

Научно-исследовательская работа

Астрономия

**ДОБЫЧА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА АСТЕРОИДАХ**

*Выполнил*

*Аникин Александр Сергеевич,*

учащийся 3 класса, МАУ ДО «ДПШ»,

г. Челябинск

*Папулова Наталика Владимировна,*

научный руководитель,

педагог дополнительного образования

МАУ ДО «ДПШ»,

г. Челябинск

Оглавление	Стр.
Введение	3
1. Необходимость пополнения запасов полезных ископаемых	4
2. Ресурсы астероидов	5
3. Преимущества и недостатки добычи ископаемых на астероидах	6
4. Виды добычи руды.	7
5. Способы добычи руды	8
6. Практическая часть. Устройство предлагаемого аппарата.	9
7. Заключение	10
Список литературы	11
Приложение А	12
Приложение Б	14

## **Введение**

Астероиды давно интересовали нас как объекты изучения. Их огромное множество даже в пределах досягаемости современных летательных аппаратов. А значит, исследования таких объектов могут быть полезны нам. Одно из самых нужных для людей направлений – добыча полезных ископаемых на астероидах. **Актуальность** темы определяется тем, что запасы ресурсов на Земле подходят к концу.

**Цель исследования** – создание аппарата по добыче полезных ископаемых на астероидах.

Перед тем, как изучить тему, были поставлены следующие задачи:

- узнать, какие ископаемые закончатся в ближайшее время;
- выяснить, возможно ли предотвратить нехватку ресурсов на Земле с помощью космической промышленности;
- найти информацию о уже имеющихся исследованиях по этой теме.

**Основные методы исследования** – изучение материалов по теме в электронной энциклопедии Википедия и данных в журнале «Наука и жизнь», анализ, обобщение, сравнение.

**Объект исследования:** астероиды, которые максимально сближаются с Землей.

**Предмет исследования:** возможность добычи полезных ископаемых на астероидах.

Существует более 1500 астероидов, до которых также легко добраться, как и до Луны, и примерно половина из них могут содержать в себе полезные ископаемые; достигаемыми для человека являются те из астероидов, орбиты которых находятся в пространстве между Марсом и Луной.

**Гипотеза:** Возможна добыча полезных ископаемых на астероидах, если к нему можно отправить космический корабль (с минимальными затратами).

## **1. Необходимость пополнения запасов полезных ископаемых**

Полезные ископаемые жизненно необходимы для современной цивилизации. Мы используем все больше ресурсов, и вскоре, как предполагают многие ученые, человечеству будет недостаточно ресурсов на планете. Metallургия, автомобилестроение, производство электроники, научная сфера, аэрокосмическая промышленность и многое другое зависит от полезных ископаемых.

Ресурсы на Земле конечны, учёные прогнозируют дефицит уже в ближайшие 20 лет. Всемирный фонд дикой природы WWF в своём отчёте от 2008 года указал, что при современном темпе потребления ресурсов уже к 2035-му году человечеству потребуется еще одна Земля. Одна из причин грядущего дефицита – технический прогресс. Постоянное обновление современной техники и компьютеров расходует большое количество запасов ценных металлов. Спрос на эти товары также постоянно растёт, как растёт и население планеты.

Дефицит полезных ископаемых можно предотвратить, если начать добычу на соседних планетах и астероидах.

Всё золото, кобальт, железо, марганец, молибден, никель, осмий, палладий, платина, рений, родий и рутений, которые сейчас добываются из верхних слоёв Земли, являются остатками астероидов, упавших на Землю во время ранней метеоритной бомбардировки, когда после остывания коры на планету обрушилось огромное количество астероидного материала. Из-за большой массы в Земле произошли изменения, в результате которых ценные металлы сместились ближе к ядру, а кора оказалась обеднённой ценными веществами. А на большинстве астероидов из-за незначительной массы этого не происходило, и все химические элементы распределялись в них более равномерно.

## 2. Ресурсы астероидов [6]

Астероиды – это начальный материал, оставшийся после образования Солнечной Системы. Они распространены везде: некоторые пролетают совсем близко к Солнцу, другие обнаружены неподалеку от орбиты Нептуна. Огромное количество астероидов собрано между Юпитером и Марсом – они формируют так называемый Пояс астероидов (**Рисунок А.1**). На сегодняшний день было обнаружено около 9000 объектов, проходящих рядом с орбитой Земли. Многие из таких астероидов содержат огромные запасы ресурсов: начиная от воды, заканчивая платиной.

