

УДК: 550.8(075.8)

Арзиев Муса, к.т.н., профессор,  
SPIN-код: 3296-4509, AuthorID: 1020143

Абдыкалыкова Назгуль Сулаймановна,  
доцент, SPIN-код: 1569-1776, AuthorID:  
1200824

Абдыкалыкова Таттыгул Сулаймановна, ст.  
преподаватель,  
Ошский технологический  
университет E-mail: arziev-  
musa@mail.ru

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА БЕСПОСАДОЧНОГО СПОСОБА ОТБОРА ПРОБЫ ГОРНОЙ ПОРОДЫ**

*В статье рассмотрен беспосадочный способ отбора пробы горной породы с космических объектов и труднодоступных районов земной коры. Составлена технологическая схема беспосадочного способа отбора пробы. Определены технологические процессы отбора и исполнительные органы, основные части грунтозаборного устройства.*

*Ключевые слова: горная порода, космический объект, автоматическая межпланетная станция, пробы горной породы, грунтонос, отбор пробы горной породы, грунтозаборное устройство, грунтозаборный зонд, буровой автомат.*

Арзиев Муса, к.т.н., профессор,  
Абдыкалыкова Назгуль Сулаймановна, доцент,  
Абдыкалыкова Таттыгул Сулаймановна, ага  
окутуучу, Ошский технологиялык университети

## АРАЛЫКТАН ТУРУП ТОО ТЕГИНИН СЫНОО ҮЛГҮСҮН АЛУУ ЫКМАСЫНЫН ТЕХНОЛОГИЯЛЫК СХЕМАСЫ

*Макалада космостогу объектердин жана жердеги жетүү татаал же мүмкүн болбогон бетинен тоо тегинин сыноо үлгүсүн, аралыктан туруп алуунун ыкмасы каралган. Аралыктан туруп тоо тегинин сыноо үлгүсүн алуунун технологиялык схемасы түзүлдү. Үлгүнү алуунун технологиялык процесстери жана процесстерди аткаруучулар, тоо тегинин сыноо негизги алуучу жабдуунун бөлүктөрү аныкталды.*

*Ачкыч сөздөр: сыноо, тоо тегин, космос объекти, автоматтык планета аралык станция, топурактын үлгүсү, турпак алып жүрүүчү, турпактын үлгүсүн алуучу жабдуу, сыноо турпак алуучу зонд, бургулоочу автомат.*

Arziev Musa, candidate of technical sciences, professor,  
Abdykalykova Nazgul Sulaymanovna, docent,  
Abdykalykova Tattygyl Sulaymanovna, senior lecturer,  
Osh Technological University

## TECHNOLOGICAL FRAMEWORK AND NON-LANDING METHOD OF ROCK SAMPLE COLLECTION

*Sampling of rock formations from space objects and inaccessible areas of the terrestrial crust. Technology and method of non-landing retrieval of rock samples from space objects. Determination of the technological framework and key technological processes for collecting rock samples from space objects without landing of descent vehicles on their surface. The structure of the soil sampling probe and the mechanism for transferring soil samples aboard an automatic interplanetary station.*

*Key words: space object, automated interplanetary station, rock samples, soil carrier, rock sample collection, soil sampling device, soil sampling probe, drilling robot.*

**Введение.** В настоящее время все больше внимания и, соответственно денежных ресурсов, выделяется на исследование космических объектов. Существует много проектов по исследованию космических объектов. В эти проектах хотят участвовать многие страны мира, в том числе малые страны как Кыргызстан.

Кыргызские ученые имеют определенный опыт работы по забору пробы грунта с поверхности космических объектов. Они участвовали в создании буровых грунтозаборных автоматов для отбора грунта с поверхности Луны, Венеры и других планет.

Статья является продолжением работы кыргызских ученых, которая многие годы оставалась приостановленной. Эта работа будет осуществляться в направлении разработки конструкции рабочих органов, исполнительных механизмов грунтозаборного устройства для беспосадочного отбора пробы горной породы.

