

ВЗГЛЯДЫ МИРОВОГО СООБЩЕСТВА НА ПРОБЛЕМУ ВНЕЗЕМНЫХ РЕСУРСОВ

Шевченко В.В.

Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга,
Московский университет, Москва, Россия

Помимо катастрофических нарушений устойчивого развития, связанных с кометно-астероидной опасностью, неизбежную угрозу представляют глобальные процессы, связанные с нарушением естественного баланса в окружающей среде в результате промышленно-технологической деятельности человечества.

К основным параметрам подобных процессов относятся:

- использование невозполнимых источников материальных и энергетических ресурсов, ведущее к их полному истощению,
- перенасыщение среды обитания продуктами загрязнения,
- перепроизводство энергии, приводящее к нарушению естественного баланса в земной среде и возникновению устойчивого парникового эффекта.

При существующей структуре мировой экономики около 98 – 99% сырьевых материалов превращается в отходы. Около 88% энергии в настоящее время вырабатывается за счет сжигания углеродного топлива, что дает 60% всей загрязнений природной среды.

В связи с этим наиболее часто обсуждается проблема истощения запасов полезных ископаемых. Но в результате продолжающихся открытий новых месторождений происходит как бы постоянное пополнение известных резервов природного сырья и временная шкала процесса истощения земных ресурсов определяется весьма приблизительно.

Меньше внимания обращается на проблему перепроизводства энергии. Однако именно в этом случае человечество подстерегает главная опасность.

Считается, что допустимый предел производства энергии внутри земной среды составляет примерно 0,1 % от солнечной энергии, поступающей через атмосферу на земную поверхность. В абсолютных единицах это составляет примерно 90 ТВт (90×10^{12} ватт). При переходе через этот предел в земной среде начинаются необратимые процессы нарушения естественного баланса, приводящие к полному разрушению существующих условий обитания на Земле.

Даже при существующем сегодня уровне потребления энергии на душу населения, только с учетом роста населения Земли, за первую половину XXI столетия общее потребление и, соответственно, производство энергии удвоится.

Если в последний год XX века, в 2000 году, эта величина может составить примерно 16 ТВт, то к 2050 году она будет составлять уже 34 ТВт. При сохранении этой тенденции в 2100 году общее производство энергии должно возрасти до 98 ТВт, то есть допустимая норма будет превышена со всеми вытекающими из этого роковыми для человечества последствиями.

Очевидно, что разрушающие земную среду процессы начнутся гораздо раньше, постепенно набирая силу.

Уже в настоящее время энергокомплекс в отдельных случаях потребляет для технических нужд до 25% запасов экологически чистых вод, а возвращает в природную среду до 30% всех сточных вод. Примерно 40% загрузки железных дорог составляют перевозки нефти, угля и других традиционных видов топлива.

Выполнены расчеты, согласно которым в результате использования современных технологий сжигания органического топлива ежегодно теряется до 20% кислорода, репродуцированного в естественных условиях. Одновременно этот процесс сопровождается увеличением концентрации атмосферного углекислого газа, что неизбежно ведет к развитию глобального «парникового эффекта», в чем мы убедились на примере строения среды планеты Венеры.

Конечно, развитие атомной энергетики может снять некоторые из указанных проблем. Но, к сожалению, атомная энергетика в современном ее виде порождает другие, не менее сложные проблемы, что заставляет многие страны отказываться от этого источника энергоресурсов.

Таким образом, временная шкала выживания человечества дает очень короткий срок для принятия кардинальных решений. Первые результаты усилий, принципиально изменяющих отрицательную тенденцию нашего развития, должны проявиться, по-видимому, не позже 2020 – 2030 года. Поскольку на реализацию крупных проектов при максимальной концентрации сил и средств требуется, как правило, не менее 20 лет, срок для глобальных решений уже наступил – принять эти решения и приступить к их реализации необходимо до начала следующего столетия.

