

[www.rudmet.ru](http://www.rudmet.ru)

ISSN 0017-2278



# ЖУРНАЛЫ КОРДЕЛСТА ЖУРНАЛЫ

195  
лет

Издается с 1825 года  
(№ 2271)

2.2020



РЕКЛАМА



Основан в 1825 году  
при Горном кадетском корпусе

# ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ

Ежемесячный научно-технический  
и производственный журнал  
№ 2 (2271)  
ФЕВРАЛЬ 2020

Базовый печатный орган Межправительственного совета стран СНГ  
по разведке, использованию и охране недр

Официальный информационный орган Федерального УМО  
«Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия»

Журнал выпускается при участии: АК «АЛРОСА» (ПАО), АО «Апатит»,  
ПАО «ГМК «Норильский никель», НПК «Механобр-техника» (АО)

При содействии: ФГБН ИПКОН РАН, ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный  
университет», Государственного предприятия «Навоийский ГМК», НП «Горнопромышленники  
России», Государственного Эрмитажа

## УЧРЕДИТЕЛИ ЖУРНАЛА:

Акционерное общество «Издательский дом «Руда и Металлы», федеральное  
государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,  
Автономная некоммерческая организация «Информационный телеканал «Хибины ТВ»  
Председатель правления «Горного журнала» Л. А. Вайсберг

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Л. А. Пучков (главный редактор), В. В. Адушкин, В. Ж. Аренс, А. А. Барях,  
О. С. Брюховецкий, Л. А. Вайсберг, Н. Г. Валиев, В. А. Винников (руководитель  
секции «Физика горных пород и процессов»), А. Г. Воробьев (зам. главного  
редактора), Л. Д. Гагут (руководитель секции «Экономика, управление,  
недропользование»), Ж. К. Галиев, В. А. Ерёмченко, Б. Н. Заровняев,  
В. Н. Захаров, В. П. Зубов, И. В. Зырянов, П. А. Игнатов, С. А. Ильин,  
О. И. Казанин, Н. О. Каледина (руководитель секции «Охрана труда и окружающей  
среды»), Д. Р. Каплунов (руководитель секции «Разработка месторождений  
и горно-строительные работы»), Е. А. Козловский (руководитель секции «Сырьевая  
база»), А. В. Корчак, Г. Л. Краснянский, С. В. Кривовичев, В. С. Литвиненко,  
А. Б. Макаров, Ю. Н. Малышев, О. Н. Мальгин, О. С. Мисников, Д. В. Пастихин,  
В. Л. Петров (руководитель секции «Образование и кадровое обеспечение горной  
промышленности»), Г. Г. Пивняк, В. С. Святецкий, И. О. Темкин, Е. М. Титиевский,  
С. М. Ткач, К. Н. Трубецкой, В. А. Чантурия (руководитель секции «Переработка  
и комплексное использование полезных ископаемых»), А. Н. Шабаров,  
Е. Е. Шешко (руководитель секции «Горное оборудование, электроснабжение  
и автоматизация»), Т. И. Юшина, А. Б. Яновский

## РУКОВОДИТЕЛИ ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВ В СТРАНАХ И РЕГИОНАХ:

Азим Иброхим (Таджикистан), С. С. Арзуманян (Армения),  
Ю. И. Волков (КМА, Россия), С. Вуйич (Сербия), И. И. Головатый (Беларусь),  
О. А. Одекс (Туркменистан), И. Ю. Рассказов (Дальневосточный регион, Россия),  
У. Д. Рыскулов (Кыргызстан) И. Б. Табакман (Канада), А. Г. Твалчрелидзе (Грузия),  
Л. И. Тотев (Болгария), Ф. Уолл (Великобритания), А. Ф. Цеховой (Казахстан),  
К. С. Санакулов (Кызылкумский регион, Узбекистан), М. Эрикссон (Швеция),  
З. Дж. Эфендиева (Азербайджан), В. Л. Яковлев (Средний и Полярный Урал, Россия)

**Журнал по решению ВАК Министерства образования и науки РФ включен  
в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых  
должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций  
на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» по разработке  
месторождений твердых полезных ископаемых, экономике, энергетике**

Журнал входит в Международные реферативные базы данных  
SCOPUS и CHEMICAL ABSTRACTS SERVICE

Подписные индексы:  
в каталоге агентства «Роспечать» – 73075  
в объединенном каталоге «Пресса России» – 45343

## РЕДАКЦИЯ:

зам. главного редактора А. Г. Воробьев,  
ведущий редактор Л. Е. Костина,  
редактор В. А. Елистратова  
младший редактор М. А. Крутикова  
консультант по горному делу С. А. Ильин,  
менеджер по рекламе Н. И. Кольхалова,  
специалист по допечатной  
подготовке Д. И. Воробьева

Издатель – АО «Издательский дом «Руда и Металлы»  
Адрес издателя: 119049, Москва, Ленинский просп., д. 6,  
строение 2, НИТУ «МИСиС», оф. 622

Адрес редакции: 119049, Москва, Ленинский просп., д. 6, стр. 2  
НИТУ «МИСиС», оф. 619  
Тел.: +7 (499) 236-10-62  
Эл. почта: gornjournal@rudmet.ru

Почтовый адрес: 119049, Москва, а/я № 71

Отдел рекламы:  
Тел/факс: +7 (499) 236-11-86  
Эл. почта: reklama@rudmet.ru

www.rudmet.ru

## Ежемесячный научно-технический и производственный журнал «Горный журнал»

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)  
(Свидетельство ПИ № ФС77-76119 от 24.06.2019 г.)

