “хлебных крошек” и в редких случаях “струйные” включения.

В синтетических аметистах, синтезированных из щелочного раствора (K₂CO₃), с помощью энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра Elvax было выявлено постоянное наличие калия, как правило, отсутствующего в природных аметистах.

Параметры эксперимента. Измерение проводилось на приставках диффузного отражения и конденсаторе пучка лучей при комнатной температуре в спектральном диапазоне 4000—400 см⁻¹. Для получения наилучших результатов этого исследования путем эксперимента было подобрано наиболее оптимальное количество сканирований в цикле измерения 300—600 при разрешении 0,5 см⁻¹, поскольку только при соблюдении следующих параметров в большинстве камней был обнаружен пик 3595 см⁻¹.

В процессе измерения аметистов получены спектры, с учетом которых камни были разделены на две группы — природные и синтетические.

Наиболее информативной спектральной областью для исследования аметистов является диапазон между 3500 и 3600 см⁻¹, а точнее — наличие или отсутствие пиков 3595 [2] и 3543 см⁻¹ [3]. Эти пики длительное время изучаются ведущими исследователями в научных лабораториях стран Западной Европы и России и признаны наиболее информативными критериями для определения природного происхождения аметистов. В своей работе мы также использовали алгоритм для определения полной ширины на полувысоте (FWHM) пика 3595 см⁻¹, который позволяет более точно разграничить природные и синтетические аметисты (рис. 1) [2].

Результаты исследований. Выявлены следующие закономерности.

В подавляющем большинстве образцов природных аметистов выявлен пик 3595 см⁻¹ (рис. 2). Для его обнаружения перед измерением спектра необходимо разместить образец с учетом ориентировки его оптической индикатриссы (оптических осей), особенностей огранки, наличия двойникования и внутренних дефектов. Для получения наилучших результатов важно учитывать ориентацию образца относительно оптической оси.

Параметр FWHM пика 3595 см⁻¹ в природных аметистах имеет величину 1,5—4 см⁻¹. Она зависит от ориентации оптической оси исследуемого образца относительно источника ИК-излучения (при условии ориентации оптической оси образца вдоль направления прохождения ИК-луча параметр FWHM явля-

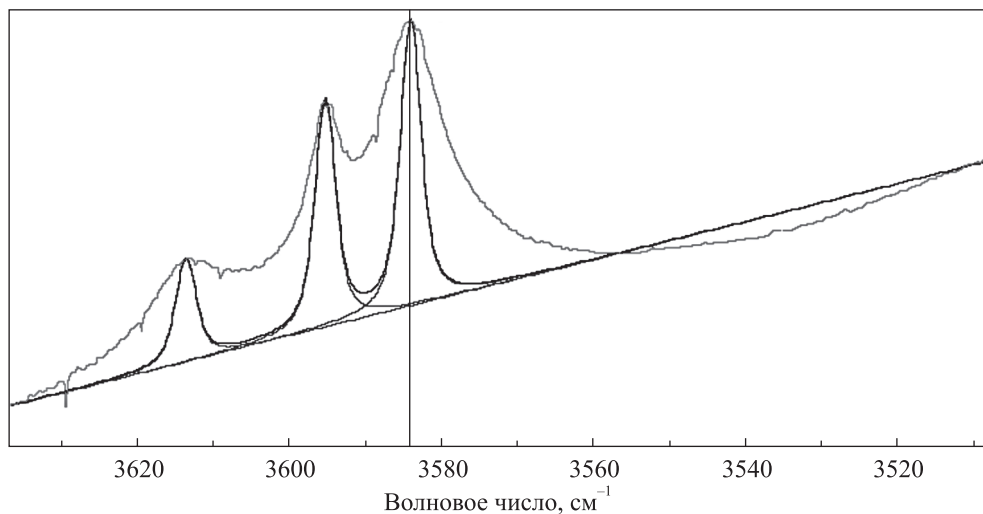


Рис. 1. Определение параметра полной ширины на полувысоте (FWHM) пика 3595 см^{-1} аметистов

