

Семененко В.П., Собонович Э.В.
Институт геохимии окружающей среды

КОСМОЭКОЛОГИЯ И ЕЕ ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ^{х)}

Дано определение космоэкологии как интегральной фундаментальной науки и рассмотрены основные направления ее развития.

Экологические проблемы возникают на определенном этапе развития человечества. Именно рост народонаселения и сопровождающее его загрязнение окружающей среды являются главными факторами, обусловившими необходимость защиты человека от результатов своей деятельности, т.е. от самого себя. В настоящее время экологические программы носят экстремальный характер и направлены на решение региональных или кратковременных проблем, спровоцированных технологическими или природными катастрофами.

В традиционном понимании экология является прикладной наукой, которая активно внедрилась во многие области знаний. Так, достаточно перечислить такие направления исследований, как геоэкология, палеоэкология, экология промышленных систем, медицинская экология и т.д. В то же время современный уровень знаний позволяет говорить об экологии как о фундаменте всех наук, как о мировоззрении, позволяющем глубже понимать мир в единстве постоянного взаимодействия разнообразных систем. Подход к экологии как интегральной фундаментальной науке требует изучения общих закономерностей зарождения, эволюции и взаимосвязи неорганического, органического и биологического вещества в различных физико-химических условиях. Превращение экологии из прикладной науки в фундаментальную позволяет ей предвидеть, что будет с человечеством в будущем при его росте и активном взаимодействии с окружающей средой и как избежать при этом нежелательных последствий.

Понимание термина «окружающая среда» является ключевым в экологическом мировоззрении. Очевидно, что рассмотрение ее только как непосредственной, земной обители человека, а не как подвижной, постоянно расширяющейся среды, резко суживает область экологических исследований и их результативность. В современном экологическом понимании окружающей средой должна называться среда, которая оказывает вещественное или энергетическое влияние на человека и доступна для исследования. Если не учитывать данные о находках межзвездных зерен минералов в метеоритах, то к окружающей среде необходимо отнести ближний космос, т.е. среду в пределах солнечной системы. Такой подход к окружающей среде позволяет сформулировать новую ветвь знаний — космоэкологию. С нашей точки зрения, космоэкология — это наука о внеземной среде, которая влияет на экологическую ситуацию на Земле и способна обеспечить материальные, энергетические и интеллектуальные потребности человечества. Ее актуальность непосредственно связана с необходимостью целенаправленного формирования среды обитания человека в быстро изменяющихся условиях.

Выделение новой ветви знаний является закономерным следствием развития науки. Исследования в этой области ведутся уже несколько десятилетий и обусловлены практическими потребностями землян. Так достаточно отметить, что изучение Земли космическими аппаратами используется в прогнозе погоды, в картографировании, теле- и радиокommunikациях, а также в оценке экологического состояния Земли.

В книге «Химическое строение биосферы Земли и ее окружения» В.И. Вернадский обосновал необходимость изучения двух проблем: 1) происхождения космического вещества и связей Земли с космосом; 2) влияния человеческого разума на развитие

^{х)} сокращенный вариант статьи опубликован в журнале «Вісник НАН України», 2001, №9, с. 38–43.

Земли и возникновение ноосферы. Нам представляется, что эти проблемы очень тесно взаимосвязаны и точкой их пересечения является космоэкология.

Тесная связь Земли с космосом, начиная от формирования планеты и до настоящего времени [1], подтверждается рядом фактических данных. Так, современными космическими факторами, которые влияют на Землю, являются:

1) падения крупных метеоритов, весом более десятков тонн, которые могут стимулировать магматическую деятельность, вызывать образование полезных ископаемых, в том числе и алмазов, изменять морфологические особенности, а также геохимический, биологический и климатический фон планеты;

2) постоянное выпадение космической пыли и спорадическое падение метеоритов, которые приводят к увеличению массы земной коры, стимулированию атмосферных осадков, а также влияют на экологическую обстановку на Земле, участвуя в физико-химических процессах, определяющих жизнедеятельность биоты;

3) постоянное космическое облучение, обуславливающее радиационный фон на земной поверхности и синтез радионуклидов — трития, радиоуглерода и др.;

4) гравитационное воздействие Луны, Солнца и проходящих вблизи Земли других космических тел, что обуславливает приливы и отливы в водной среде и литосфере, а также цикличность процессов в биосфере;

5) периодическая солнечная активность, которая приводит к магнитным бурям на Земле.