Товарный знак и название «Горный журнал» являются исключительной  
собственностью Издательского дома «Руда и Металлы»

Отпечатано в типографии ООО «Буки Веди»  
Адрес типографии: 115093, г. Москва, Партийный переулок, д. 1, корп. 58,  
стр. 3, пом. 11

Подписано в печать с оригинал-макета 25.02.2020

Дата выхода в свет: 5.03.20  
Формат 60×90/8. Печ. л. 13,5

Печать офсетная. Бумага мелованная  
Тираж 3000 экз. Цена свободная

- За достоверность рекламной информации  
ответственность несет рекламодатель
- За достоверность научно-технической информации  
ответственность несет автор
- Все материалы, поступающие в редакцию,  
строго рецензируются и рассматриваются на заседаниях  
соответствующих секций и редакционной коллегии
- Мнение редакции может не совпадать с позицией  
авторов статей, опубликованных в журнале
- Перепечатка материалов возможна только  
с письменного разрешения редакции
- При перепечатке ссылка на «Горный журнал» обязательна
- За сроки размещения опубликованных статей в базе  
данных Scopus редакция ответственности не несет

ISSN 0017-2278



9 770017 227004 >

# СОДЕРЖАНИЕ

## ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ

НИУ «БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

- Чендев Ю. Г., Григорьев Г. Н., Лисецкий Ф. Н., Михайлов Н. Н.** История становления и развития Института наук о Земле НИУ «БелГУ» . . . . . 5
- Козырев А. В., Игнатенко И. М.** Памяти Александра Николаевича Петина (к 70-летию со дня рождения) . . . . . 10
- Игнатенко И. М., Липницкая Т. А., Овчинников А. В.** Геолого-минералогический музей имени А. Н. Петина НИУ «БелГУ»: история создания, образовательный потенциал и социокультурное значение для Белгородской области . . . . . 14

## НАУКА И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

- Урсул А. Д., Урсул Т. А.** Устойчивое развитие горного дела: от земного к космическому . . . . . 18

## ГЕОЛОГИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

- Сначёв А. В., Сначёв В. И., Рассомахин М. А., Коломоец А. В.** Углеродистые сланцы Каменского участка: геология и рудоносность (Южный Урал) . . . . . 24

## ФИЗИКА ГОРНЫХ ПОРОД И ПРОЦЕССОВ

- Середин В. В., Хрулев А. С., Растегаев А. В., Галкин В. И.** Методика оценки напряженного состояния горных пород . . . . . 30
- Бирючев И. В., Макаров А. Б., Усов А. А.** Геомеханическая модель рудника. Часть 2. Использование . . . . . 35

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ГОРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

- Шорников И. И.** Оценка нажимных усилий продавливания трубных обделок при строительстве микротоннелей . . . . . 45

## ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

- Носков В. А., Бадтиев Б. П., Павлович А. А.** Риск-менеджмент при ведении открытых горных работ . . . . . 51
- Швайба Д. Н.** Концептуальные основы обеспечения социально-экономической безопасности горно-химического комплекса Республики Беларусь . . . . . 56
- Аполо Эррера А. Э., Чавез Феррейра Й. К., Потравный И. М.** Оценка влияния добычи золота на экономику и окружающую среду на примере Эквадора . . . . . 62

## РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

- Брюховецкий О. С., Секисов А. Г., Лавров А. Ю., Рассказова А. В.** Повышение эффективности освоения месторождений поликомпонентных руд со сложноизвлекаемыми формами золота на основе использования их блочно-скважинного выщелачивания . . . . . 66
- Лысенко М. В., Николенко О. А., Позолотин А. С., Айкин А. В.** Применение анкеров глубокого заложения при поддержании широкопролетных сопряжений горных выработок в условиях рудника «Айхал» . . . . . 71

## ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА

- Ефремов Е. Ю., Мельник Д. Е.** Определение безопасных условий отвалообразования на земной поверхности в зоне обрушения действующего подземного рудника . . . . . 75
- Кормициков Д. С., Зайцев А. В., Киряков А. С.** Повышение энергоэффективности систем рудничной вентиляции на основе внедрения подземных главных вентиляторных установок . . . . . 80

## ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Озарян Ю. А., Бубнова М. Б., Усиков В. И.** Методика дистанционного мониторинга природно-технических систем (на примере горнопромышленных районов юга Дальневосточного региона) . . . . . 84

## ЗА РУБЕЖОМ

- Соколов А. Д., Такайшвили Л. Н., Батхуяг С., Очирбат П.** Угольная промышленность Монголии: ресурсы развития . . . . . 90

## ИСТОРИЯ ГОРНОГО ДЕЛА. КУЛЬТУРА

- Мисников О. С., Копенкина Л. В.** Возникновение торфяного дела в России . . . . . 95

## ЮБИЛЕИ

- Литвинцеву Эдуарду Георгиевичу – 80 лет . . . . . 34
- Гендлеру Семену Григорьевичу – 70 лет . . . . . 100

## ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

- Презентация именного самосвала БЕЛАЗ . . . (2-я стр. обложки)
- Итоги выборов в Российскую академию наук по Отделению наук о Земле . . . . . 4
- Памяти Пейхеля Георгия Валентиновича . . . . . 83
- Памяти Барона Всеволода Лазаревича . . . . . 89

## РЕКЛАМА

На обложке:  
Карьерный самосвал БЕЛАЗ «Академику В. В. Ржевскому 100 лет» «Mining World Russia-2020» – 24-я Международная выставка машин и оборудования для добычи, обогащения и транспортировки полезных ископаемых «Уголь России и Майнинг-2020» – XI Международная специализированная выставка

На цветной вкладке:  
VIII Балканский горный конгресс  
Проходческие буровые установки производства АО «Машиностроительный холдинг»  
«Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов» – X Международная научно-практическая конференция  
АО «Боровичский завод «Полимермаш»  
«Индустрия камня-2020» – 21-я Международная выставка «Добыча, обработка, использование природного камня»

На черно-белых полосах:  
IX Международная конференция по геомеханике . . . . . 70

MONTHLY SCIENTIFIC-TECHNICAL AND INDUSTRIAL JOURNAL

The basic edition of the Intergovernmental council of CIS countries in exploration, usage and protection of the earth bowels

With participation of “ALROSA” PJSC, “Apatit” JSC, PJSC “MMC “NORILSK NICKEL”, “Mekhanobr-Technica” JSC  
 With assistance of IPKON RAN, Ural State Mining University, State enterprise Navoi mining and metallurgical works, “Gornopromyshlenniki Rossii” non-commercial partnership, State Hermitage Museum  
 Founders: “Ore & Metals” Publishing house, National University of Science and Technology “MISIS”, Autonomous Noncommercial Organization  
 “TV News Channel “Khibiny TV”

The journal has been published since 1825  
 at Mining military school

Publisher: “Ore & Metals” publishing house  
 Phone/fax: +7 (495) 638-45-18  
 E-mail: rim@rudmet.com

Chairman of the managing board: **Leonid Vaisberg**  
 Editor-in-Chief: **Lev Puchkov**  
 Deputy Editor-in-Chief: **Alexander Vorobiev**  
 Mining consultant: **Sergey Il'yin**

