

# Планетная технология. Предпосылки формирования новой научной дисциплины

М.М. Хайрутдинов<sup>1</sup>, Ч.Б. Конгар-Сюрюн<sup>1</sup>✉, Ю.С. Тюляева<sup>2</sup>, А.М. Хайрутдинов<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Флоридский международный университет, г. Майами, США

<sup>3</sup> Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация  
✉Cheynesh95@mail.ru

**Резюме:** Рассмотрено военно-политическое противостояние в «космической гонке» между СССР и США, которое открыло исторические перспективы научного исследования и освоения космического пространства. Дана оценка новым инициативам США, не просто вернувшим противостояние в космической сфере, а определившим новые их векторы: коммерческое исследование минерально-сырьевой базы небесных тел; добыча и использование ресурсов космического пространства; попытка установить границы коммерческих интересов стран на космических телах. Сделана оценка развития горной отрасли, указано на интенсификацию извлечения полезных ископаемых и влияние работ по добыче минеральных ресурсов на экологию. Проведён анализ возникающих техногенных катастроф на предприятиях горнопромышленного комплекса и их влияния на человека и окружающую среду. Высказано мнение, что постепенное истощение ресурсов Земли, ухудшение экологической обстановки в регионах, осуществляющих добычу полезного ископаемого, и достаточно хорошая изученность ряда космических тел, обладающих наличием уникальных запасов минерального сырья, делает небесные тела привлекательными для коммерческого освоения. Проанализированы программы различных государств в области освоения небесных тел и возможного освоения их минерально-сырьевой базы. Рассмотрены тенденции и концепции дальнейшего направления исследований в области освоения космического пространства, общность и различие геотехнологии и процесса извлечения полезного ископаемого из небесных тел. Определена связь между освоением минерально-сырьевой базы небесных тел и развитием ряда смежных наук. Выявлены предпосылки возможного формирования нового самостоятельного научного направления, определены его этапы. Высказано предположение о возможности выделить новый объект исследования и рассматривать извлечение полезного ископаемого из космических тел как отдельную науку. Отмечено, что ввиду отсутствия отрасли планетарной разработки и освоения минерально-сырьевой базы космических тел, развитие данной науки будет основываться не на анализе накопленного опыта, а на научных знаниях, полученных в результате исследований. После выделения объекта исследования были определены предмет исследования и цели, обозначена взаимосвязь с другими науками.

**Ключевые слова:** астероид, астротехнология, геотехнология, добыча полезных ископаемых, космическое тело, космос, месторождение, минеральное сырьё, минерально-сырьевая база космических тел, небесное тело, недра, планетная геология, планетная технология, природные ресурсы, разработка месторождений, руда, ресурсы космических тел, ресурсы небесных тел

**Для цитирования:** Хайрутдинов М.М., Конгар-Сюрюн Ч.Б., Тюляева Ю.С., Хайрутдинов А.М. Планетная технология. Предпосылки формирования новой научной дисциплины. *Горная промышленность*. 2020;(3):113–120. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-3-113-120.

# Planetary Technology. Prerequisites for the Formation of a New Scientific Discipline

M.M. Khayrutdinov<sup>1</sup>, Ch.B. Kongar-Syuryun<sup>1</sup>✉, Yu.S. Tyulyaeva<sup>2</sup>, A.M. Khayrutdinov<sup>3</sup>

<sup>1</sup> National University of Science and Technology MISiS, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Florida International University, Miami, USA

<sup>3</sup> RUDN University, Moscow, Russian Federation  
✉Cheynesh95@mail.ru

**Abstract:** The article considers the military-political confrontation in the "space race" between the USSR and the United States, which opened up historical prospects for scientific research and development of outer space. The assessment to new initiatives of the USA is given. Such initiatives that have not just returned the confrontation in the space sphere but have defined a new vector: commercial research of the mineral resources of celestial bodies; exploitation and utilization of space resources; an attempt to establish boundaries of commercial interests of the States on celestial bodies. An assessment of the development of the mining industry, indicating the intensification of mineral extraction and the impact of mining operations on the environment, is made. The paper also contains an analysis of emerging man-made disasters at mining enterprises and their impact on humans and the environment. It is suggested that the gradual depletion of Earth's resources, the deterioration of the environmental situation in the locations where minerals are extracted, and a good knowledge of a number of space bodies that have unique reserves of mineral raw materials, makes the celestial bodies attractive for commercial development. The programs of various States in the field of development of celestial bodies and possible development of their mineral resources are analyzed. The article deals with the trends and concepts of further research in the field of space exploration, the commonality and difference of Geotechnology and the process of extracting minerals from celestial bodies. The mutual relationship between the development

of the mineral resource base of celestial bodies and the development of several related Sciences is determined. The prerequisites for the possible formation of a new independent scientific direction are identified, and its stages are defined. It is suggested that it is possible to identify a new object of research and consider the extraction of minerals from space bodies as a separate science. It was also noted that due to the lack of industry planetary development and exploration of mineral resource base of the celestial bodies, the development of this science will be based on the analysis of experience and scientific knowledge obtained through research. After selecting the object of research, the subject of research and goals were also determined, as well as the relationship with other related Sciences was indicated.

**Keywords:** asteroid, astrotechnology, geotechnology, mineral extraction, space body, space, deposit, mineral raw materials, mineral and raw material base of space bodies, celestial body, bowels, planetary geology, planetary technology, natural resources, development of deposits, ore, resources of space bodies, resources of celestial bodies

**For citation:** Khayrutdinov M.M., Kongar-Syuryun Ch.B., Tyulyaeva Yu.S., Khayrutdinov A.M. Planetary Technology. Prerequisites for the Formation of a New Scientific Discipline. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2020;(3):113–120. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2020-3-113-120.

**Введение.**

**Военно-политическое противостояние как толчок к освоению космического пространства**

Научно-технический прогресс в последние десятилетия идёт ускоренными темпами и приобретает глобальные масштабы. Развитие науки и техники открывает возможности применения абсолютно новых технологий, усиливает конкуренцию между данными технологиями и распространяется в относительно новых областях, локациях и пространствах. Зачастую противостояние происходит между крупными корпорациями, за которыми, как правило, стоит государство. Соперничество между странами, зародившееся многие тысячи лет назад, перемещается с устоявшихся арен: суша, море – в относительно новые: киберпространство; космическое пространство, которое даже на исходе четверти XXI столетия остаётся малоисследованным и практически не освоенным.

