

SPACE RESOURCES FOR INDUSTRY AND SCIENCE

Boris M. SHUSTOV,

Dr. Sci. (Philosophy), Professor. Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Science Director of the Institute of Astronomy of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, bshustov@inasan.ru

ABSTRACT | Various types of space resources which are important for economic development are discussed, namely raw materials, spatial and energy resources. They can also serve to create new scientific methods for studying the Universe. The "Long-Wave Lunar Radio Telescope" and "Neutronium" projects are considered as examples. Special attention is paid to the analysis of mineral resources of minor bodies of the Solar system. It is concluded that the race for space resources has started. So far, it takes place in the field of research and development of space minerals search and mining methods, but in the coming decades a new era may begin marked by the active practical use of such resources.

Keywords: *space resources, minor bodies of the Solar system, space research*

КОСМИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ И НАУКИ



Борис Михайлович ШУСТОВ,
доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН, научный руководитель Института астрономии РАН, Москва, Россия,
bshustov@inasan.ru

АННОТАЦИЯ | Обсуждаются различные виды космических ресурсов, важных для развития экономики: сырьевых, пространственных и энергетических. Эти ресурсы также могут служить для создания новых методов изучения Вселенной. В качестве примеров рассмотрены проекты «Длинноволновый лунный радиотелескоп» и «Нейтроний». Особое внимание уделено анализу минеральных ресурсов малых тел Солнечной системы. Сделан вывод: гонка за космическими ресурсами стартовала. Пока что она разворачивается в сфере изучения и разработки методов поиска и добычи полезных космических ископаемых, но уже в ближайшие десятилетия может начаться эпоха массового практического использования таких ресурсов.

Ключевые слова: космические ресурсы, малые тела Солнечной системы, космические исследования



О ПРОБЛЕМЕ РЕСУРСОВ НА ЗЕМЛЕ

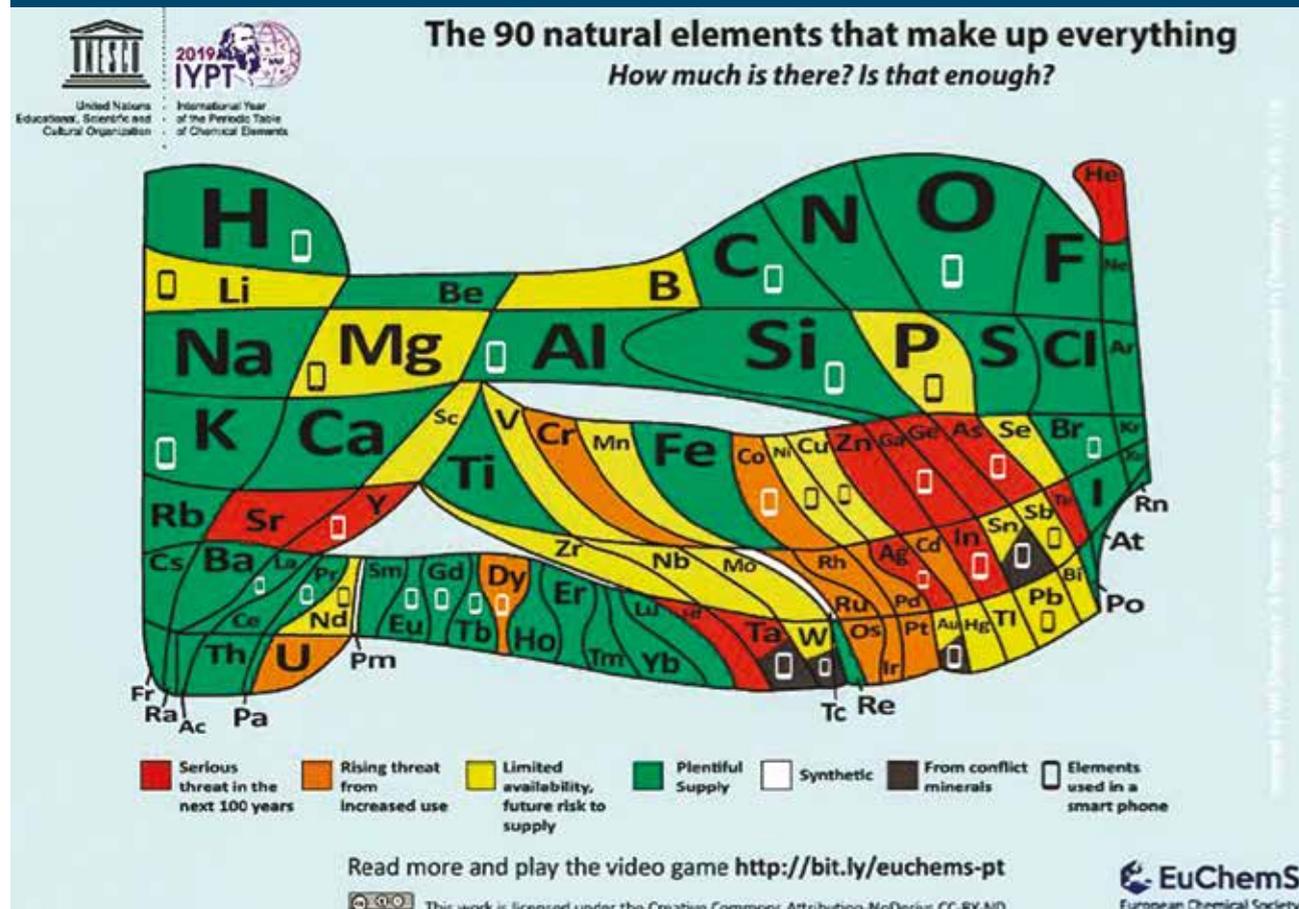
Человечество на протяжении своего существования использует различные ресурсы, важнейшими из которых являются энергия, сырье и продовольствие. Сырье в виде полезных ископаемых предоставлено нам природой. По мере развития человечеству требуется все больше ресурсов, за обладание ими происходит большинство конфликтов, в том числе военных. Современные ресурсы — это прежде всего энергоносители: нефть и газ, кроме того, повышенным спросом пользуются редкоземельные металлы.

