

ISSN 1607–2855

Том 2 • № 1 • 2001 С. 17 – 20

УДК 523.4

О классификации планет Солнечной системы

Ю.В. Александров, Н.Н. Евсюков

Харьковский национальный университет

Проведена класифікація планетних тел Сонячної системи по п'яти критеріям – динамічному (тип орбіти), традиційному астрономічному, фізичному (агрегатне состояние), хімічному (переважаючий хімічний склад) і геологічному (тип геології літосфери).

ПРО КЛАСИФІКАЦІЮ ПЛАНЕТ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ, Александров Ю.В., Евсюков Н.Н. Проведена класифікація планетних тіл Сонячної системи за п'ятьма критеріями – динамічному (тип орбіти), традиційному астрономічному, фізичному (агрегатний стан), хімічному (переважаючий хімічний склад) та геологічному (тип геології літосфери).

ON SOLAR PLANETS CLASSIFICATION, by Aleksandrov Yu. V., Evsyukov N.N. – Planetary bodies of the Solar system were classified using five criteria: dynamical – an orbit type, traditional astronomical, physical – an aggregative state, chemical – a predominate composition and geological – a type of lithosphere geology.

За последние десятилетия благодаря развитию наземных наблюдательных и теоретических методов, а главное, исследованиям планет средствами ракетно-космической техники объем знаний о планетах Солнечной системы резко возрос и количественно и качественно. Стало возможным сформулировать понятие о планетах, как определенном классе космических тел, состоящих из вещества в конденсированной фазе и у которых форма, внутреннее строение и эволюция определяются их собственным гравитационным полем [1, 3, 5]. Сформировалось представление об основных химических компонентах, из которых состоят планетные тела – металлической, силикатной, ледяной и газовой (водородно-гелиевой) группах веществ (по степени их летучести), которые способны в процессе гравитационной дифференциации обособляться и формировать отдельные планетные оболочки. Построены модели внутреннего строения этих тел и получены общие представления о геологии их поверхностей. Одной из форм обобщения всей этой информации может быть многопараметрическая классификация планет, вариант которой и предлагается ниже.

В Солнечной системе имеется 33 тела, отвечающих приведенному выше понятию «планета». Это – девять больших планет, три крупнейших астероида и 21 спутник больших планет (Луна, Харон, 4 спутника Юпитера, 7 – Сатурна, 5 – Урана и 3 – Нептуна). Прежде всего, все эти тела планетного типа делятся на две группы по типу орбитального движения – гелиоцентрическое и планетоцентрическое. Назовем этот критерий динамическим. В то же время традиционно в астрономии их относят к одному из четырех классов тел – планетам земной группы, планетам-гигантам, астероидам и спутникам планет. По агрегатному состоянию основной массы вещества планеты делятся на твердые и газовой-жидкие (физический признак). Хотя в первом случае, и не только на Земле, есть и жидкие оболочки.

Химический состав планет весьма сложен. Строго говоря, все они содержат все четыре упомянутых выше химических компонента. Однако в большинстве случаев какая-либо одна является преобладающей, хотя есть случаи, когда соотношение между двумя компонентами более или менее сопоставимо. Будем считать, что это так, если доля массы каждой из этих компонент превышает одну треть (такие широкие

$$\Pi = 12\pi \int_0^R p(r)r^2 dr .$$

Однако вследствие того, что подинтегральная функция обращается в 0 на обоих концах промежутка интегрирования, зависимость эта весьма слабая. Так вычисления показывают, что отношения величин Π для однородной планеты и планет с распределениями давления, соответствующими моделям внутреннего строения Земли и Юпитера, соотносятся как 1:1.05:1.25. Таким образом, при вычислении средней плотности потенциальной энергии в первом приближении для твердых планет коэффициент пропорциональности можно считать одинаковым, а для планет-гигантов увеличить его на 20%.

Рис.1 показывает, что все твердые планетные тела образуют единую популяцию со степенной зависимостью массы от радиуса (показатель ее равен 3,5). Для газово-жидких планет (в единицах массы и радиуса Юпитера) аналогичный показатель несколько меньше и равен ≈ 3 . На рис.2 достаточно четко видны кластеры силикатных и твердых ледяных планет. Видно и отличие Меркурия от силикатных планет. Ледяные (но жидкие в основном) Уран и Нептун имеют в силу значительно большей массы и гораздо большие значения ϵ , но примерно те же плотности вещества, что и твердые ледяные тела, вероятно относительно значительная доля их гравитационной энергии ушла на плавление вещества, а не на его сжатие. Отличие астероидов от остальных силикатных тел связано, по-видимому, как с неопределенностью в значениях их характеристик, особенно масс [6,7], так и с таксономическими особенностями Цереры и Паллады, которые сохранили часть летучей компоненты, в частности, воды в виде гидросиликатов.