Многочисленные футурологические исследования, проведенные еще в 80-е годы, показали, что единственным путем решения проблемы выживания человечества является интенсивное использование внеземных, то есть космических ресурсов.

В течение долгого времени предполагалось, что внеземным экологически чистым энергетическим ресурсом может стать солнечная энергия. В качестве способа утилизации солнечной энергии рассматривались гелиоэлектростанции на стационарных околоземных орбитах.

Однако простые оценки показывают, что и этот путь является тупиковым.

Например, согласно одному из проектов для удовлетворения потребности в электроэнергии одного миллиона семей на Земле необходимо создать на геостационарной орбите солнечную электростанцию с общей массой около 100 тыс. т.

Ожидается, что к концу столетия численность землян достигнет 6 миллиардов, что может быть примерно эквивалентно 1 млрд семей.

Следовательно, общая масса гелозенергетического орбитального комплекса должна составить 100 миллионов тонн.

При ожидаемом примерном удвоении числа жителей Земли к 2050 году, суммарная масса энергетических сооружений на геостационарных орбитах должна достигнуть примерно 200 миллионов тонн.

Однако для выведения на геостационарную орбиту полезного груза в 1 млн т следует израсходовать около 300 млн т топлива и 2,5 млн т конструктивных материалов. При этом в земную атмосферу поступит около 40 млн т продуктов загрязнения (1 – 2 грамма отравляющих веществ на каждую тонну земной атмосферы при полном осуществлении проекта).

Для реализации всего проекта по уровню начала века потребуется примерно миллион запусков тяжелых ракет-носителей или 2 млн запусков к 2050 году. Таким образом, получается вполне абсурдная величина – от 50 до 100 запусков каждый день.

То есть, полное решение энергетической проблемы с помощью системы «космических зеркал» следует признать изначально утопическим вариантом.

При оценке иных, более продуктивных, вариантов следует учесть, что общий уровень исследования проблемы внеземных ресурсов в настоящее время неадекватно низок. Это объясняется прежде всего тем, что работы ведутся в рамках небольших инициативных проектов силами немногочисленных энтузиастов при полном

игнорировании со стороны официальной фундаментальной науки, т.е. без информационной поддержки, без финансирования, без координации усилий.

Из того, что известно к настоящему времени, можно указать на следующие возможности.

Переход энергетики на использование промышленных установок, работающих на реакции синтеза дейтерия и изотопа гелия-3. Преимущества подобного процесса заключаются в полном отсутствии радиоактивной опасности и в экологически чистых отходах (протоны и гелий-4).

Естественные земные запасы гелия-3 отсутствуют. Однако проведенные исследования позволяют предположить, что в поверхностном слое лунных пород в результате его длительного облучения солнечным ветром накопилось около 1 млрд т гелия-3. Такого количества экологически чистого ядерного топлива может хватить примерно на 5000 лет для обеспечения электроэнергией всего человечества с учетом прогрессивного роста его численности.

Предварительные экономические расчеты показывают, что уже в первые десятилетия XXI века использование лунного ядерного топлива станет более выгодным, чем использование традиционных энергоносителей. Кроме чисто ценовой выгоды, использование внеземного энергоносителя обладает уникальным преимуществом экологической чистоты.

После создания первичной инфраструктуры на лунной поверхности стоимость 1 т гелия-3, добытого на Луне и доставленного на Землю, составит около 1 млрд долл.

Общие затраты на создание первичной инфраструктуры оцениваются суммой от 70 до 90 млрд долл. С учетом того, что общий срок финансирования этой части проекта продолжится около 25 лет, ежегодные затраты не будут превышать 6 – 9 млрд долл. Эта сумма примерно сопоставима с ежегодными затратами НАСА при реализации проектов «Аполлон» или «Спейс шаттл», т.е. не означает чрезмерную нагрузку на текущие космические бюджеты.