Максимальный интерес пока что вызывают два типа астероидов — водные и металлические (или же каменно-металлические). Что касается первых, то они содержат большое количество воды. Доставлять воду на Землю пока нет смысла, но если у человека появятся колонии на Луне, Марсе или других планетах и планетоидах, тогда такие астероиды можно отправлять к колониям. Одного водного астероида хватит на многие годы снабжения космической колонии. Есть и еще одна возможность для использования водных запасов. Например, экономия доставки нескольких тонн воды на низкую околоземную орбиту (НОО) за счёт добычи её на астероиде может привести к существенной прибыли в области космического туризма. Кстати, это наиболее распространенный вид астероидов — их в Солнечной системе около 75%.

В металлических или каменно-металлических астероидах много таких металлов, как железо, никель и кобальт. Конечно, есть и другие элементы, которые могут пригодиться человеку: золото, платина, родий, редкоземельные металлы. Они могут быть полезными не только для колонистов, но и для промышленности Земли (**Рисунок А.2**).

Материалы, которые можно добывать в космосе, делятся на две группы [3]:

- вещества, редкие и ценные на Земле;

- вещества в избытке на Земле, но для нужд космических поселений дешевле добывать их в космосе, чем доставлять на орбиту. Правда, в Солнечной системе больше распространены не металлические астероиды, а каменные с примесью углеродистых веществ. Но они также содержат металлы, а вдобавок в их состав входят вода, метан, аммиак и двуокись углерода.

### **3. Преимущества и недостатки добычи ископаемых на астероидах [4]**

Нужно учитывать затраты энергии, расстояние до объекта, возможность изменения орбиты астероида и ряд других факторов.

Одни из наиболее перспективных астероидов – Нерей, Рюгу (**Рисунок А.3**), Дидим, Антерос и еще несколько околоземных объектов.

Один из способов снизить затраты на доставку – перенаправить отдельно взятый астероид к Луне. Или расколоть большой астероид и перенаправить к Луне его часть. И уже на орбите Луны заниматься его изучением. Астронавты НАСА даже отрабатывают способы добычи образцов грунта в специальных астероидных скафандрах.

Одна из проблем добычи ископаемых в том, что неизвестно, как поведут себя сыпучие минералы в условиях ничтожно малой гравитации или в невесомости. Чаще всего минералы бывают там в форме смеси твёрдой руды со льдом. Учёные предполагают, что бурение в невесомости может спровоцировать лавины или другими природными катастрофами.

Первое и самое важное при выборе астероида – это экономическая выгода. Астероид должен принести прибыль и окупить затраты. Поэтому очень важно расстояние, а также траектория и время полёта (**Рисунок А.4**).

Второе – это сложность определения цели. Неизвестно количество и качество руды, а значит и затраты сложно поддаются расчётам. Вдобавок

сейчас у ученых нет надежных инструментов для определения химического состава астероидов и их структуры.

Конечно, есть и недостатки [4]:

- Низкая гравитация на астероидах — людям, которые будут работать в качестве «космических шахтеров» придется непросто;
- Большая часть перспективных астероидов находятся далеко от Земли, и поступление солнечной энергии на большинстве в несколько раз меньше, нежели на Земле, так что и солнечных элементов нужно больше;
- Большое количество астероидов могут оказаться бесполезными для человека;
- Астероид может столкнуться с себе подобным небесным телом.

Но есть и огромные преимущества:

- Близость к Земле — некоторые астероиды находятся к нам достаточно близко, так что отправка пилотируемой или автоматической миссии к этим объектам вполне возможна;
- Перспективных астероидов тысячи, а со временем учёные изучат и откроют еще больше;
- В астероидах может быть большое количество полезных ископаемых, включая железо и редкие на Земле элементы;
- Астероиды могут быть полезным ресурсом как для колонистов будущих колоний на Луне или Марсе, так и для землян.

#### **4. Виды добычи руды.**

Существует три возможных варианта добычи сырья [1]:

1. Добыча руды и доставка её на место последующей переработки,
2. Переработка добытой руды прямо на месте добычи, с последующей доставкой полученного материала,

3. Перемещение астероида на безопасную орбиту между Луной и Землёй. Это теоретически может позволить сэкономить добытые на астероиде материалы.