Объемы рынка редкоземельных элементов за последние 50 лет увеличились с 5 до 125 тыс. тонн в год. Это объясняется их применением в быстроразвивающихся областях промышленности, связанных с производством гибридных автомобилей, оборонной техники, компьютерной и телевизионной техники, лазеров, сверхпроводников и прочей наукоемкой продукции. Сплавы

с редкоземельными металлами широко используются в военно-промышленной и авиационно-космической отраслях и поэтому считаются стратегическим сырьем. Любое технически сложное изделие или электронный прибор содержит в себе миллиграммы редкоземельных металлов, а также лития, платины, золота и др. Но поскольку электронные приборы производятся в массовом масштабе, то запасы этих металлов быстро истощаются.

Рисунок 1 взят с сайта Европейского химического общества [1] и подготовлен к отмечаемому в 2019 году 150-летию юбилею таблицы химических элементов Менделеева. На нем в оригинальной форме представлены данные о содержании 90 естественных химических элементов, из которых состоит все вокруг (другие элементы получают в лабораториях в микроскопических количествах). Прямоугольниками отмечены элементы, используемые при производстве смартфонов. Цветом показано ресурсное состояние: зеленый означает, что запасов хватит на

РИС. 1. Запасы основных химических элементов по версии Европейского химического общества



долго, желтый — запасы пока есть, светло-коричневый — риск истощения повышен из-за нарастающих темпов использования, коричневый — серьезная угроза истощения в ближайшее столетие. Черным цветом отмечены элементы, добыча которых сопряжена с большим риском, поскольку их запасы находятся в зонах военных конфликтов.

Более конкретные оценки приведены в таблице, составленной М. Д. Сизовой (Институт астрономии РАН) по данным Геологической службы США [2] и показанной на рис. 2.

На этом рисунке приведены оценки (в годах) сроков истощения указанных элементов, полученные делением объема разведанных запасов элементов на современный темп их потребления, и даты потенциального истощения. Эти данные представляют «худший сценарий», так как не учитывают рост запасов при открытии новых месторождений и не включают данные о запасах во временно заброшенных (по условиям экономической конъюнктуры) месторождениях. Тем не менее, вывод «готовы к худшему» представляется очевидным.