Leading editor: **Lyudmila Kostina**  
 Editor: **Vera Elistratova**  
 Junior editor: **Margarita Krutikova**  
 Advertising manager: **Natalia Kolykhalova**  
 Responsible for pre-printing work: **Daria Vorobyeva**

Actual address: Moscow, Leninsky prospekt 6 bld. 2, office 619  
 Mailing address: Russia, 119049, Moscow, P.O. Box # 71  
 Phone/fax: +7 (499) 236-10-62, +7 (499) 236-11-86  
 E-mail: gornjournal@rudmet.com  
 Internet: www.rudmet.com

Printed in Buki Vedi, LLC

CONTENTS

SCIENCE AND INDUSTRY

**Ursul A. D., Ursul T. A.** Sustainable development of mining:  
 from earth to space . . . . . 18

GEOLOGY OF MINERALS

**Snachev A. V., Snachev V. I., Rassomakhin M. A., Kolomoets A. V.** Carbonaceous shales of the Kamensk block: geology and ore content (South Urals) . . . . . 24

PHYSICS OF ROCKS AND PROCESSES

**Seredin V. V., Khrulev A. S., Rastegaev A. V., Galkin V. I.** Procedure of stress state assessment in rocks . . . . . 30

**Biryuchev I. V., Makarov A. B., Usov A. A.** Geomechanical model of underground mine. Part II. Application . . . . . 35

DESIGNING AND MINING-CONSTRUCTIONS WORK

**Shornikov I. I.** Estimation of jacking forces on casings in microtunneling. . . . . 45

ECONOMY, ORGANIZATION AND MANAGEMENT

**Noskov V. A., Badtiev B. P., Pavlovich A. A.** Risk management in open pit mining . . . . . 51

**Shvayba D. N.** Conceptual framework of social and economic security in the mining and chemistry sector of the Republic of Belarus . . . . . 56

**Apolo Herrera A. E., Chàvez Ferreyra Y. K., Potravny I. M.** Gold mining impact assessment on the economy and the environment in Ecuador . . . . . 62

DEVELOPMENT OF DEPOSITS

**Bryukhovetskiy O. S., Sekisov A. G., Lavrov A. Yu., Rasskazova A. V.** Improvement of development efficiency in multi-component refractory gold ore fields using in-situ leaching . . . . . 66

**Lysenko M. V., Nikolenko O. A., Pozolotin A. S., Aikin A. V.** Deep-buried rock bolt reinforcement for wide-span junctions in the Aikhal Mine . . . . . 71

INDUSTRY SAFETY AND LABOUR PROTECTION

**Efremov E. Yu., Melnik D. E.** Safe earth surface conditions for dumping in the zone of ground collapse over operating underground mine . . . . . 75

**Kormshchikov D. S., Zaitsev A. V., Kiryakov A. S.** Enhancement of energy efficiency in mine ventilation by introduction of main fan installations in underground mines . . . . . 80

ENVIRONMENTAL PROTECTION

**Ozaryan Yu. A., Buhnova M. B., Usikov V. I.** Technique of remote monitoring of natural–technical systems (in terms of the mining areas of in south of Russia’s Far East) . . . . . 84

ABROAD

**Sokolov A. D., Takayshvili L. N., Batkhuyag S., Ochirbat P.** Coal industry of Mongolia : resources for advancement . . . . . 90

MINING HISTORY. CULTURE

**Misnikov O. S., Kopenkina L. V.** Peat mining uprising in Russia . . . . . 95

УДК 52:622

## УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ГОРНОГО ДЕЛА: ОТ ЗЕМНОГО К КОСМИЧЕСКОМУ

**А. Д. УРСУЛ**<sup>1</sup>, директор Центра глобальных исследований, проф., д-р филос. наук

**Т. А. УРСУЛ**<sup>2</sup>, зав. кафедрой, проф., д-р филос. наук, [ursult@mail.ru](mailto:ursult@mail.ru)

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, Россия

### Введение

В последние три десятилетия интенсивно развивается концепция и начинает реализовываться стратегия устойчивого развития (УР). Необходимость перехода к УР связана прежде всего с противостоянием негативным последствиям разворачивания глобальных процессов и обостряющихся глобальных проблем и прежде всего экологической проблемы. Глобальный экологический кризис антропогенного происхождения уже обрел планетарный масштаб и угрожает существованию человечества и жизни на Земле. Причем негативные тенденции глобального развития во второй половине прошлого века стали доминировать над позитивными, и альтернативный путь эволюции цивилизации, уменьшающий вероятность риска глобальной катастрофы, видится теперь только на пути перехода к УР.

После Конференции ООН по окружающей среде и развитию (ЮНСЕД) в 1992 г. в Рио-де-Жанейро мировое сообщество поставило цель и приняло стратегию перехода от стихийного к глобально управляемому УР как основному способу выживания цивилизации. Еще в книге «Наше общее будущее», известной как доклад Г. Х. Брундтланд по научному обоснованию необходимости перехода к УР, было дано определение понятия УР. Оно обращено к будущему: «Устойчивое развитие — это такое развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности» [1]. Здесь, по сути, сформулирована основная цель необходимости перехода к устойчивому развитию — выживание и обеспечение существования человечества на будущее, неопределенно долгие времена.

Устойчивое развитие, несмотря на то, что на него ориентируется пока лишь экономическая, экологическая и социальная сферы деятельности, в принципе должно выступать как системно-целостный глобально-биосферный процесс. Поэтому в перспективе все территории и сферы деятельности человека должны ориентироваться на реализацию стратегии, принципы и цели УР, хотя для каждого из упомянутых компонентов пути и способы реализации могут иметь свою специфику. В области исследования проблем УР еще не выработана необходимая, а тем более общепризнанная терминология, и это в значительной степени затрудняет адекватное видение перспектив движения к глобальной устойчивости.

*Устойчивое развитие горного дела рассмотрено в качестве одной из наиболее важных проблем достижения глобальной устойчивости путем разрешения противоречия между растущими потребностями человечества и наличием пределов биосферы в их обеспечении. Предполагается, что это развитие будет продолжаться как в земном, так и космическом измерениях, и эти процессы будут разворачиваться в тесном взаимодействии.*

**Ключевые слова:** астероидно-кометная опасность, глобальная устойчивость, горное дело, космическая горная промышленность, космические ресурсы, космический майнинг, космонавтика, международное космическое право, социоприродное противоречие, устойчивое развитие.