Таким образом, основываясь на этих факторах, космоэкологические задачи должны рассматриваться в трех аспектах: вещественном, энергетическом и идеологическом. С идеологических позиций, освоение ближнего космоса является необходимым условием снятия биосферных ограничений предела роста народонаселения.

Теоретическим фундаментом космоэкологии является знание планетных закономерностей формирования Земли, изменения ее космохимического фона в геологический период и в результате человеческой деятельности. В последнее время все более очевидными становятся как ограниченность ресурсов Земли, так и пагубность влияния деятельности человека в потреблении и переработке этих ресурсов на экологическую ситуацию на Земле. С этой точки зрения наиболее перспективным представляется переориентация интересов на изучение ближнего космоса, как носителя минеральных и энергетических ресурсов, способного удовлетворить потребности человечества без непосредственного разрушения окружающей среды. Достаточно отметить, что в 1 т железного метеорита содержится от 50 до 250 кг никеля, запасы которого в земной коре резко ограничены, до 30 кг кобальта и около 50 г платиноидов. Поиски и изучение нового типа космического вещества позволяют получить фундаментальные данные о процессах возникновения, перераспределения и концентрации минеральных ресурсов космоса, о роли этих ресурсов в формировании техногенной сферы и ее влияния на экологическую ситуацию на Земле.

Анализ современных космических программ, которые активно разрабатываются в крупнейших научных центрах и охватывают широкий круг научно-технических проблем, свидетельствует о том, что возможность использования минеральных ресурсов космоса стимулирует изучение последствий их привнесения в окружающую среду. Космические программы поиска, добычи и переработки полезных ископаемых в космосе выдвигают жесткие технологические требования, которые должны обезопасить космические тела, в том числе и планету Земля, от загрязнений.

Успешное освоение космического пространства будет зависеть от нашей способности использования местных ресурсов для конструкционных материалов, жизнеобеспечения в космосе и обеспечения энергетическими ресурсами летательных аппаратов и космических лабораторий. Сооружение космических станций на околоземной орбите, а в будущем на поверхности космических тел требует глубокого исследования энергетического воздействия космической среды (галактических лучей, солнечного ветра, резких перепадов температуры) на конструкционные материалы.

Одним из важнейших следствий изучения космических объектов является возможность получения основополагающих данных об условиях зарождения и эволюции органического вещества космоса, а также его влиянии на формирование биосферы и в целом жизни на Земле.

Космические программы, рассчитанные на ближайшие десятилетия, охватывают широкий круг научных, технических, строительных, экономических, политических и юридических проблем. Их анализ свидетельствует о том, что освоение космического пространства дало мощный толчок в развитии микроинструментов, позволяющих работать с минимальным количеством вещества, а также новых технологий в строительстве космических баз, поиске, добыче, переработке полезных ископаемых и разработке новых материалов с заданными свойствами. При этом необходимо отметить, что в космических исследованиях наступил новый этап, основанный на разработках и применении небольших, относительно дешевых космических кораблей и приборов. Так предполагается, что прибывшие на Марс микроспутники будут весить до 200 кг, а марсианские приборы — до 5 кг [3].

В то же время необходимо отметить, что именно реализация космических программ демонстрирует превращение гипотез о природе окружающего нас мира в научно доказанные факты. Так, в конце прошлого столетия планировалось провести ионосферные измерения, геологические исследования, осуществить поиск близ поверхностной грунтовой жидкой воды и изучить пограничный слой атмосферы и ее глобальную циркуляцию [3]. А уже сегодня земляне получили прямые свидетельства присутствия воды на Марсе.