ВИДЫ КОСМИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Понятие «ресурс», естественно, шире чем минеральные, энергетические, и продовольственные запасы и возможности. Можно классифицировать ресурсы по видам следующим образом:

1) природные:

- неисчерпаемые ресурсы,
- исчерпаемые ресурсы,
- возобновляемые ресурсы,
- невозобновляемые ресурсы,

2) экономические ресурсы (факторы производства),

3) административные ресурсы,

4) информационные ресурсы,

5) временные ресурсы,

6) другое.

Космические ресурсы, конечно, являются природными. Для удобства введем еще два понятия: ресурсный фактор и ресурсный источник. К ресурсным факторам относятся:

- энергия (электромагнитная, гравитационная и т. д.),
- вещество (сырье, строительный материал, защита и т. д.),
- пространство,
- другое.

РИС. 2. Оценки сроков истощения запасов некоторых полезных ископаемых (худший сценарий)

ПРОГНОЗ ИСТОЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ЗЕМЛИ С УЧЕТОМ ДИНАМИКИ ПОТРЕБЛЕНИЯ



В Солнечной системе к ресурсным источникам относятся:

- Солнце,
- околоземное космическое пространство (ОКП),
- Луна,
- астероиды, кометы, межпланетная пыль.

Напрашивается вопрос: а могут ли быть ресурсы за пределами Солнечной системы? Астрофизики из Института космических исследований РАН и их зарубежные коллеги дают интересный ответ: уже сейчас можно использовать сигналы от рентгеновских пульсаров для создания надежной и точной системы автономного навигационного обеспечения космических аппаратов (КА) в дальнем космосе [3].

Кратко остановимся на некоторых ресурсных факторах и ресурсных источниках.

Астрофизики из Института космических исследований РАН и их зарубежные коллеги уверены: уже сейчас можно использовать сигналы от рентгеновских пульсаров для создания надежной и точной системы автономного навигационного обеспечения КА в дальнем космосе.

О РЕСУРСАХ ОКП

Ресурсы околоземного космического пространства разнообразны. К ним можно, прежде всего, отнести:

- геосинхронные орбиты и особенно геостационарную орбиту (ресурсный фактор — пространство),
- низкие околоземные орбиты (ресурсный фактор — пространство),
- материалы и конструкции (ресурсный фактор — вещество),
- гравитационные маневры у Земли и Луны (ресурсный фактор — гравитационная энергия).

Геостационарная орбита (ГСО) — очень важный естественный космический ресурс. В начале эпохи использования ОКП пространственный слот на размещение космических аппаратов на ГСО составлял целых 5°, в наши же дни, когда в области ГСО находится около тысячи действующих КА, размер слота намного меньше и составляет всего 0,1°. Еще более напряженная обстановка склады-

вается на низких орбитах. В результате ожидаемого в ближайшем будущем резкого роста количества запусков коммуникационных «созвездий» КА (OneWeb, Samsung, Boeing, SpaceX, «Сфера» и т. д.) на низких орбитах появятся десятки тысяч новых искусственных спутников Земли (ИСЗ) и ситуация с комфортным размещением КА резко ухудшится. Можно сказать, что этот пространственный ресурс близок к критическому уровню использования.

В последние годы особое внимание уделяется также изучению возможностей использования материалов и конструкций, из которых состоят уже неиспользуемые КА и их фрагменты (то есть космический мусор). Предлагается, например, использовать долгоживущие антенные узлы для переустановки их в космосе на вновь запускаемых аппаратах. Весьма интересны исследования по использованию космического мусора в качестве рабочего тела в электродвигательных установках КА, которые сами и занимаются сбором космического мусора [4].

Гравитационные маневры стали в последние десятилетия обычным приемом, позволяющим весьма существенно снижать затраты по выведению КА в определенные области космического пространства. Суть маневра состоит в том, что за счет удачно подобранного сближения с Землей или Луной, осуществляемого малыми затратами характеристической скорости (ΔV ~ несколько десятков км/с) КА, можно получить изменение скорости на несколько км/с.

ЕЩЕ РАЗ О ЛУННЫХ РЕСУРСАХ

Тема лунных ресурсов широко обсуждается, в том числе и в журнале ВКС (см., например, [5]). Не будет преувеличением сказать, что лунная гонка, то есть включение все большего числа стран в исследования Луны космическими средствами, в значительной степени мотивируется не столько научными аспектами, сколько фактором лунных ресурсов.

