

# НОВОСТИ

Астрофизика

## Удивительные астероиды Рюгу и Бенну: гипотезы происхождения

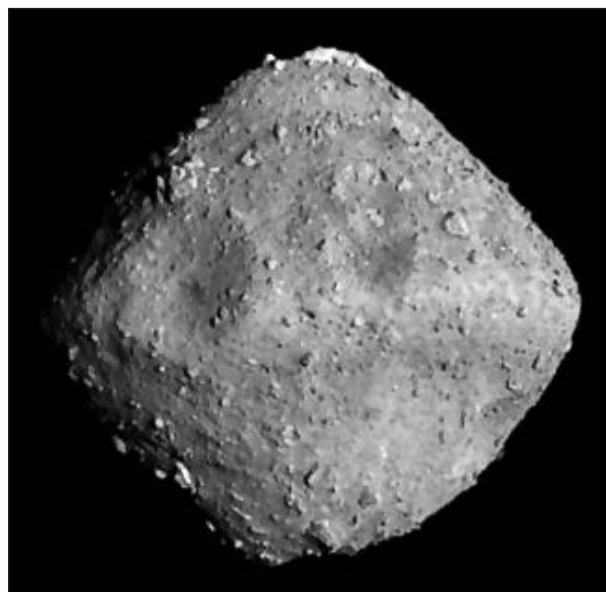
Японские исследования астероида Рюгу (162173 Ryugu)<sup>1</sup> и американские астероида Бенну (101955 Bennu)<sup>2</sup> привлекают особое внимание научного сообщества. Обе эти малые планеты принадлежат к группе Аполлона, их орбиты с большой полуосью  $a_R = 1.1895$  а.е. (Рюгу) и  $a_B = 1.1264$  (Бенну) и с эксцентриситетами  $e_R = 0.1902$  и  $e_B = 0.20375$  дают им возможность подходить к Солнцу ближе Земли, а удаляться от него к Марсу; их периоды обращения равны 473.88 и 436.584 суток. Наклоны орбит Рюгу  $5.884^\circ$  и Бенну  $6.035^\circ$  невелики, поэтому вероятности их столкновений с Землей нельзя считать ничтожно малыми.

Рюгу и Бенну — одни из самых темных тел Солнечной системы, их альbedo близки и равны всего  $4.4 \pm 0.2\%$ . Такой небольшой коэффициент отражения характерен для углистых хондритов; первые данные подтверждают состав, характерный для хондритов CI—CM, но точно он станет известен после успешного возвращения образцов грунта на Землю. Углистые хондриты считаются древнейшим материалом Солнечной системы, в котором, возможно, и зародилась жизнь; это было главным аргументом, по которому японские и американские ученые выбрали для исследований именно эти астероиды. Выбор объектов оказался очень удачным, а программы исследований насыщенными и многосторонними. Они продолжают, и подводить их итоги пока рано.

Средние размеры астероидов невелики:  $R_R = 245.03$  м;  $R_B = 460$  м. Масса Рюгу составляет примерно  $5 \cdot 10^{14}$  кг, масса Бенну заметно меньше —  $7.39 \cdot 10^{10}$  кг. Однако их средние плотности —  $1.19 \pm 0.02$  г/см<sup>3</sup> у Рюгу и  $1.19 \pm 0.04$  г/см<sup>3</sup> у Бенну — оказались удивительно близкими. Такая низкая плотность свидетельствует о рыхлости тел, доля пустот в астероидах оценивается в 40–50%. Совпадают и формы обоих тел, подобные вращающейся юле.

Столкновение Бенну с Землей более вероятно, чем у Рюгу, его опасные сближения с Землей предстоят в 2035 и 2060 гг. Впрочем, по своим последствиям падение Бенну окажется катастрофой, схожей с падением Тунгусского метеорита: рыхлые тела с такой малой плотностью полностью разрушаются в земной атмосфере. Свечение взрыва выжжет несколько тысяч квадратных километров земной поверхности, но не повлечет глобальных последствий. Возможны кратковременные климатические изменения: пылевые остатки взорвавшегося астероида задержатся в земной стратосфере на несколько лет, что может привести к заметному похолоданию.

Запуск японского аппарата «Хаябуса-2» состоялся в декабре 2014 г. Он достиг Рюгу в июне 2018 г. и сфотографировал его. Уже первая фотография показала уникальность этого астероида: его поверхность не испещрена кратерами, как Луна и большие астероиды, а покрыта булыжниками разного размера. В сентябре 2018 г. аппарат высадил на Рюгу несколько спускаемых модулей, которые могли прыжками перемещаться по поверхности астероида. За 17 часов работы они успели передать на аппарат «Хаябуса-2» несколько фотографий с разных позиций крупным планом; спектральный анализ подтвердил предположение, что основной материал астероида близок углистым



Астероид Рюгу с высоты 20 км.

