

# **Обзор малых тел Солнечной системы: ключевые темы**

Малые тела — ключ к пониманию истории и состава нашей Солнечной системы.



# ***Исторические вехи в изучении малых тел***

С открытия Цереры в 1801 году интерес астрономов к малым телам значительно возрос. Улучшение телескопов и методов наблюдений открыло новые горизонты в их исследовании как хранителей древних веществ и эволюционных процессов.



# Основные группы малых тел

Астероиды — преимущественно каменные и металлические тела, расположены в основном в поясе между Марсом и Юпитером, различаются по размерам и составу.

Кометы состоят из льдов и пыли, образуют хвосты при сближении с Солнцем, разделяются на коротко- и долгопериодические по времени обращения.

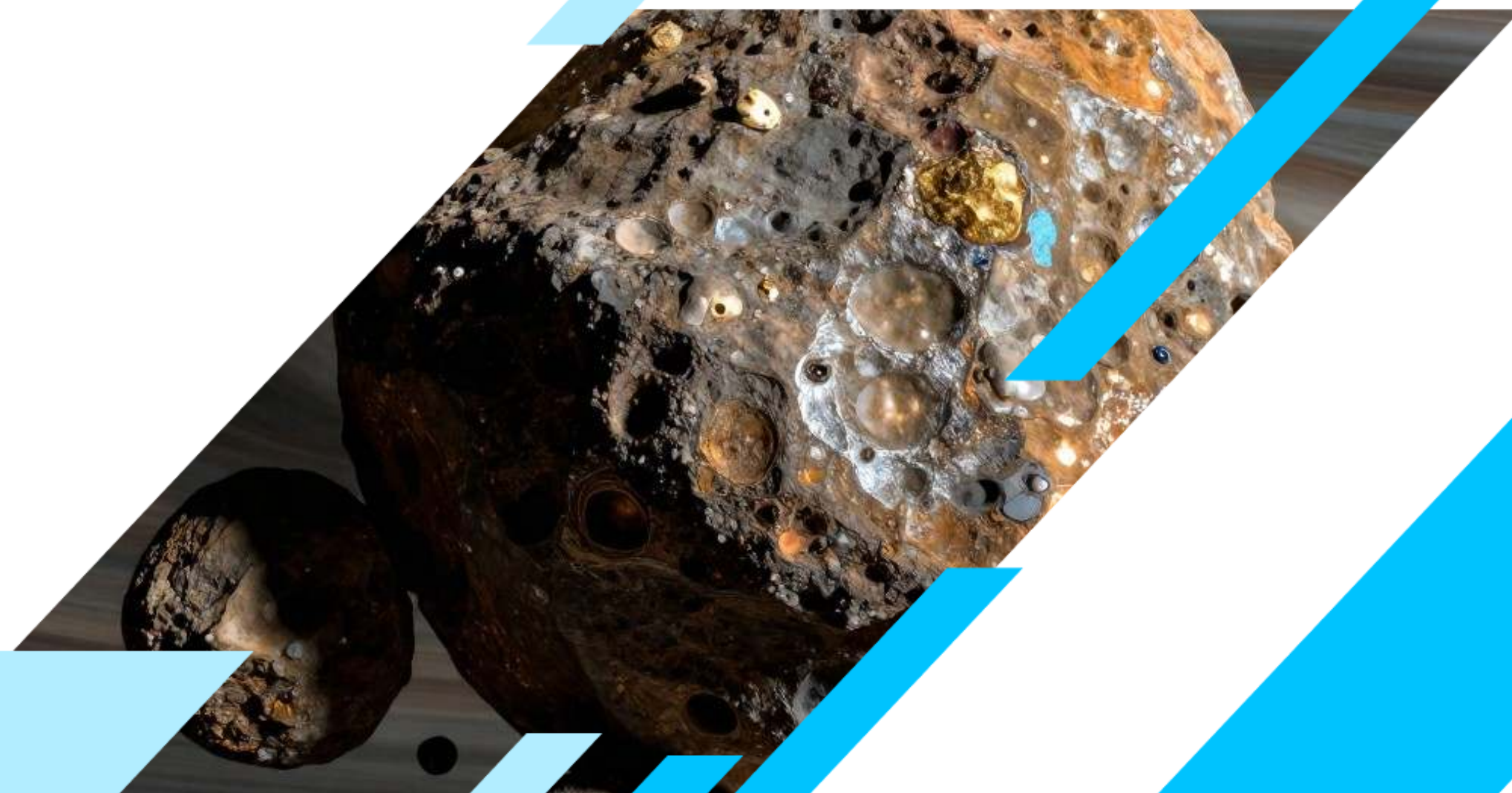
Метеороиды — небольшие тела, обломки астероидов и комет, при входе в атмосферу становятся метеорами, а достигшие поверхности — метеоритами.