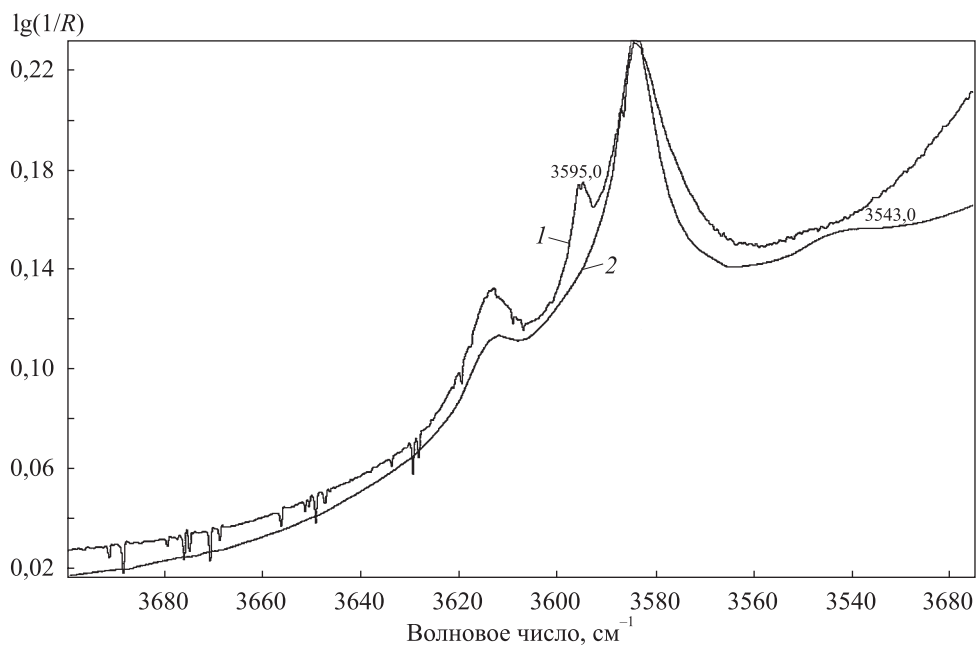


Рис. 2. Наложенные спектры аметистов природного (1) и синтетического (2), выращенного из щелочного раствора (K_2CO_3), с вынесенными пиками

ется бóльшим в абсолютном значении, а в случае прохождения ИК-луча перпендикулярно к оптической оси — меньшим). Такая закономерность выявлена в камнях из некоторых месторождений Уругвая и Бразилии. Расчет параметра FWHM выполнялся с помощью программного обеспечения Omnic, с использованием алгоритма расчета “Voigt”, благодаря которому и получены указанные результаты.

Пик 3595 см^{-1} не был обнаружен ни в одном из исследуемых образцов синтетических аметистов (рис. 2).

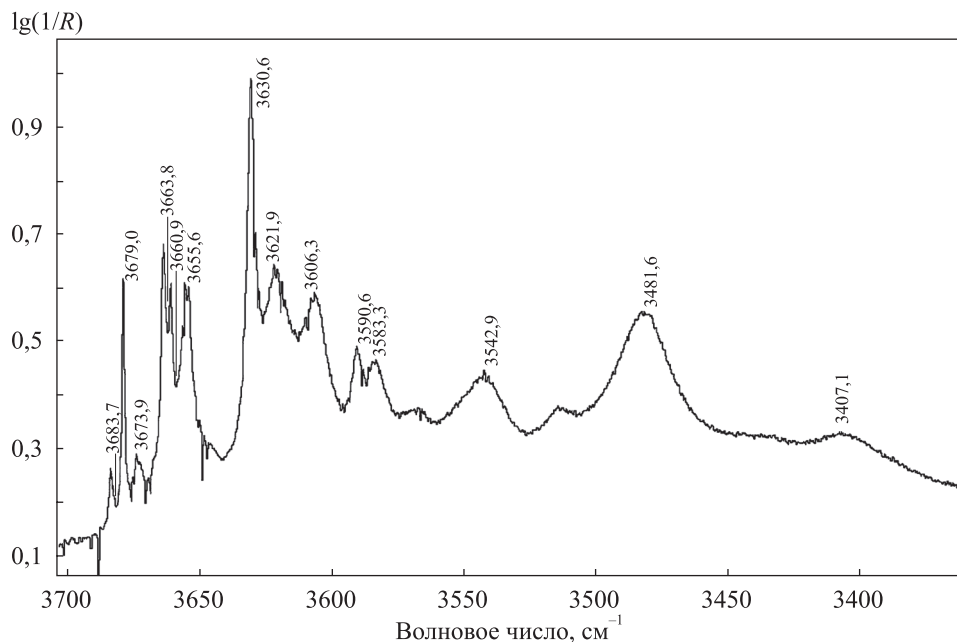


Рис. 3. Спектр синтетического аметиста, выращенного из нейтрального раствора (NH_4F)

Наличие пика 3543 см^{-1} является закономерностью для большинства образцов синтетических аметистов.

Пики 3595 и 3543 см^{-1} не обнаружены вместе в исследуемых образцах (рис. 2).

В аметистах, выращенных из нейтрального раствора (NH_4F), выявлена характерная серия пиков, см^{-1} : $3590, 3630, 3655, 3661, 3664, 3679, 3684$ (рис. 3).

Таким образом, авторами исследованы критерии происхождения аметистов с помощью ИК-спектроскопии. В результате выполненных исследований природных и синтетических аметистов с помощью ИК-спектроскопии в комплексе с другими геммологическим методами диагностики драгоценных камней появилась возможность идентификации генезиса аметистов при геммологической экспертизе в лаборатории Государственного геммологического центра Украины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Balitsky V., Balitsky D., Bondarenko G., Balitskaya O. The 3543 см^{-1} infrared absorption band in natural and synthetic amethyst and its value in identification // *Gems and Gemol.* — 2004. — **40**. — P. 146—161.
2. Karamelas S., Fritsch E., Zorba T. et al. Distinguishing natural from synthetic amethyst: the presence and shape of the 3595 см^{-1} peak // *Mineralogy and Petrology.* — 2005. — **85**, N 1—2. — P. 45—52.
3. Notari F., Boillat P.Y., Grobon C. Discrimination des amethystes et des citrines naturelles et synthétiques // *Rev. Gemmol AFG.* — 2001. — **141—142**. — P. 75—80.