**Цель исследования.** Изучение структуры и грунтового состава поверхности (покровов) является приоритетным в исследованиях космических объектов. В этой связи, создание технологии и техники для отбора пробы грунта с поверхности, на которую невозможно осуществить посадку грунтозаборных буровых автоматов (устройств) является востребованным в современных условиях.

**Объекты и методы исследования.** Поиск и сбор информации по отбору проб горной породы с космических объектов и земной коры. Анализ каждой информации, систематизация и обобщения собранной информации. Проведение анализа

исследования собранной информации, эмпирического и теоретического, синтеза, индукции и дедукции обобщения. На основе этих исследований разработаны логические выводы.

**Результаты исследования и выводы.** Определены технологические процессы отбора, исполнительные органы и основные части грунтозаборного устройства для отбора пробы грунта с поверхности, на которую невозможно посадить грунтозаборные автоматы.

Наиболее распространенным способом отбора проб горных пород в земных условиях является колонковое бурение [5,6,7,8], когда пробы горной породы формируются в керноприемной полости в виде керна. Этот же способ был при отборе пробы горной породы с поверхности Луны и Венеры при проведении научного космического экспериментов "Луна-16", "Луна-20" "Луна-24» и "Венера-13", "Венера-14" [1,2,3,4].

Отбор проб горной породы с лунной поверхности американскими экспедициями "Аполлон-11" "Аполлон-12, -14 и -15" выполнялся при непосредственном участии астронавтов [2,3,4]. В основе этих экспериментов также лежал способ внедрения колонкового инструмента в лунный грунт. В экспериментах "Аполлон-11,-12, 14" внедрение грунтозаборного инструмента астронавт производил вручную ударным способом, а в экспедиции "Аполлон-15" с помощью ручной буровой машины.

Принципиально иной способ отбора проб горной породы был использован в автоматической марсианской станции "Викинг-1". В "Викинг-1" был применен зачерпывающий грунтозаборный инструмент в виде ковша экскаватора.

Известно большое количество нереализованных предложений по отбору проб горных пород с поверхности космических объектов путем транспортировки проб сыпучего грунта с помощью абразивных лент или круга, а также засасыванием частиц грунта с использованием вакуумных насосов или вакуумных емкостей [1,3,4], которые устанавливаются на спускаемых аппаратах.

Характерной и общей особенностью всех вышеизложенных способов отбора проб горной породы с космических объектов является посадка спускаемых аппаратов на их поверхность.

Другой схемой забора проб горных пород с внеземного объекта, принципиально отличной от первой, является забор грунта без применения посадочных научных станций, когда грунтозаборное устройство отделяется от научной станции, находящейся на пролетной траектории.

Технологическая схема беспосадочного забора проб горной породы должна включать по своей сущности три этапа: отделение от научной станции и разгон грунтозаборного устройства к исследуемой поверхности; внедрение в горную породу и забор ее пробы; перегрузка пробы из внедренного грунтозаборного устройства на научную станцию.

Одним из таких способов является использование грунтозаборных зондов. Сущность этого способа заключается в следующем. С пролетной траектории с автоматической межпланетной станции сбрасывается зонд, которому сообщается заданная начальная кинетическая энергия. При встрече с поверхностью зонд внедряется в грунт на величину, пропорциональную начальной предупредительной кинетической энергии и обратно пропорциональную прочностным свойствам горной породы. Зонд имеет сквозное центральное отверстие с керноприемной полостью, в которую поступает проба горной породы в процессе внедрения зонда в горную породу. После остановки зонда из него извлекается керноприемная полость- грунтонос и перегружается на борт автоматической межпланетной станции.

Исходя из технологической схемы беспосадочного забора грунта, зонд должен состоять из: разгонного устройства, сообщаящего ему необходимую кинетическую

энергию для внедрения в горную породу; грунтоноса для забора и укупорки пробы; механизма перегрузки грунтоноса из остающегося в горной породе корпуса зонда в приемное устройство научной станции с помощью тягового органа канатного типа.

Эта схема пока не прошла апробацию в космических условиях, но, является одной из перспективных, особенно для исследования взеземных объектов с малой силой тяжести, а также труднодоступных районов со сложным строением поверхности, в том числе в земных условиях (например, труднодоступные горные условия, кратеры вулканов и др.). В этой связи решение проблемы беспосадочного забора проб горных пород взеземных объектов является весьма актуальным и перспективным.