Первые шаги в освоении космического пространства были сделаны в 1957 г., и человечество их осуществляло в условиях противостояния двух крупнейших государств: СССР и США. В рамках гонки вооружений, использовавшейся как политическая конфронтация, космическое пространство использовалось не только для научно-технического противостояния, но и для приобретения решающего перевеса в военно-техническом соперничестве [1].

При этом стоит обратить внимание на положительный эффект данного противостояния: желание каждой из двух сверхдержав позиционировать себя как лидера политического мироустройства посредством милитаризации космоса открыло человечеству перспективы научного исследования и коммерческого освоения космического пространства. Подобный подход соперничества не позволял двум странам достичь существенного прогресса в исследовании космоса и освоении космического пространства. С окончанием «холодной войны» Россия (правопреемник СССР) и США прекратили расходование усилий на дублирование достижений и объединили накопленный научно-технический потенциал и имеющиеся экономические ресурсы для осуществления совместных космических проектов. К реализации научных проектов в области исследования космоса и небесных тел присоединилось множество стран. За короткое время количество государств, имеющих собственные ракеты-носители и способных запускать их с собственных космодромов, увеличилось до 14. Пусковую деятельность осуществляет также частная компания: американская компания SpaceX, Orbital Sciences Corporation [2].

Принятый президентом США Д. Трампом 7 апреля 2020 г. «Исполнительный указ о поощрении международной поддержки деятельности по восстановлению и использованию космических ресурсов» (Executive Order on

Encouraging International Support for the Recovery and Use of Space Resources) наряду с «Соглашением Artemis» (Artemis Accords) усилил во всём мире политическую риторику относительно нового витка «космической гонки». При этом многие страны, а в особенности страны, имеющие возможность запуска ракет-носителей собственными силами и принимающие активное участие в исследованиях космоса, подняли вопросы о необходимости научного освоения небесных тел, изучения особенностей планетной геологии (астрогеологии), возможности освоения ресурсов небесных тел и правовые аспекты этой деятельности.

Возобновлённый интерес к освоению космического пространства имеет иной вектор, чем в середине XX столетия. Хотя при сохранившихся целях – лидерство в политическом мироустройстве – имеет иные задачи: коммерческое исследование, добыча и использование ресурсов космического пространства<sup>1</sup>; попытка установить границы коммерческих интересов на космических телах<sup>2</sup>.

Однако предпосылки к добыче и использованию ресурсов космических тел складываются уже не одно десятилетие [3].

**Предпосылки начала коммерческого освоения небесных тел**

Развитие человечества не стоит на месте, а последние два десятилетия прогрессирует ускоренными темпами. Эволюция подразумевает развитие во всех областях хозяйственно-экономической и научно-исследовательской деятельности. Прогрессивное общество потребляет больше товаров и услуг, что сопряжено с увеличением потребления ресурсов, что в свою очередь предполагает интенсификацию извлечения и переработки данных ресурсов. За 20 лет – с 1998 по 2018 г. – мировая добыча угля увеличилась на 90,5% (с 4206 до 8012 млн т/год); железной руды на 255,7% (с 994 до 2542 млн т/год); медной руды на 89,1% (с 11,1 до 21 млн т/год); руд цветных металлов на 88,8% (с 45 до 85 млн т/год).

Столь интенсивная разработка месторождений полезных ископаемых ведёт к быстрому их истощению. Запасы, относящиеся ранее к забалансовым, вовлекаются в разработку. Данные запасы характеризуются низким качеством минерального сырья: низкое содержание полезного компонента; увеличение вредных примесей; рост доли труднообогатимых и трудноизвлекаемых руд [4].

При ускоренных темпах извлечения полезного ископаемого горнодобывающие предприятия достаточно остро столкнулись с ранее известными проблемами, которые по

1 Указ Президента США от 07.04.2020 Executive Order on Encouraging International Support for the Recovery and Use of Space Resources.

2 Директива президента США от 11.12.2107 Space Policy Directive 1.



**Рис. 1**  
Техногенные катастрофы на рудниках:  
а) Провал поверхности на БКРП-1 «Уралкалий», Пермский край, Россия;  
б) Горный удар на руднике «Умбозеро», Мурманска обл., Россия

**Fig. 1**  
Man-made disasters:  
a) Failure in the territory of BKPRU-1 of OJSC «Uralkali», Perm region, Russia;  
b) Rock blow at the “Umbozero” mine, Murmansk region, Russia

форме проявления и воздействия выходят за рамки ранее известных [5]. При извлечении полезного ископаемого всегда происходили аварии, приводившие к временной остановке работы рудника, но в последнее время при разработке месторождений происходят техногенные катастрофы, приводящие к разрушению рудника и потере части запасов, а зачастую всего месторождения (рис. 1) [6]. При разработке месторождений всё чаще стали происходить горно-тектонические удары и техногенные землетрясения, которые вызывают образование провалов (рис 1, а), повреждения зданий и сооружений на поверхности, разрушение горных выработок (рис. 1, б), возникновение трещин, которые приводят к ослаблению вышележащих пород, нарушению водозащитной толщи, исчезновению водотоков и др. [7]. На газовых и нефтяных месторождениях наблюдается техногенная сейсмичность, происходят техногенные колебания, вибрации и землетрясения [8]. Вибрационные колебания, вызываемые техногенными землетрясениями и горно-тектоническими ударами, возникают в земной коре и распространяются на достаточно большие расстояния [9–11]. Здания и сооружения, расположенные в зоне распространения данных колебаний, подвергаются существенному воздействию [8; 12; 13]. Несмотря на малую амплитуду вибрационные колебания оказывают влияние на конструктивную эволюцию деформационных процессов, происходящих в земной коре [14; 15].