Расчеты показывают, что годовая потребность в электроэнергии такой страны с высоким уровнем потребления, как США, может быть обеспечена «сжиганием» 25 т лунного гелия-3. Т.е. ежегодные расходы на энергоносители составят 25 млрд долл. В настоящее время в США ежегодно расходуется около 40 млрд долл. на нефть, газ, уголь и уран для производства электроэнергии традиционными технологиями.

Помимо ценовой выгоды в приведенных расчетах необходимо учесть полную экологическую безопасность использования внеземного ядерного топлива.

В качестве другого направления можно рассмотреть ликвидацию на Земле энергоемких промышленных отраслей производства материалов (прежде всего металлов) за счет использования природных ресурсов, содержащихся в малых телах Солнечной системы – астероидах.

По современным данным 90% от общего числа астероидов являются каменными и только несколько процентов приходится на металлические (железо-никелевые).

Но даже в небольшом (диаметром около 1 км и массой 2 млрд т) каменном астероиде металлическая фракция составляет примерно 200 млн т. Основная часть этой фракции приходится на железо. Малыми составляющими являются никель – 30 млн т, кобальт – 1,5 млн т, и металлы платиновой группы (серебро, золото, платина) – 7500 т. Рыночная стоимость только этой самой небольшой части астероида может составить более 150 млрд долл.

Особое внимание следует обратить на содержание кобальта. На Земле этот металл используется в основном для получения специальных сплавов, обладающих такими качествами, как высокая жаропрочность, сверхтвердость, устойчивость перед

коррозией и т.д. Промышленное содержание кобальта в рудах составляет от долей процента до 4%. Мировые запасы кобальта на сегодня оцениваются величиной около 3 млн т.

Следовательно, только один маленький каменный астероид заключает в себе половину всех земных стратегических ресурсов этого металла.

Еще более перспективным может оказаться утилизация металлических астероидов. На примере Сихоте-Алинского метеорита (1947 г.), представлявшего собой 60-тонный осколок металлического астероида можно судить о природных ресурсах этого типа тел. Метеорит на 94% состоял из железа с незначительными примесями никеля – 5,4% и кобальта – 0,38%.

В случае малого астероида с поперечником 1 км его ресурсы составят: железа – 7 млрд т, никеля – 1 млрд т, кобальта – 500 млн т.

При современном уровне добычи руды и производства никеля на Земле масса этого металла, содержащаяся лишь в одном небольшом металлическом астероиде, соответствует потребностям всего человечества в течение 2000 лет.

При сохранении современного уровня производства кобальта на Земле (около 50000 т в год) его естественные земные запасы будут исчерпаны за ближайшие 60 лет, т.е. примерно в первой половине наступающего столетия.

В то же время, указанное выше содержание кобальта в одном небольшом металлическом астероиде обеспечит все земные потребности в течение 10 000 лет.

Таким образом, очевидно, что успешная промышленная разработка только одного небольшого астероида позволит практически ликвидировать на Земле рудные разработки и промышленные мощности по производству никеля и кобальта.

По оценкам компетентных специалистов, глобальная концепция освоения космоса и реального использования внеземных природных ресурсов требует направлять в космическую промышленность до трети общих затрат на развитие промышленного комплекса в целом. Ни в одной стране еще далеко не достигнут подобный уровень финансирования космических программ.

На примере нашей страны особенно ясно можно видеть, что общество еще не осознало всей серьезности рассмотренных глобальных проблем. По-настоящему жизненно важные программы не имеют практически никакой поддержки, заведомо проигрывая дорогостоящим мероприятиям, которые с точки зрения выживания человечества могут рассматриваться лишь как мелкая суета.

На мировом уровне положение не намного лучше, хотя некоторые отдельные тенденции имеют положительную направленность. Имеют поддержку программы исследования Луны и сближающихся с Землей астероидов с помощью так называемых «дешевых» космических аппаратов.

