

**МИРОВЫЕ ПЛАНЫ ОСВОЕНИЯ ЛУНЫ: МЕСТО ГП «КБ «ЮЖНОЕ»**

Л. О. Величко, Е. А. Ермоленко

*ГП «КБ «Южное»*

В статье рассмотрены лунные программы ведущих стран мира: ЕС, Индии, Китайской Народной Республики, Южной Кореи, Израиля, Российской Федерации, Японии, США, а также возможные направления сотрудничества украинской кооперации с перечисленными странами. Лунная программа США является наиболее привлекательной. НАСА привлекает частные компании, которые могут стать партнерами КБ «Южное». Предложены проектируемые средства доставки на окололунную орбиту – перспективные ракеты космического назначения: Space Launch System, Falcon Heavy, космический корабль Straship. Разработана рыночная стратегия, позволяющая достигнуть экономической эффективности проекта эксплуатации космического ракетного комплекса, создаваемого для доставки полезных грузов на окололунную орбиту (на примере разрабатываемого ГП «КБ «Южное», семейства РКН «Маяк») за счет одновременной работы во всех доступных сегментах коммерческого рынка пусковых услуг и на рынке государственных заказов по выведению полезной нагрузки на околоземную орбиту. Вместе с тем, приведено сравнение ценовых и энергетических характеристик транспортных услуг РКН на низкую околоземную орбиту по состоянию на 2019 год. Определен перспективный спрос на запуски РКН семейства «Маяк» в рамках государственной программы США по освоению Луны. По результатам проведенного маркетингового исследования, можно сделать вывод, что с ценой около 3 тыс. долл. США за запуск 1 кг полезной нагрузки на низкую околоземную орбиту (от 70 до 330 млн. долларов за пуск), РКН семейства «Маяк» имеют выгодное положение на рынке запусков на низкую околоземную орбиту и на окололунную орбиту в сравнении с конкурентными позициями других РКН данного сегмента рынка.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ЛУННЫЕ ПРОГРАММЫ, РАКЕТА КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ПОЛЕЗНАЯ НАГРУЗКА, НИЗКАЯ ОКОЛОЗЕМНАЯ ОРБИТА, КОСМИЧЕСКИЙ РАКЕТНЫЙ КОМПЛЕКС, ОКОЛОЛУННАЯ ОРБИТА, ГП «КБ «ЮЖНОЕ», КОНКУРЕНТОСПОСОБНАЯ ЦЕНА, РЫНОЧНЫЙ СПРОС, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.

У статті розглянуто місячні програми провідних країн світу: ЄС, ЄС, Індії, Китайської Народної Республіки, Південної Кореї, Ізраїлю, Російської Федерації, Японії, США, а також можливі напрями співпраці української кооперації з перерахованими країнами. Місячна програма США є найбільш привабливою. НАСА привертає приватні компанії, які можуть стати партнерами КБ «Південне». Запропоновані проєктовані засоби доставки на навколomisячну орбіту – перспективні ракети космічного призначення: Space Launch System, Falcon Heavy, космічний корабель Straship. Розроблена ринкова стратегія, що дозволяє досягти економічної ефективності проекту експлуатації космічного ракетного комплексу, створюваного задля доставки корисних вантажів на навколomisячну орбіту (на прикладі розроблюваного ДП «КБ «Південне» сімейства РКН «Маяк») за рахунок одночасної роботи у всіх доступних сегментах комерційного ринку пускових послуг та на ринку державних замовлень по виведенню корисного навантаження на навколоземну орбіту. Разом з тим, наведено порівняння цінкових та енергетичних характеристик транспортних послуг РКП на низьку навколоземну орбіту за станом на 2019 рік. Визначено перспективний попит на запуски РКН сімейства «Маяк» в рамках державної програми США з освоєння Місяця. За результатами проведеного маркетингового дослідження, можна зробити висновок, що з ціною близько 3 тис. дол. США за запуск 1 кг корисного навантаження на низьку навколоземну орбіту (від 70 до 330 млн. доларів за пуск), РКН сімейства «Маяк» мають вигідне становище на ринку запусків на низьку навколоземну орбіту та на навколomisячну орбіту в порівнянні з конкурентними позиціями інших РКП даного сегмента ринку.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** МІСЯЧНІ ПРОГРАМИ, РАКЕТА КОСМІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ, КОРИСНЕ НАВАНТАЖЕННЯ, НИЗЬКА НАВКОЛОЗЕМНА ОРБИТА, КОСМІЧНИЙ РАКЕТНИЙ КОМПЛЕКС, НАВКОЛОМІСЯЧНА ОРБИТА, ДП «КБ «ПІВДЕННЕ», КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНА ЦІНА, РИНКОВИЙ ПОПИТ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

The article discusses the lunar programs of leading countries of the world: EU, India, People's Republic of China, South Korea, Israel, Russian Federation, Japan, USA, as well as possible direction of cooperation between Ukrainian cooperation and mentioned countries. The US lunar program is the most attractive. NASA invites private companies which can become Yuzhnoye State Design Office partners. Perspective payload delivery means into lunar orbit are proposed: Space Launch System, Falcon Heavy, Straship. Marketing strategy was developed to achieve economic efficiency of the space launch system operation project, designed for payloads injection into the lunar orbit (with Mayak launch vehicle family, developed by Yuzhnoye State Design Office, as an example) due to covering all possible segments of commercial, as well as government launch market. At the same time, comparison of price and performance characteristics of space transportation services into low Earth orbit is shown as of 2019. The prospective demand for Mayak launch vehicle family within the framework of the US state program for the development of the Moon was determined. According to the results of the marketing research, it can be concluded that with the price of about 3 000 US dollars for launching 1 kg of payload into low Earth orbit (from 70 to 330 million US dollars for launch), Mayak launch vehicle family have the advantageous position on

the launch market into low Earth orbit and lunar orbit in comparison with the competitive positions of other ILVs in this market segment.