Принадлежность планетного тела к определенному физическому и химическому классам есть следствие двух основных факторов – во-первых, химической дифференциации вещества в протопланетном облаке под действием солнечного сверхветра на стадии типа Т Тельца и нагрева этого вещества солнечным излучением и, во-вторых, последующей потери планетой на начальном этапе ее эволюции тех или иных компонент вещества в зависимости от ее массы и расстояния от Солнца (см. подробнее [3]). В частности, потеря близким к Солнцу Меркурием не только газовой и летучей компонент, но и части силикатной, привела к преобладанию (хотя и не очень большому) в его составе железа. Система

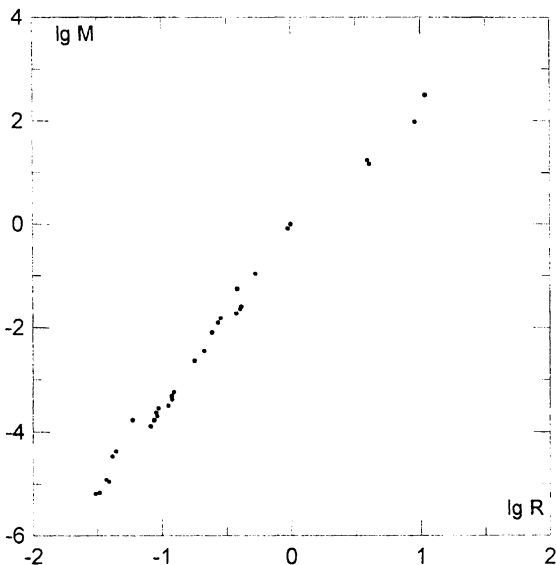


Рис.1. Зависимость массы от радиуса для планетных тел (в долях радиуса и массы Земли)

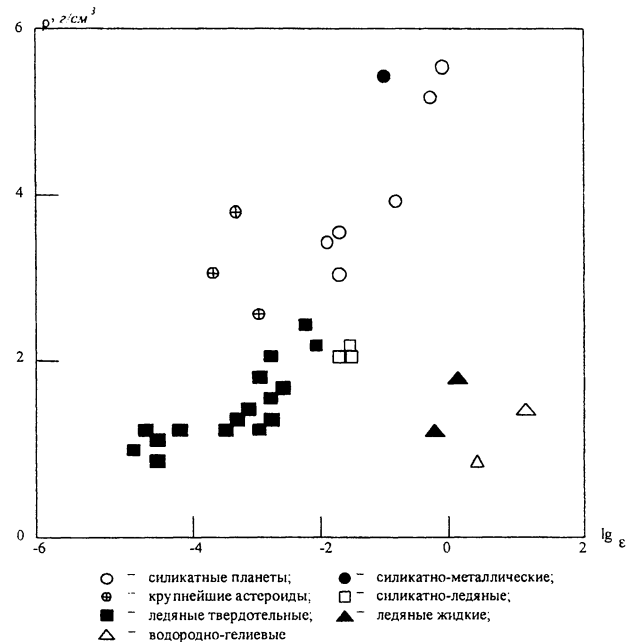


Рис.2. Зависимость «средняя плотность вещества – средняя плотность гравитационной энергии»

спутников Юпитера демонстрирует влияние на судьбу планетного тела, являющегося спутником более крупной планеты, также и расстояния до этой планеты. Ближайший из галилеевых спутников Юпитера – Ио потерял практически всю ледяную компоненту, а большое количество приливного тепла сделало его самым активным в вулканическом отношении телом Солнечной системы в современную эпоху со специфической ролью серы и ее соединений. Европа сохранила лишь тонкую ледяную кору. А более далекие от Юпитера Ганимед и Каллисто попали уже в класс силикатно-ледяных тел.

Земля своей уникальностью обязана тому, что она попала в весьма узкий коридор расстояний от Солнца, в котором оказалось возможным длительное существование жидкой воды на поверхности планеты. Наличие гидросферы не только само по себе привело к весьма развитой минералогии и петрологии ее литосферы (более 2000 минералов обнаружено на Земле и пока лишь около 100 – на Луне), но и явилось необходимым условием возникновения качественно новых факторов в эволюции Земли – появлению биосферы и окислительной атмосферы. Все это и делает целесообразным выделение Земли в отдельный геологический класс. А возникновение на основе биосферы разумной жизни (социосферы) с ее постоянно возрастающим техногенным давлением на различные оболочки планетарного чехла Земли подводит нашу планету к новому качественному скачку в ее истории. Эволюция планет, как и других классов космических объектов, является определенным образом направленной, причем эта направленность обусловлена, с одной стороны, общими законами природы (прежде всего физики), с другой, спецификой данного класса объектов (прежде всего их массой). Развитие же земной цивилизации вплотную подходит к тому рубежу, когда направленное развитие (по крайней мере, человечества и планетарного чехла Земли, как среды его обитания) должно смениться направляемым развитием – направляемым разумом, познавшим законы эволюции различных форм движения материи в их взаимодействии. На планете Земля, как условие ее дальнейшего некатастрофического развития, должна возникнуть ноосфера.

Планеты обладают большим разнообразием их физико-химических характеристик. Предложенная выше их многомерная классификация призвана способствовать выявлению закономерностей в этом разнообразии, что важно как для дальнейшего изучения планет Солнечной системы, так и внесолнечных планет, объем информации о которых в последнее время быстро возрастает.

1. Александров Ю.В., Захожай В.А. Что такое планеты. – Астрон. вестник. –1980. – 14, №3. – С.129–132.
2. Бернс Дж. Некоторые основные данные о спутниках // Система Сатурна / Пер. под ред. М.Я.Марова и В.Н.Жаркова. – М.: Мир, 1990. – С.296–325.
3. Евсюков Н.Н. Особенности геологии планет разного состава. – Космическая наука и технология. – 1997. – 3, №1–2. – С.43–60.
4. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. – М.: Наука, 1983. – 415 с.
5. Слюта В.Н. Воронаев С.А. Малые планетные тела. – Астрон. вестн. – 1993. – 27, №1. – С.71–82.
6. Tedesco E. Asteroid albedo and diameters. – Asteroids. Comets. Meteors. – 1993. – P.55–73.
7. Thomas P., Binzel R., Gaffey M., et al. Vesta: Spin Pole, Size and Shape from HST Imaged. – Icarus. – 1997.–108, №1.– P.88–94.

Поступила в редакцию 15.09.2001