

УДК 552.61 : 535.37

Ираклий СИМОНИЯ

ВЫЯВЛЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ МЕТЕОРИТОВ МЕТОДОМ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ

В предыдущих работах автора (Симония, 1989 а, б) предложено применить метод люминесцентной дефектоскопии для выявления микроструктуры метеоритов, образцов лунного грунта, минералов космического и земного происхождения. Метод сравнительно прост и нетрудоемок. Применяется люминофор «Нориол А400». Этот жидкий органический люминофор получают из нефти. Он обладает высокой проникающей способностью и с его помощью можно выявлять микроструктуру объекта, в первую очередь микродефекты с шириной раскрытия до 0,2 мкм и глубиной до 15 мкм. Люминофор абсолютно инертен, и после его применения свойства исследованных поверхностей остаются неизменными. Для люминофора «Нориол А400» возбудителем свечения является ультрафиолет в диапазоне 3400—3800 Å. Собственное свечение люминофора приходится на желто-зеленую область видимого диапазона, с максимумом на длине 5500 Å. Период послесвечения люминофора при собственной его температуре +10 °С не превышает 0,01 с. Однако при понижении его температуры ниже нуля период послесвечения возрастает до нескольких секунд. При —40 °С люминофор переходит из жидкой фазы в твердую. Вследствие того, что период послесвечения «Нориол А400» крайне мал, во время наблюдений и фотографирования исследуемая поверхность должна находиться под постоянным воздействием УФ-излучения. Это можно осуществить в люминескопе или в люминесцентном микроскопе, в которых источником УФ-излучения являются лампы ДРШ. В этих приборах надежно обеспечена техника безопасности. Люминофор «Нориол А400» — абсолютно безвредное для экспериментатора вещество.

Уже первые эксперименты показали, что люминесцентная дефектоскопия полезна для изучения железных метеоритов, однако при этом должна быть подготовлена их поверхность. Предварительная подготовка необходима как при дефектоскопии коры плавления, так и при дефектоскопии срезов. Рассмотрим главные этапы подготовки.

1. Поверхность, которая будет исследоваться люминесцентной дефектоскопией, должна быть освобождена от различных органических веществ, прежде всего от остатков клея (прикрепленные номера и др.). Эксперименты показали, например, что после механического отделения кусочков лейкопластыря на поверхности метеорита остаются мельчайшие частицы клейкого вещества, которые обладают собственной люминесценцией в сине-фиолетовой области видимого диапазона. Эта люминесценция, естественно, может быть возбуждена УФ-излучением. Во избежание осложнений изучаемые поверхности должны быть тщательно очищены.

2. Поверхность срезов железных метеоритов, как правило, изобилует мелкими неровностями, царапинами и другими дефектами, образовавшимися в процессе разрезания. Ясно, что такая поверхность не готова к люминесцентной дефектоскопии и ее необходимо последовательно