**KEYWORDS: LUNAR PROGRAMS, INTEGRATED LAUNCH VEHICLE, PAYLOAD, LOW EARTH ORBIT, SPACE LAUNCH SYSTEM, LUNAR ORBIT, YUZHNOYE SDO, COMPETITIVE PRICE, MARKET DEMAND, ECONOMICAL EFFICIENCY.**

### **Введение**

В настоящее время ведущие страны международного сообщества, занимающиеся космической деятельностью, рассматривают перспективу расширения исследований и освоения Луны и окололунного пространства, в том числе с участием пилотируемых экспедиций и создания обитаемой окололунной орбитальной станции и базы на поверхности Луны. В частности следующие страны имеют лунные программы: США, ЕС, Индия, Китай, Япония, Израиль, Южная Корея, РФ. Украина не имеет лунной программы, поскольку не имеет достаточно свободных финансовых ресурсов для ее осуществления. Вместе с тем украинская кооперация предприятий космической отрасли, научных организаций имеет существенный научно-технический задел, позволяющий участвовать в решении самых сложных задач по освоению Луны.

### **Постановка задачи**

Задачами статьи являются:

— анализ лунных программ ведущих стран мира, определение грузопотока на окололунную орбиту;

— определение наиболее перспективных из лунных программ, с точки зрения возможности участия ГП «КБ «Южное» и украинской кооперации в их реализации, как путем участия в разработке элементов лунных проектов заказчика, так и путем предложения заказчику разрабатываемых элементов лунных проектов КБ «Южное» (посадочный модуль, буксир, КРК (космический ракетный комплекс) для доставки грузов на окололунную орбиту и др.);

— разработка рыночной стратегии создания и эксплуатации КРК, предназначенного для выведения полезных грузов на окололунную орбиту.

### **Методы и способы исследований**

В данной научной статье применялись следующие методы исследований: *метод*

*системного анализа* – сбор и обобщение данных для анализа спроса и построения таблицы манифеста пусков, а также конкурентного анализа компаний, представленных в данном сегменте рынка транспортных услуг для построения графика сопоставления цены пуска и массы ПГ (полезного груза), выводимого на низкую околоземную орбиту; *статистический метод* – сравнение ценовых и энергетических характеристик перспективных разрабатываемых и действующих РКН (ракет космического назначения), которые выводят ПН на окололунную орбиту с определением конкурентоспособной цены пуска для РКН семейства «Маяк» и количества пусков, необходимых для начального этапа освоения Луны; *метод экспертных оценок* – определение значения грузопотока на начальном этапе освоения Луны (2020-2025 г.г.) и на этапе дооснащения лунных баз для определения будущего спроса на услуги выведения полезных грузов на окололунную орбиту.

### **Лунная программа ЕС**

ЕКА предлагает создавать постоянно обитаемую базу на обратной стороне Луны на основе широкой международной кооперации – более масштабной, чем кооперация программы МКС.

Европейский Союз заинтересован в участии в создании американской окололунной станции Deep Space Gateway (DSG). Представитель Французского космического агентства CNES Фредерик Массон заявил, что Франция уже рассматривает возможность участия в проекте в части снабжения станции припасами с помощью новой транспортной системы, базирующейся на новой ракете-носителе Ariane 6 увеличенной грузоподъемности и межорбитальном буксире, оснащенном электрореактивной двигательной установкой, питающейся от солнечной энергии. Буксир, обладающий

мощностью в 60 кВт, в паре с Ariane 6 сможет доставлять на DSG до 9 т полезной нагрузки (включая массу космического корабля). Концепция такого буксира сейчас рассматривается в Airbus D&S [1].

ГП «КБ «Южное» участвует в европейской ассоциации «Лунная деревня».

### **Лунная программа РФ**

РФ имеет собственную лунную программу. Основными этапами ее реализации являются создание российской орбитальной окололунной станции и проведение беспилотных исследований Луны, посадка космонавтов на Луну, и в итоге – создание постоянной лунной посещаемой базы и спутниковой группировки на орбите Луны для навигационного и информационного обеспечения ее работы. В рамках данной программы планируется создание средства выведения и доставки на окололунную орбиту (на сегодняшний день «Роскосмос» проводит разработку ракеты-носителя тяжелого класса «Ангара-А5В»), а также пилотируемого корабля «Федерация», начало летных испытаний которого запланировано на 2021 год.

### **Лунные программы Индии**

Первый индийский лунный зонд «Чандраян-1» был запущен с космодрома имени Сатиша Дхавана в 2008 году с помощью индийской РН «PSLV-XL». В число основных целей запуска «Чандраян-1» входил поиск полезных ископаемых и запасов льда в полярных регионах Луны, а также составление трехмерной карты поверхности. Индия стала шестой страной мира, отправившей зонд к Луне. «Чандраян-2» – вторая автоматическая межпланетная станция Индийской организации космических исследований (ISRO). В рамках миссии «Чандраян-2» изучать Луну планируется с орбиты. Кроме того, в ходе миссии планируется высадка небольшого лунохода, сбор и анализ лунных образцов грунта.

Сотрудничество ГП «КБ «Южное» и украинской кооперации с Индией в рамках лунной программы наиболее перспективно в

сфере создания двигателей для посадочных модулей и космических буксиров.

### **Лунная программа КНР**

В апреле 2016 г. Китай объявил о планах реализации пилотируемой космической миссии на Луну в период до 2036 года. Следующим этапом долгосрочной стратегии КНР по освоению Луны должно стать создание к 2050 году развернутой научно-исследовательской лунной базы. В качестве ее основной задачи китайские ученые видят решение проблем, связанных с нехваткой энергетических ресурсов на Земле.