Более подробно остановимся на основных направлениях развития космозологии и ее проектах, реализация которых позволит получить фундаментальные знания и даст возможность использовать материальные и энергетические запасы космоса в будущем. При этом необходимо отметить, что в связи с большим количеством использованной литературы, мы вынуждены дать ссылки или на материалы тематических международных конференций или лишь на самые важные работы.

Астрономические. Для освоения Марса предполагается использовать Луну, поверхность которой является наиболее перспективной для размещения на ней астрономических обсерваторий, оборудованных ультрафиолетовыми, оптическими и инфракрасными телескопами. Лунные обсерватории позволят получить высококачественные астрономические данные в широком диапазоне электромагнитного спектра [4].

Геофизические и метеорологические. На геонаучных станциях, которые предполагается установить на Марсе, будут реализовываться геофизические, геодезические, метеорологические и картографические программы. Планируется установить на Марсе сеть из 4 геонаучных станций, предназначенных для реализации следующих программ:

- геофизические исследования (сейсмические, магнитные, приливно-отливные и геодезические);
- метеорологические измерения (давление, ветер, температура, влажность, непрозрачность, атмосферное электричество);
- изображение поверхности и поверхностное картирование;
- ионосферные измерения;
- геологические исследования (региональная геология и минералогия);
- изучение термального состояния внутренней части Марса;
- тектоническая активность;
- поиск близповерхностной грунтовой жидкой воды;
- исследования пограничного слоя атмосферы и ее глобальной циркуляции. Программа «CLIMARS» предусматривает полное моделирование атмосферной химии, метеорологии и климата Марса [3].

Геологические. Основные геологические проекты связаны с поиском и разведкой полезных ископаемых на космических телах. В лунной коре обнаружены породы, которые характерны для земных расслоенных комплексов, содержащих залежи хромита. Одна из задач — поиск и разведка таких хромитовых месторождений. Они могли

образоваться вследствие магматизма, вызванного падением метеорита (типа Седбери) [5]. В исследовании Марса приоритетными являются поиски глинистых сланцев, кремнистых, железистых кварцитов, кварцевых песков, андезитов, а также органических веществ или пород с органическими остатками [6].

Установление возрастной шкалы Марса, в первую очередь возраста его поверхности является приоритетным вопросом для понимания геологических и атмосферных процессов, которые определили форму Марса [3].

Недавний полет на Марс космического аппарата Pathfinder дал новую информацию о составе марсианских пород. Успех был обеспечен благодаря небольшому мобильному роверу, перемещающемуся по поверхности планеты, и АРХ спектрометру, с помощью которого изучался на месте состав пород и грунта. Сенсорная часть спектрометра весом всего 170 г была смонтирована на ровере. Предыдущие полеты Викингов позволили установить, что поверхность Марса имеет мафический состав с очень незначительной степенью фракционирования. Отмечены высокие концентрации Mg и Fe, и низкие содержания K. В то же время данные Pathfinder свидетельствуют о фельзитовом составе пород. Они содержат много SiO₂, K и мало Mg, характеризуются высокой степенью фракционирования сравнительно с высокодифференцированными породами земной коры. Отмечаются также очень большие различия в составе грунта и пород. Предполагается, что высоко фракционированное K- и SiO₂-богатое вещество образовалось в южном высокогорье, а мафическое, Mg-богатое вещество — в северном полушарии, покрытого вулканами [3].