Переработка сырья прямо на месте сделает доставку существенно дешевле, но для этого необходимо дополнительное оборудование прямо на астероиде. Это оборудование должно работать в условиях открытого космоса. Для того чтобы не сорвалось и не улетело оборудование, его нужно тщательно закрепить. Поверхность астероида должна быть достаточно твёрдой, тогда можно использовать специальный гарпун, который углубляется в поверхности и служит якорем. А после этого к поверхности притягивается корабль или оборудование.

### **5. Способы добычи руды.**

Существует несколько возможных способов добычи руды [1]:

1. Руды могут добываться методом, аналогичным тому, который сейчас используется в карьерах. Так как многие астероиды покрыты обломками породы, которые образовались в результате многочисленных падений метеоритов, этот способ вполне применим.
2. На металлических астероидах поверхность может быть покрыта зёрнами металла, которые можно было бы собирать при помощи магнита.
3. На ядрах выродившихся комет с помощью теплового воздействия можно добывать воду и различные летучие соединения газов, таких как водород, и использовать их как топливо.
4. Если добывать сырьё открытым способом будет невозможно и потребуются шахты, то необходимо будет строить транспортные системы для доставки руды из шахт на поверхность и в центр обработки.
5. Чтобы обеспечить развитие производства и исключить необходимость вмешательства человека при различных аварийных ситуациях, можно создать на астероиде самовоспроизводящиеся машины.



Например, представьте себе машину, которая в состоянии из добытого с поверхности астероида материала собрать свою точную копию за один месяц. Тогда через месяц после прибытия на астероиде будет работать уже не одна, а две машины. После десяти месяцев их будет до 1024, после двадцати более миллиона, через 30 — более миллиарда, а через 40 — более триллиона и так далее. Таким образом, за 5 лет такие устройства смогут переработать более половины всей массы астероида Психея, наиболее массивного из металлических астероидов и одного из десяти крупнейших астероидов Главного пояса. Такие машины могут использовать для строительства кремний и добытые металлы и обеспечиваться энергией от солнечных батарей.

#### **6. Устройство предлагаемого аппарата.**

Предлагаемая схема аппарата, который может добывать полезные ископаемые из астероидов (**Рисунок Б.1**). Прежде всего, нужно очень внимательно изучить рельеф поверхности. Затем выбрать место посадки. Именно там будут собраны пробы пород. Затем с борта зонда в сторону астероида будет выстрелен медный стержень, оснащенный зарядом взрывчатки. Когда зонд отойдет от него на безопасное расстояние, заряд будет подорван, и стержень устремится на большой скорости к поверхности астероида. Это ударное устройство создаст на поверхности небольшой кратер. Чтобы высадиться на поверхности кратера аппарат должен сбросить специальный светоотражающий маячок, который поможет ему осуществить посадку в кратер в ходе последующего сближения. Затем аппарат высадится на кратере, чтобы получить образцы пород, лежащих под поверхностью астероида. Далее грунт перемалывается и обрабатывается, после обработки полезных ископаемых в грузовые отсеки засыпаются полезные ископаемые, а шлак высыпается обратно. Грузовые отсеки будут расположены рядом с двигателями, где и будут

храниться полезные ископаемые. Двигатели аппарата будут работать на водороде (горючее) и жидком кислороде (окислитель), жидкий кислород будет расположен в центральной части двигателя, куда запускается водород, вступая в реакцию с жидким кислородом уже в камере внутреннего сгорания. Аппарат при посадке на Землю будет использовать парашюты, с расчетом приземления на материке.

## **7. Заключение.**

Подробно изучив тему, мы поняли, что разработка ближайших астероидов возможна, и более того, уже существуют программы по осуществлению этих перспектив. Таким образом, гипотеза подтвердилась.

Существуют миссии, такие как Хаябуса-2, OSIRIS-Rex, которые уже сейчас работают над доставкой и исследованием образцов грунта[1]. Станция Хаябуса-2 запущена в 2014 году, и планируется возвращение к 2020 году с образцами грунта. Запуск станции OSIRIS-Rex состоялся 8 сентября 2016 года. Достижение астероида и забор грунта состоится в 2019 году, а возвращение на Землю — в 2023 году[2].