Лунная программа Китая на ближайший период делится на три основных этапа, каждый из которых является подготовительным для последующего.

Этап 1: полёты по окололунной орбите;

Этап 2: мягкая посадка на Луну;

Этап 3: доставка лунного грунта на Землю.

Третий этап предусматривает доставку на Землю образцов лунного грунта и включает в себя миссии «Чанъэ-5Т1», «Чанъэ-5» и «Чанъэ-6». КА «Чанъэ-5» планируется запустить в 2019 году с помощью РН «Великий поход-5». Спускаемый аппарат станции должен будет произвести забор образцов лунного грунта весом до 2 кг и возвратиться с ними на Землю.

Параллельно КНР проводит разработку проекта обитаемой лунной базы.

Существует мнение, что лунная программа Китая, в первую очередь, преследует не научные, а стратегические задачи. Лунная программа, принятая десять лет назад, выполняется с опережением графика.

Сотрудничество ГП «КБ «Южное» и украинской кооперации с КНР возможно в рамках принятых и перспективных межгосударственных соглашений о космической деятельности. Действующая долгосрочная программа (до 2020 года) украино-китайского сотрудничества в космической сфере предусматривает совместную реализацию более 70 проектов, в том числе, в рамках реализации КНР

Лунной программы и исследований планет Солнечной Системы.

### **Лунная программа Японии**

Главными задачами Японского космического агентства (JAXA) японской лунной программе является отработка и демонстрация технологии точной посадки на поверхность планеты (технология посадки «pin point landing», точность посадки – 100 метров). Разработчиком спускаемого аппарата Smart Lander for Investigating Moon (SLIM) является компания Mitsubishi Electric Corporation. Стоимость миссии оценивается в 18 миллиардов японских иен.

Частная компания iSpace, разрабатывающая луноход Nakuto, планирует на 2020 и 2021 годы две демонстрационные миссии в рамках проекта доставки грузов на Луну. Первая миссия – отправить космический корабль на лунную орбиту. Если она окажется успешной, компания приступит ко второй миссии, в рамках которой на поверхность Луны отправятся посадочный модуль и ровер для исследования поверхности с возможностью доставки до 30 кг на Луну за один полет.

Возможные направления сотрудничества ГП «КБ «Южное» и украинской кооперации с японскими специалистами: создание двигательных установок, посадочного модуля, буксира, предоставление услуг перспективных средств доставки.

### **Лунная программа Южной Кореи**

В 2014 году начата реализация программы Южной Кореи, направленной на освоение Луны. В данной программе принимают участие около 15 частных и государственных исследовательских институтов, и организаций. В работу включена корпорация Korea Aerospace Industries, которая является основным разработчиком ракеты космического назначения KSLV-II. Республика Корея планирует к 2020 году отправить на Луну спускаемый исследовательский аппарат. Уровень развития космических технологий на сегодняшний день в Южной Корее таков, что реальное осуществление намеченных

планов возможно только в международной кооперации.

Исходя из этого, возможно сотрудничество ГП «КБ «Южное» и украинской кооперации с организациями Южной Кореи по направлениям:

- ракетные двигатели;
- посадочные модули,
- средства доставки на окололунную орбиту.

### **Лунная программа Израиля**

В феврале 2019 года был успешно запущен израильский лунный модуль Beresheet массой 600 кг компании SpaceIL. Израиль должен был стать четвертым государством – после СССР, США и Китая, – которому удалось доставить аппарат на лунную поверхность. Однако посадка аппарата на поверхность Луны была аварийной. Вскоре после объявления об окончании миссии Beresheet, Моррис Кан, президент компании SpaceIL, объявил следующее – «На этот раз нам не удалось добиться полного успеха, но мы попытались и сделали все возможное для того, чтобы добраться до Луны. Я думаю, что мы можем гордиться достигнутым» [2].

Миссия осуществлялась группой, действующей в рамках небольшого бюджета. Поэтому Beresheet стал попутной нагрузкой при коммерческом запуске группы спутников. Затраты на проект составили 100 млн. долл. США.

Возможно предложение компании SpaceIL совместной с КБ «Южное» разработки посадочного модуля с улучшенными характеристиками – повышенной грузоподъемности, многократного взлета и посадки.

### **Лунная программа США**

21 марта 2017 года президент США Трамп подписал новый закон, предписывающий NASA отправить людей на Марс не позднее 2033 года. В конце марта 2017 года в рамках регулярного отчета перед Экспертным советом NASA Уильям Герстенмайер, помощник администратора NASA по исследовательским программам, представил пилотируемую программу агентства на ближайшее десятилетие. Этот

план включает создание посещаемой станции на орбите Луны в первой половине 2020-х годов, постройку транспортной системы для дальнего космоса в конце десятилетия, полет к спутникам Марса в первой половине 2030-х и, наконец, высадку на Марс в конце 2030-х или начале 2040-х. План пилотируемых полетов в 2020-х годах является не перспективным исследованием, а официальной программой. К первому этапу перспективной пилотируемой программы NASA перейдет в начале 2020-х годов. В этот период на орбите Луны будет построена посещаемая пилотируемая станция DSG (Deep Space Gateway).

В 2020 году ракета SLS Block 1 (грузоподъемностью 70 т) должна будет вывести корабль «Орион» в полет вокруг Луны длительностью 26-40 суток. В 2023 году ракета SLS в новой модификации Block 1B (грузоподъемностью 105 т) должна будет вывести на отлетную траекторию к Юпитеру научно-исследовательскую станцию Europa Clipper. После 2022 года пуски SLS будут выполняться ежегодно.