**DOI:** 10.17580/gzh.2020.02.01

Устойчивое развитие выступает как глобальный процесс разрешения основного глобального социоприродного противоречия между растущими потребностями человечества и ограниченностью и даже невозможностью биосферы обеспечить эти потребности без дальнейшей все более необратимой ее деградации [2]. В ближайшее время, согласно принятому на саммите ООН по устойчивому развитию в 2015 г. новому официальному документу «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» [3], это развитие будет реализовано через 17 глобальных целей УР, что означает новый исторический этап перехода к нему всего мирового сообщества.

Сохранение биосферы планеты, наряду с основной целью — выживанием человечества, также является кардинальной целью перехода к УР. Наиболее приемлемый сценарий будущего нашей планеты и проживающего на ней человечества предполагает сохранение биосферы как естественной основы бытия всего живого и разумного. Важно, чтобы в этот процесс включилось и горное дело [4]. В настоящей статье предполагается, что переход к УР горного дела, включая его распространение за пределами планеты, также выступает предвестником формирования нового — глобально-космического способа взаимодействия природы и общества. Этот способ в перспективе может кардинальным образом изменить эволюцию цивилизации, обеспечивая не только ее выживание, но и дальнейшее безопасное существование на неопределенно длительный период времени в сохраняющейся биосфере [5].

### Устойчивое развитие горного дела и достижение глобальной устойчивости

Становление горного дела как сферы человеческой деятельности, направленной на освоение и использование недр Земли, уходит в глубину веков. Со времен палеолита, когда было

распространено собирательство нужного каменного материала с поверхности планеты, к концу этого периода сменяется целенаправленной добычей с некоторой глубины и использованием примитивных горных орудий. Аграрная революция, приведшая к окультуриванию растений и domestikации животных, была ориентирована на освоение определенной части биологического разнообразия и использование его на благо человека. Но она также была сопряжена с освоением природных ресурсов (в том числе абиотического происхождения – минерального сырья, объектов), выделением ремесел, ряд которых перерос в горное дело (уже в начале эпохи неолита появились первые рудники для добычи меди).

Горное дело, как правило, рассматривается как область деятельности по использованию недр земной коры – верхней части литосферы для добычи полезных ископаемых, их первичной переработки, а также связанными с этими процессами научными исследованиями. Наряду с этим понятием практически в том же смысле употребляется понятие майнинга (от англ. mining – добыча полезных ископаемых).

Устойчивое развитие горного дела в глобальной стратегии УР должно выполнять, как минимум, две основные функции – достигать необходимых социально-экономических результатов и вместе с тем как можно меньше разрушать окружающую среду. Не разрушать окружающую среду в принципе невозможно в ходе преобразующей деятельности, это противоречит синергетическим принципам и законам, но негативные последствия можно и нужно минимизировать. На это направлены все усилия специалистов в области горного дела [5–7].

Авторов статьи будет интересовать горное дело не только в «планетарно-подземном», но и в космическом ракурсе, поскольку в будущем будут разворачиваться эти два процесса не только параллельно, но и в самом тесном взаимодействии. В принципе УР может реализовываться в двух основных вариантах – в глобально-земном, который в основном и предлагает современная концепция и стратегия устойчивого развития, и космическом, как предлагал еще основоположник теоретической космонавтики К. Э. Циолковский, выдвинувший идею бессмертия человечества благодаря освоению космоса [8].

Вынос горного производства за пределы планеты в новую природную среду, на взгляд авторов статьи, настолько существенно повлияет на эволюцию этого главного цивилизационного процесса, что неизбежно ставит проблему формирования нового способа социоприродного взаимодействия. Это будет, с одной стороны, продолжением земного материального производства, а с другой – совершенно новый процесс, обусловленный взаимодействием человека с принципиально новой – внеземной средой.

Начнет формироваться способ производства, все более отличающийся от нынешнего «планетарно-производственного» способа, которому уместно дать наименование «производственно-космического» и основные черты которого еще предстоит выявить. Однако, поскольку человечество будет одновременно продолжать обитать на планете и постепенно расселяться за ее пределами, совокупный способ взаимодействия природы и общества окажется их взаимной глобально-космической комбинацией (комплексом).

### Майнинг вне Земли: устойчивые перспективы

Начавшееся взаимодействие горной науки и горной промышленности с космонавтикой оказалось не случайным именно в настоящий период освоения космоса. Стало очевидным, что космическая деятельность не будет дальше эффективно развиваться без «поддержки» горнодобывающей индустрии и выхода ее за пределы земной атмосферы. Причем без развития космического горного дела в принципе будет невозможно как дальнейшее освоение космоса, так и обеспечение геокосмической безопасности, т. е. защиты планеты от угроз из космоса. Уместно напомнить, что необходимость освоения космоса К. Э. Циолковский обосновывал, исходя не только из потребностей социально-экономического развития, но прежде всего из необходимости обеспечения безопасности и сохранения человечества [8]. Основоположник теоретической космонавтики предусматривал также появление «индустрии в эфире», и поэтому развитие горнорудной, а через нее и других отраслей промышленности, идет в русле снижения антропогенной нагрузки на биосферу в условиях все продолжающегося роста народонаселения.

Освоение космических ресурсов и их переработка вне Земли, непосредственно в космосе, кардинально меняет принципы и траектории космического полета, а также способы создания космической техники, в значительной степени вынося этот технико-технологический процесс за пределы биосферы. Приоритетным космическим ресурсом становится вода, которой только в околоземных астероидах содержится несколько триллионов тонн (в составе водосодержащих минералов, из которых можно будет получать воду и кислород). Если появится возможность из природных космических тел добывать воду (которая разлагается под действием электрического тока на кислород и водород) и другие необходимые продукты для космической техники, а на основе водорода производить горючее вне планеты, то это почти на два порядка удешевит дальнейшее освоение космоса, в особенности значительно снизит экономические затраты на транспортирование грузов на орбиту Земли.

Высказывают мнение, что первым космическим месторождением, по всей видимости, станет Луна, на которой приоритетным добываемым ресурсом станет именно вода, используемая для жизнеобеспечения людей и как топливо для ракетно-космических аппаратов. В пользу скорейшего освоения Луны свидетельствует необходимость использования лунных природных ресурсов для создания лунных баз, строительства там космической инфраструктуры в целях дальнейшего освоения космоса, особенно для дозаправки топливом космических аппаратов [9].