Разработка полезных ископаемых на астероидах – очень молодое и перспективное направление. Конечно, прежде чем это станет выгодным и успешным мероприятием, учёным предстоит решить несколько фундаментальных проблем. Но наука уже сейчас смотрит на астероиды не только как на потенциально опасные объекты на околоземной орбите, но и как на возможное решение проблемы дефицита на Земле. Мы планируем изучить эту тему в дальнейшем и сделать свой вклад в развивающуюся науку.

## Список литературы

### Электронные ресурсы

1. Промышленное освоение астероидов [электронный ресурс]: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Промышленное\\_освоение\\_астероидов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Промышленное_освоение_астероидов)
2. OSIRIS-REx [электронный ресурс]: <https://ru.wikipedia.org/wiki/OSIRIS-REx>
3. Добыча полезных ископаемых на астероидах: кто и почему собирается этим заниматься [электронный ресурс]: <https://habr.com/ru/post/400349/>
4. Золотые астероиды [электронный ресурс]: <https://www.nkj.ru/archive/articles/5785/>
5. Ученые рассказали, что мешает добыче ископаемых на астероидах [электронный ресурс]: <https://ria.ru/20170920/1505147158.html>
6. Полезные ископаемые в космосе [Электронный ресурс]: .-Режим доступа: // <https://zolotodb.ru/news/10880>
7. Космос-Журнал – интернет-журнал о космосе и астрономии. Научные открытия, исследования, новости российской и мировой космонавтики. [Электронный ресурс]: // <http://www.cosmos-journal.ru/news/1345/>
8. Распространенность химических элементов на земле и в космосе [Электронный ресурс] .-Режим доступа: <http://murzim.ru/nauka/himiya/20893-rasprostranennost-himicheskikh-elementov-na-zemle-i-v-kosmose.html>
9. Брюханов Н.А., Легостаев В.П., Лопота В.А. Сизенцева Г.А., Синявский В.В.: Использование ресурсов Луны для исследования и освоения Солнечной системы в XXI веке [Текст] // Космическая техника и технологии. -2014.-№ 1 (4). - с. 7
10. На шаг ближе к реальности [Текст] // Вселенная, пространство, время. -2014. -№1 (114). – с. 20