Карликовые планеты и транснептуновые объекты отличаются значительной массой и сферической формой, находясь в удалённых районах Солнечной системы.

# Астероиды: строение и происхождение

Астероиды состоят из силикатных минералов и металлических сплавов, их размеры варьируются от небольших камней до тел диаметром сотни километров.

Большинство находится в главном поясе между Марсом и Юпитером, представляя собой остатки планетезималей, не собравшихся в полноценную планету.

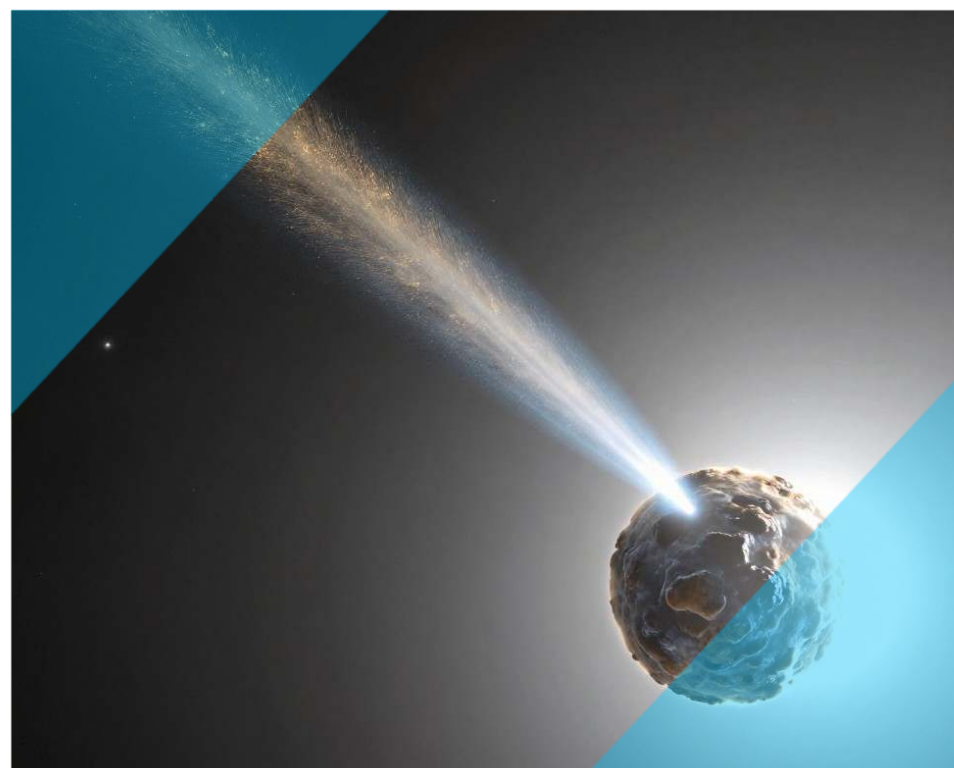


# Кометы: строение и особенности



## Ледяные ядра комет

Кометы имеют твёрдое ядро из замёрзших газов и пыли. При приближении к Солнцу лёд сублимируется, образуя вокруг ядра газовую кому, видимую как яркое свечение.