Технологическая схема отбора пробы с поверхности космических объектов грунтозаборными буровыми автоматами состоит из следующих основных, последовательно осуществляемых операций: мягкая посадка спускаемого аппарата с грунтозаборным буровым автоматом в заданном районе; бурение горной породы и отбор пробы; перегрузка грунтоноса или кернаприемной полости из грунтозаборного инструмента с образцом горной породы в возвращаемый аппарат посадочного модуля.

Отбор проб горных пород с помощью грунтозаборных зондов без посадки спускаемого аппарата автоматической межпланетной станции на поверхность космического объекта должен состоять как минимум из следующих основных операций: ориентация автоматической межпланетной станции и выбор места поверхности космического объекта для зондирования; пуск и разгон грунтозаборного зонда; проникание грунтозаборного зонда в горную породу и забор пробы; перегрузка грунтоноса на автоматическую межпланетную станцию.

Сравнение технологических схем отбора пробы грунтозаборными буровыми автоматами станций Луна-16, Луна-24" и грунтозаборными зондами показывает, что основные операции в том и другом случае остаются одни и те же, но выполняются различным образом (рисунок 1).

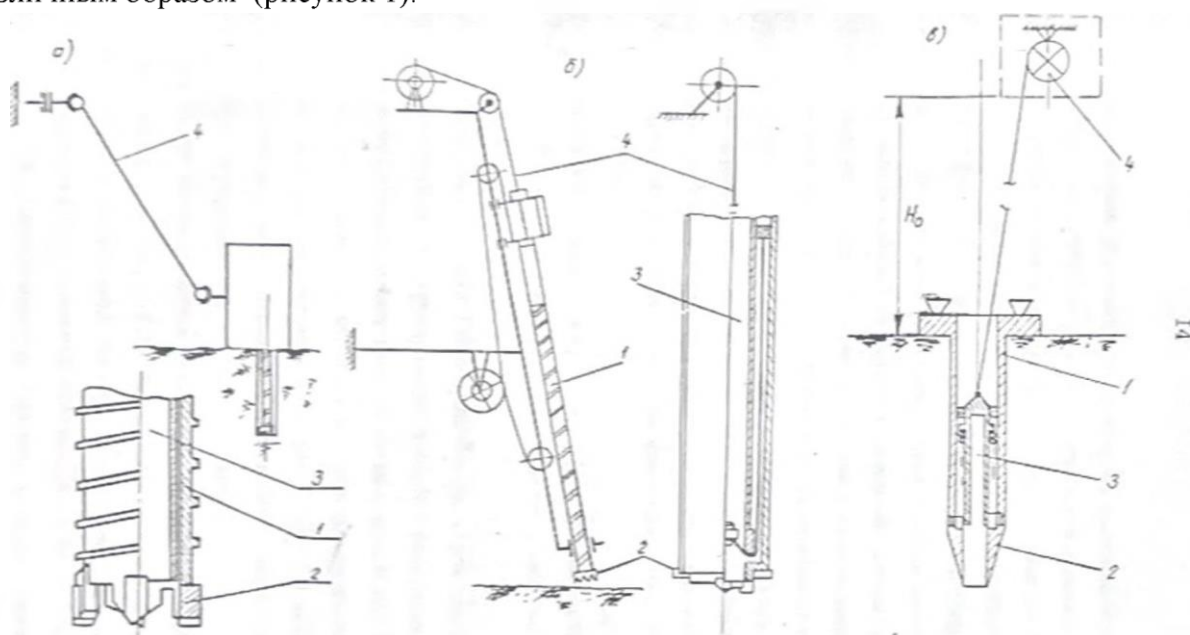


Рис 1. Способы отбора проб горных пород

Общими узлами для всех грунтозаборных инструментов (ГЗИ) несмотря на конструктивные отличия и различные способы внедрения в горную породу являются корпус 1 с породоразрушающим наконечником 2, кернаприемное устройство 3 и механизм перегрузки 4.