Установлены следующие характеристики марсианской почвы: полное отсутствие органического вещества, карбонатов и глин в выветренных почвах и пыли; повсеместность нанофаз силикатных и железооксидных минералов; высокие концентрации эвапоритов (S и S-содержащих солей); присутствие магнитных минералов [3]. В результате исследований Марса предполагается получить карты распространенности элементов, которые позволят исследовать состав коры и мантии, процессы выветривания, вулканизм и определить источники летучих [3]. Для этих целей на Марсе будут использоваться гамма-лучевой спектрометр (GRS) и термально-эмиссионная изобразительная система (THEMIS).

Полезные ископаемые. Лунная поверхность покрыта реголитом. Возникает вопрос, как можно его использовать? Предполагается, что содержащиеся в реголите ильменит и шпинель являются источником O₂, а вместе с захваченным H₂ из солнечного ветра могут обеспечить получение воды; другой компонент солнечного ветра, ³He, рассматривается как потенциальное ядерное топливо. В агглютинатах есть самородное железо, в троилите — S, а на частицах грунта накапливаются летучие Cl, Na, Zn и S [7]. Установлено, что верхний слой реголита мощностью 2 м вмещает около 8·10⁹ т H, 1,5·10¹⁰ т C и 8·10⁹ т N. Превращение такого количества водорода в воду даст озеро длиной 70 км, шириной 10 км и глубиной 100 м [8]. Наиболее важные составляющие реголита: 1) ильменит, который является источником O₂, H₂, ³He, Fe и Ti; 2) агглютинаты, вмещающие Fe и летучие элементы; 3) вулканическое стекло, как источник летучих; 4) некоторые минералы, содержащие O₂, Al и Fe [4].

Разработана схема экономически окупающегося метода добычи черных и драгоценных металлов на железных астероидах. При затратах 23–57 млрд. дол. разработка астероида массой 5·10⁹ т даст прибыль 100–200 млрд. дол. [9]. Предполагается, что некоторые астероиды являются фактически золотой рудой. Наиболее перспективными для получения драгоценных металлов (Au, Pt, Ir, Os, Pd, Rh, Ru) являются два типа метеоритов: 1) LL-хондриты с 1,2–5,3% Fe-Ni, в котором содержится (50–220)·10⁻⁶ г/г драгоценных металлов; 2) железные метеориты, содержащие n·100·10⁻⁶ г/г драгоценных металлов. Добыча 400 000 т драгоценных металлов обеспечит получение продукции стоимостью 5,1 триллионов долларов. [10].

Местные строительные материалы. Из реголита и горных пород Луны могут быть получены следующие строительные материалы: цемент, бетон, керамика и конструкции из стекла. Именно эти материалы способны обеспечить тепловую и радиационную защиту, прочность конструкций и их инертность [11].

Биологические. Поиск следов примитивной жизни на космических телах является важнейшей задачей в освоении космоса. Наиболее перспективная планета в этом плане — Марс. В современной литературе широко дискутируются вопросы о находке минералогических и геохимических признаков возможной марсианской жизни в антарктическом метеорите ALH-84001 и некоторых углистых хондритах. Хотя космические аппараты Viking 1 и 2 не нашли в марсианской почве органический углерод, в близповерхностном слое Марса предполагается наличие замороженных отпечатков очень ранних форм жизни, которые подобны земным [3].

Для добиотной стадии эволюции планет необходима химическая база и условия, способствующие синтезу сложных макромолекул из простых мономеров. Приводится химическое обоснование возможности существования в прошлом на Марсе биосферы, которая аналогична земной. На Марсе присутствуют наиболее важные биогенные элементы. Их набор и количество соответствуют требованиям, обеспечивающим жизнедеятельность микроорганизмов на планете [12]. Установлено, что РТ-условия на раннем Марсе были благоприятны для существования микроорганизмов, длительность жизни которых зависела от периода существования на Марсе воды. По ряду гипотез вода могла покрывать Марс слоем до 1 км. Радиационная обстановка была неблагоприятна для возникновения жизни и в отсутствие атмосферы она могла зародиться под поверхностью планеты [12]. При этом некоторыми авторами отмечается, что карбонаты, лед и эвапориты могут удерживать биологические клетки, которые образуются при быстром захоронении организмов в водонепроницаемой минералогической фазе (микробиологическая фоссилизация). В результате экспериментальных работ и анализа существующих данных предположены следующие стадии возникновения жизни на Марсе [12]:

- синтез органических молекул в протопланетном облаке;
- синтез моно- и полимеров в марсианской атмосфере и растворение их в воде;
- доставка органического вещества метеоритами и кометами;
- образование отдельных фаз полимолекулярных систем, способных взаимодействовать с окружающей средой, расти и размножаться;
- формирование первичных клеточных структур;

Энергообеспечение космических баз. Известно, что в XXI веке глобальные топливные ресурсы Земли не смогут обеспечить даже половину необходимой энергии. Наиболее безопасным и экологически чистым источником получения энергии является ${}^3\text{He}$. К сожалению, ${}^3\text{He}$ очень мало на Земле, однако его много в лунном реголите, где он образуется под воздействием солнечного ветра. По некоторым оценкам при 700°C из реголита выделяются H, He и 20–30% N и C. Так, при выделении 1 т ${}^3\text{He}$ вследствие нагрева до 700°C дополнительно получим 6300 т H, 700 т N, 1600 т C. Указывается, что в области лунных морей объем ${}^3\text{He}$ в верхнем слое реголита толщиной 3 м достаточный для энергообеспечения Земли в течении 1 тыс. лет [13], а для обеспечения 104 полетов космических кораблей Шаттл необходимо разработать всего 0,002% запасов реголита [8].

Космические технологии. В связи с предполагаемым развитием горнодобывающей промышленности на Луне ставится задача разработки технологий экстракции минералов и ряда необходимых элементов. Например, изучается возможность использования лунного ильменита для получения жидкого O_2 на Луне. В связи с этим необходимо разработать технологию концентрации ильменита из высокотитанистых базальтов и морских почв. Предлагается вакуумное электростатическое концентрирование ильменита из лунного грунта для получения O_2 и Fe [5]. Для производства предлагается нестандартный способ обогащения руд через карбонил никеля, при этом параллельно будет получено до 50 г/т платиноидов [5].

Существует ряд проектов добычи кислорода из местных материалов. Одна из разработок — это солнечная печь для получения O_2 , металлов и керамики (возможна керамика с заданными свойствами) из лунного реголита. Температура разогрева в такой печи будет достигать 3000°C [14]. Кислород можно добывать из ильменита и силикатов. Однако благодаря магнитным свойствам ильменита, которые обеспечивают его сепарацию, технология добычи O_2 из ильменита является предпочтительной [5]. Сделан вывод о прямой

зависимости выхода O_2 от содержания FeO в минералах. Показано, что эффективность выделения O_2 снижается в последовательности: ильменит, агглютинатовое и пирокластическое стекло, оливин, пироксен [15]. Кроме того, предполагается получать жидкий кислород, необходимый для космической транспортировки методом электролиза расплавленных лунных минералов в анодной плазме. Методом выщелачивания базальтового грунта водной Hf можно получить 1000 тонн кислорода в год и дополнительно Al и Al_2O_3 , Si и SiO_2 , Ti и TiO_2 , Fe , Mg и Ca_2SiO_4 . В одном из проектов пиролитический метод добычи O_2 на Луне включает следующие стадии: испарение, конденсацию и извлечение O_2 . Солнечные или электрические установки будут использоваться в качестве нагревателей. Предполагается выход 0,02–0,2 г O_2 на 1 г реголита [16].

Путем диспропорционирования бифторида кремния не исключено производство лунного кремния, пригодного для электроники [11]. Дэвид Крисвелл из Хьюстона предлагает установить технический центр, который должен снабжать весь мир энергией. Этот проект заключается в установке на Луне панелей из фотоэлектрических элементов, которые смогут улавливать лучи солнца, преобразовывать их в электрическую энергию, затем при помощи микроволновых передатчиков передавать ее на Землю.