EM-2 в 2023 году должна будет доставить на орбиту Луны корабль «Орион» с экипажем из четырех астронавтов. Попутно будет выведен первый двигатель-энергетический модуль станции DSG массой 8-9 т

Экспедиция EM-3 состоится в 2024 году. К Луне вновь полетят четыре человека на «Орионе», а попутным грузом SLS выведет жилой модуль DSG массой до 10 т. Он состыкуется с двигатель-энергетическим модулем, который к этому времени перейдет на около-прямолинейную галообразную орбиту (Near Rectilinear Halo Orbit, NRHO). Пилотируемый полет продлится от 16 до 26 суток. В этой миссии астронавты впервые проведут научную работу на окололунной станции.

Следующей станет коммерческая миссия снабжения DSG. А в 2025 году состоится Exploration Mission 4. Полет астронавтов на «Орионе» будет сопровождаться доставкой к окололунной станции логистического модуля с канадской рукой-манипулятором (массой до 10 т). После этого допустимая продолжительность экспедиций на DSG увеличится плановых до

42 суток и начнется полноценная эксплуатация станции, в т.ч. со сменой орбиты.

В 2026 году состоится финальная миссия первого этапа программы, EM-5. В рамках данной миссии к станции DSG планируется пристыковать шлюзовой модуль, масса которого, как и раньше, будет укладываться в допустимые для ракеты SLS 10 т. Длительность четвертой и пятой экспедиций составит от 26 до 42 суток.

Второй этап программы начнется в 2027 году с очередной коммерческой грузовой миссии. В этом же году состоится сразу два пуска SLS. Первый из них станет полностью грузовым, т. е. на этот раз «Орион» к Луне не полетит. Одним пуском (миссия EM-6) сверхтяжелой ракеты NASA планирует вывести на лунную орбиту 41-тонный Транспорт для дальнего космоса (DST, DeepSpaceTransport) – будущий перелетный комплекс для экспедиций за пределы системы Земля-Луна. DST будет приспособлен для автономной работы с экипажем из четырех человек длительностью до 1000 суток. Достигнув Луны, DST совершит автоматическую стыковку со станцией DSG. Миссия EM-7 (все еще 2027 год) доставит на окололунную станцию четырех астронавтов. Они проведут упрощенную симуляцию дальнего космического полета длительностью 191-221 суток. При этом DST будет пристыкован к станции DSG.

В 2028 году состоится очередная коммерческая непилотируемая миссия EM-8 для пополнения припасов на DSG. Она доставит топливо для DST и дополнительные припасы. EM-8 станет последним полетом для ракеты SLS Block 1B. После нее, с 2029 года, NASA перейдет к эксплуатации SLS Block 2 (130 т) [3].

Согласно последним данным NASA планирует вернуть астронавтов на поверхность Луны в 2024 г. вместо 2028 г. «Распоряжением президента, целью действующей администрации и Соединённых Штатов Америки является вернуть американских астронавтов к Луне в течение следующих пяти лет», – заявление вице-президента Пенса, которое он сделал в ходе заседания Национального

космического совета США в марте 2019 года. Лунная программа NASA в 2019 году получила название «Артемида».

К первому этапу (миссия EM-1) перспективной программы NASA перейдет в начале 2020-х годов. В этот период на орбиту Луны был запланирован непилотируемый запуск РН SLS и корабля «Орион» для проведения экспериментов и демонстрации технологий.

Второй этап (2022 год), миссия EM-2 – запуск РН SLS и корабля «Орион» с экипажем на борту впервые за 50 лет. В 2022 году к Луне планируется направить американский двигатель-энергетический модуль.

Третий этап (2023 г.) – отправка к Луне лунохода, главной задачей которого станет поиск воды на спутнице Земли и оценка ее общих запасов. Масса ровера будет составлять от 300 до 500 килограммов.

Четвертый этап (2024 г.) – президент Дональд Трамп попросил NASA ускорить работу по возвращению на Луну и осуществить высадку людей на её поверхность к 2024 году [4].

По мнению авторов, новая программа по возвращению астронавтов на Луну в 2024 г. является не вполне реалистичной, поскольку, по имеющимся данным, создание РН SLS существенно отстает от графика и превышает бюджет.

Возможны самые разнообразные направления сотрудничества украинской кооперации с NASA. В феврале 2019 года глава космического агентства NASA Бриденстайн обсудил с послом Украины в США Валерием Чалым сотрудничество в области исследования космического пространства в мирных целях. Бриденстайн поблагодарил Украину за поддержку космических инициатив агентства, а также заявил, что заинтересован в привлечении украинских предприятий к реализации проектов в сфере исследования Луны.

Кроме лунных проектов NASA, в настоящее время в США идет разработка проектов частных компаний по созданию лунных аппаратов. Из них можно выделить следующие перспективные для установления сотрудничества:

Blue Origin начала разработку посадочного модуля для отправки на поверхность Луны, способного доставлять 4,5 тонны груза.

Компания Astrobotic с фирмой Dynetics разрабатывает спускаемый аппарат Peregrine, который сможет доставить до 265 кг полезной нагрузки на лунную поверхность на РН Atlas V уже в 2021 г.

Компания MoonExpress намерена осуществить посадку собственного посадочного модуля на Луне в 2019 году.

В мире несколько частных компаний уже готовятся оказывать услуги доставки грузов на Луну. В ноябре 2018 года администратор NASA, рассказал о подписании соглашений с девятью частными космическими компаниями, в рамках которых эти корпорации могут доставить зонды, роверы, посадочные модули и другие грузы космического агентства на Луну уже в следующем году. Общая стоимость их отправки и поддержания их работы не должна превышать 2,6 миллиарда долларов.