По мнению одного из ведущих исследователей Луны и энтузиаста ее освоения И. Г. Митрофанова (ИКИ РАН), временная шкала освоения Луны Россией оптимистична:

- Закрепление за Россией района для научных исследований и разработки технологий, для развертывания посещаемого лунного полигона с перспективой строительства на нем российской лунной базы (срок 5–10 лет). Здесь ресурсный фактор — пространство.
- Обеспечение лунной космонавтики лунными ресурсами энергетики, связи, радиационной защиты и жизнеобеспечения космонавтов (срок 10–20 лет). Ресурсный фактор — энергия и др.

- Обеспечение наземной промышленности особо редкими ресурсами лунного происхождения, создание лунной промышленности с привлечением частного бизнеса (срок 20–50 лет). Ресурсный фактор — вещество.

Мы не будем обсуждать многочисленные и разнообразные варианты использования лунных сырьевых ресурсов, но остановимся на двух перспективных научных проектах, использующих ресурсный фактор пространства. Здесь Луна не объект изучения, а именно ресурс или плацдарм для проведения уникальных научных экспериментов.

Длинноволновый лунный радиотелескоп. Размещение гигантского модульного радиотелескопа на Луне позволит получить информацию о Вселенной в диапазоне частот ниже 10–15 МГц, который закрыт для наземного наблюдателя ионосферой Земли. В результате будет открыто для исследований последнее неисследованное окно электромагнитного спектра. Список научных задач для этого телескопа весьма внушителен:

Гигантский модульный радиотелескоп, размещенный на Луне, позволит получить информацию о Вселенной в диапазоне частот ниже 10 – 15 МГц, который закрыт для наземного наблюдателя ионосферой Земли. Это означает, что откроется для исследований последнее недоступное окно электромагнитного спектра.

- мониторинг геомагнитной активности магнитосферы Земли, дистанционное изучение атмосферного электричества Венеры и Марса;
- изучение транзиентных источников радиоизлучения;
- получение данных о процессах во Вселенной в эпоху реионизации водорода;

РИС. 3. Вариант размещения модулей радиотелескопа в лунном кратере по спирали. На врезке показан отдельный модуль (приемник излучения)



- поиск экзопланет, пригодных для развития жизни, по изучению проявлений их магнитного поля.

По сообщению известного радиоастронома Ю. Ю. Ковалева (АКЦ ФИАН), члена российской группы разработчиков проекта, обсуждаются два варианта размещения телескопа: на обратной стороне Луны или в одном из полярных кратеров. Это нужно, чтобы защититься от помех со стороны мощного радиоисточника — нашей планеты. Второй вариант дает меньше возможностей для выбора места, но более удобен для осуществления прямой связи с Землей.

Модули радиотелескопа могут быть расположены по спирали размером до ~100 км (см. рис. 3). Масса одного модуля оценивается примерно в 5 кг, потребляемая мощность 2 Вт, количество элементов от 300 до 1000. Разворачивать такой телескоп можно постепенно, добавляя все больше металлических дипольных штанг в его систему и, таким образом, увеличивая собирающую поверхность.

Проект «Нейтроний». Проект, предложенный учеными МГУ имени М. В. Ломоносова, направлен на исследования в области астрофизики космических лучей (КЛ) сверхвысоких энергий ($10^{14} - 10^{17}$ эВ) в области так называемого колена, в которой распределение частиц по энергии испытывает пока необъясненный излом. Другая цель — исследования сверхтяжелых космических лучей за пиком железа ($Z = 30-93$) и высокоэнергичного гамма-излучения (10 МэВ – 1 ТэВ). Такие наблюдения на Земле и на автоматических КА весьма проблематичны. Круг решаемых научных проблем также весьма широк:

- решение проблемы происхождения «колена» космических лучей;

- изучение межзвездной среды при помощи моделей распространения ядер космического излучения (КИ),
- изучение анизотропии КЛ,
- поиск частиц странной материи — странглетов.

Детектор должен представлять собой «ковёр» из множества плоских модулей, каждый из которых оснащен собственной считывающей электроникой. Детали проекта можно найти на сайте [6].

А вот популярная идея размещения крупных оптических телескопов на Луне пока что оценивается неоднозначно. Если предыдущие проекты действительно уникальны и кроме как на Луне осуществить их невозможно, то размещение там оптических телескопов может оказаться экономически невыгодным по сравнению с размещением таких же инструментов в ОКП.