Ориентация автоматической межпланетной станции в выборе места для зондирования и посадка автоматической межпланетной станции на поверхность

космического объекта отличается тем, что в первом случае подготавливается к забору грунта автоматическая станция не на поверхности космического объекта, а на расстоянии  $H_0$  от него с некоторым отклонением от центральной оси от местной вертикали. В процессе выполнения следующих операций не находится в неподвижном состоянии, как посадочные модули, а движется в пространстве по некоторой траектории (рис. 2). Движение и удаленность автоматической межпланетной станции от поверхности космического объекта в процессе отбора пробы приводит к некоторому видоизменению основных и подготовительных операций технологической схемы отбора пробы грунтозаборными буровыми автоматами.

Бурению горной породы грунтозаборными буровыми автоматами всегда предшествует подготовительный процесс или операция подвода грунтозаборного инструмента к поверхности горной породы.

Таковыми подготовительными операциями при отборе пробы грунтозаборными зондами являются пуск и разгон последнего к поверхности космического объекта для проникания в горную породу.

Подвод грунтозаборного инструмента к поверхности горной породы является необходимым для контактирования породоразрушающего инструмента с горной породой. При зондировании горной породы проникающими зондами подвод инструмента, т.е. пуск и разгон последнего, является необходимым не только для контактирования породоразрушающего инструмента зонда с горной породой, но и для аккумуляции необходимой энергии для проникания зонда в горную породу.

Как при проникании грунтозаборного зонда в горную породу, так и при бурении грунтозаборными автоматами происходят следующие процессы: углубление забоя; формирование ствола скважины; образование керна; поступление образцов горной породы в керноприемник.

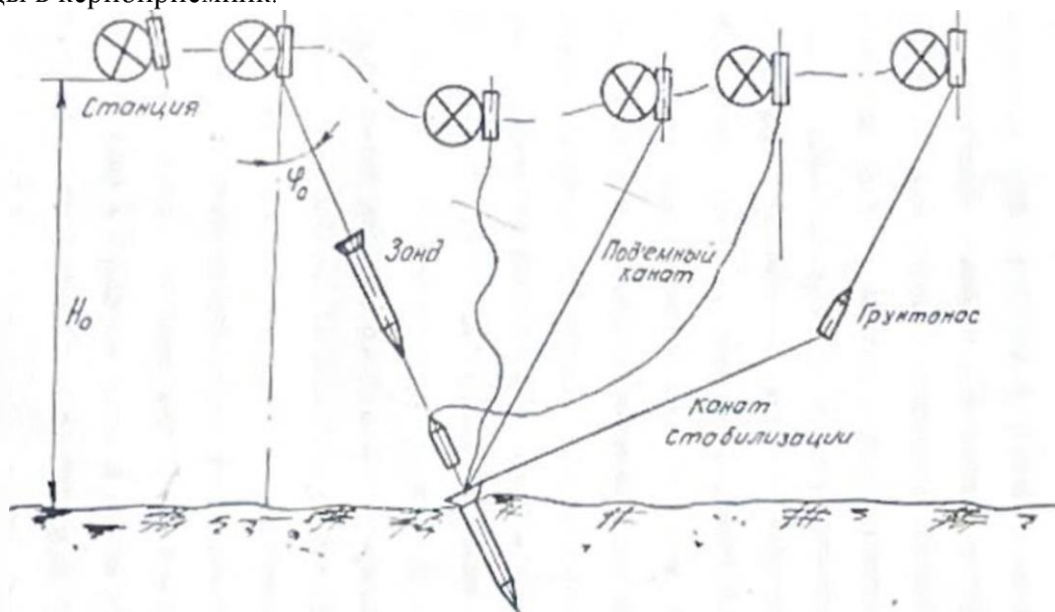


Рис. 2. Траектория движения автоматической межпланетной станции в пространстве

Режимы вращательного и вращательно-ударного бурения горной породы грунтозаборными буровыми автоматами изменяются в процессе бурения специальным блоком управления, связанным с приводами вращателя, подачи и ударного механизма. Этим же блоком осуществляется остановка бурового автомата, после проникания грунтозаборного инструмента на необходимую глубину.