«Лунные грузы» будут сочетать в себе как научные инструменты, так и технологии, позволяющие использовать ресурсы Луны в полезных целях. Партнеры NASA, по словам администратора агентства, получают не только возможность играть роль «космических перевозчиков», но и поучаствуют в разработке самих аппаратов.

В число партнеров попали не только крупные компании, но и небольшие и неизвестные стартапы:

- Astrobotic Technology. Компания участвовала в конкурсе GoogleLunar X Prize, в настоящее время занимается разработкой лунного посадочного аппарата и ровера.

- Deep Space Systems. Подрядчик NASA, принимавший участие в реализации большого количества космических проектов от миссии MRO до создания нового корабля Orion.

- Draper. Вместе с партнерами из MIT компания участвовала в конкурсе Google Lunar X Prize. Также она занималась исследованиями в области космической навигации и разработкой новых скафандров.

- Firefly Aerospace. Аэрокосмическая американская компания-стартап (с проектным офисом в Днепре), занимающаяся разработкой семейства легких ракет-носителей.

- Intuitive Machines. Компания, разрабатывавшая ряд проектов различной космической техники, в том числе и лунный посадочный аппарат Nova-C.

- Lockheed MartinSpace. Одно из ведущих подразделений аэрокосмического гиганта LockheedMartin. Является главным подрядчиком по проекту нового космического корабля Orion

- Masten SpaceSystems. Компания, занимающаяся разработкой лунных спускаемых аппаратов.

- Moon Express. Компания, являвшаяся одним из главных претендентов на победу в Google Lunar X Prize. Несмотря на отмену конкурса, Moon Express продолжил разработку лунного спускаемого аппарата. Его запуск запланирован на следующий год.

- Orbit Beyond. Стартап, принимавший участие в конкурсе Google Lunar X Prize [5].

### **Возможности украинской космической отрасли по решению задач освоения Луны**

ГП «КБ «Южное» и украинская кооперация разрабатывают следующие проекты, которые могут стать составной частью международных лунных программ, или лунных программ отдельных стран:

- Проект Лунной исследовательской базы;

- Двигатель для посадочного модуля;

- Создание взлетно-посадочного модуля – перелетающего ЛПА, предназначенного для проведения изучения максимальной площади поверхности Луны. Предполагается после прилунения ЛПА в заданном районе и проведения исследований лунного грунта в этом районе осуществлять перелет ЛПА в новую точку. Масса полезного груза доставляемого на Луну и перемещаемого по ней 50 кг;

- Средства доставки на окололунную орбиту, включая семейство тяжелых и

сверхтяжелых РКН и межорбитальные буксиры;

- Концепция «двойного старта» – формирование путем стыковки на низкой околоземной орбите тяжелых грузов, выведенных РКН среднего класса, для последующей их доставки на окололунную орбиту;

- КА, предназначенные для изучения Луны и обеспечения связи с Землей.

Деятельность, связанная с начальным этапом освоения Луны будет носить исключительно затратный характер. Поэтому, в настоящее время, именно государства инвестируют в научно-исследовательскую деятельность по изучению возможности использования лунных ресурсов. Стоит выделить американскую программу по освоению Луны. Как известно, бюджет НАСА на 2019 год составил 21,5 млрд. долл. США. А в мае 2019 года Дональд Трамп выделил из государственной казны дополнительные \$ 1,6 млрд. на программы по освоению Марса и Луны в целях ускорить возвращение американских астронавтов на Луну [6].

Основная цель коммерческих компаний занимающихся, разработкой и проектированием ракет-носителей, способных доставлять полезные нагрузки на Луну, всевозможных посадочных модулей и средств проведения исследований – получение дохода и прибыли за счет государственного заказа в рамках государственных программ освоения Луны.

Поскольку в проекте Закона Украины «Про затвердження Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми України на 2019—2023 роки» не предусмотрено выделения средств на лунную программу [7], реальное осуществление лунных проектов украинских разработчиков возможно только при вступлении в кооперацию с компаниями из других стран.

### **Средства доставки на окололунную орбиту**

В части средств доставки на окололунную орбиту можно выделить следующие перспективные РКН: Space

Launch System, Falcon Heavy, космический корабль Straship.

Space Launch System — американская сверхтяжёлая ракета-носитель (РН), разрабатываемая NASA для пилотируемых экспедиций на Луну. Полезная нагрузка на НОО — 95-130 тонн. Стоимость пуска — от 500 млн. долл. США. По некоторым оценкам стоимость запуска может составить от 1,5 — 2,5 млрд. долл. США. На строительство SLS потрачено около 11,9 миллиарда долларов (еще более 13 миллиардов долларов ушло на разработку корабля Orion). Запуск РН постоянно переносится с 2017 года. В 2019 году его перенесли с июня 2020 года на неопределенный срок.

13 марта на слушаниях в американском Конгрессе директор НАСА признал, что SLS не будет готова к пуску в июне 2020 года. Он отметил, что, возможно, существует другая возможность провести миссию в этот срок — использовать для нее коммерческие ракеты. Конечно, ни одна ракета не в состоянии заменить SLS с ее грузоподъемностью до 130 т, поэтому для осуществления миссии потребуются два пуска. Единственной ракетой, которой хватит грузоподъемности для этого, является Falcon Heavy компании SpaceX. Falcon Heavy — американская ракета-носитель сверхтяжелого класса с возможностью повторного использования первой ступени. Полезная нагрузка на НОО — 63,8 тонн. Первый пуск состоялся 6 февраля 2018 года. Ракета вывела на орбиту автомобиль Tesla Roadster. Стоимость пуска — 80-130 млн. долларов США в зависимости от загрузки. Согласно предложенной идее, одна

ракета выведет на орбиту корабль «Орион», вторая — разгонный блок. Они состыкуются и отправятся в полет вокруг Луны. Однако существует множество проблем, и предложенная концепция вызывает много вопросов. НАСА только рассматривает этот вариант осуществления миссии.

