

**ЭКСПЕРИМЕНТЫ С МЕТЕОРИТОМ «ЦАРЕВ».
УСТАНОВКА ДЛЯ СБОРА И РЕГИСТРАЦИИ ЛЕТУЧЕЙ КОМПОНЕНТЫ
МЕТЕОРИТНОГО ВЕЩЕСТВА**

Монастырский И.Б., Гуськов Ю.А, Ермак В.М., Овсянников Г.А. (ИДГ РАН)

igmon@idg.chph.ras.ru

Проводимые исследования находятся в контексте одной из фундаментальных проблем наук о Земле - определения состава, массы и свойств первичной атмосферы Земли. Присутствие в веществе обыкновенных хондритов до нескольких процентов летучих позволяет предположить, что их дегазация и частичное удержание в газовой фазе позволили сформировать первичную атмосферу. Задачей данных исследований является создание методов выделения и анализа летучих из метеоритов в условиях, сходных с условиями в ходе роста планеты, бомбардируемой телами хондритового (в среднем) состава. Для решения поставленной задачи был выполнен ряд лабораторных экспериментов. Их идея состоит в том, что при нагреве образца метеорита будет выделяться летучая компонента, находящаяся в связанном состоянии. Отбор и анализ выделяющихся газов, позволит сделать определенные выводы о составе первичной атмосферы в рамках рассматриваемой гипотезы. В качестве исследуемого образца был выбран кусочек метеорита «Царев». Этот метеорит был выбран как представитель наиболее распространенного типа метеоритов. При этом суммарная масса его осколков превосходит тонну.

Для нагрева метеоритного вещества было выбрано СВЧ излучение. Этим мы достигли объемного энерговыделения в образце, и в ходе эксперимента температура поверхности была примерно той же, что и внутри. Отсюда следует и другое важное достоинство микроволнового излучения – возможность программируемого «мягкого» нагрева до любой желаемой температуры. Это позволяет, в частности, исследовать зависимость состава летучих от температуры нагреваемого образца. Проведен ряд экспериментов, проанализирован газ, выделенный в ходе нагрева образцов в диапазоне температур $150^{\circ} - 700^{\circ}\text{C}$.

СВЧ генератор возбуждал электромагнитную волну и передавал ее в волноводный тракт. Рабочая длина волны 12 см. Мощность, передаваемая к образцу, регулировалась с помощью аттенюатора и регистрировалась. Исследуемый образец располагался в вакуумной камере. Сама камера устанавливалась внутри специальной короткозамкнутой волноводной секции. Вакуумная камера, с помещенным внутрь образцом, показанная на рис 1, представляет собой цилиндрическую трубу из кварцевого стекла. Диаметр ~40 мм, длина ~140 мм, объем ~165 см³. В камере имеются патрубки и окна, предназначенные для откачки воздуха и отбора газа, выделяющегося при нагреве образца, измерения его температуры и давления газа выделяющегося при нагреве метеорита.

Конструкция волноводной секции и камеры предусматривает ее согласованное размещение в электромагнитном поле, позволяющее вводить требуемую энергию в исследуемый образец. В то же время датчики давления и измеритель температуры размещаются вне волноводной секции и не подвергаются воздействию электромагнитного поля.

Подготовленная к эксперименту камера с образцом откачивалась до давления ~ 10^{-3} мм



Рис.1. Фото вакуумной камеры с образцом. Металлические цилиндры – датчики давления. Над образцом – флюоритовый иллюминатор.

рт. ст. Газы, выделяющиеся СВЧ при нагреве образца, заполняют камеру и, при необходимости, одну или две газосборные емкости. Газосборная емкость после ее заполнения при определенном температурном режиме изолировалась от вакуумной камеры. Затем проводилась повторная откачка камеры, и нагрев образца повторялся. В результате были собраны газы, выделившиеся при разных температурных режимах нагрева метеорита.

Давление в вакуумной камере и газосборных емкостях измерялось датчиками давления типа MPX 5100A и MPX 5010D, фирмы MOTOROLA. Температура поверхности образца измерялась инфракрасным термометром «Кельвин». Так как в ходе эксперимента образец должен находиться внутри камеры, для измерений его температуры было предусмотрено окно, закрываемое плоской флюоритовой пластиной толщиной 3 мм. Во избежание возникновения газового разряда при росте давления газов было решено заполнять откаченную до глубокого вакуума камеру инертным газом – ксеноном, обладающим довольно высокой пробойной прочностью. Проведенные измерения показали, что при давлении ксенона $P = 100$ мм рт ст разряд в ходе нагрева метеорного вещества не возникает.