Такое управление режимом внедрения и остановки грунтозаборного зонда невозможно, так как, проникание зонда в горную породу происходит за счет энергии,

приобретенной в процессе его полета к поверхности космического тела. Остановка грунтозаборного зонда после проникания его на необходимую глубину горной породы является одним из сложных операций технологического процесса отбора пробы грунтозаборными зондами и может осуществляться специальным устройством или механизмом.

При отборе пробы грунтозаборными буровыми автоматами, перегрузке грунтоноса или керноприемной полости из грунтозаборного инструмента на возвращаемый аппарат предшествует подготовительная операция - обрубка керна, т.е. закрытие входного отверстия керноприемной полости, извлечение грунтоноса вместе с грунтозаборным инструментом или без него из скважины и отделение керноприемной полости от грунтозаборного инструмента.

Такими подготовительными операциями при отборе пробы грунтозаборными зондами являются отделение грунтоноса от корпуса зонда; извлечение грунтоноса из внутренней полости зонда; подхват грунтоноса подъемным канатом механизма перегрузки. В отличие от буровых автоматов указанные операции происходят при подвижной автоматической межпланетной станции. Другими словами, при отделении и извлечении грунтоноса из корпуса зонда и подхвате его подъемным канатом автоматическая межпланетная станция не находится в неподвижном состоянии, как посадочные модули, а перемещается в пространстве с определенными параметрами. Это накладывает определенные условия на выполнение указанных операций и синтез их исполнительных механизмов.

Перегрузка или транспортировка грунтоноса на значительное расстояние из грунтозаборного зонда, внедренного в горную породу, к автоматической межпланетной станции, перемещающейся в пространстве космического тела, является более сложной задачей, чем перегрузка грунта в буровых автоматах на посадочные модули.

Технологическая схема отбора пробы горной породы с помощью зондов представлена на рис 2.

В исходном состоянии грунтозаборный зонд находится на борту автоматической межпланетной станции. После ориентации автоматической межпланетной станции над местом забора производится расфиксация зонда и включение разгонного устройства, которое сообщает зонду необходимую для проникания в горную породу кинетическую энергию.

Величина ее зависит от прочностных свойств горной породы и наконечника зонда, глубины проникания и параметров зонда. Контрольными параметрами для ориентации является высота  $H_0$  и угол отстрела зонда  $\varphi_0$ , а также скорость и ускорение автоматической межпланетной станции в момент отстрела зонда. Минимально допустимая высота и угол отстрела определяют запас длины подъемного каната, соединяющего зонд с механизмом подъема, находящимся на борту автоматической межпланетной станции. Транспортировка грунтоноса осуществляется механизмом перегрузки.

В связи с тем, что максимально допустимый импульс силы, воздействующий на автоматическую межпланетную станцию в процессе извлечения грунтоноса из зонда, по условиям устойчивости автоматической межпланетной станции на траектории движения, является величиной строго ограниченной, а угол, образованный осью зонда и подъемным канатом в натянутом положении может превышать, как показали наши исследования [4], угол заклинивания, в конструкции зонда предусмотрен механизм извлечения грунтоноса.

В процессе движения грунтоноса под действием механизма извлечения подъемный канат, связанный с грунтоносом, выбирается механизмом перегрузки и движением автоматической межпланетной станции относительно зонда. Поэтому параметры механизма извлечения грунтоноса должны быть согласованы с параметрами

механизма перегрузки и движения автоматической межпланетной станции. В обратном случае не исключается заклинивание грунтоноса в корпусе зонда усилием подъемного каната.

Отклонение подъемного каната от центральной оси автоматической межпланетной станции в процессе перегрузки грунтоноса строго ограничивается [2,3], т.е. в процессе перегрузки подъемный канат не должен выходить из конуса безопасности с целью исключения захлестывания автоматической межпланетной станции подъемным канатом и других аварийных ситуаций.