Деятельность горнодобывающих предприятий оказывает существенное воздействие на экологию (рис. 2). По сведениям



**Рис. 2**  
Техногенное влияние геотехнологии на экологию:  
а) хвостохранилище Джидинского вольфрамомолибденового комбината г. Закаменск, Бурятия, Россия;  
б) Зона техногенного воздействия горнодобывающего предприятия (1) и территория города (2)

**Fig. 2**  
Technological impact of geotechnology on the environment:  
a) tailing dump of the Dzhidinsky tungsten-molybdenum plant Zakamensk, Buryatia, Russia;  
b) Zone of technological impact of mining enterprises (1) and the territory of the city (2)

Министерства природных ресурсов и экологии, суммарный объем сбрасываемых вод в поверхностные водоёмы в результате деятельности горнодобывающих предприятий в 2019 г. составил 1394,0 млн м<sup>3</sup>, при этом 996,0 млн м<sup>3</sup> составляют загрязнённые сточные воды; к настоящему времени на территории России складировано более 45 млрд т отходов горно-обогатительного производства различного класса опасности.

При разработке месторождений воздействию и нарушению подвергаются территории, площадь которых перекрывает территорию близлежащего города (рис. 2, б). Помимо этого, отвалы пород от вскрышных и проходческих работ и пляжи хвостохранилищ являются источниками пылеобразования (рис. 2, а) [16].

Ввиду того что экономические и экологические последствия деятельности человека, связанные с извлечением полезного ископаемого, достигли масштабов, сопоставимых с воздействием природных, коренных процессов, протекающих на Земле [15; 17], необходимо признать, что устойчивое развитие общества и благополучное и безопасное существование человечества [18] недостижимы без освоения ресурсов небесных тел и колонизации космических объектов [19].

Истощение минерально-сырьевых ресурсов, отрицательное воздействие геотехнологии на экологию в совокупности с достаточно высокой исследованностью ряда

космических тел, обладающих уникальными запасами минерального сырья, делает небесные тела привлекательными для освоения [20]. Научно-техническая эволюция и прогресс технологических решений предопределяют вектор последующий экспансии человека на небесные тела, связанной с расширением сфер его деятельности от добычи полезных минералов с небесных тел до полной их колонизации: перенос всего горного производства на космические тела; захоронение на них всех видов отходов; создание промежуточных баз для поэтапного освоения космического пространства; использование энергии и др. [21].

### **Пополнение знаний и новые концепции освоения минерально-сырьевой базы небесных тел как этап зарождения новой науки**

Ранее освоение космического пространства и колонизация небесных тел рассматривались с целью создания комфортных и экологически безопасных зон для проживания человека. На данном этапе, осознав, что Земля с её неповторимой атмосферой и природой, является единственной планетой для комфортной жизни, вектор освоения небесных тел приобрёл иную направленность, основной из которых является добыча полезных ископаемых [22].

В настоящее время активность в освоении ресурсов небесных тел проявляют ряд государств: Россия, США, Китай, Индия, Япония, Евросоюз, а также частные компании и корпорации. Коммерческое освоение небесных тел позволяет странам и корпорациям закрепиться не только в околоземной орбите, но и непосредственно на самих телах, и создать предпосылки для полной колонизации, коммерческой разведки, добычи и использования ресурсов космического пространства [23].

Развитие и реализация коммерческого освоения небесных тел предполагают извлечение полезных ископаемых, и их передел на месте добычи [24]. Освоение минерально-сырьевой базы космических тел является неординарным вектором освоения космического пространства, и многие эксперты скептически относятся к целесообразности и своевременности данного проекта. При этом необходимо учитывать, что его реализация – от формирования концепции и разработки технологий извлечения до создания оборудования и непосредственного начала эксплуатации – потребует не одно десятилетие [25]. Но при этом своевременная подготовка концепции освоения минерально-сырьевой базы космических тел и скорейшая её реализация создаст основу лидерства в данной области [26]. В связи с этим каждое государство ставит приоритетом освоение минерально-сырьевой базы космоса: Федеральная космическая программа России на 2016–2025 гг., утвержденная постановлением Правительства РФ от 23 марта 2016 г. № 230 в России; «Соглашения Artemis» (Artemis Accords) и «Исполнительный указ о поощрении международной поддержки деятельности по восстановлению и использованию космических ресурсов» (Executive Order on Encouraging International Support for the Recovery and Use of Space Resources) в США; JUICE (JUperiter ICy moons Explorer) в Евросоюзе; Chang'e в КНР и др.

Согласно исследованиям астрофизиков космические тела содержат железо, никель, магний, кобальт, титан, драгоценные и редкоземельные металлы (рений, иридий, платина и др.), минералы, из которых можно получать воду, кислород, водород. Потенциальные запасы минерального сырья на космических телах исчисляются триллионами долларов. Например, стоимость ресурсов в поясе асте-

роидов – \$700 квинтиллионов или \$100 млрд на каждого жителя Земли; среднего платинового (богатого платиной) астероида – около \$3 трлн; небесного тела с замороженной водой – около \$5 трлн; железной руды на астероиде (16) Психея, космический аппарат для изучения которого отправится в 2022 г., – \$10 трлн; полезных ископаемых астероида UW-158, содержащего около 100 млн т платины, – до \$5,4 трлн [20; 27].

Минерально-сырьевая база космического пространства рассматривается как стратегический актив. Космические тела помимо ценности для долгосрочных научных исследований имеют коммерческий, экономический, военный и политический потенциалы. При этом все виды деятельности, подпадающие под режим международного космического права, правительством США рассматриваются как устаревшие.

Принятые законы и программы<sup>3</sup>, предоставляющие компаниям право собственности на ресурсы, которые они добывают в космическом пространстве, идут вразрез с международным законодательством [28]. При этом необходимо отметить, что США пытаются интенсифицировать заключение международного соглашения до того момента, пока какая-либо область космического пространства или космического тела не будет объявлена «исключительной» для науки или по какой-то другой причине [29]. Следовательно, необходимо создание науки, изучающей небесные тела и их минерально-сырьевую базу, позволяющей признать данную область исключительной, что будет препятствовать попыткам США изменить режим международного космического права.

Коммерческое освоение наряду с добычей минерально-сырьевых ресурсов с небесных тел позволит занять ключевые научные позиции в области освоения минерально-сырьевой базы космического пространства, гарантировать политическую и экономическую независимость государства и на долгие годы стать лидером в этой области [30; 31].