На рис.2 приведены показания датчиков давления и температуры в ходе одного из опытов. Самая нижняя кривая – запись относительной СВЧ мощности во времени.

Первое СВЧ включение длилось ~ 80 секунд (нижняя кривая). Оно сопровождалось примерно линейным ростом температуры (средняя кривая) и давления - верхняя кривая (правая шкала). После отключения СВЧ мощности температура начала экспоненциально падать. Резкое падение (примерно вдвое) давления на ~ 150 секунде обусловлено открытием газосборной емкости объемом 125 см^3 . Первый в этом опыте забор газа продолжался до ~ 700 секунды. Нуль давления в течение периода от ~ 770 секунды до ~ 980 секунды соответствует откачке камеры. Затем резкий подъем – напуск ксенона. Далее – второе включение и нагрев до $\sim 500^\circ\text{C}$.

Полученные в этом эксперименте пробы газов были подвергнуты хроматографическому анализу. Анализ проводился на хроматографе ЛХМ – 8.3 с двумя колонками на катарометре. Для определения концентраций H_2 , CO , CH_4 , O_2 , N_2 использовалась колонка с молекулярными ситами, а для определения CO_2 колонка с порпаком. В таблице приведены относительные концентрации измеренных продуктов. Наиболее весомую долю из полученных газов во всех экспериментах занимает молекулярный водород. Присутствие инертного газа ксенона в экспериментах позволяет пересчитать относительные молярные концентрации в абсолютные значения. Так, оценка количества водорода, выделившегося в ходе опыта №2, дает около $0,3 \cdot 10^{-4}$ моль или $m \approx 0,06$ мг. Масса образца составляла $M = 32$ г. Таким образом, отношение $m/M \sim 10^{-6}$. Для получения более детальных данных необходимо продолжение исследований.

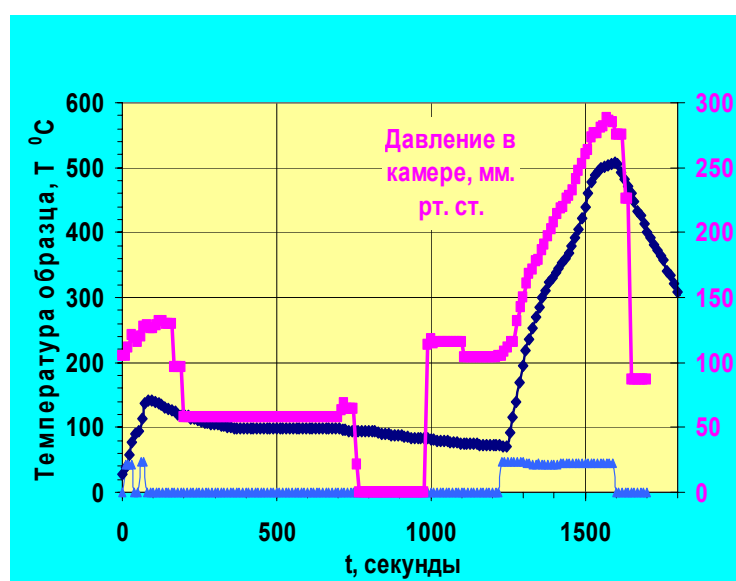


Рис.2. Температура образца (левая шкала) и давление (правая шкала) газов в ходе опыта 2.

T, °C	ДР мм...	H ₂	O ₂	N ₂	CH ₄	CO	CO ₂	Опыт №
140	30	1,3	0,06	0,2	0,18		1,1	2
170	20	2,5	0,1	0,3	1,25		0,45	3
270	170	13,0	4,3	23,6	0,16	8,3	2,1	1
330	160	32,2	1,8	6,9	0,40	10,8	2,1	1
500	170	18,8	0,02	0,45	0,56		3,4	2
700	200	26,0	0,3	0,9	2,2		6,9	3

Таблица

Результаты хроматографического анализа.

Выделены результаты, полученные без ксенона.

Авторы выражают искреннюю благодарность К.Я. Трошину и Г.Г. Политенковой (ИХФ РАН) за проведение хроматографического анализа

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(24) 2006

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2004 года (ЕСЭМПГ-2006)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2006/informbul-1_2006/planet-7.pdf

Опубликовано 1 июля 2006 г

© *Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2006*

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на «Вестник Отделения наук о Земле РАН» обязательна