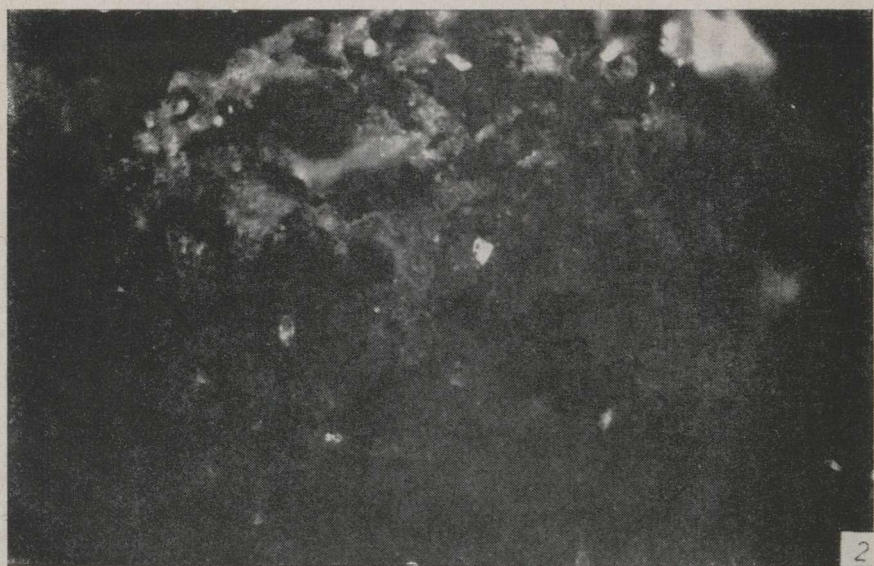
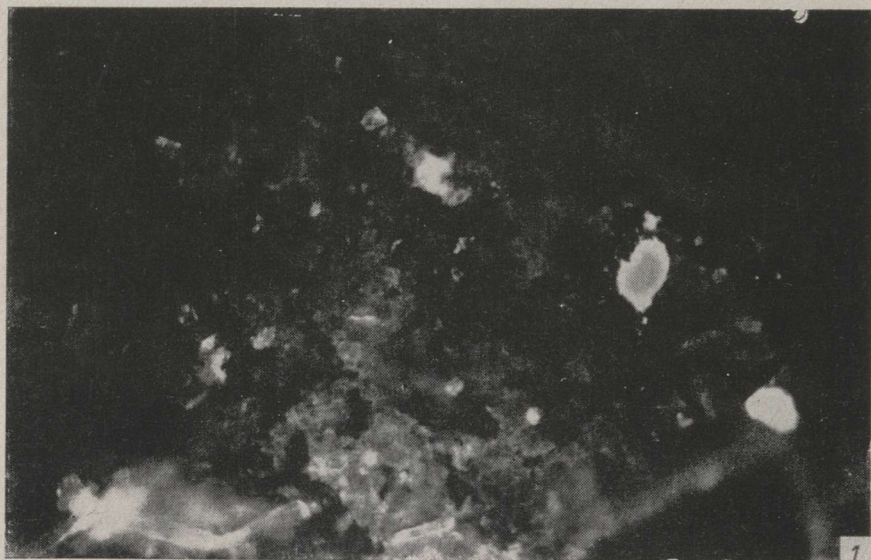


1. Кора плавления метеорита Сихотэ-Алинь. Светящийся люминофор маркирует удлиненные каналобразные каверны.



2. То же. Пористость сложная — видны дискретные и взаимосвязанные каверны. Увел. 300X.

ТАБЛИЦА II



1, 2. Срезы внутренней части метеорита. Проникший люминофор маркирует дискретные каверны, микротрещины, плоскости отдельности. Увел. 300×.

отшлифовать и отполировать до зеркальности. При этом неровности удаляются, и на зеркальной поверхности отражается лишь природная структура метеоритного вещества. Шлифовка и полировка должны проводиться без применения различного рода паст, потому что пасты содержат в себе люминесцирующие компоненты. Как показали эксперименты, время шлифовки одного среза — до одной минуты, а время полировки — до одного часа. Учитывая все физико-механические характеристики железных метеоритов, надо признать, что даже при самых оптимальных режимах шлифовки и полировки на поверхности среза могут образоваться отдельные линии и штрихи. Для того, чтобы они не были перепутаны с природной структурой вещества, шлифовка и полировка должны вестись строго в одном направлении. Взаимная параллельность и общая направленность этих линий будут в таком случае отличать их от природной структуры метеоритного вещества.

3. Прежде чем начинать люминесцентную дефектоскопию метеоритов, необходимо убедиться еще в том, что некоторые локальные участки поверхности или отдельные включения не обладают собственной люминесценцией. С этой целью поверхность внимательно осматривается сперва при помощи люминоскопа, а затем при помощи люминесцентного микроскопа. Если люминесцирующий участок или включение будут обнаружены, то необходимо оценить и зафиксировать цвет люминесценции, что позволит отличать ее от люминесценции «Нориол А400».

Обратимся теперь непосредственно к люминесцентной дефектоскопии. На подготовленную поверхность (кора плавления или срез) наносится люминофор на время до 10 мин (либо образец погружается в люминофор на это же время). В результате этого люминофор проникает в микроструктуру объекта. Затем поверхность очищается от люминофора путем промывания под холодной проточной водой в течение 6—7 мин. После чего образец метеорита устанавливается на предметный столик обработанной поверхностью вверх для 15—20-минутной сушки при комнатной температуре. Затем он устанавливается в люминоскоп, где происходит осмотр всей обработанной люминофором поверхности с целью выявления крупных структур. Потом метеорит помещается в люминесцентный микроскоп для исследования микроструктур. Все эксперименты и хранение обработанного люминофором метеорита желательно проводить в темноте, чтобы сохранить свойства люминофора. Во время эксперимента хорошо зарекомендовали себя люминоскоп ЛПК 1 и люминесцентный микроскоп «ЛЮМАМ Р-5». Фотографирование производилось на пленку «Микрат 200», время экспозиции — 1—1,5 мин, проявление при температуре 22°C, время проявления 7 мин, проявитель контрастный. Эксперименты показали, что дефектоскопическая проявка поверхности, т. е. опыление обработанной люминофором поверхности мелкодисперсным меловым порошком, необязательна, а при выявлении тонкой структуры даже нежелательна.