Всемирный и глобальный интерес к коммерческому освоению ресурсов космических тел наряду с отсутствием машин, механизмов и технологий предопределяет дальнейший вектор научных исследований, а именно разработку технологий и создание машин и механизмов, адаптированных к работе на небесных телах, осуществляющих добычу полезных ископаемых на них [32]. Научные исследования по освоению ресурсов космических тел ведутся в различных областях [20; 24; 25; 33]: планетарная геология (астрогеология) и разведка минерально-сырьевой базы небесных тел; астрофизика; космонавтика – и не подчинены единой науке, что препятствует более четкому системному анализу, выработке объективных знаний путём сбора фактов, их регулярного обновления, систематизации и критического анализа [34].

Исследование и коммерческое освоение минерально-сырьевой базы космических тел предопределяют нестандартный подход к разрешению обширного спектра прикладных и фундаментальных научных вопросов.

Ввиду отсутствия практического опыта добычи минерального сырья на космических телах систематизация и выработка объективных знаний будут производиться на основе научных исследований. Технология, способы и процессы освоения минерально-сырьевой базы небесных тел не имеют аналогов с геотехнологией [35]. Необходимо

<sup>3</sup> Указ Президента США от 07.04.2020 Executive Order on Encouraging International Support for the Recovery and Use of Space Resources; Директива президента США от 11.12.2107 Space Policy Directive 1.

учесть, что рождение науки происходит в процессе развития общества при неизменном пополнении знаний, появлении новых идей и концепций, более ранние представления становятся частными случаями новых теорий [36]. Научное представление мира – величина не постоянная и не является абсолютной. Научная картина (модель) мира создается путём соединения в одно целое разрозненных научных понятий и принципов, обобщения ранее полученных знаний и придания общего вектора представлениям о закономерностях и свойствах реальной действительности [37].

Переосмысление ранее полученных результатов, проверка прежних теорий, гипотез и концепций, установление новых истин позволяют создать более новые, соответствующие реальности, что ведёт к развитию науки и созданию новых её направлений [38; 39].

Создание новой науки или самостоятельного научного направления сопровождается следующими этапами [40]:

- выделение нового объекта исследования;
- выделение предмета исследования;
- определение цели, задач и направлений исследований;
- создание новых методов исследования этого объекта;
- определение предмета и содержания новой науки (научные труды, обучающие курсы, музеи, конференции, номенклатура и пр.);
- формирование научной школы и преемственности новой области знаний.

Эволюционное развитие освоения ресурсов космического пространства, научные представления о них, основанные на системности подтверждённых фактов и установленных причинно-следственных связей, создают предпосылки к возможности выделить новый объект исследования и рассматривать извлечение полезного ископаемого с космических тел как отдельную науку: планетную (космическую) технологию или астротехнологию.

### **Планетная технология (астротехнология)**

Зарождение и развитие горной отрасли на Земле происходило без научных исследований и изысканий. Возникновению горной науки геотехнологии предшествовало появление разного рода сложных, не поддающихся разрешению производственных и технологических вопросов и различных аварий на рудниках. Для улучшения технологии добычи и усовершенствования процессов извлечения полезных ископаемых из недр, а также исключения возникновения аварийных ситуаций на горнодобывающих предприятиях была привлечена наука. Развитие геотехнологии началось с обобщения накопленного опыта и знаний в области извлечения полезного ископаемого. Прикладной характер геотехнологии подтверждается тем, что её развитие основывается и идёт вслед за развитием горной отрасли [41].

Планетная технология (астротехнология) как наука даёт деконструктивное восприятие имеющихся знаний в области извлечения полезных ископаемых не только в понимании объекта исследования, но её глобально-политического предназначения, эволюционной роли, переосмысления научных целей, задач и направлений. Ввиду того что понятие освоение минерально-сырьевой базы выходит за пределы сложившихся границ, а наука начинает опережать общественное сознание и производство, можно предположить, что планетная технология может иметь фундаментальный характер.

Планетная разработка минерально-сырьевой базы не имеет опыта и в планетном горнопромышленном производ-

стве отсутствует техническая оснащённость, так как отрасль находится в стадии зарождения. Следовательно, планетная технология (астротехнология) получит развитие как самостоятельная наука. Это является вторым аргументом фундаментальности астротехнологии, так как планетарная горнопромышленная отрасль будет идти вслед за наукой и использовать достижения и технологии, полученные в ходе развития данной науки. В дальнейшем формирование, развитие и становление смежных отраслей или отраслей, связанных с планетарной разработкой: планетарное машиностроение; космическое право; космонавтика; робототехника, – будут основываться на результатах и выводах, сделанных при научных изысканиях в области астротехнологии.

Планетная технология как наука, изучающая извлечение полезного ископаемого, задаёт значительный вектор развития в устоявшейся практике, традиционных моделях с учётом её влияния на эволюцию человечества. Охват направлений и масштабов исследований и значимость результатов принимают такой характер, когда прогресс в одном секторе расширяет горизонты других отраслей науки и техники, таких как: робототехника [20; 24; 25]; международное право [31; 42] (правовое урегулирование коммерческого использования космоса, границы и зоны безопасности в космосе и др.); космонавтика (доставка минерального сырья и грузов) и др.

С учётом теории создания новой науки как самостоятельного направления [40] за этапом выделения планетной технологии (астротехнологии) как объекта самостоятельного исследования необходимо выделить предмет исследования и определить цели.

Предметом исследования в астротехнологии являются технология, техника и экономическая целесообразность извлечения полезных ископаемых с небесных тел в тесной взаимосвязи с астрофизическими исследованиями, исследованиями условий залегания полезных ископаемых на небесных телах, космонавтикой – возможностью доставки грузов на небесные тела и полезных ископаемых на Землю, строительства горно-добывающих предприятий на небесных телах, робототехникой и создание машин, механизмов и комплексов, работающих в условиях космического пространства.

Из этого можно определить цели астротехнологии как науки: изучение и создание научной базы астрофизических процессов и условий залегания полезных ископаемых на небесных телах; разработка безопасных и экономически целесообразных технологических способов извлечения полезных ископаемых с небесных тел; создание безопасных технологий утилизации и складирования отходов и мусора на небесных телах; разработка машин, механизмов и комплексов, занимающихся извлечением полезных ископаемых с небесных тел; научное обоснование и создание предпосылок строительства горнодобывающих предприятий на небесных телах; обобщение, анализ и развитие робототехники, космонавтики, космического права для расширения и увеличения минерально-сырьевой базы Земли, создания комфортного и экологически безопасного проживания на Земле.

