УДК 524.5

Б.И. ДЕМЧЕНКО[1], Л.И. ШЕСТАКОВА[2]

(ДТОО «Астрофизический институт им. В.Г.Фесенкова», Алматы)

ДЕЙСТВИЕ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ОРГАНИЧЕСКИЕ ЧАСТИЦЫ

Цель. Исследование поведения органических пылевых частиц в Солнечной системе под действием светового давления.

Методы исследований. Численное моделирование. Выбрано органическое вещество – толин с сильными абсорбционными свойствами. Исследовано давление радиации на пылевые частицы. Расчеты температуры пылевых частиц выполнены на основе решения уравнения теплового баланса в соответствии с их размерами и расстоянием от Солнца. Использована теория Ми для однородных сферических частиц.

Область применения. Эволюция звезд солнечного типа с пылевыми дисками.

Результаты и выводы. Температура органических пылевых частиц отличается от абсолютно черного тела, и сильно зависит от размера частиц. Частицы радиусами s = 0.1 – 0.2 мкм имеют максимальные температуры, превосходящие температуры черного тела, и этот избыток темпера-туры сохраняется вплоть до размеров s = 4-6 мкм. Радиационное давление оказывает сильное селективное влияние на пылевые частицы в зависимости от размера частиц. Максимальное давление радиации испытывают частицы с радиусами s = 0.2 мкм, отношение давления радиации к силе тяготения для них $\beta > 2$. Частицы радиусами 0.06 мкм $\leq s \leq$ 0.6мкм покидают Солнечную систему под действием светового давления, поскольку для них $\beta > 1$.

Частицы толина, формирующиеся в условиях близких к вакууму и при температурах, характерных для орбиты Сатурна крайне непрочны и могут распадаться.

Тем не менее, они могут достигать орбиты Земли, поскольку будут дрейфовать внутрь Солнечной системы под действием эффекта Пойнтинга-Робертсона. Кроме того, такие частицы входят в состав оболочек комет и могут проникать внутрь Солнечной системы вместе с родитель-скими телами. Таким образом, на вопрос: «Могут ли органические вещества с периферии Солнечной системы проникать в область планет земной группы», – можно ответить положительно.

Ключевые слова: солнечная система, органические пылевые частицы, толин.

Тірек сөздер: Күн жүйесі, органикалық тозаң бөлшектер, толин.

Введение. Среди пылевых частиц, обнаруженных в газопылевых дисках около звезд и в Солнечной системе, особое место занимают органические частицы. Активное исследование таких частиц стимулировалось обнаружением органической дымки в атмосфере Титана.

В земных лабораториях такие условия воспроизводятся с помощью электрических разрядов в газовой смеси, содержащей 10% CH_4 и 90% N_2, моделирующей атмосферу Титана. Твердые частицы, образующиеся в таких условиях [1], соответствуют элементному составу $C_{11}H_{11}N_{11}$. Оптические свойства таких частиц могут отличаться более чем в 2 раза. Органические гетерополимеры, так называемый “ice tholin II”, продуцируется подобным образом из смеси воды, углекислого газа и углеводородов, как первая аппроксимация смеси кометного состава [2]. В настоящей работе проанализировано действие солнечной радиации на толины 1-го типа, в частности вычислены

температуры частиц разных размеров на различных расстояниях от Солнца и действие светового давления.

Модельные предположения и исходные данные. Все практически важные параметры, характеризующие взаимодействие сферических пылевых частиц с излучением, рассчитываются по теории Ми [3,4]. Предполагается, что пылевые гранулы нагреты изотермично. Кроме того мы пренебрегаем столкновениями между гранулами и считаем их электрически нейтральными. Предполагается, что пылинки имеют форму шара и однородны по составу.