Также в качестве средства доставки на окололунную орбиту в перспективе может использоваться создаваемые компанией SpaceX PH Super Heavy (ранее называвшаяся BFR) и космический корабль Straship. Данная система, в основном, будет предназначена для выведения спутниковой группировки Starlink компании SpaceX (12 000 КА). Для запуска около 12 000 спутников Starlink потребуется 60 запусков космического корабля Starship и SuperHeavy. При каждом запуске будет выведено 240 спутников Starlink. Кроме выполнения этой задачи, компания SpaceX планирует использовать данную систему для реализации своей марсианской программы.

ГП «КБ «Южное» занимается разработкой проекта экономически эффективного ракетно-космического комплекса, предназначенного, в том числе, для доставки полезных грузов разных масс на Луну. В состав КРК входит семейство РН «Маяк», способное доставлять от 4 000 кг до 25 500 кг на окололунную орбиту (это могут быть как космические аппараты, научные роверы, так и тяжелые модули лунных станций, и грузы для жизнеобеспечения астронавтов).

**Таблица 1 – Энергетические возможности РКН семейства «Маяк»**

Наименование РКН	Энергетические возможности на НОО высотой Н=200 км, кг	Энергетические возможности перелета с НОО на ОЛО, кг
«Маяк-СЗ.9»	21 600	3 886,1
«Маяк-СТЗ»	59 370	12 719,2
«Маяк СТ-5»	93 550	21 394
«Маяк-СТ6»	109 370	25 544

Согласно экспертным оценкам, на начальном этапе освоения Луны (2020-2025 гг.) транспортный поток на окололунную орбиту составит 700 тонн. В это время планируется выведение тяжелых конструкций (модулей

окололунной станции США, модулей лунной базы и т.п.). После первых 5 лет, последует условный 7-летний период, в течение которого будет выведено 700 тонн ПГ на ОЛО, а после — 8-летний, также с суммарным грузопотоком в 700 тонн.



Меньшая загруженность в более поздние годы объясняется тем, что основные тяжеловесные конструкции будут выведены в начале поэтапного освоения Луны. Дооснащение, которое будет происходить в более поздние годы (после 5 лет начального этапа) потребует меньших масс, объемов и габаритов ПГ, требуемого к выведению на ОЛО. Поэтому будут востребованы также и средние, и тяжелые РН, тогда так как сначала – сверхтяжелые.

Если предположить, что РКН семейства «Маяк» смогут занять примерно 10% рынка, то можно вычислить, что они смогут претендовать на выведение на ОЛО 70 тонн в первые 5 лет, 70 тонн в следующие 7 лет и 70 тонн в последующие 8 лет. Всего в расчетах принят 20-летний горизонт планирования. Исходя из принятого в расчетах значения грузопотока количество пусков для различных РКН семейства «Маяк» при использовании каждой РКН в отдельности было условно распределено следующим образом (табл. 2).

Две РН из семейства «Маяк» кроме пусков на ОЛО, предлагается использовать для осуществления коммерческих пусков на ПГСО с целью доставки полезных грузов и работы на коммерческом рынке.

Энергетические характеристики РН на ПГСО позволяют охватить сверхтяжелый и средний сегменты рынка ПГСО. Пуски на ПГСО позволят повысить рентабельность РКК: РН «Маяк-СТ3» – 21000 кг на ПГСО; РН «Маяк-С3.9» – 6650 кг на ПГСО.

Также с целью получения дохода и окупаемости РН, планирующихся к запуску на Луну, ГП «КБ «Южное» предлагает использовать данные РН для осуществления запусков КА из группировок, массой свыше 500 кг на низкие, в том числе солнечно-синхронные орбиты, а также на средние орбиты. Эти орбиты может обслуживать, в первую очередь, РН «Маяк С3.9». Все группировки являются коммерческими, что создает благоприятные рыночные условия. Планируемые низкоорбитальные группировки массой свыше 500 кг представлены в табл. 3.

**Таблица 2 – Количество пусков для различных вариантов использования РКН семейства «Маяк»**

Наименование РКН	Количество пусков за 20 лет операционного периода																				Итого
	год																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Вариант 1																					213 940 кг
«Маяк-СТ5»	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	10 пусков
Вариант 2																					218 418,4 кг
«Маяк-СТ5»	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4 пуска
«Маяк-СТ3»	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	8 пусков
«Маяк-СТ3» (ПГСО)	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	6 пусков
«Маяк-СЗ.9»	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	8 пусков
«Маяк-СЗ.9» (ПГСО)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	40 пусков
«Маяк-СЗ.9» (НОО)	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	19 пусков
Вариант 3																					204 352 кг
«Маяк-СТ6»	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	8 пусков
Вариант 4																					213 946,5 кг
«Маяк-СТ6»	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3 пуска
«Маяк-СТ5»	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3 пуска
«Маяк-СТ3»	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3 пуска
«Маяк-СТ3» (ПГСО)	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	6 пусков
«Маяк-СЗ.9»	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	9 пусков
«Маяк-СЗ.9» (ПГСО)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	40 пусков
«Маяк-СЗ.9» (НОО)	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	19 пусков