В работе доказано, что соединение грунтоноса с дополнительным канатом, связанным с зондом, можно обеспечить выше указанные условия транспортировки независимо от параметров механизма перегрузки и движения автоматической межпланетной станции. Такая схема перегрузки грунтоноса и представлена на технологической схеме отбора пробы (рис.2). Усилие подъемного каната в процессе перегрузки по указанной схеме зависит от усилия натяжения каната стабилизации, массы грунтоноса, заполненной пробой горной породы и параметров механизма подъема и движения автоматической межпланетной станции в процессе перегрузки [3]. В этой связи усилие стабилизации, т.е. усилие натяжения каната стабилизации должно согласоваться с допустимой величиной усилия натяжения подъемного каната с учетом параметров механизма перегрузки и движения автоматической межпланетной станции.

Таким образом, работа исполнительных механизмов грунтозаборного зонда взаимосвязана с работой механизма перегрузки и параметрами движения автоматической межпланетной станции. Поэтому одним из условий синтеза исполнительных механизмов зонда является согласование их параметров с параметрами механизма подъема с учетом движения автоматической межпланетной станции в процессе отбора пробы горной породы.

#### **Результаты исследования и выводы.**

1. Сравнение технологических схем отбора пробы грунтозаборными буровыми автоматами и грунтозаборными зондами показывает, что основные операции отбора пробы горной породы в том и другом случае остаются одни и те же, но выполняются различным образом, т.е. можно выбрать оптимальный вариант.

2. Общими узлами для всех грунтозаборных инструментов, несмотря на конструктивные отличия и различные способы внедрения в горную породу являются корпус с породоразрушающим наконечником, керноприемное устройство и механизм перегрузки.

3. В процессе выполнения подготовительных, заключительных операций и самого процесса отбора пробы горной породы грунтозаборным зондом, приемное устройство грунтоноса вместе автоматической межпланетной станции находится в движении над поверхностью космического объекта.

4. Исполнительные механизмы грунтозаборного зонда взаимосвязаны с параметрами движения автоматической межпланетной станции и механизма перегрузки грунтоноса.

5. Изложенные способы и технологические схемы отбора горных пород являются актуальными для современных условий, т.к. космические исследования, связанные с изучением грунтовой структуры других планет продолжаются и в настоящее время.

#### **Литература:**

1. Арзиев М. Исследование механизма отстрела инерционного грунтозаборного устройства. [Текст] // В сб.: Буровые и грунтозаборные автоматы для космических исследований. Фрунзе. – Илим. 1983.- С. 322-320
2. Арзиев М. Исследование кинематики процесса перегрузки грунтоноса к приемному устройству для космических исследований. [Текст] / С. П. Гулямова,

- А. Б. Ульянов и др. // Фрунзе. Илим. – 1983. сб.: Буровые и грунтозаборные автоматы, С.310-321.
3. Арзиев М. Динамика подъема раскачивающегося груза. [Текст] // Материалы VII межреспубликанской конференции молодых ученых, посвященной 60-летию образования Кирг.ССР и Компартии / Киргизии. - Фрунзе: Илим, 1985, С.31-33.
  4. Васильев А. В. Отбор проб горных пород при инженерно-геологических исследованиях. [Текст] // Москва: Горная книга, 1970, 72 с.
  5. Городниченко В. И. Основы горного дела: учебник. Москва: [Текст] / А. П. Дмитриев // Горная книга, 2020, 488 с.
  6. Плютов Ю. А. История техники в горном деле. Москва: [Текст] // Грифон, 2023, 728 с.
  7. Сергеев С. А. Рекомендации по отбору и подготовке образцов для геохронологических исследований различными методами. [Текст] / К. И. Лохов, Д. С. Сергеев // Санкт-Петербург 2015, С. 5-6.
  8. Четвериков Л. И. Методологические основы опробования пород и руд. [Текст] // Воронеж, 1980; Геология и разведка месторождений полезных ископаемых / Ред. В. В. Авдоница. М., 2011.
  10. Analytical Services and QA/QC. Lynda Bloom [Text] // Analytical Solutions Ltd. April, 2002. <http://www.explorationgeochem.com>
  11. Rocks to Results. A Practical Guide to Laboratory Operations [Text] // SGS Mineral Services, 3rd Ed. August 2008.
-