### **Выводы**

Зарождение и развитие планетной горнопромышленной отрасли формируется на базе научных исследований. Отсутствие опыта и каких-либо знаний в области извлечения полезных ископаемых на небесных телах делает планет-

ную технологию (астротехнологию) самостоятельной фундаментальной наукой.

Успешное разрешение мультидисциплинарных и многообразных задач планетной технологии возможно при тесных взаимосвязях между различными науками-симбионтами, при всеобъемлющей оценке знаний в области геотехнологии, осмыслении накопленного теоретического и научного опыта извлечения полезного ископаемого из недр Земли в комплексе с новейшими технологическими разработками в области исследования космоса.

Астротехнология формирует не только научные зна-

ния о технологии извлечения полезных ископаемых из небесных тел, но и экономико-политическую философию и убеждения, создаёт инновационный образ мышления. Объединение разрозненных научных понятий и принципов, обобщение ранее полученных знаний и придание общего вектора представлениям о закономерностях в области освоения минерально-сырьевой базы космического пространства, осуществляемые через механизм мультидисциплинарных исследований, даёт развитие не только смежным отраслям науки, но и государству, уделяющему особое внимание планетной технологии.

**Список литературы**

1. Щеголькова Д.В., Орешкина Е.И., Шушканова Е.А. Космическая гонка вооружения в годы холодной войны. *Актуальные проблемы авиации и космонавтики*. 2011;2(7):97–99. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22601081>
2. Ханышева А.Р. Противостояние КНР и США в космосе. *Актуальные проблемы современных международных отношений*. 2017;(9):58–64. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30673777>
3. Хайрутдинов А.М., Тулыаева У.С. Извлечение полезного ископаемого на небесных телах. Предпосылки, технологические аспекты и правовые основы. В: Чантурия В.А. (ред.) *Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых: материалы 14 Международной научной школы молодых ученых и специалистов, г. Москва, 28 октября – 1 ноября 2019 г.* М.: ИПКОН РАН; 2019. С. 280–283.
4. Хайрутдинов М.М. Пути совершенствования систем разработки с закладкой выработанного пространства. *Горный журнал*. 2007;(11):40–43. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9599569>
5. Хайрутдинов М.М. Применение отходов горного производства в качестве закладочного материала для снижения вредного воздействия на окружающую среду. *Горный журнал*. 2009;(2):64–66. Режим доступа: <https://www.rudmet.ru/journal/552/article/5962/>
6. Тулыаева У.С., Хайрутдинов А.М. Шающаяся геотехнология. В: Чантурия В.А. (ред.) *Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых: материалы 14 Международной научной школы молодых ученых и специалистов, г. Москва, 28 октября – 1 ноября 2019 г.* М.: ИПКОН РАН; 2019. С. 283–286.
7. Ivannikov A.L., Kongar-Syuryun C., Rybak J., Tuulyaeva Y. The reuse of mining and construction waste for backfill as one of the sustainable activities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019;362:012130. DOI: 10.1088/1755-1315/362/1/012130.
8. Herbut A., Khairutdinov M., Kongar-Syuryun C., Rybak J. The surface wave attenuation as the effect of vibratory compaction of building embankments. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019;362:012131. DOI: 10.1088/1755-1315/362/1/012131.
9. Gorska K., Muszyński Z., Rybak J. Displacement monitoring and sensitivity analysis in the observational method. *Studia Geotechnica et Mechanica*. 2013;35(3):25–43. DOI: 10.2478/sgem-2013-0028.
10. Dobrzycki P., Kongar-Syuryun C., Khairutdinov A. Vibration reduction techniques for Rapid Impulse Compaction (RIC). *Journal of Physics: Conference Series*. 2019;1425:012202. DOI: 10.1088/1742-6596/1425/1/012202.
11. Rybak J., Schabowicz K. Survey of vibrations generated in course of geotechnical works. In: *NDE for Safety: 40th international conference and NDT exhibition: proceedings, Pilsen Czech Republic*. Brno University of Technology; 2010. P. 237–246.
12. Bagińska I., Kawa M., Janecki W. Estimation of spatial variability of lignite mine dumping ground soil properties using CPTu results. *Studia Geotechnica et Mechanica*. 2016;38(1):3–13. DOI: 10.1515/sgem-2016-0001.
13. Herbut A., Rybak J., Brząkała W. On a sensor placement methodology for monitoring the vibrations of horizontally excited ground. *Sensors*. 2020;20(7):1938. DOI: 10.3390/s20071938.
14. Wyjadłowski M. Methodology of dynamic monitoring of structures in the vicinity of hydrotechnical works – selected case studies. *Studia Geotechnica et Mechanica*. 2017;39(4):121–129. DOI:10.1515/sgem-2017-0042.
15. Кочарян Г.Г., Костюченко В.Н., Павлов Д.В. Инициирование деформационных процессов в земной коре слабыми возмущениями. *Физическая мезомеханика*. 2004;7(1):5–22. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=10007700>
16. Конгар-Сюрюн Ч.Б. Построение математической модели прогнозирования качественно-количественных показателей обогачительных фабрик. В: Чантурия В.А. (ред.) *Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых: материалы 14 Международной научной школы молодых ученых и специалистов, г. Москва, 28 октября – 1 ноября 2019 г.* М.: ИПКОН РАН; 2019. С. 336–338.
17. Kawa M., Bagińska I., Wyjadłowski M. Reliability analysis of sheet pile wall in spatially variable soil including CPTu test results. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 2019;19(2):598–613. DOI: 10.1016/j.acme.2018.10.007.
18. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Бурцев Л.И. *Экологические проблемы освоения недр при устойчивом развитии природы и общества*. М.: Научтехлитиздат; 2003.
19. Ильин И.В., Урсул А.Д., Урсул Т.А. Новые глобальные цели устойчивого развития. *Вестник московского университета. Серия 27: Глобалистика и геополитика*. 2015;(3/4):60–84. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26471354>
20. Ананьев П.П., Васильев С.В., Мещеряков Р.В., Плотникова А.В., Беляков К.О., Кузнецов Е.Б. Перспективы развития космической горноперерабатывающей отрасли. *Инновации*. 2016;(4):4–8. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29777144>
21. Ананьев П.П., Воробьев А.В. Перспективные задачи горного дела при освоении природных космических объектов. *Горный журнал*. 2015;(4):107. Режим доступа: <https://www.rudmet.ru/journal/1417/article/24326/>
22. Морозов С. Л. Идеология космической экспансии. *Воздушно-космическая сфера*. 2019;(1):50–61. DOI: 10.30981/2587-7992-2019-98-1-50-61.
23. Сидоров А.В., Щеголькова Д.В., Семенова Л.А. Освоение луны: политика, коммерческий интерес или научные исследования. *Актуальные проблемы авиации и космонавтики*. 2012;2(8):463–464. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22602102>
24. Бобин В.А., Бобина А.В. Гирокосмические горные машины для освоения полезных ископаемых луны и строительства на ней постоянных поселений. *Воздушно-космическая сфера*. 2019;(2):26–31. DOI: 10.30981/2587-7992-2019-99-2-26-31.
25. Ананьев П.П., Мещеряков Р.В., Ларионов П.В., Плотникова А.В., Беляков К.О. Методические подходы к переработке космического минерального сырья. *Руды и металлы*. 2017;(2):69–74. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30021950>
26. Калинин Е.П. Научный обзор проектов по изучению и освоению минерально-сырьевых ресурсов Луны и других естественных небесных тел. *Известия Коми научного центра УрО РАН*. 2017;(2):101–103. Режим доступа: [http://www.izvestia.komisc.ru/archive/i30\\_ann.files/kalinin.pdf](http://www.izvestia.komisc.ru/archive/i30_ann.files/kalinin.pdf)
27. Коняев А. Небо в алмазах. Добыча полезных ископаемых на астероидах становится реальностью. 30 января 2013 г. Режим доступа: <https://lenta.ru/articles/2013/01/30/asteroid/>