Космическое жизнеобеспечение. Лунные базы должны полностью обеспечиваться энергией мощностью от сотен киловатт до сотен мегаватт. Анализируются различные системы ядерных реакторов для использования на Луне [14]. Для длительного пребывания на лунной базе необходимо наладить выращивание сельскохозяйственной продукции на реголите. Эта технология требует ввода в основном C , N , K и P в грунт. Планируется искусственное освещение, применение высокоурожайных сортов и интенсивных технологий.

Космические базы. Предполагается, что первым пристанищем на планетах будут туннели. Для этого предлагаются различные системы горной разработки — буровое, взрывное или нагревательное извлечение пород для создания туннелей. Одна из первоочередных задач — это выбор места базы и обеспечение ее функционирования. Выдвигается ряд аргументов в предпочтительном расположении лунной базы на границе постоянно освещенных участков Луны с постоянно затемненными участками с температурой 40К. С точки зрения удобства разработки ильменита, получения O_2 , а также H_2 и He предлагается расположить лунную базу на лавовых потоках в западной части океана Бурь, в области озера Весны.

Экологические. Одна из важнейших задач в изучении космоса — это защита космических образцов от земных загрязнений и нашей планеты от привноса внеземных органических молекул и космического мусора. Герметизация марсианских образцов должна начаться на поверхности Марса, поддерживаться во время транзита и в течении гарантийного периода на Земле [3]. В 1984 г. разработана таблица 6-ти категорий защиты. Например, IV-ая категория включает биозащиту, стерилизацию и мониторинг биопроб [3]. Комитет по космическим исследованиям (COSPAR) представил рекомендации планетной защиты, необходимые для всех космических программ. Особое внимание уделяется вопросам стерилизации исследовательских инструментов и пробоотборников. Необходимо свести к минимуму возможность технических катастроф на планетах. В программу включены разнообразные уровни очистки и методы стерилизации в зависимости от научных целей и применяемых инструментов [3].

К сожалению, все нарастающее освоение космоса сопровождается постоянным увеличением уровня загрязнения космического пространства земными образцами. Достаточно отметить, что за 50 лет в космос было запущено 21 тыс. космических аппаратов общей массой 5000 т [2], т.е. средний ежегодный прирост потенциальных загрязнителей околоземной области составляет 100 т. Часть этих объектов покинула околоземную орбиту, упав на Землю, сгорела в атмосфере Земли или вылетела за пределы околоземного пространства. Несмотря на это, на околоземной орбите до сих пор находится несколько сотен тысяч мелких тел, размер которых меньше 10 см и около 12 тыс. объектов, превышающих 10 см. Из них функционирующих систем лишь 6%, все остальное —

космический мусор, который сконцентрирован на 2 уровнях: в пределах низкоорбитального уровня (500–1200 км) и в геостационарной зоне (38 000 км).

Космический мусор представляет серьезную угрозу, как безопасности полетов действующих космических аппаратов, так и землянам. Достаточно отметить, что скорость его, при столкновении с МКС, может достигать 15 км/сек. А выпадающие на Землю фрагменты космических аппаратов несут не только прямую угрозу жизни людей, но и приводят к химическому и радиационному загрязнению окружающей среды [2].

В космос стало выгодно вкладывать деньги, поскольку будущее за его освоением военными и коммерцией. В то же время покорители космоса понимают, что без разработанной системы по снижению уровня опасности столкновения космических аппаратов с частицами мусора, без страхования рисков и возмещения затрат освоение космоса бесперспективно [2].

Таким образом, очень краткий перечень перспективных космических программ, разработанных в ведущих лабораториях мира, отражает все время расширяющуюся область интересов человека в ближнем космосе. Все они направлены на продление существования человечества и сохранение среды его обитания на Земле. Эти программы являются составной частью космоэкологии, которая самопроизвольно развивается в соответствии с прагматическими и интеллектуальными запросами человечества.