РЕСУРСЫ МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Малые тела (астероиды, кометы) также могут открывать неочевидные ресурсные возможности. Например, для дальних путешествий людей по Солнечной системе, когда критическую роль играет радиационная безопасность, можно попытаться найти астероиды или кометы, движущиеся «в нужном направлении». Понятно, что выигрывать в затратах ракетного топлива не получится, так как космический корабль должен выровнять скорости с астероидом. Но астероид можно использовать как убежище, защищающее от вредного воздействия радиации в течение многих лет. Для этого достаточно углубиться в астероид на небольшое расстояние порядка 1 м.

ТАБЛ. 1. Химический состав земной и лунной коры, метеоритов (в весовых %)

Элемент	Земная кора	Лунная кора	Метеориты (в среднем)
O – кислород	46,6	42,0	33,0
Si – кремний	27,7	21,0	17,0
Al – алюминий	8,13	4,8	1,1
Fe – железо	5,00	13,0	28,6
Mg – магний	2,09	4,8	13,8
Ca – кальций	3,63	6,8	1,39
Na – натрий	2,83	0,44	0,68
K – калий	2,59	0,17	0,10
Ti – титан	0,44	6,0	0,08
Ni – никель	0,006	0,02	1,68
Pt – платина	$0,2 \times 10^{-4}$		63×10^{-4}

И все же главное ресурсное использование астероидов — добыча полезных ископаемых. У астероидов есть определенные преимущества перед Луной. Главное из них в том, что существуют астероиды — готовые концентраты ценнейших полезных ископаемых.

Астероиды и кометы — это остатки строительного материала, из которого состоит наша Солнечная система. Рано или поздно небольшие астероиды сталкиваются с планетами, например с Землей, выпадают на планету в виде метеоритов, и тогда появляется возможность исследовать химический состав метеоритов и сравнить их с образцами земными породами. Оказывается, что определенных элементов, например металлов, в метеоритах (соответственно, и в астероидах) в процентном соотношении больше, чем в земной коре (см. табл. 1, взятую из [7]).

Поэтому вполне закономерно встает вопрос о добыче полезных ископаемых на астероидах. Например, металлические астероиды содержат золото и платину в соотношении 0,01% к своей массе. Элементы группы платиноидов (благородные металлы: платина, золото, серебро, рутений, родий, палладий, осмий, рублидий) настолько ценны для промышленности, что уже в близком будущем их «импорт» из космоса может стать выгоднее, нежели добыча из недр Земли. А при современных ценах на редкоземельные элементы один небольшой астероид диаметром 200 м и массой 32 млн тонн может стоить многие сотни миллиардов долларов. Важно, что довольно многие астероиды достижимы с помощью современных средств космической техники. К тому же сила гравитации на астероидах невелика, что позволяет легче транспортировать с них добытые материалы.

Как мы узнаем, из чего состоит астероид? В настоящее время основным способом исследования астероидов считаются астрономические методы фотометрия и спектроскопия в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра. Фотометрия позволяет провести исследование света, отраженного от поверхности, в различных фильтрах и, таким образом, определить альбедо и показатели цвета астероида. Спектральные наблюдения позволяют разложить свет, отраженный от астероида, на составляющие и построить спектральную кривую отраженного излучения и, таким образом, определить состав внешних слоев астероида. Во многих научных центрах мира, в том числе и в Институте астрономии РАН, на протяжении многих лет идет работа по определению спектральных классов астероидов.

Но не только металлы интересны как объект добычи. Вода может оказаться наиболее важным космическим ресурсом, необходимым для дальнейшего продвижения человечества в просторы

Современные средства космической техники позволяют достичь астероидов, которые можно назвать готовыми концентратами ценнейших полезных ископаемых.

космоса. Вода в космосе — критически важный ресурс, ее можно использовать для нужд будущих внеземных поселений. Человеку для жизнедеятельности необходимо много воды. Доставка больших ее объемов с Земли — дорогостоящее дело. Снабжение водой непосредственно из космоса может оказаться выгоднее, если затраты на транспортировку одного литра воды с одного из астероидов на космическую станцию будут намного меньше, чем затраты на доставку литра воды с поверхности Земли. Кислород и водород из воды можно использовать как компоненты топлива для двигателей космических аппаратов будущего. Хранилища такого топлива можно создавать прямо на орбите астероида.