Фото Института аэронавтики и исследований космоса Японского аэрокосмического агентства

<sup>1</sup> Jaumann R., Schmitz N., Ho T.-M. et al. Images from the surface of asteroid Ryugu show rocks similar to carbonaceous chondrite meteorites. Science. 2019; 365: 817–820. DOI:10.1126/science.aaw8627.

<sup>2</sup> Lauretta D., DellaGiustina D.N., Bennett C.A. et al. The unexpected surface of asteroid (101955) Bennu. Nature. 2019; 568: 55–60. DOI:10.1038/s41586-019-1033-6.

хондритам. Кроме того, было обнаружено, что на поверхности Рюгу отсутствует пыль, а булыжники разного размера не углубляются в поверхность.

Запуск аппарата OSIRIS-REx (NASA) состоялся в сентябре 2016 г. Он достиг Бенну в марте 2019 г. и сфотографировал его. Предстоит операция забора грунта и возвращение аппарата на Землю в 1923 г.

Структура поверхности обоих астероидов трудно объяснима. Орбиты Рюгу и Бенну находятся недалеко от кольца астероидов, откуда довольно часто к Земле прилетают тела разного размера, выпадая на нашу планету в виде метеоритов. Почему они не оставили свежих кратеров на этих астероидах, остается неясным. Кратеры на Рюгу есть, на фотографии видны два из них, четыре кратера на поверхности Бенну даже получили собственные имена. Однако все эти кратеры должны быть довольно древними (оценка дает возраст от 100 тысяч до миллиона лет), поскольку они потеряли четкие очертания и на них лежат булыжники.

«Неожиданная природа Бенну ждет своего объяснения», — пишут американские ученые. Действительно, для образования таких рыхлых тел и медленного накопления булыжников на их поверхности необходимо длительное пребывание в спокойном месте Солнечной системы, где может скопиться много однородного материала с малыми относительными скоростями. Сейчас скорость убегания тел с поверхности Рюгу равна 0.2 м/с, с Бенну — 11 м/с, относительные скорости выпавших на них булыжников не могли значительно превышать эти пределы.

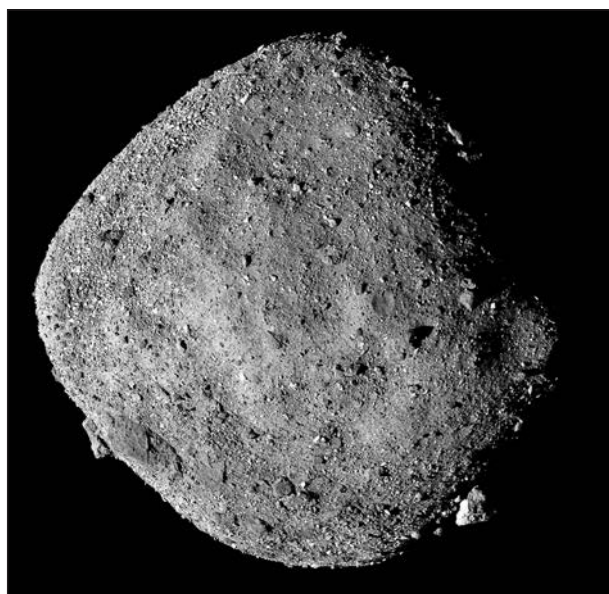
Такое относительно спокойное место есть, находится оно недалеко от современных орбит этих

астероидов. Это точки Лагранжа L4 и L5 на земной орбите, расположенные под углами  $\pm 60^\circ$  по отношению к Земле. Орбиты малых тел в окрестностях этих точек устойчивы. Они могли быть заполнены осколками образования Луны в результате Гигантского столкновения; структуру хондритов они могли приобрести в результате взаимодействия с водяными парами. Устойчивость треугольных точек Лагранжа выравнивает скорости малых тел. Это обстоятельство могло позволить им за длительное время сконденсироваться на более крупные ядра и образовать рыхлые юлообразные тела.

Вопрос о том, как удалось этим астероидам покинуть устойчивые области около точек Лагранжа L4 и L5, возможно, решается за счет эффекта Ярковского, который позволяет увеличивать или уменьшать большие полуоси орбит в зависимости от направления вектора вращения астероидов относительно нормали к эклиптике. В частности, команде OSIRIS-REx за небольшое время наблюдений удалось обнаружить малое замедление скорости вращения Бенну, интерпретированное как результат эффекта Ярковского.

В настоящее время обнаружен только один 300-метровый астероид 2010TK вблизи точки Лагранжа L4, открытый инфракрасным космическим телескопом WISE в 2010 г. Его период 1.00346 года, эксцентриситет 0.19084, наклон орбиты  $20.88^\circ$ . Будущие исследования его формы и состава могут подтвердить или опровергнуть высказанную гипотезу происхождения Рюгу и Бенну.

© доктор физико-математических наук **А.В.Бялко**  
(Москва, Россия)



Астероид Бенну с расстояния 24 км.

Фото Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства (NASA)