**Таблица 3 – Низкоорбитальные группировки КА массой свыше 500 кг**

Группировка	Страна производитель	Количество КА	Масса КА, кг	Годы запуска	РН	Высота, км и наклонение орбиты (тип орбиты)	Тип орбиты
OptiSar	Великобритания	8	1400	2020			ССО
OptiSar Optical	Великобритания	8	670	2020			ССО
WorldView-Legion	США, Саудовская Аравия	6	2500-3500	2021-20XX	FALCON 9v1.2FT BLOCK 5		ССО
Pleiades	Европа	4	750	2020-2021		695 км, 98.2°	ССО
Radarsat	США	3	1400	2019	Falcon v1.29 FT	592*592км, 97.7°	ССО
OneWeb	Великобритания	900 1280	150	2019-2021 г.г.	SOYUZ ST-B (FREGAT MT), SOYUZ 2-1B FREGAT M, Launcher One,	800-1200; 87, 9°	НОО- полярная  MEO
Starlink	США	12000	386	2019-2024 г.г. Вся группировка (12 000) будет запущена в течении 10 лет	FALCON 9v1.2FT BLOCK 5	1110 - 1325 км (4 000 КА). 335 км до 346 км (7000 КА)	НОО, ССО
KOMPSAT 7	Корея	1	2000	2021 г.г.	Vega C		ССО
Northstar	Канада	40	750	2021 г			ССО
SES O3B MPOWER	Германия	24	1200	2021-2022		7825 км, 0°; 7825 км, 70°	MEO
HALO 1	США	8		2021			MEO
SENTINEL 2	Германия	2	1140	2020		787 км × 788 км, 98.58°; 777 км × 779 км, 98.56°	ССО
SENTINEL 3	Франция	3	1250	2026-2027 г.г.		802 км × 806 км, 98.62°	ССО
SENTINEL 1	Италия	2	2300	2023-2025 г.г.		695 км × 700 км 98.2°	ССО
Leosat	Франция	84	1250	2019 г.г.-20XX	Falcon-9 или Ariane 6 (не точно)		НОО- полярная
Spacebelt	США	12	400	2019, 20XX	LauncherOne	450 км	НОО
Urthedaily	Великобритания	8	500-1000	2020 г.		600 км	ССО
WorldViewScout	США	6	100-500 кг	2019 г.-20XX	Falcon 9-???	617 км	ССО

Группировка	Страна производитель	Количество КА	Масса КА, кг	Годы запуска	РН	Высота, км и наклонение орбиты (тип орбиты)	Тип орбиты
JPSS	США	3	2930	2022 г.	1 КА - ATLAS V 401		ССО
Iridium NEXT	ЕС	12	860	2019	Falcon 9 FT	780 км, 86,4°	НОО- полярная

Согласно прогнозам специалистов ГП «КБ «Южное», РКН «Маяк-СЗ.9» сможет осуществлять 1-2 запуска в год с кластером КА массой свыше 500 кг из низкоорбитальных группировок, тем самым предоставляя услуги на коммерческом рынке.

Для определения ценового предложения, с которым будет выходить на рынок РКН семейства «Маяк» и для оценки конкурентной силы РКН и будущего спроса на услуги предлагаемых РКН был проведен конкурентный анализ компаний, представленных в данном сегменте рынка

транспортных услуг. Анализ проводился, исходя из расчетов энергетических возможностей РКН семейства «Маяк» при выведении на круговую орбиту высотой  $H=200$  км,  $i = 28,5^\circ$ . Проанализированы и систематизированы данные по существующим и разрабатываемым РКН ведущих космических держав для осуществления миссий на окололунную орбиту.

В табл. 4 представлены ценовые и энергетические характеристики транспортных услуг РКН на НОО по состоянию на 2019 год:

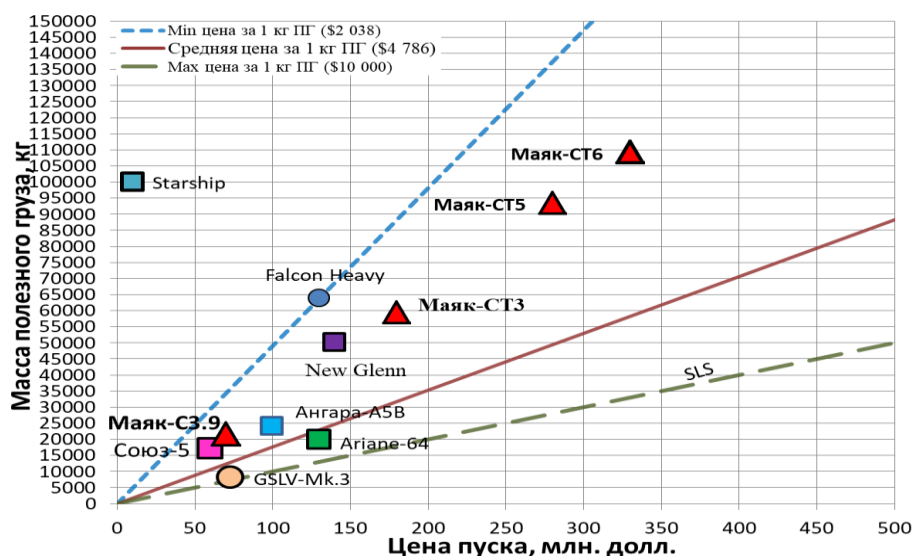


Рисунок 1 – Сравнение ценовых и энергетических характеристик РКН (■ - перспективные разрабатываемые РКН, ● - действующие РКН), которые выводят ПН на ОЛО с определением конкурентоспособной цены пуска для РКН семейства «Маяк»

Таблица 4 – Ценовые и энергетические характеристики транспортных услуг РКН на НОО по состоянию на 2019 год