Однако вблизи Земли пролетают более тысячи астероидов, которые, кроме воды, могут содержать редкоземельные элементы, платиноиды и другие драгоценные металлы, и их можно достичь гораздо легче, чем Луны. Часть астероидов представляет весьма серьезную опасность для нашей планеты, о чем довольно часто сообщают средства массовой информации. Наряду с астероидами к опасным космическим объектам относятся и кометы. Ясно, что астероидно-кометную опасность необходимо будет предотвращать, и это кардинально может повлиять

на выбор дальнейших путей и способов космической деятельности, поскольку безопасность всегда приоритетнее коммерческой и иной деятельности: ведь для того, чтобы экономически развиваться, нужно еще и безопасно существовать. Основная идея УР в его земном и космическом вариантах заключается в обеспечении именно безопасного существования человечества. Важно не поставить под угрозу способность будущих поколений людей удовлетворять свои потребности и прежде всего – основную потребность в безопасном существовании и устойчивом развитии на Земле и за ее пределами.

Чем в больших масштабах будут освоены пространство и объекты космоса, тем больше вероятность дальнейшего продолжения существования человечества, из этого исходил К. Э. Циолковский, создавая свой космический вариант устойчивого развития за пределами планеты. К этим же идеям пришли недавно скончавшийся британский физик и космолог С. Хокинг и американский инженер и предприниматель И. Маск, основавший в 2002 г. компанию SpaceX для колонизации Марса. Эта колонизация, по его мнению, превратит человечество в межпланетный вид и увеличит вероятность выживания нашей цивилизации, если на Земле случится какая-либо глобально-космическая катастрофа. Космический майнинг может оказаться тем «ключом» к спасению планеты, который позволит разрушить (или отклонить) опасный астероид, как это уже было в художественной форме продемонстрировано в американском фантастическом фильме «Армагеддон» еще в конце прошлого столетия.

Важно обратить внимание и на своего рода «обратный эффект» новых горнопромышленных технологий, разрабатываемых для космических нужд: многие традиционные технологии не могут быть использованы в горной космической индустрии, поскольку космические условия принципиально влияют на эти технологии [10, 11]. Уместно также указать и на возникающие трудности при освоении минеральных ресурсов на космических объектах. Среди них – отсутствие гравитации на малых телах типа астероидов; интенсивное воздействие космического излучения; отсутствие воды в жидком виде; необходимой атмосферы (прежде всего кислорода и т. д.); необходимость проведения «горных работ» в специальных скафандрах; доставка особого оборудования, способного работать в условиях открытого космоса и т. д.

Для горно-космических технологий потребуется даже использование новых физических принципов и принципиально новых подходов к созданию «космического оборудования» [10–12]. Например, в перспективе могут появиться технологии прямого извлечения металлов, минуя традиционную добычу, обоганительную и металлургическую переработки, как это принято в «земных» горных технологиях. Эти технологии уже представляются экономически более эффективными в ракурсе отношения затрат и результатов, но главное – экологически гораздо безопаснее и менее материалоемкими. Это делает их более приемлемыми в случае реализации в земных условиях, поэтому космические варианты майнинга будут существенно содействовать переходу к устойчивому горному делу в глобальном масштабе. Горнопромышленные космические технологии и в условиях нашей

планеты, как предполагают некоторые исследователи, уже в этом столетии могут оказать революционизирующее влияние на всю «земную» горнорудную промышленность. Поэтому, когда время от времени возникает идея создать «образ» карьера или шахты будущего, в такого рода прогнозах важно учитывать возможность разветвления космического майнинга и его влияния на горные объекты и сооружения.

Обращая внимание на проблему материалоемкости, нельзя упускать из виду энергетическую проблему, которая в принципе является более фундаментальной и выступает в качестве одной из главных в процессе перехода на путь УР [13]. Известно, что в поверхностном слое лунного грунта – реголите накоплено более миллиона тонн изотопа гелия-3, который может быть использован в качестве топлива для будущих термоядерных реакторов и которого хватит, чтобы обеспечить человечество энергией на многие тысячи лет. Поскольку такое топливо дает мало углеродных и токсичных отходов, его экологические достоинства привлекают внимание энергетиков, и даже из-за изотопа гелия-3 в недалеком будущем Луна может стать одним из главных космических рудников.

Однако вряд ли весь огромный запас этого энергетического сырья будет отправлен на планету и продолжит наращивание земного энергопроизводства. Чисто геоцентрическое видение развития «устойчивой энергетики» в принципе не дает возможности существенно и тем более на длительные времена продлить существование человечества. Ведь есть предел производства энергии на нашей планете из-за ее перегрева, причем этот предел не должен быть более тысячной доли энергии, получаемой от Солнца. Дальнейший рост энергии, используемой человечеством, целесообразен только при широком освоении энергетических процессов за пределами Земли. Создав в космосе (в первую очередь на Луне) индустриально-энергетическую базу, можно будет перенести с Земли как энергоемкие, так и экологически вредные производства. Это достаточно очевидный императив и цель перехода к космическому УР: освоение космоса должно содействовать глобальному переходу к УР, а сама космическая деятельность также вынуждена становиться «устойчивым процессом» [14, 15].

В сравнительно недалеком космическом будущем человечеству придется пойти на массовое «перебазирование» производства энергии и материалов за пределы планеты, вместо того, чтобы разворачивать эту индустрию в пока еще неосвоенных территориях, например в природных пустынях, глобальных возвышенностях, приполярных районах Арктики и в Антарктиде, в глубинных частях океана. Основная причина перебазирования энергетической и ряда других видов индустрии за пределы Земли связана с переходом к УР и особенно с рядом причин прежде всего экологического характера, в особенности с глобальным потеплением и истощением ископаемых топливно-энергетических ресурсов планеты при продолжающемся увеличении энергопотребления.

Поэтому освоение каких-либо новых неосвоенных или мало затронутых деятельностью человека земных территорий оказывается экономически неэффективным и экологически

нецелесообразным. В случае же освоения космических тел и пространств появляется новый антропогенно-космический способ и путь сохранения земной биосферы и создание на ней наиболее благоприятных условий для существования человечества и других форм жизни. Соответственно те проекты, которые в приемлемой перспективе можно будет реализовать в космосе, вряд ли стоит осуществлять на нашей планете.

На основе анализа современных тенденций экологизации хозяйственной и другой антропогенной деятельности в контексте достижения глобальной устойчивости, уже был сделан фундаментальный вывод о необходимости в будущем «раздвоении» производства на земное (преимущественно сельскохозяйственное) и космическое, в основном индустриальное, между которыми может и будет осуществляться обмен продуктами деятельности. Сельскохозяйственное производство в перспективе перехода к УР должно будет вписываться в биосферу, используя интенсивно-экологизированные способы хозяйствования. Стратегическая перспектива глобально-космического раздвоения производства наиболее естественна и эффективна, объяснима с позиций обеспечения эко- и геобезопасности дальнейшего существования цивилизации.