Конечно, полагаться только на дистанционные методы анализа состава астероидов неразумно. Проекты по добыче полезных ископаемых на астероидах весьма дорогостоящие, и нужно заранее убедиться, что игра стоит свеч. В большинстве проектов будущего освоения астероидов предполагается предварительное исследование объекта добычи с помощью межпланетных станций, что называется, *in situ*. Чтобы отправить исследовательский аппарат к астероиду, надо знать точные параметры орбиты астероида. Как можно с высокой точностью определить орбиту? Долговременные наземные наблюдения (например, измерения, полученные более чем на двух оборотах астероида вокруг Солнца) позволяют спрогнозировать положение астероида с точностью существенно лучше 1000 км и направить космический аппарат для встречи с астероидом. На заключительном этапе перелета необходимо будет воспользоваться системой навигации самого КА с использованием его камер.

Каждая миссия к астероиду на сегодняшний день уникальна. Чтобы наладить добычу полезных ископаемых с минимальными затратами времени на перелет к астероиду, надо прежде всего рассматривать астероиды, которые находятся наиболее близко к Земле. На сайте NASA в разделе «Доступные астероиды» приводится таблица достижимости порядка 2000 астероидов, сближающихся с Землей [8].

Ядра комет также представляют интерес как источники воды и газов, находящихся в твердом состоянии (льды). Но основная проблема в использовании комет состоит в том, что скорости

движения комет относительно Земли по сравнению с астероидами велики и в окрестности Земли могут достигать 72 км/с, поэтому подавляющее большинство комет труднодостижимо.

КОСМИЧЕСКАЯ ГОНКА ЗА РЕСУРСАМИ НАЧАЛАСЬ

Сейчас мы становимся свидетелями того, как зарождается новая отрасль промышленности — разведка, добыча и переработка полезных ископаемых на астероидах. Заинтересованные стороны предпринимают попытки изменить национальные законодательства и международные законы о космосе, чтобы присвоить себе первоочередное право добычи полезных ископаемых в космосе (см., например, в [10] обсуждение планов использования лунных ресурсов). В Конгрессе США, в нарушение международного Договора о космосе («Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела» 1967 г.), в 2015 году был принят законопроект «Об исследовании и использовании ресурсов космоса», разрешающий частным компаниям добывать полезные ископаемые на астероидах. По данным интернета, уже девять компаний в мире

провозгласили своей бизнес-идеей освоение космических ресурсов. В январе 2018 года компания Planetary Resources уже запустила КА для отработки технологий поиска подходящих астероидов. Государственную поддержку такой деятельности оказывают Люксембург и ОАЭ. В ряде стран созданы лаборатории по исследованию возможностей добычи минеральных ресурсов на астероидах (asteroid mining).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог, следует отметить, что освоение космического пространства и использования ресурсов ОКП, малых тел Солнечной системы и Луны является актуальной и интересной задачей. Ведущие страны приступили к ее решению, и она уже начала переходить в практическую, то есть технологическую, финансовую и юридическую сферы. Говоря языком журналистов, гонка, получившая в США название «новой золотой лихорадки», уже началась, только сейчас это гонка за межпланетными ресурсами. Возможно, уже в недалеком будущем человечество по-настоящему выйдет в космос и сможет жить там на постоянной основе — тогда космические ресурсы пригодятся всем. Россия должна занять в этом продвижении достойное место.