Наименование РКН	Страна-изготовитель	Цена пуска, млн. долл.	Масса ПГ на НОО $H=200$ км, кг	Цена выведения ПН на НОО за 1 кг, долл.
Маяк-СЗ.9	Украина	70	21 600	3 241
Маяк-СТ3	Украина	180	59 370	3 032
Маяк-СТ5	Украина	280	93 550	2 993
Маяк-СТ6	Украина	330	109 370	3 017
Ангара-A5B	РФ	100	24 000	4 167
GSLV-Mk.3	ЕС	73	8 000	9 125
Союз-5	РФ	60	17 000	3 529
Ariane-64	ЕС	130	19 900	6 553
SLS	США	1500	150 000	10 000
Starship*	США	350	100 000	3 500
New Glenn	США	140	50 000	2 800
Starship	США	10	100 000	100
Falcon Heavy	США	130	63 800	2 038

\*По некоторым оценкам цена пуска корабля Starship вместе с РН Super Heavy (по состоянию на 2018 год) составила 10 млн. долларов. Однако, данная цена не является точной. К тому же, данная система, в основном, будет предназначена для выведения группировки компании SpaceX.

С ценой около 3 тыс. долл. США за запуск 1 кг ПН на НОО (от 70 до 330 млн. долларов за пуск), РКН семейства «Маяк» имеют выгодное положение на рынке запусков на НОО и на ОЛО в сравнении с конкурентными позициями других РКН данного сегмента рынка.

### **Выводы**

1. Исходя из сложившихся рыночных предпосылок, можно сделать вывод, что международная кооперация – наиболее реалистичный для ГП «КБ «Южное» сценарий участия в освоении Луны. Проанализированы данные по лунным программам ведущих космических держав. Лунная программа США является наиболее привлекательной. НАСА привлекает частные компании, которые могут стать партнерами КБ «Южное».

Сотрудничество с НАСА возможно по следующим направлениям:

- создание средств доставки на окололунную орбиту и их элементов;
- создание посадочного модуля;
- создание РД для посадочного модуля;
- создание межорбитальных буксиров и др.

Возможности по сотрудничеству с коммерческими компаниями:

Поскольку данные компании преимущественно не имеют опыта космической деятельности, то они могли бы стать заказчиками ГП «КБ «Южное» и украинской кооперации по следующим направлениям:

- создание отдельных элементов средств освоения Луны этих компаний,
- создание космических средств (посадочные модули, межорбитальные буксиры, средства сближения, стыковки и прочее), необходимых для реализации проектов этих компаний.

2. Разработана рыночная стратегия, позволяющая достигнуть экономической эффективности проекта эксплуатации семейства РН «Маяк» за счет одновременной работы во всех доступных

сегментах коммерческого рынка пусковых услуг и на рынке государственных заказов по выведению ПН на ОЛО.

3. Определен перспективный спрос на запуски РН семейства «Маяк» в рамках государственной программы США по освоению Луны:

- вариант 1 («Маяк-СТ5») – 10 пусков за 20 лет;
- вариант 2 («Маяк-СТ5», «Маяк-СТ3», «Маяк-С3.9») – 20 пусков за 20 лет;
- вариант 3 («Маяк-СТ6») – 8 пусков за 20 лет;
- вариант 4 («Маяк-СТ6», «Маяк-СТ5», «Маяк-СТ3», «Маяк-С3.9») – 18 пусков за 20 лет.

4. Определен перспективный спрос на запуски РН семейства «Маяк» в рамках коммерческих проектов по выведению ПН на ПГСО, НОО и среднюю орбиту:

- вариант 2,4 («Маяк-СТ3») на ПГСО – 6 пусков; «Маяк-С3.9» на ПГСО – 40 пусков; «Маяк-С3.9» на НОО – 19 пусков.

5. Предложены конкурентоспособные цены на рынке государственного заказа пусков на ОЛО и коммерческих пусков на ПГСО, НОО и среднюю орбиту, которые позволяют претендовать на участие в государственных программах и обеспечивают успех на коммерческом рынке.

### **Библиографические ссылки**

1. Frederic Masson. European space officials outline desired contribution to Deep Space Gateway, URL:<https://spacenews.com/european-space-officials-outline-desired-contribution-to-deep-space-gateway/>, October 26, 2018.
2. Morris Kahn. Moon Landing by Israel's Beresheet Spacecraft Ends in Crash. URL: <https://www.nytimes.com/2019/04/11/science/israel-moon-landing-beresheet.html>, April 11, 2019
3. Karen Northon. NASA Unveils Sustainable Campaign to Return to Moon, on to Mars, URL:<https://www.nasa.gov/feature/nasa->

unveils-sustainable-campaign-to-return-to-moon-on-to-mars, Sept. 26, 2018

Karen Northon. NASA Administrator Statement on Return to Moon in Next Five Years, URL: <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-administrator-statement-on-return-to-moon-in-next-five-years>, March 27, 2019.

4. Sean Potter. NASA Announces New Partnerships for Commercial Lunar Payload Delivery Services, URL: <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-announces-new-partnerships-for-commercial-lunar-payload-delivery-services>, March 28, 2019
5. Yvette Smith. NASA Moon 2024 Budget Amendment Available, Media Teleconference Today, URL: <https://www.nasa.gov/feature/nasa-moon-2024-budget-amendment-available-media-teleconference-today>, May 16, 2019
6. Проект Закону про затвердження Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми України на 2019-2023 роки № 9457 від 28.12.2018, URL: [http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4\\_1?pf3511=65308](http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=65308)

*Надійшла до редколегії 21.11.2019р.*

## Сведения об авторах



Величко Лилия Олеговна,  
Украина  
ГП «КБ «Южное»  
Экономист 2 категории  
Маркетинговые  
исследования в области  
освоения Луны



Ермоленко Евгения  
Александровна, Украина  
ГП «КБ «Южное»  
Руководитель отдела  
стратегического  
планирования и маркетинга  
Маркетинговые  
исследования в области  
освоения Луны