Вынос индустрии, в том числе и горной, в космос в первую очередь связан с ее интенсивным ксенобиотическим воздействием на биосферу: ведь за пределами Земли она уже не будет вредить биосфере. Перебазирование тех или иных предприятий и даже отраслей производства в космос или же их дальнейшее развитие на нашей планете будет определяться прежде всего соображениями оптимального достижения глобально-космической устойчивости системы «человек – общество – природа».

#### **Правовые проблемы устойчивого космического майнинга**

В первых же статьях принятого более полувека тому назад «Договора о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела» [16] (этого документа придерживаются 105 стран) отмечается, что исследование и использование космического пространства, включая Луну и другие небесные тела, осуществляются на благо и в интересах всех стран, независимо от степени их экономического или научного развития, и являются достоянием всего человечества. При этом подчеркнуто, что «космическое пространство, включая Луну и другие небесные тела, не подлежит национальному присвоению ни путем провозглашения на них суверенитета, ни путем использования или оккупации, ни любыми другими средствами» [16].

Тем самым любое государство или частная фирма имеют право исследовать космос, но не имеют права присваивать себе космические ресурсы. Однако в 2015 г. Конгресс США принял свой национальный закон [17], разрешающий частным компаниям добычу полезных ископаемых на внеземных телах, распространяя на космос свою национальную стратегию фронтьеризма. А в 2017 г. палата депутатов Люксембурга также приняла закон, разрешающий частным компаниям добычу космических ресурсов. Уже планируется принять аналогичные национальные законы в Японии и ОАЭ.

Обнаружились и первые потенциальные «космошахтерские» частные компании. О своих намерениях добычи космических ресурсов на астероидах заявила компания Planetary Resources, объявившая, что ее целью является расширение базы естественных ресурсов Земли путем разработки и внедрения технологий для промышленного освоения астероидов. Компания использует последние достижения науки и техники для отработки технологий захвата астероидов (среди них полторы тысячи астероидов, достичь которых не сложнее, чем поверхности Луны) с целью добычи космических ресурсов. Не исключено, что именно эта компания сможет развернуть первую коммерческую добычу в космосе, поскольку она лидирует в этой области.

Другая компания – Deep Space Industries совместно с НАСА делает акцент на разработку технологии захвата небольших астероидов для снижения опасности столкновения их с планетой, но вместе с тем тоже планирует коммерческое использование космических ресурсов. По предварительным оценкам, освоение космической сырьевой базы частными компаниями уже в этом веке может привести к появлению и росту «горно-космического рынка» до нескольких триллионов долларов США. Однако очевидно, что использование национального законодательства для коммерческого использования астероидов и других космических объектов в обход упомянутого выше «Договора о космосе» противоречит международному законодательству.

Поэтому в России для обсуждения в ООН подготовлен документ в форме имплементационного соглашения к этому договору, запрещающий присвоение космических объектов, включая коммерческую добычу на них полезных ископаемых. Но в соответствии с упомянутым договором коммерческий майнинг космических ресурсов не предусматривается, и тем самым появляется возможность закрыть путь обхода международного законодательства на национальном уровне.

Вместе с тем космический майнинг предполагается для научных исследований и обеспечения жизнедеятельности людей, находящихся на внеземном объекте (например, на Луне, база на которой должна появиться в будущем). Важно таким образом использовать космические объекты и их ресурсы, чтобы не нарушать международное законодательство. Но при этом возникает необходимость разработки российского законодательства, позволяющего отечественным научно-производственным компаниям заниматься космическим майнингом. На взгляд авторов статьи, такие законодательские инициативы должны будут не только дополнять и продолжать международное космическое право, но и законодательство, связанное с устойчивым развитием, которое уже начало формироваться как на национальном, так и на международном уровне.

Развитие такого законодательства важно потому, что сейчас научно-техническая политика России не включает космическое направление НИОКР, следуя международному законодательству, что может привести к отставанию нашей страны в этой области. Поэтому важно начать развитие космического майнинга в рамках международного законодательства, но в тех целях и направлениях, которые из него вытекают для дальнейшего развития горного дела и космонавтики. И в связи с этим



можно только приветствовать инициативу НИТУ «МИСиС», который в рамках XXVI Международного научного симпозиума «Недели горняка-2018» в январе 2018 г. провел заседание круглого стола «Добыча полезных ископаемых в космосе: настоящее и будущее». По итогам обсуждения было подписано соглашение о реализации совместных горных космических разработок и их использовании в создании в России космической горнодобывающей отрасли. Документ был подписан представителями Горного института НИТУ «МИСиС», Томского государственного университета, Томского университета систем радиопередачи и электроники, а также руководителями некоторых российских институтов технологического развития и ряда компаний инвестиционного бизнеса.

Такой путь развития космической горной промышленности представляется не только более соответствующим современному космическому международному праву, но и дальнейшему переходу к УР в его глобальном и внеземном направлениях. Если развитие научных направлений и отраслей производства, занимающихся разведкой и добычей полезных ископаемых, пойдет по «коммерческому пути», то его перспективы окажутся весьма опасными для перехода мирового сообщества к УР. Коммерциализация космических ресурсов на определенном этапе может даже содействовать некоторым частным разработкам. Но в дальнейшем она чревата «засорением» планеты отходами переработки космических ресурсов, которые существенно станут тормозить достижение глобальной устойчивости.

Дело в том, что «космический рынок» — это достаточно условное понятие, поскольку он фактически существует не в космосе, а на Земле. При коммерческом использовании внеземных ресурсов их так или иначе будут доставлять на поверхность планеты и, будучи временно выгодными в экономическом плане, в дальнейшем они станут наносить непоправимый экологический вред биосфере, замедляя переход к УР. Направлять на Землю многие вещественно-энергетические ресурсы из космоса будет нецелесообразно из соображений обеспечения экологической безопасности и глобальной устойчивости на планете.