## Приложение А

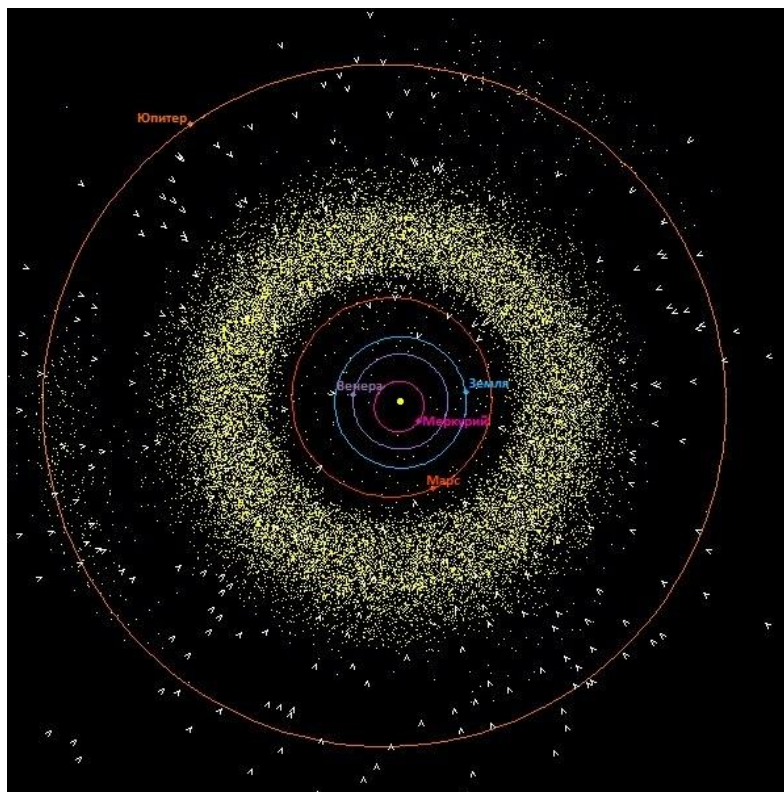


Рисунок А.1. Астероидный пояс

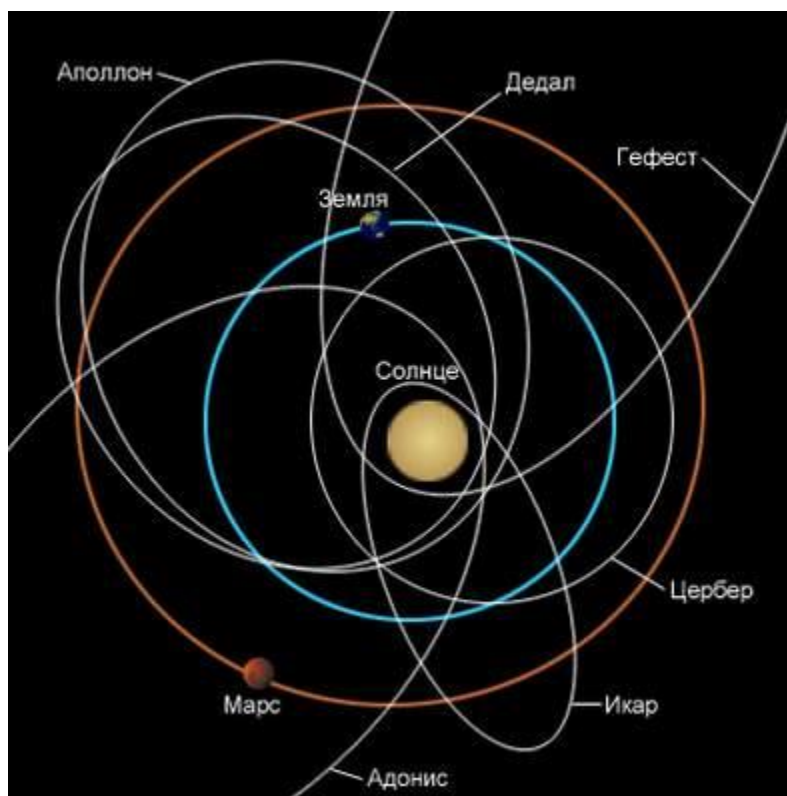


Рисунок А.2. Окологемные астероиды.