28. Степаненко А.С., Pietkiewicz M. Попытки национального присвоения космического пространства и небесных тел. *Инновационная наука*. 2016;(5-2):270–275. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25994794>
29. Roulette J. *Exclusive: Trump administration drafting 'Artemis Accords' pact for moon mining – sources*. May 5, 2020. Available at: <https://www.reuters.com/article/us-space-exploration-moon-mining-exclusi-idUSKBN22H2SB>
30. Хайрутдинов А.М. Актуальные проблемы добычи природных ресурсов на небесных телах. В: *Правовое регулирование общественных отношений на земле и в космическом пространстве: материалы международной научно-практической молодежной конференции, г. Самара, 9–10 ноября 2018 г.* Самара: Самарский университет; 2018. С. 234–235. Режим доступа: [http://repo.ssau.ru/bitstream/PRAVOVOE-REGULIROVANIE-OBSHESTVENNYH-OTNOSHENII/Aktualnye-problemy-dobychi-prirodnih-resursov-na-nebesnyh-telah-72687/1/ilovepdf\\_com-234-235.pdf](http://repo.ssau.ru/bitstream/PRAVOVOE-REGULIROVANIE-OBSHESTVENNYH-OTNOSHENII/Aktualnye-problemy-dobychi-prirodnih-resursov-na-nebesnyh-telah-72687/1/ilovepdf_com-234-235.pdf)
31. Самофалова О. *На Земле начинается битва за космические ресурсы*. 5 октября 2017 г. Режим доступа: [www.vz.ru/economy/2017/10/5/889768.html](http://www.vz.ru/economy/2017/10/5/889768.html)
32. Бурков В.Д., Васильев В.П., Есаков В.А., Перминов С.В., Шукин Д.Г., Капранов Ю.С., Куфаль Г.Э., Бурлаков А.Б. Возможности создания обитаемой исследовательской базы на Луне. *Лесной вестник*. 2015;(1):97–101.
33. Слюта Е.Н. Основные типы лунных ресурсов и проблемы их добычи и обогащения. *Горный журнал*. 2017;(4):13–18. DOI: 10.17580/gzh.2017.04.02.
34. Keller J.W., Petro N.E., Vondrak R.R. The Lunar Reconnaissance Orbiter Mission – Six years of science and exploration at the Moon. *Icarus*. 2016;273:2–24. DOI: 10.1016/j.icarus.2015.11.024.
35. Каплунов Д.Р., Мельник В.В., Рьльникова М.В. *Комплексное освоение недр*. Тула: Изд-во ТулГУ; 2016.
36. Уайтхед А.Н. *Избранные работы по философии*. М.: Прогресс; 1990. Режим доступа: <https://scibook.net/filosofii-pervoistochniki/izbrannyye-raboty-filosofii-progress.html>
37. Кузнецов Б.Г. *Эволюция картины мира*. М.: АН СССР; 1961. Режим доступа: <https://bookree.org/reader?file=1516272>
38. Садохин А.П. *Концепции современного естествознания*. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ЮНИТИ-ДАНА; 2006. Режим доступа: [https://www.gumer.info/bibliotek\\_Buks/Science/sadoh/](https://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Science/sadoh/)
39. Визгин В.П. Герметизм, эксперимент, чудо: три аспекта генезиса науки нового времени. В: Гайденко П.П. (ред.) *Философско-религиозные истоки науки*. М.: Мартис; ИФ РАН; 1997. С. 88–141.
40. Антонов А.Н. *Преемственность и возникновение нового знания в науке*. М.: Изд-во МГУ; 1985.
41. Каплунов Д.Р., Юков В.А. *Геотехнология перехода от открытых к подземным работам*. М.: Горная книга; 2007.
42. Волынская О.А. Коммерческое использование космических ресурсов как главный вызов для международного космического права. В: Абашидзе А.Х. (ред.) *Современные проблемы международного космического, воздушного и морского права: материалы круглого стола 14-го Международного конгресса «Блищенковские чтения», г. Москва, 16 апреля 2016 г.* М.: РУДН; 2016. С.118–136.