Учитывая, что уже сейчас человечество подошло к глобальному пределу своих возможностей по преобразованию природы планеты, доставлять вещество и энергию из космоса (как отложенные отходы) можно будет только в тех минимальных «дозах», которые должны быть еще согласованы в форме квот на уровне международного права в его земном и космическом вариантах. Стихийная же деятельность частных компаний приведет к хаосу и столкновению интересов, доминированию экономической выгоды в ущерб экологии, увводя от магистральной траектории достижения глобальной, а в перспективе — и космической устойчивости. Такая деятельность частных компаний в области «космической коммерции», вполне вероятно, будет более уместной на том предполагаемом более отдаленном этапе освоения космоса, когда ожидается массовое заселение космоса, и рынок обретет не только земную, но и космическую пространственную основу.

Важно обратить внимание, что до сих пор на Землю в результате космической деятельности направлялась в основном информация о космосе и о самой Земле. В ресурсном аспекте это был

в основном информационный этап освоения космоса, что способствовало переходу к УР. Если на Землю, кроме информации, будут доставлять вещественно-энергетические ресурсы, то такая геокосмическая деятельность в ее коммерческом варианте только приблизит экологический коллапс биосферы. Между тем прогресс на пути к УР в принципе ориентирован на обратное движение — от Земли к космосу: поэтому и начало освоения космоса и переход к УР происходят примерно в один и тот же исторический период, включая в антропогенную деятельность новые способы и пути выживания человечества.

Возьмем определение понятия «космонавтика», данное в свое время академиками В. П. Глушко и Б. В. Раушенбахом, и считающееся наиболее адекватным. Космонавтика, согласно этому определению, — «совокупность отраслей науки и техники, обеспечивающих освоение космоса и внеземных объектов для нужд человечества с использованием разного рода космических летательных аппаратов» [18]. Очевидно, что космическое горное дело вполне органично может «вписаться» в это определение понятия космонавтики, причем не только в содержания этого понятия, но и в будущую космическую историю.

По разным основаниям можно выделять этапы развития космонавтики [19], но теперь в новую классификацию можно будет включить и космическое горное дело в качестве ключевого фактора разделения истории глобально-космической деятельности. Ближиться наступление того этапа эволюции космонавтики, когда эта сфера деятельности будет все более широко осваивать космический майнинг для своего собственного устойчивого развития. И это принципиально новый способ и этап продвижения человека во внеземные пространства, когда для этого будут использоваться уже не только земные ресурсы и другие средства, а извечно находящиеся вне планеты естественные космические тела.

Если на первом этапе космической экспансии человека «стартовой основой» была Земля и ее ресурсы, то в обозримом будущем — уже не только планета, но и небесные тела и пространства, не только их информационные, но и вещественно-энергетические ресурсы. И это становится возможным благодаря прогнозируемому развитию космического майнинга, который разделит историю освоения космоса на два исторических этапа — до появления и развития космического горного дела и продолжения космической деятельности с развертыванием вне Земли горной индустрии. Тем самым космический майнинг будет содействовать устойчивому развитию космонавтики уже и на внеземной основе, что откроет безграничные возможности проникновению человечества во Вселенную.

### Заключение

Таким образом, можно считать, что горное дело после выхода за пределы планеты начнет все более активно включаться в космическую деятельность, причем может стать ее важнейшей составляющей и дать новый импульс к ускоренному освоению внеземных пространств. Можно даже вести речь о таком взаимодействии космонавтики и внеземного майнинга, когда они в определенном смысле станут частями, компонентами друг друга, во всяком случае в обозримой перспективе.

**Библиографический список**

1. The World Commission on Environment and Development: Our common future. – Oxford : Oxford University Press, 1987. – 400 p.
2. О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию : указ Президента РФ № 440 от 01.04.1996. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9017665> (дата обращения: 15.07.2019).
3. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development / United Nations, 2015. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?menu=2361> (дата обращения: 14.12.2019).
4. Haiko H., Saik P., Lozynskiy V. The Philosophy of Mining: Historical Aspect and Future Prospect // *Philosophy and Cosmology*. 2019. Vol. 22. P. 76–90.
5. Трубецкой К. Н. Наука и горная промышленность // *Горный журнал*. 2015. № 7. С. 19–23. DOI: 10.17580/gzh.2015.07.03
6. Трубецкой К. Н., Мясков А. В., Галченко Ю. П., Еременко В. А. Обоснование и создание конвергентных горных технологий подземной разработки мощных месторождений твердых полезных ископаемых // *Горный журнал*. 2019. № 5. С. 6–13. DOI: 10.17580/gzh.2019.05.01
7. Ильин С. А., Коваленко В. С., Пастихин Д. В. Открытый способ разработки месторождений: возможности и пути совершенствования // *Горный журнал*. 2012. № 2. С. 37–40.
8. Циолковский К. Э. Собрание сочинений. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1954. Т. 2. Реактивные летательные аппараты. – 455 с.
9. Майборода А. О. Как создать лунную базу и орбитальную станцию на 80 % дешевле // *Воздушно-космическая сфера*. 2018. № 1(94). С. 22–31.
10. Наговицын О. В. Влияние внеземных условий на горные технологии для тел солнечной системы (на примере Луны) : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Апатиты, 1995. – 22 с.

11. Ананьев П. П., Васильев С. В., Мещеряков Р. В., Плотникова А. В., Беляков К. О., Кузнецов Е. Б. Перспективы развития космической горно-перерабатывающей отрасли // *Иновации*. 2016. № 4(210). С. 3–8.
12. Smith C. M. An adaptive paradigm for human space settlement // *Acta Astronautica*. 2016. Vol. 119. P. 207–217.
13. Пучков Л. А. Устойчивое энергопотребление – основа устойчивого развития мира // *Устойчивое развитие горных территорий*. 2015. Т. 7. № 4. С. 9–16.
14. Урсул А. Д. Освоение космоса в стратегии устойчивого развития // *Актуальные проблемы авиационных и аэрокосмических систем: процессы, модели, эксперимент*. 2016. Т. 21. № 1(42). С. 200–205.
15. Ursul A., Ursul T. From planetary to space mining: prospects for sustainable development // *Geotechnical Construction of Civil Engineering & Transport Structures of the Asian-Pacific Region : International Geotechnical Symposium*. 2018. MATEC Web of Conferences. 2019. Vol. 265. 06015. DOI: 10.1051/mateconf/201926506015
16. Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела : принят резолюцией 2222 (XXI) Генеральной Ассамблеи от 19.12.1966 // URL: [https://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/outer\\_space\\_governing.shtml](https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/outer_space_governing.shtml) (дата обращения: 04.12.2019).
17. U.S. Commercial Space Launch Competitiveness Act (H.R. 2262) // *Public Law 114–90 : 114th Congress*. 2015. Available at: <https://www.congress.gov/114/plaws/publ90/PLAW-114publ90.pdf> (accessed: 04.12.2019).
18. Космонавтика : Энциклопедия / под ред. В. П. Глушко. – М.: Советская энциклопедия, 1985. – 527 с.
19. Krichevsky S. Super Global Projects and Environmentally Friendly Technologies Used in Space Exploration: Realities and Prospects of the Space Age // *Philosophy & Cosmology*. 2018. Vol. 20. P. 92–105. **PK**