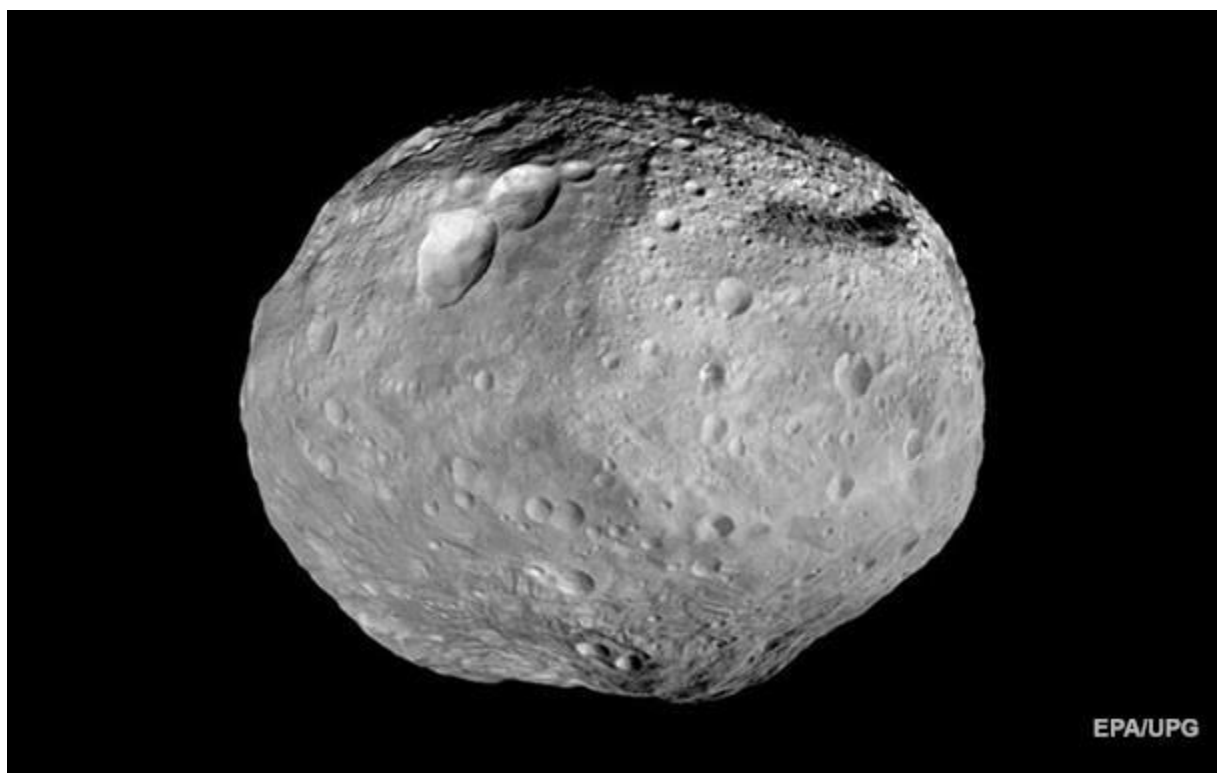


Рисунок А.3. Астероид Рюгу.