Таблицы по распределению энергии в солнечном спектре для интервала длин волн λ от λ_1= 0.0075 мкм до λ_2 =50 мкм, взятые из книги Макаровой и др. 5] переведены в единую систему единиц дж/(сек·м^2·мкм·ср). В этих же пределах взяты таблицы комплексных индексов рефракции выбранных материалов: $m(\lambda)=n(\lambda)+ik(\lambda)$, с добавлением экстраполированных величин со стороны ультрафиолета [6-8].

Параметры n,k – это входные параметры теории Ми, они зависят от длины волны λ и типа вещества, обычно задаются в табличном виде, для каждого вещества отдельно. В теории Ми широко используется алгебра комплексных чисел. Однако все практически важные параметры, характеризующие взаимодействие пылевых частиц с излучением, в том числе эффективные факторы поглощения (Q_{abs}) и светового давления (Q_{pre}) имеют вещественные значения.

Плотность вещества частиц толина δ =1.3 г/см^3. Интервал расстояний, для которых проведены вычисления – от 5 солнечных радиусов до 40 а.е., то есть до границы планетной системы.

Все расчетные программы написаны на языке ‘C’ в среде TURBO-C++, отлаживались под управлением операционной системы WINDOWS-XP.

Расчеты светового давления. Расчет среднего фактора радиационного давления $Q_{pr}=<Q_{pre}>$ и отношения силы давления к силе тяготения $\beta=F_{pre}/F_{grav}$ проводится в зависимости от радиуса пылинки. Эти параметры не зависят от расстояния до Солнца.

Расчетные формулы имеют вид:

$$Q_{pr}(s,m)=\frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} Q_{pre}(\lambda,s,m)\cdot F(\lambda)\cdot d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} F(\lambda)\cdot d\lambda}\ ,\ \beta(s,m)=\frac{F_{pre}}{F_{grav}}=\frac{3\cdot Q_{pr}(s,m)\cdot L_{sun}}{16\pi\cdot c\cdot \mu_{sun}\cdot\delta\cdot s}\ , \qquad (1)$$

где $Q_{pre}(\lambda,s,m)$ – эффективный спектральный фактор давления, рассчитанный по теории Ми, $m=n+ik$ – комплексный индекс рефракции, $F(\lambda)$ – излучение Солнца, L_{sun} – полная светимость Солнца, $\mu_{sun}=\mu=G\cdot M$ – гравитационный параметр Солнца, G – гравитационная постоянная, M – масса Солнца, c - скорость света, δ – плотность вещества.

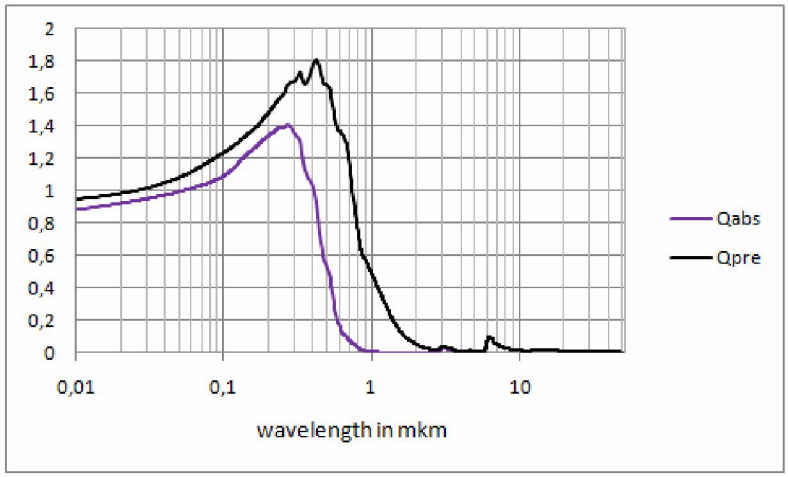

Рисунок 1 – Эффективный спектральный фактор поглощения $Q_{abs}(\lambda,s,m)$ и светового давления $Q_{pre}(\lambda,s,m)$ для частицы радиусом 0.02 мкм в зависимости от длины волны