## Формирование хвоста

Газовый и пылевой хвосты кометы всегда направлены от Солнца — под действием солнечного ветра и излучения частицы устремляются наружу, создавая характерный хвост.



## Разновидности комет

Кометы делятся на короткопериодические с орбитами до 200 лет и долгопериодические, обращающиеся вокруг Солнца тысячами лет, что отражает их разное происхождение.

# Сравнительная таблица характеристик астероидов и комет

Таблица отражает ключевые отличия по локации, составу, размерам и орбитам малых тел.

Астероиды — преимущественно каменно-металлические объекты с регулярными орбитами, кометы — ледяные тела с длинными хвостами и вытянутыми орбитами.

| Характеристика | Астероиды                    | Кометы                     |
|----------------|------------------------------|----------------------------|
| Местоположение | Пояс между Марсом и Юпитером | Пояс Койпера, Облако Оорта |
| Состав         | Камни, металлы               | Лёд, пыль                  |
| Размеры        | От метров до сотен км        | От сотен до тысяч км       |
| Орбита         | Почти круговая               | Вытянутая эллиптическая    |

Данные NASA, 2024

# **Метеороиды, метеоры, метеориты: ключевые различия**

## **Метеороиды в космосе**

Метеороиды — это мелкие объекты от пыли до нескольких метров, свободно движущиеся в космическом пространстве. Они являются частицами разрушенных астероидов и комет.

## **Переход через атмосферу**

При входе в атмосферу Земли они нагреваются и ярко светятся, становясь метеорами. Те фрагменты, что достигают поверхности, называются метеоритами.



# Карликовые планеты: определение и примеры



## Плутон

Наиболее известная карликовая планета, расположенная в поясе Койпера, с диаметром около 2370 км и сложной геологией.



## Эрида

Объект транснептуновой области, значительно массивнее Плутона, несмотря на сходный состав с высоким содержанием льда и метана.



## Хаумеа

Карликовая планета с необычной вытянутой формой и быстрым вращением, входит в состав пояса Койпера.



## Макемаке

Третий по яркости объект в поясе Койпера с относительно гладкой поверхностью, содержимое которой включает лёд и органику.



## Церера

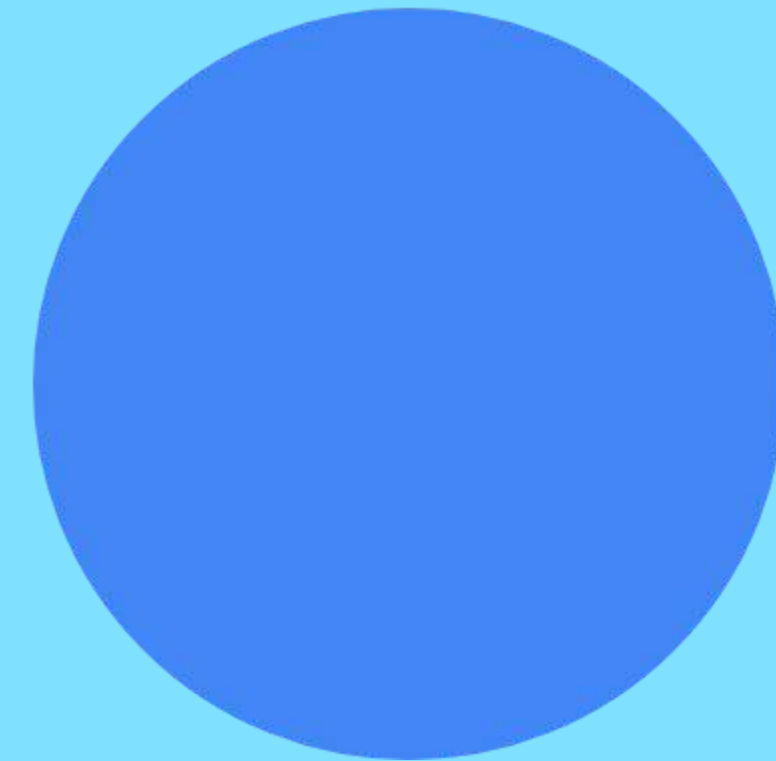
Самый крупный объект главного пояса астероидов диаметром около 940 км, обладающий ледяной корой и возможными внутренними океанами.

