

УДК 523.36.536.2 + 023 + 63.533.590

АСТРОНОМИЯ

А. И. ДМИТРИЕВ, Е. А. ДУХОВСКОЙ, Г. Я. НОВИК, Р. Г. ПЕТРОЧЕНКОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ СВОЙСТВ ГРУНТА ЛУНЫ И ЕГО ЗЕМНЫХ АНАЛОГОВ

(Представлено академиком А. Ю. Ишлинским 2 IV 1971)

Косвенные методы оценки тепловых свойств грунта Луны, основанные на исследовании ее радиоизлучения с поверхности Земли (¹⁻⁴), показали, что он должен обладать чрезвычайно низкой теплопроводностью.

Ниже приводятся методика и результаты определения удельной теплоемкости c , коэффициентов температуропроводности a и теплопроводности λ лунного грунта (пыли), образцы которого были доставлены на Землю автоматической космической станцией «Луна-16». Для сравнения исследовались аналоги лунного грунта, подобранные по наибольшей близости их механических свойств: андезит-базальтовый песок, мелкораздробленный базальт.

Исследования тепловых свойств лунного грунта в виде мелкозернистой пыли сравнительно однородного гранулометрического состава проводились при температуре 20° С при разрежении 10^{-6} тор и в атмосфере химически чистого гелия при нормальном давлении, а аналогов лунного грунта, кроме того, в атмосфере воздуха.

Испытуемый материал помещался в экранированный от окружающей среды фторопластовый стакан с тонкими стенками внутренним диаметром 1 и высотой 2 см. В центре стакана располагался линейный источник тепла — графитовый стержень диаметром 0,05 см. Коэффициент температуропроводности определялся методом мгновенного источника тепла по времени достижения максимума температуры на термопаре (хромель — конпель диаметром 20 μ), устанавливаемой на расстоянии 2 мм от источника тепла. Определение удельной теплоемкости осуществлялось методом периодического ввода тепла (⁵). Расчет c производился по отношению количества тепла, выделяемого линейным источником мощностью от 5 до 10 Вт на единицу веса грунта за вычетом тепловых потерь, к температуре системы после наступления в ней теплового равновесия. Последняя определялась с помощью термопары, аналогичной первой, устанавливаемой на расстоянии 0,5 мм от внутренней стенки стакана. Величина тепловых потерь в окружающую среду (стенки стакана, графитовый стержень, провода и т. д.), определенная по сыпучим материалам с известной теплоемкостью и приблизительно одинаковой температуропроводностью, составляла 65% всего тепла, выделяемого источником. Коэффициент теплопроводности определялся расчетным путем как произведение a , c и известного значения плотности. Погрешность в определении удельной теплоемкости составила $\pm 5\%$; температуропроводности $\pm 4\%$; коэффициента теплопроводности $\pm 10\%$.

В табл. 1 представлены результаты определения a , λ , c лунного грунта и его земных аналогов, полученные проведением экспериментов при свободной засыпке предварительно разрыхленного исследуемого материала.

Коэффициент теплопроводности лунного грунта (пыли) оказался близким к среднему между значениями, полученными путем измерения инфракрасного излучения Луны (^{1, 2}) и более точными исследованиями, основанными на методе прецизионного измерения радиоизлучения Луны (⁴).

Таблица 1

	Плотность, г/см ³	$\alpha \cdot 10^3$, м ² /сек	$\lambda \cdot 10^3$, вт/(м·град)	ϵ , дж/(г·град)
Лунный грунт	1,38			
разрежение 10^{-3} тор		0,27	2,78	
атмосфера гелия		14,7	152	0,75
Андезито-базальтовый песок	1,14			
разрежение 10^{-6} тор		0,51	4,3	
атмосфера гелия		6,3	53,0	0,74
воздух		4,45	37,4	
Мелкораздробленный базальт	1,22			
разрежение 10^{-6} тор		0,725	7,05	
атмосфера гелия		9,8	95,5	0,80
воздух		6,4	62,5	

Коэффициент теплопроводности лунной пыли, доставленной на Землю экипажем космического корабля «Аполлон-11», $2,07 \cdot 10^{-3}$ вт/(м·град) в вакууме 10^{-3} тор при плотности 1,265 г/см³ и температуре 299° К ⁽⁶⁾ хорошо согласуется с нашими данными, если учесть некоторое отличие в плотности и минеральном составе.

Теплопроводность лунной пыли в вакууме приблизительно в 1000 раз ниже теплопроводности твердых пород аналогичного состава. Коэффициенты теплопроводности аналогов в вакууме, несмотря на их несколько меньшую плотность, оказались выше, чем у лунного грунта, что, по-видимому, объясняется более однородным гранулометрическим составом последнего. В атмосфере гелия, по той же причине, имеет место обратный эффект, так как теплопроводность грунта обусловлена, главным образом, теплопроводностью гелия в пустотах между отдельными зернами грунта, а эффективная теплопроводность газа тем меньше, чем меньше размеры этих пустот ⁽⁷⁾. Отношение коэффициентов теплопроводности лунного грунта в гелии и вакууме составляет 55.

Удельная теплоемкость лунного грунта близка по значениям к теплоемкости его аналогов и пород андезито-базальтового типа, а также теплоемкости лунной пыли ⁽⁸⁾, доставленной на Землю экипажем «Аполлон-11».

В настоящее время продолжают исследования зависимости теплопроводности лунного грунта и его аналогов от температуры и степени уплотнения как в вакууме, так и атмосфере гелия.

Авторы благодарят акад. А. Ю. Ишлинского за обсуждение результатов работы, а также В. В. Маркачева и А. Р. Головкина за помощь в проведении экспериментов.

Всесоюзный научно-исследовательский
институт оптико-физических измерений

Московский горный институт

Поступило
10 III 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. Д. Кротиков, В. С. Троицкий, УФН, 81, № 4, 588 (1963). ² E. Pettit, S. B. Nicolson, Astrophys. J., 72, (1930). ³ J. C. Wesselink, Bull. Astron. Inst. Neth., 10, 351 (1948). ⁴ J. C. Jaeger, Austr. J. Phys., 10 (1953). ⁵ A. Eucken, Phys., 10, 586 (1909). ⁶ R. C. Birkebach, G. J. Gremers, J. P. Dawson, Science, 167, № 3918, 724 (1970). ⁷ G. Hengst, Die Wärmeleitfähigkeit pulverförmiger Wärmeisolistoffe bei hohem Gasdruck, München, 1934. ⁸ R. A. Robbil, B. S. Hemingway, W. H. Wilson, Science, 167, 749 (1970).