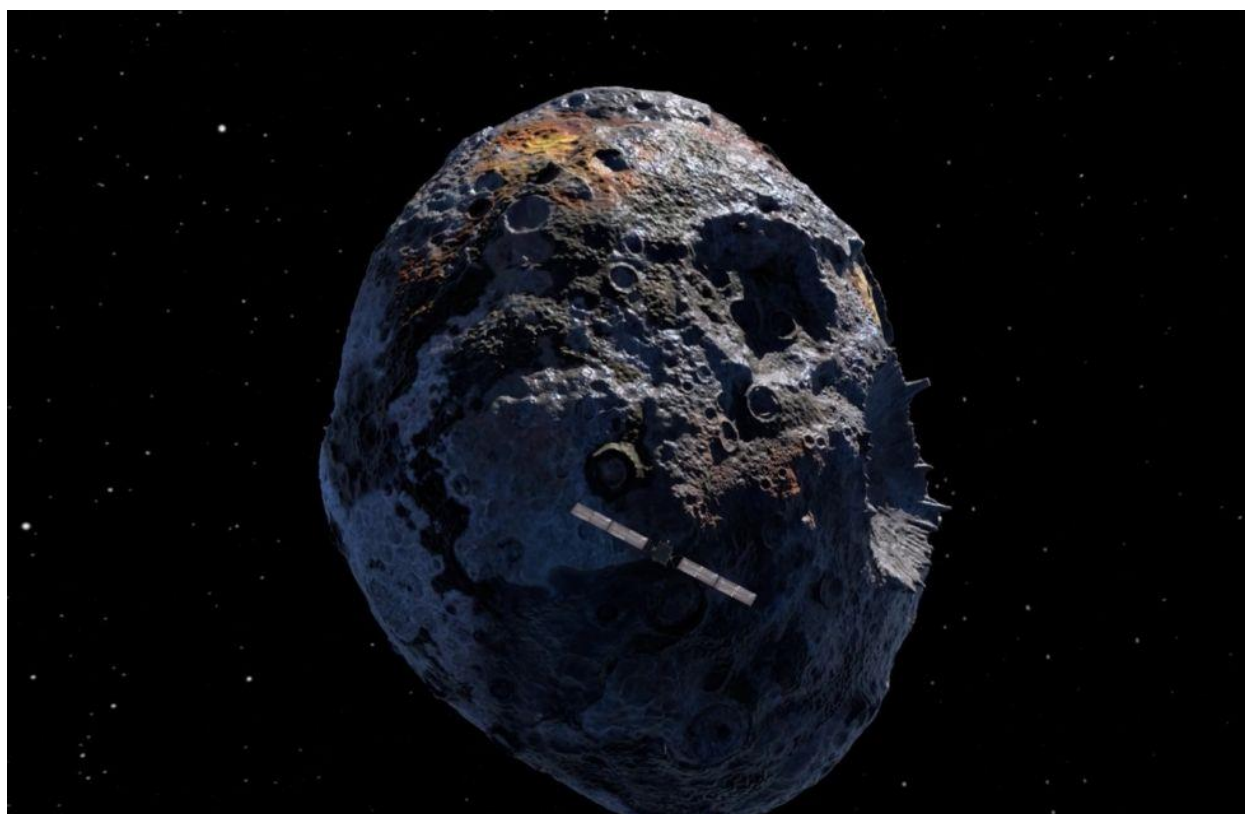


Рисунок А.4. Астероид и космический аппарат

## Приложение Б

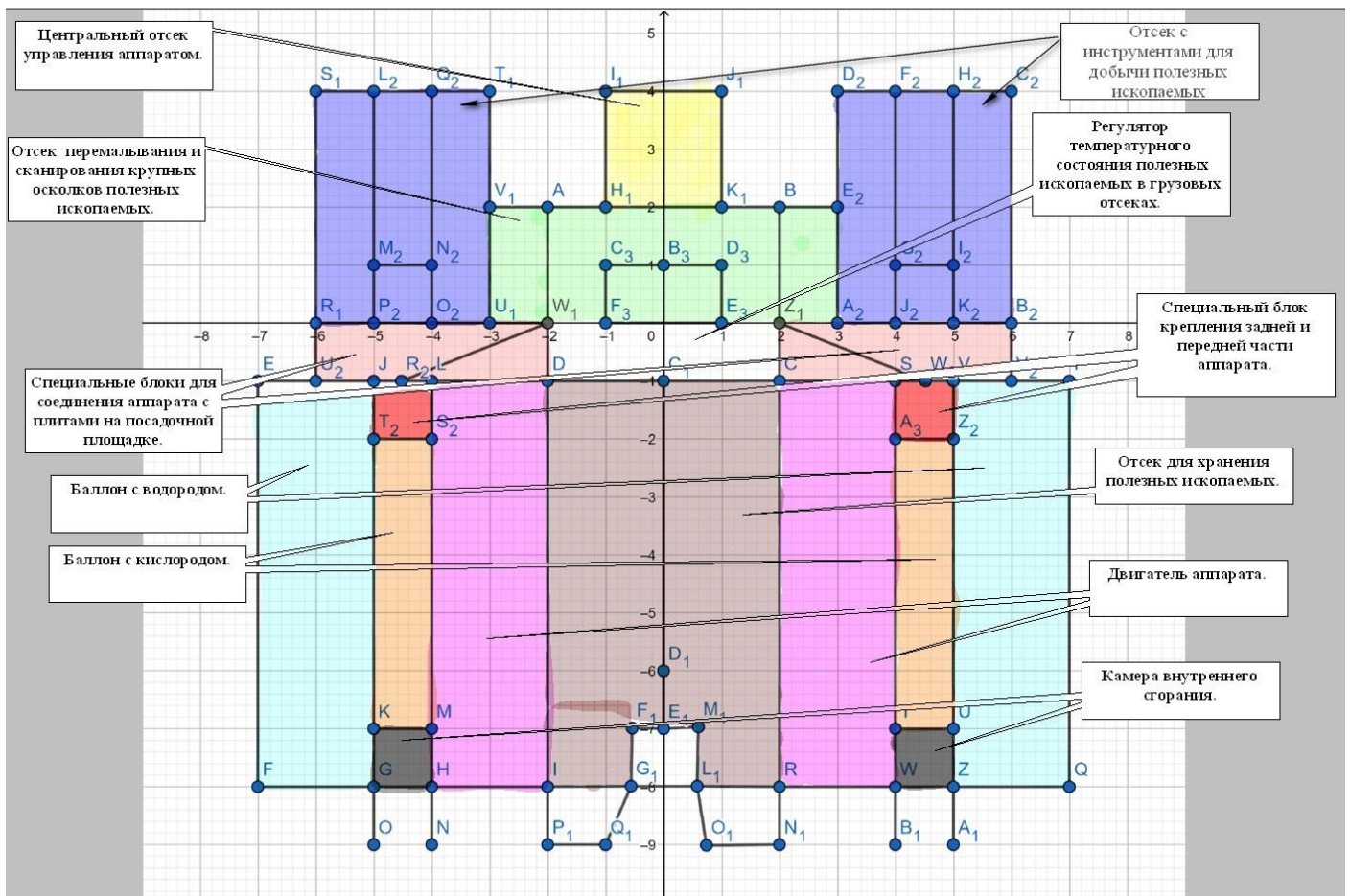


Рисунок Б.1. Схема аппарата по добыче полезных ископаемых.