## References

- Shchegolkova D.V., Oreshkina E.I., Shushkanova E.A. Space arms race during the cold war. *Aktualnye problemy aviatsii i kosmonavtiki*. 2011;2(7):97–99. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22601081> (In Russ.)
- Khanysheva A.R. Space race between China and the USA. *Aktualnye problemy sovremennykh mezhdunarodnykh otnoshenii*. 2017;(9):58–64. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30673777> (In Russ.)
- Khayrutdinov A.M., Tyulyaeva Y.S. Extraction of minerals on celestial bodies. Background, technological aspects and legal framework. In: Chanturiya V.A. (ed.) *Problems of subsoil development in the 21st century through the eyes of young people: materials of the 14th International Scientific School of Young Scientists and Specialists, Moscow, October 28 – November 1 2019*. Moscow: Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences named after Academician N.V. Melnikov; 2019, pp. 280–283. (In Russ.)
- Khairutdinov M.M. The ways of improvement of development system with stowing the worked space. *Gornyi zhurnal*. 2007;(11):40–43. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9599569> (In Russ.)
- Khairutdinov M.M. Usage of wastes in mining production as stowage material for lowering the harmful effect on the environment. *Gornyi zhurnal*. 2009;(2):64–66. Available at: <https://www.rudmet.ru/journal/552/article/5962/> (In Russ.)
- Tyulyaeva Y.S., Khayrutdinov A.M. Sparing geotechnology. In: Chanturiya V.A. (ed.) *Problems of subsoil development in the 21st century through the eyes of young people: materials of the 14th International Scientific School of Young Scientists and Specialists Moscow, October 28 – November 1 2019*. Moscow: Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences named after Academician N.V. Melnikov; 2019, pp. 283–286. (In Russ.)
- Ivannikov A.L., Kongar-Syuryun C., Rybak J., Tyulyaeva Y. The reuse of mining and construction waste for backfill as one of the sustainable activities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019;362:012130. DOI: 10.1088/1755-1315/362/1/012130.
- Herbut A., Khairutdinov M., Kongar-Syuryun C., Rybak J. The surface wave attenuation as the effect of vibratory compaction of building embankments. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019;362:012131. DOI: 10.1088/1755-1315/362/1/012131.
- Gorska K., Muszyński Z., Rybak J. Displacement monitoring and sensitivity analysis in the observational method. *Studia Geotechnica et Mechanica*. 2013;35(3):25–43. DOI: 10.2478/sgem-2013-0028.
- Dobrzycki P., Kongar-Syuryun C., Khairutdinov A. Vibration reduction techniques for Rapid Impulse Compaction (RIC). *Journal of Physics: Conference Series*. 2019;1425:012202. DOI: 10.1088/1742-6596/1425/1/012202.
- Rybak J., Schabowicz K. Survey of vibrations generated in course of geotechnical works. In: *NDE for Safety: 40th international conference and NDT exhibition: proceedings, Pilsen Czech Republic*. Brno University of Technology; 2010. P. 237–246.
- Bagińska I., Kawa M., Janecki W. Estimation of spatial variability of lignite mine dumping ground soil properties using CPTu results. *Studia Geotechnica et Mechanica*. 2016;38(1):3–13. DOI: 10.1515/sgem-2016-0001.
- Herbut A., Rybak J., Brząkała W. On a sensor placement methodology for monitoring the vibrations of horizontally excited ground. *Sensors*. 2020;20(7):1938. DOI: 10.3390/s20071938.
- Wyjadłowski M. Methodology of dynamic monitoring of structures in the vicinity of hydrotechnical works – selected case studies. *Studia Geotechnica et Mechanica*. 2017;39(4):121–129. DOI:10.1515/sgem-2017-0042.
- Kocharyan G.G., Kostyuchenko V.N., Pavlov D.V. Crustal deformation induced by weak disturbances. *Fizicheskaya mezhmekhanika*. 2004;7(1):5–22. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=10007700> (In Russ.)
- Kongar-Syuryun Ch.B. The construction of a mathematical model for predicting the qualitative and quantitative indicators of concentration plants. In: Chanturiya V.A. (ed.) *Problems of subsoil development in the 21st century through the eyes of young people: materials of the 14th International Scientific School of Young Scientists and Specialists, Moscow, October 28 – November 1 2019*. Moscow: Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences named after Academician N.V. Melnikov; 2019, pp. 336–338. (In Russ.)
- Kawa M., Bagińska I., Wyjadłowski M. Reliability analysis of sheet pile wall in spatially variable soil including CPTu test results. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 2019;19(2):598–613. DOI: 10.1016/j.acme.2018.10.007.