«GORNYI ZHURNAL», 2020, № 2, pp. 18–23  
DOI: 10.17580/gzh.2020.02.01

**Sustainable development of mining: from earth to space**

**Information about authors**

**A. D. Ursul**<sup>1</sup>, Director of Global Research Center, Professor, Doctor of Philosophy  
**T. A. Ursul**<sup>2</sup>, Head of Chair, Professor, Doctor of Philosophy, [ursult@mail.ru](mailto:ursult@mail.ru)

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

<sup>2</sup>National University of Science and Technology MISIS, Moscow, Russia

**Abstract**

In the article sustainable development of mining is seen as one of the most important issues of achieving global sustainability is the main socio-natural contradiction between the growing needs of humanity and the limitations and even the inability of the biosphere to provide them without further more irreversible soil degradation. It is expected that sustainable development of mining will continue in both the earth and space dimensions, and these processes will unfold in close cooperation. The hypothesis is expressed and argued that without the development of space mining, it will be impossible in principle to continue the sustainable development of space, as well as to ensure geocosmic security. The main reason for the future relocation of the energy and other types of industry beyond the Earth is the transition to sustainable development and the need to ensure the environmental security of civilization, especially with global warming. Therefore, the development of any new terrestrial spaces, such as the ocean, is not just temporarily economically inefficient, but even in principle environmentally inappropriate in terms of the transition to sustainable development.

It is necessary to prepare in such a way for the use of space objects and their resources so as not to violate international space law and to develop national legislation allowing for non-commercial space mining. Once incorporated into space, sustainable space mining will contribute to the formation of extraterrestrial foundations of the future of the wider space exploration by mankind. Thanks to the future development of space mining, it is possible to divide the past and future of space exploration into two historical stages – before the development of space mining and the continuation of space activities with the deployment of the mining industry outside the Earth.

**Keywords:** asteroid-comet danger, astronautics, global sustainability, mining, space mining industry, space resources, space mining, international space law, social and natural contradiction, sustainable development, sustainable mountain development.

**References**

1. The World Commission on Environment and Development: Our common future. Oxford : Oxford University Press, 1987. 400 p.
2. Concept of Russia's transition to sustainable development : Decree of the President of the Russian Federation, No. 440 dated April 1, 1996. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/9017665> (accessed: 15.07.2019).
3. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations, 2015. Available at: <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?menu=2361> (accessed: 14.12.2019).

4. Hennadii Haiko, Saik P., Lozynskiy V. The Philosophy of Mining: Historical Aspect and Future Prospect. *Philosophy and Cosmology*. 2019. Vol. 22. pp. 76–90.
5. Trubetskoy K. N. Science and mining industry. *Gornyi Zhurnal*. 2015. No. 7. pp. 19–23. DOI: 10.17580/gzh.2015.07.03
6. Trubetskoy K. N., Myaskov A. V., Galchenko Yu. P., Eremenko V. A. Creation and justification of convergent technologies for underground mining of thick solid mineral deposits. *Gornyi Zhurnal*. 2019. No. 5. pp. 6–13. DOI: 10.17580/gzh.2019.05.01
7. Ilin S. A., Kovalenko V. S., Pastikhin D. V. Open method of mining: opportunities and ways. *Gornyi Zhurnal*. 2012. No. 2. pp. 37–40.
8. Tsiolkovskiy K. E. Collected edition. Moscow : Izdatelstvo Akademii nauk SSSR, 1954. Iss. 2. Jet aircrafts. 455 p.
9. Mayboroda A. O. How to get 80% cheaper lunar base and orbital station. *Vozdushno-kosmicheskaya sfera*. 2018. No. 1(94). pp. 22–31.
10. Nagovitsin O. V. Influence of the extraterrestrial conditions on mining technologies for the solar system bodies (in terms of the Moon) : thesis of inauguration of Dissertation ... of Candidate of Engineering Sciences. Apatity, 1995. 22 p.
11. Anan'ev 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*. 2016. No. 4(210). pp. 3–8.
12. Smith C. M. An adaptive paradigm for human space settlement. *Acta Astronautica*. 2016. Vol. 119. pp. 207–217.
13. Puchkov L. A. Sustainable power consumption – basis for sustainable development of the world. *Ustoychivoe razvitiye gornykh territoriy*. 2015. Vol. 7, No. 4. pp. 9–16.
14. Ursul A. D. Space exploration in sustainable development strategy. *Aktualnye problemy aviatsionnykh i aerokosmicheskikh sistem: protsessy, modeli, eksperiment*. 2016. Vol. 21, No. 1(42). pp. 200–205.
15. Ursul A., Ursul T. From planetary to space mining: prospects for sustainable development. *Geotechnical Construction of Civil Engineering & Transport Structures of the Asian-Pacific Region : International Geotechnical Symposium*. 2018. MATEC Web of Conferences. 2019. Vol. 265. 06015. DOI: 10.1051/mateconf/201926506015
16. Treaty on operational policy of states in research and use of outer space, including the Moon and other celestial bodies : admitted upon resolution 2222 (XXI) of the General Assembly as of December 19, 1966. Available at: [https://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/outer\\_space\\_governing.shtml](https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/outer_space_governing.shtml) (accessed: 04.12.2019).
17. U.S. Commercial Space Launch Competitiveness Act (H.R. 2262). *Public Law 114–90 : 114th Congress*. 2015. Available at: <https://www.congress.gov/114/plaws/publ90/PLAW-114publ90.pdf> (accessed: 04.12.2019).
18. Glushko V. P. (Ed.). *Cosmonautics : Encyclopedia*. Moscow : Sovetskaya entsiklopediya, 1985. 527 p.
19. Krichevsky S. Super Global Projects and Environmentally Friendly Technologies Used in Space Exploration: Realities and Prospects of the Space Age. *Philosophy & Cosmology*. 2018. Vol. 20. pp. 92–105.