1. Соботович Э.В. Изотопная космохимия. — Москва, «Атомиздат», 1974. — 206с.
2. Яцків Я.С. Космічне сміття. // Світогляд. — Київ, — 2008, N1, с.60–63.
3. International Symposium “Mars exploration program & sample return missions”. — Paris, 2–5 February, 1999.
4. Lunar and Planet. Sci. 21, Abstr. Pap. 21st Lunar and Planet. Sci. Conf., March 12–16, 1990. — Houston Tex., — 1990, P. 1235–1236, 1245–1246.
5. Lunar Bases and Space Active. 21st Century. Symp., Washington D.C., Oct. 29–31, 1984. — Houston Tex., — 1984, P. 62, 24, 126, 26.
6. Clark B.C. Exploration on the surface of Mars. // Lunar and Planet. Sci. 19, Abstr. Pap. 19th Lunar and Planet. Sci. Conf., March 14–18, 1988. — Houston Tex., — 1988, P. 194.
7. Taylor L.A. Lunar regolith: Its characterization as a potential resource for a Lunar base. // Abstr. And Program 52nd Annu. Meet. Meteorit. Soc., Vienna, July 31 — Aug. 4, 1989. — Houston Tex., — 1989, P. 240–241.
8. Haskin L.A. The Moon as a practical source of hydrogen and other volatile elements. // Lunar and Planet. Sci. 20, Abstr. Pap. 20th Lunar and Planet. Sci. Conf., March 17–21, 1989. — Houston Tex., — 1989, P. 387–388.
9. Sparks D.R. Recovery of asteroidal metals for terrestrial utilization. // Acta Astronaut. — 1986. — 13, N3. — P.101–104.
10. Kargel J.S. Metalliferous asteroids as potential sources of precious metals. // J. Geophys. Res. E. — 1994. — 99, N10. — P.21.
11. Agosto V.N. Lunar sourced inorganic composites for space construction. // Lunar and Planet. Sci. 17, Abstr. Pap. 17th Lunar and Planet. Sci. Conf., 1986. — Houston Tex., — 1986, P. 1–2.
12. Top. Meet. COSPAR Interdisc. Sci. Commiss. F (Meet. F3) COSPAR 29th Plen. Meet. “Life Sci. and Space Res. XXV. Pt. 4. Planet. Biol. and Orig. Life”, Washington, 28.08. — 5.09.92. // Adv. Space Res. — 1995. — 15, N3. — P.163–170, 171–176, 172–184.
13. Taylor L.A. Helium-3 on the Moon for fusion energy generation: abundances and recovery. // 3rd Int. Conf. Explor. and Util. Moon and 28th Vernadsky — Brown Microsymp. Comp. Planetol., Moscow, Oct. 11–14, 1998: Abstr. Pap. — Moscow, 1998. — P.43.
14. Lunar and Planet. Sci. Conf. 14. Spec. Sess. Abstr. Return Moon, March 16–20, 1983. — Houston Tex., — 1983, P. 1–2, 3.
15. Allen C.C., Morris R.V., McCay D.S. // J. Geophys. Res. E. — 1996. — 101, N11. — P.26085–26095.
16. Senior C. Lunar oxygen production by pyrolysis. // AIAA Pap. — 1992. — N1663. — P.1–11.

Семененко В.П., Соботович Е.В.

КОСМОЕКОЛОГІЯ ТА ОСНОВНІ НАПРЯМИ ЇЇ РОЗВИТКУ

Наведено визначення космоекології як інтегральної фундаментальної науки і розглянуто основні напрямки її розвитку.

Semenenko V.P., Sobotovich E.V.

COSMOECOLOGY AND ITS PRINCIPAL DIRECTIONS OF DEVELOPMENT.

Determination of cosmoecology as an integral fundamental science and its principal directions of development are given