18. Trubetskoi K.N., Galchenko Yu.P., Burtsev L.I. *Environmental problems of subsurface development with the sustainable development of nature and society*. Moscow: Nauchtekhizdat; 2003. (In Russ.)
19. Ilyin I.V., Ursul A.D., Ursul T.A. New global goals of sustainable development. *Vestnik moskovskogo universiteta. Seriya 27: Globalistika i geopolitika = Bulletin of Moscow University. Series 27: Global Studies and Geopolitics*. 2015;(3/4):60–84. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26471354> (In Russ.)
20. Ananiev P.P., Vasilev S.V., Meshcheryakov R.V., Plotnikova A.V., Belyakov K.O., Kuznetsov E.B. Prospects of development of space mining and processing industry. *Innovatsii = Innovations*. 2016;(4):4–8. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29777144> (In Russ.)
21. Ananiev P.P., Vorobiev A.V. Prospective mining tasks in the development of natural space objects. *Gornyi zhurnal*. 2015;(4):107. Available at: <https://www.rudmet.ru/journal/1417/article/24326/> (In Russ.)
22. Morozov S.L. The Ideology of Space Expansion. *Vozdushno-kosmicheskaya sfera = Aerospace Sphere Journal*. 2019;(1):50–61. DOI: 10.30981/2587-7992-2019-98-1-50-61. (In Russ.)
23. Sidorov A.V., Shchegolkova D.V., Semenova L.A. Moon exploration: politics, commercial interest, or research. *Aktualnye problemy aviatsii i kosmonavтики*. 2012;2(8):463–464. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22602102> (In Russ.)
24. Bobin V.A., Bobina A.V. Gyroscopic Mining Machinery for Mineral Resources Exploitation and Permanent Housing on the Moon. *Vozdushno-kosmicheskaya sfera = Aerospace Sphere Journal*. 2019;(2):26–31. DOI: 10.30981/2587-7992-2019-99-2-26-31. (In Russ.)
25. Ananyev P.P., Meshcheryakov R.V., Larionov P.V., Plotnikova A.V., Belyakov K.O. Methodical approaches to cosmic mineral material processing. *Rudy i metally*. 2017;(2):69–74. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30021950> (In Russ.)
26. Kalinin E.P. Scientific review of projects on the study and development of mineral resources of the moon and other natural celestial bodies. 2017;(2):101–103. *Izvestiya Komi nauchnogo tsentra UrO RAN*. Available at: [http://www.izvestia.komisc.ru/archive/i30\\_ann.files/kalinin.pdf](http://www.izvestia.komisc.ru/archive/i30_ann.files/kalinin.pdf) (In Russ.)
27. Konyaev A. *The sky is in diamonds. Mining on asteroids becomes a reality*. January 30 2013. Available at: <https://lenta.ru/articles/2013/01/30/asteroid/> (In Russ.)
28. Stepanenko A.S., Pietkiewicz M. Attempts at the national appropriation of outer space and celestial bodies. *Innovatsionnaya nauka = Innovation science*. 2016;(5-2):270–275. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25994794> (In Russ.)
29. Roulette J. Exclusive: Trump administration drafting 'Artemis Accords' pact for moon mining – sources. May 5, 2020. Available at: <https://www.reuters.com/article/us-space-exploration-moon-mining-exclusi-idUSKBN22H2SB>
30. Khayrutdinov A. Actual problems of mining activities on celestial bodies. In: *Legal regulation of public relationships on the Earth and in outer space: materials of the International Scientific and Practical Youth Conference, Samara, November 9–10, 2018*. Samara: Samara University; 2018, pp. 234–235. Available at: [http://repo.ssau.ru/bitstream/PRAVOVOE-REGULIROVANIE-OBSHESTVENNYH-OTNOSHENII/Aktualnye-problemy-dobychi-prirodnih-resursov-na-nebesnyh-telakh-72687/1/ilovepdf\\_com-234-235.pdf](http://repo.ssau.ru/bitstream/PRAVOVOE-REGULIROVANIE-OBSHESTVENNYH-OTNOSHENII/Aktualnye-problemy-dobychi-prirodnih-resursov-na-nebesnyh-telakh-72687/1/ilovepdf_com-234-235.pdf) (In Russ.)
31. Samofalova O. The battle for space resources begins on Earth, October 5 2017. Available at: [www.vz.ru/economy/2017/10/5/889768.html](http://www.vz.ru/economy/2017/10/5/889768.html) (In Russ.)
32. Burkov V.D., Vasiliev V.P., Esakov V.A., Perminov S.V., Schukin D.G., Kapranov J.S., Kufal G.E., Burlakov A.B. Possibility creation of constantly operation the moon base. *Lesnoi vestnik = Forestry Bulletin*. 2015;(1):97–101. (In Russ.)
33. Slyuta E.N. Basic types of Moon's resources and their mining and processing. *Gornyi zhurnal*. 2017;(4):13–18. (In Russ.) DOI: 10.17580/gzh.2017.04.02.
34. Keller J.W., Petro N.E., Vondrak R.R. The Lunar Reconnaissance Orbiter Mission – Six years of science and exploration at the Moon. *Icarus*. 2016;273:2–24. DOI: 10.1016/j.icarus.2015.11.024.
35. Kaplunov D.R., Melnik V.V., Rylnikova M.V. *Comprehensive depth exploitation*. Tula: Tula State University; 2016. (In Russ.)
36. Whitehead A.N. *Selected Philosophy Works*. Moscow: Progress; 1990. Available at: <https://scibook.net/filosofii-pervoistochniki/izbrannyye-raboty-filosofii-progress.html> (In Russ.)
37. Kuznetsov B.G. *The evolution of the picture of the world*. Moscow: Academy of Sciences of the USSR; 1961. Available at: <https://bookree.org/reader?file=1516272> (In Russ.)
38. Sadokhin A.P. *Concepts of modern science*. 2<sup>nd</sup> ed. Moscow: YUNITI-DANA; 2006. Available at: [https://www.gumer.info/bibliotek\\_Buks/Science/sadokh/](https://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Science/sadokh/) (In Russ.)
39. Vizgin V.P. Germetizm Experiment, miracle: three aspects of the genesis of modern science. In: Gaidenko P.P. (ed.) *Philosophical and religious origins of science*, Moscow: Martis; Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences; 1997, pp. 88–141. (In Russ.)
40. Antonov A.N. *Continuity and the emergence of new knowledge in science*. Moscow: Moscow State University; 1985. (In Russ.)
41. Kaplunov D.R., Yukov V.A. *Geotechnology of the transition from open to underground work*. Moscow: Gornaya kniga; 2007. (In Russ.)
42. Volynskaya O.A. Commercial use of space resources as the main challenge for international space law. In: Abashidze A.Kh. (ed.) *Modern problems of international space, air and maritime law: materials of the round table of the 14th International Congress «Blishchenkovskie chteniya», Moscow, April 16, 2016*. Moscow: RUDN University; 2016. C.118–136. (In Russ.)

**Информация об авторах**

**Хайрутдинов Марат Минизяетович** – кандидат технических наук, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: profmarat@gmail.com.

**Конгар-Сюрюн Чейнеш Буяновна** – студент четвертого курса бакалавриата, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: Cheynesh95@mail.ru.

**Тюляева Юлия Сергеевна** – студент первого года магистратуры, Флоридский международный университет, г. Майами, США; e-mail: tyulyaevayu@gmail.com.

**Хайрутдинов Альберт Маратович** – студент четвертого курса бакалавриата, Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация; e-mail: khayrutdinov.albert99@gmail.com.

**Информация о статье**

Поступила в редакцию: 08.06.2020

Поступила после рецензирования: 19.06.2020

Принята к публикации: 22.06.2020

**Information about the author**

**Marat M. Khayrutdinov** – Candidate of Technical Sciences, National University of Science and Technology MISiS, Moscow, Russian Federation; e-mail: profmarat@gmail.com.

**Cheynesh B. Kongar-Syuryun** – year student of bachelor's degree, National University of Science and Technology MISiS, Moscow, Russian Federation; e-mail: Cheynesh95@mail.ru.

**Yulia S. Tyulyaeva** – year student of master's degree, Florida International University, Miami, FL, USA; e-mail: tyulyaevayu@gmail.com.

**Albert M. Khayrutdinov** – year student of bachelor's degree, RUDN University, Moscow, Russian Federation; e-mail: khayrutdinov.albert99@gmail.com.

**Article info:**

Received: 08.06.2020

Revised: 19.06.2020

Accepted: 22.06.2020