Описанной выше методикой исследовались кора плавления одного индивидуального экземпляра метеорита Сихотэ-Алинь и четыре среза из различных участков другого экземпляра из того же метеоритного дождя. Причем срезы были выполнены так, что плоскость каждого среза была перпендикулярна плоскости последующего, т. е. метеорит изучался по принципу прямоугольного параллелепипеда.

На коре плавления микроструктура, выявленная методом люминесцентной дефектоскопии, сравнительно сложная. В ней устанавливается множество углублений, каналов, каверн, многие элементы которых взаимосвязаны в пространстве (табл. I, 1, 2). Количество проникающего люминофора гораздо больше, чем в срезах из внутренних частей метеорита. В то же время в ней почти нет мелких линейных элементов микроструктуры, которые нередко наблюдаются на внутренних срезах. Можно

сделать вывод о том, что при поверхностном плавлении метеорита произошло некоторое разрыхление его первичной структуры и что в этом процессе немаловажную роль сыграли, очевидно, и захваченные в кору пузырьки нагретого воздуха атмосферы.

Микроструктура на внутренних срезах более плотная и дискретная (табл. II, 1, 2). Отдельные элементы ее не связаны между собой, количество люминофора в структуре незначительное. Наблюдаются мелкие неправильные трещины с различной ориентировкой, иногда по плоскостям отдельности четко выделяются единичные удлиненные кристаллы.

В целом в структуре железного метеорита выявляются пустоты размерами от 0,5 до 325 мкм, элементы микроструктуры размером менее 0,5 мкм очень редки.

Таким образом, применение люминесцентной дефектоскопии при исследовании железных метеоритов позволяет выявить некоторые особенности, трудно фиксируемые другими доступными методами. При наличии всех необходимых приборов и реактивов дефектоскопический анализ может быть проведен за короткое время. Естественно, что возможности метода распространяются и на другие минералогические объекты. Например, он может быть полезен при изучении агрегатов и микроструктур непрозрачных рудных минералов и т. д. Повышая контрастность фотографических материалов и увеличение микроскопа, а также чистоту шлифовки и полировки, можно будет выявлять микроструктуры еще более малых размеров. Интересным также является получение интегрального фотографического изображения всей поверхности, на которой выявлена микроструктура, путем сложения отдельных негативов или отпечатков.

Автор выражает благодарность Л. Д. Меликадзе, Г. О. Тер-Акопяну, Р. Н. Ахобадзе и Э. А. Пиррусу за высказанные ими ценные замечания.

ЛИТЕРАТУРА

- Симония И. А. О возможности применения люминесцентного анализа к исследованию минералов и метеоритов // Астрон. циркуляр, 1989а, 1538, 43.
Симония И. А. О возможности применения люминесцентного анализа к исследованию кометных проб // Физика и динамика малых тел, астероидов, комет и метеорного вещества. Тез. докл. конф. Душанбе, 1989б, 62.

Тбилисский отдел Всесоюзного проектно-технологического института монтажспецстроя

Поступила в редакцию
26/IV 1990

Irakli SIMONIJA

METEORIITIDE MIKROSTRUKTUURIDE UURIMISEST LUMINESTSENTSDEFEKTSKOOPIA MEETODIL

On kirjeldatud pindade uurimise võtet luminofoori Noriol A400 abil ja toodud näide Sihhote-Alini raudmeteoriidi sulamiskooriku ja meteoriidi sisemusest tehtud lõikepindade uurimistulemustest. Meetod võimaldab registreerida meteoriidi mikropoorsuse ja lõhede olemasolu ning on rakendatav ka teiste mineraloogiliste objektide juures.

Irakly SIMONIYA

INVESTIGATION OF THE MICROSTRUCTURE OF METEORITES BY LUMINESCENT DEFECTOSCOPY

For the first time the microstructure of iron meteorites has been investigated with the help of the method of luminescent defectoscopy. The method suggested allows us to ascertain the existence of microcavities, deepenings, cracks, and their systems. The method is applicable in investigating other mineralogical phenomena as well.