# Распределение малых тел в Солнечной системе

Наружные области содержат гигантское количество мелких ледяных тел, преобладающих в объёме по сравнению с внутренними областями.

Пояс астероидов значительно переполнен мелкими объектами; Облако Оорта — главный резервуар долгопериодических комет.

Пояс астероидов    Пояс Койпера  
Облако Оорта



# ***Пояс астероидов: ключевые характеристики***

Пояс астероидов располагается между Марсом и Юпитером, ширина составляет около 140–180 миллионов километров, и содержит множество небольших небесных объектов.

Большая часть астероидов состоит из силикатов и металлов, что свидетельствует об их первичном происхождении из материала планетезималей.

Средний возраст пояса превышает четыре миллиарда лет, отражая процессы формирования Солнечной системы на её ранних этапах.

# Пояс Койпера: транснептуновые объекты

1

Пояс Койпера — это обширная область за орбитой Нептуна, содержащая многочисленные транснептуновые объекты, включая карликовые планеты и ледяные тела. Эти объекты отличаются богатством льда и аммиака, что отражает условия внешней Солнечной системы.

2

Размеры объектов варьируются от сотен до полутора тысяч километров, что делает пояс важным регионом для изучения формирования и эволюции космических тел за пределами главного астероидного пояса.



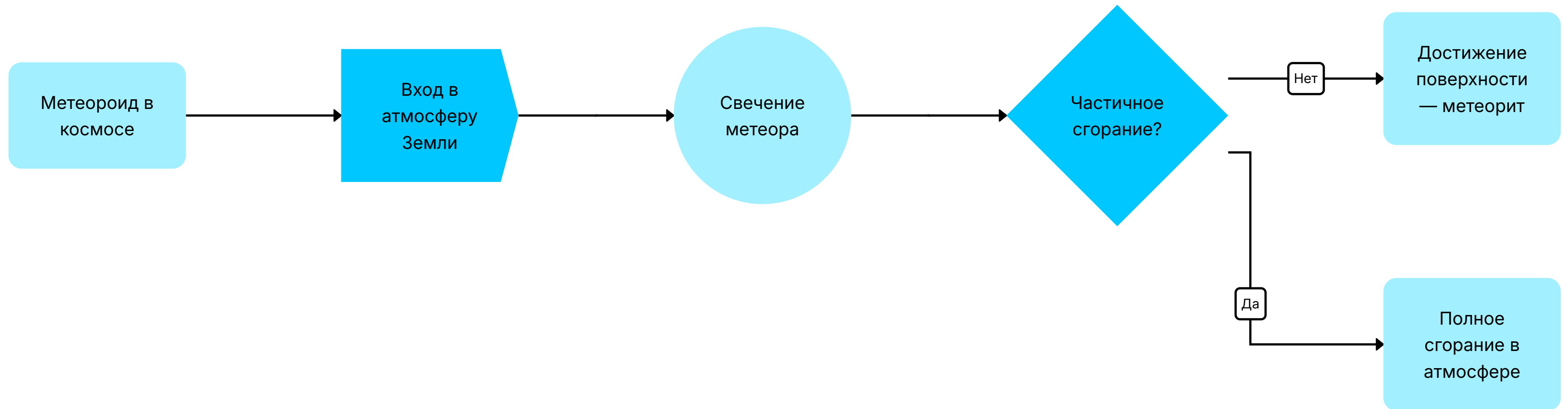
Облако Оорта охватывает огромную сферическую область и служит гипотетическим хранилищем комет, из которого они иногда направляются внутрь Солнечной системы.