Литература

1. Element Scarcity – EuChemS Periodic Table [Электронный ресурс]. URL: <https://www.euchems.eu/euchems-periodic-table/> (Дата обращения: 30.11.2019).
2. Mineral Commodity Summaries [Электронный ресурс]. URL: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/mineral-commodity-summaries> (Дата обращения: 30.11.2019).
3. Ревнивцев М.Г., Гаджилы О.Э., Лутовинов А.А., Мольков С.В., Арефьев В.А., Павлинский М.Н., Тучин А.Г. О возможности улучшения орбит спутников по наблюдениям изолированных рентгеновских пульсаров // Письма в Астрономический журнал. 2015. Т. 41. С. 490–494.
4. В России разработали комплекс для переработки мусора в космосе [Электронный ресурс] // Информационное агентство «Север-Медиа». 2019. 14 апреля. URL: <https://www.bnkomi.ru/data/news/93089/> (Дата обращения: 14.04.2019).
5. Кривецкий С.В. Освоение Луны: история, модель, сверхглобальный проект и экологичные технологии // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 3. С. 16–25.
6. Научный комплекс на поверхности Луны НЕЙТРОНИЙ-100 [Электронный ресурс] // НИИЯФ МГУ (сайт). URL: <http://www.sinp.msu.ru/ru/project/17397> (Дата обращения: 30.11.2019).
7. Нароенков С. Н., Шустов Б. М. Космические ресурсы // Земля и Вселенная. 2019. № 1. С. 18–30.
8. Accessible NEAs [Электронный ресурс] // CNEOS. URL: <https://cneos.jpl.nasa.gov/nhats/> (Дата обращения: 30.11.2019).
9. Asteroid Redirect Mission [Электронный ресурс] // NASA. URL: https://www.nasa.gov/mission_pages/asteroids/initiative/index.html (Дата обращения: 30.11.2019).
10. Багров А.В. Как поделить Луну? // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 3. С. 26–35.

References

1. Element Scarcity – EuChemS Periodic Table. Available at: <https://www.euchems.eu/euchems-periodic-table/> (Retrieval date: 30.11.2019).
2. Mineral Commodity Summaries. Available at: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/mineral-commodity-summaries> (Retrieval date: 30.11.2019).
3. Revnitssev M., G. Gadzhili O.E., Lutovinov A.A., Molkov S.V., Aref'ev V.A. Pavlinskiy M.N., Tuchin A.G. O vozmozhnosti uluchsheniya orbit sputnikov po nablyudeniya izolirovannykh rentgenovskikh pul'sarov. Pis'ma v Astronomicheskij zhurnal, 2015, vol. 41, pp. 490–494.
4. V Rossii razrabotali kompleks dlya pererabotki musora v kosmose. Informatsionnoe agentstvo "Sever-Media". 2019. 14 April. Available at: <https://www.bnkomi.ru/data/news/93089/> (Retrieval date: 14.04.2019).
5. Krichevskiy S.V. Osvoenie Luny: istoriya, model', sverkhglobal'nyy proekt i ekologichnye tekhnologii. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2019, no. 3, pp. 16–25.
6. Nauchnyy kompleks na poverkhnosti Luny NEYTRONIY-100. Available at: <http://www.sinp.msu.ru/ru/project/17397> (Retrieval date: 30.11.2019).
7. Naroenkov S.N., Shustov B.M. Kosmicheskie resursy. Zemlya i Vselennaya, 2019, no. 1, pp. 18–30.
8. Accessible NEAs. Available at: <https://cneos.jpl.nasa.gov/nhats/> (Retrieval date: 30.11.2019).
9. Asteroid Redirect Mission. Available at: https://www.nasa.gov/mission_pages/asteroids/initiative/index.html (Retrieval date: 30.11.2019).
10. Bagrov A.V. Kak podelit' Lunu? Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2019, no. 3, pp. 26–35.



© Шустов Б.М., 2019

История статьи:

Поступила в редакцию: 17.10.2019
Принята к публикации: 11.11.2019

Модератор: Дмитрюк С.В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Шустов Б.М. Космические ресурсы для развития экономики и науки // Воздушно-космическая сфера. 2019. №4. С. 46–54.

Распоряжением Минобрнауки России от 12 февраля 2019 г. № 21-р журнал «ВКС» включен в Перечень научных изданий, рецензируемых Высшей аттестационной комиссией, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук по научной специальности и соответствующей ей отрасли науки 05.07.10 – Инновационные технологии в аэрокосмической деятельности (технические науки).



+7 (499) 654 00 40
+7 (499) 654 07 51



125190,
Россия, Москва,
Ленинградский пр.,
д. 80, корп. 16,
подъезд 1



info@oaokb1.ru
vko@vko.ru



www.vesvks.ru

Объединение профессионалов в области космонавтики и воздушно-космической обороны

«ВКС» – печатный орган Вневедомственного экспертного совета по вопросам воздушно-космической сферы (ВЭС ВКС)



Подписные индексы:

Каталог «Роспечать» – 82530