**100 000 a.e.**

**— приблизительный радиус облака, окружающего Солнечную систему и являющегося источником долгопериодических комет.**

# Процесс превращения метеороида в метеорит

Последовательность стадий от космического тела до падения на Землю



# Значение малых тел для науки

Малые тела сохраняют исходный состав вещества, существовавшего во время формирования Солнечной системы. Изучение их спектров выявляет органические молекулы и изотопы, схожие с земными, что помогает понять происхождение жизни.

Исследования малых тел подтверждают гипотезы о доставке воды и органических соединений на Землю из внешних областей Солнечной системы, что имеет фундаментальное значение для планетологии и биологии.



# Известные столкновения и их последствия

## 66 миллионов лет назад

Образование кратера Чиксулуб в Мексике после столкновения крупного астероида, что вызвало массовое вымирание многих видов, включая динозавров.

## 2013 год, Челябинск

Взрыв метеорита над городом вызвал значительные разрушения и травмы около 1500 человек, став предупреждением о современных космических угрозах.

## Периодические наблюдения

Мониторинг и анализ столкновений помогают лучше понимать риски и разрабатывать меры защиты от потенциально опасных объектов.

# Современные методы изучения малых тел

## Спектроскопия и радионаблюдения

Современные наземные и орбитальные телескопы используют спектроскопию для определения состава малых тел. Радионаблюдения обеспечивают точные данные о размерах и поверхностях объектов.



## Космические миссии и доставка образцов

Миссии Rosetta, Hayabusa2 и OSIRIS-REx позволили напрямую изучать кометы и астероиды, собирая пробы и анализируя их в лабораториях на Земле, что значительно расширяет понимание их природы.



# ***Космические миссии к малым телам***

Миссия Rosetta (ESA, 2014) впервые осуществила детальное исследование кометы 67P с помощью спускаемого модуля Philae, изучая её физические и химические свойства.

Японская миссия Hayabusa2 успешно доставила на Землю образцы астероида Рюгу в 2020 году, позволив исследовать состав материала и процессы, происходившие в ранней Солнечной системе.

Американский аппарат OSIRIS-REx в 2023 году вернул пробы с астероида Бенну, что дало уникальные данные о составе и истории этих малых тел.

Результаты миссий существенно расширили знания о происхождении и эволюции малых тел, а также о процессах, формирующих солнечную систему.

# Опасность для Земли: потенциально опасные объекты (NEO)



## **Количество и типы объектов**

Под NEO понимаются астероиды и кометы, орбиты которых проходят ближе 0,05 а.е. к Земле. Каталог на 2024 год включает более 30 000 таких объектов, из них около 2 200 считаются потенциально опасными.

## **Системы мониторинга и защиты**

Для своевременного выявления угроз функционируют программы NASA Planetary Defense и ESA NEO Coordination Centre, которые осуществляют наблюдение и разрабатывают методы предотвращения возможных столкновений.

# ***Будущее исследований и значение для человечества***

Активно развиваются технологии добычи минеральных ресурсов на астероидах, что открывает новые перспективы для космической экономики и долгосрочных миссий.

Реализуются проекты, направленные на предотвращение столкновений крупногабаритных объектов с Землёй, включая методы изменения траекторий и системы раннего оповещения.

Сдвиг в сторону международного сотрудничества и роботизированных миссий способствует расширению возможностей исследования и обеспечивает более безопасное освоение космоса.

# ***Заключение: малые тела как ключ к пониманию космоса***

Малые тела раскрывают истоки и развитие Солнечной системы, помогают понять зарождение жизни и обеспечивают оценку угроз для Земли. Их изучение — приоритет дальнейшего космического исследования и сотрудничества.