Прежде всего следует назвать проект «Клементина» (США). Спутник Луны, запущенный по этой программе, в 1994 г. с большим успехом провел глобальные исследования Луны. Первоначально аппарат был создан американскими военными фирмами в рамках проекта «Звездные войны» для использования в структуре противоракетной обороны как часть системы спутников раннего оповещения. После прекращения этих разработок, в порядке конверсии оборонного комплекса США, всего лишь за два года аппарат был переоснащен для исследований тел Солнечной системы. Стоимость проекта составила всего 75 млн долл. Вес аппарата в орбитальной конфигурации составил всего лишь 423 кг.

После вывода на окололунную орбиту, «Клементина» передала на Землю более 1.6 млн изображений в 11 спектральных диапазонах. На борту станции находился высокоточный лазерный альтиметр (точность измерений высоты 40 м при разрешении 20 м), телескоп для регистрации заряженных частиц.

По самым грубым оценкам эффективность работы станции можно оценить величиной в 100 мегабайт научной информации с каждого грамма массы аппарата.

Запуском 7 января 1998 г. аппарата "Лунар проспектор" началось выполнение третьего проекта по программе "Дискавери", осуществляемой НАСА США. Предложенная несколько лет назад, эта программа предусматривает сравнительно частые (примерно один раз в два года) запуски небольших (и дешевых) автоматических станций для исследования объектов Солнечной системы.

Задачами проекта "Лунар проспектор" (т.е. Лунный изыскатель), общая стоимость которого составила около 63 млн. долл., были определены комплексные исследования с низкой полярной орбиты, включая оценки запасов некоторых природных ресурсов и выявление отложений водного льда в полярных районах. Масса аппарата в орбитальной конфигурации составляет всего 126 кг.

В настоящее время программа "Лунар проспектор" близится к завершению. В конце июля будет выполнена коррекция орбиты, в результате которой аппарат упадет на лунную поверхность в один из полярных кратеров. Как известно, одним из наиболее важных результатов этой миссии было обнаружение полярных отложений водного льда. С учетом неопределенности моделей, используемых для интерпретации полученных данных, в настоящее время общая масса лунных льдов оценивается величиной от 10 млн т до одного миллиарда тонн. Поскольку падение "Лунар проспектора" произойдет в месте предполагаемого скопления льдов, наблюдения последствий удара могут уточнить параметры ледяных отложений.

Другим важным результатом, имеющим непосредственное отношение к проблеме внеземных природных ресурсов, стал глобальный анализ содержания водорода в лунном поверхностном слое. Это дает возможность определить реальные запасы гелия-3, который, как упоминалось выше, в настоящее время считается наиболее важным внеземным ресурсом.

Лунные космические аппараты, имеющие сходные задачи, готовятся к запуску в ближайшие годы японским космическим агентством (NASDA) и Европейским космическим агентством (ESA).

Первый проект в упомянутой программе "Дискавери" был начат в феврале 1996 г. запуском аппарата NEAR (Near Earth Asteroid Rendezvous) - Встреча с астероидом, сближающимся с Землей. Основная задача этой космической станции заключается в подробном исследовании астероида Эрос с орбиты его искусственного спутника. Окончательное сближение аппарата с астероидом предполагается в феврале 2000 г. Затем в течение года NEAR будет перемещаться в пространстве рядом с Эросом на расстоянии 15 км от его поверхности.

В процессе предварительного маневрирования аппарат прошел вблизи одного из астероидов главного пояса - Матильды на расстоянии около 1200 км. Основным результатом этой встречи было обнаружение крайне низкой средней плотности астероида - $1,3 \text{ г/см}^3$. Это означает, что средняя пористость вещества Матильды составляет не менее 50%. Не исключено, что Матильда является потухшим ядром кометы, а многочисленные пустоты в теле астероида ранее были заполнены рыхлым льдом.

Проект Европейского космического агентства "Розетта", запуск которого намечен на 2003 г., предназначен для детального исследования природы комет. После попутного исследования двух астероидов, аппарат в 2011 г. станет спутником кометы Wirtanen. В 2012 г. с борта спутника будет выброшен на поверхность ядра кометы спускаемый аппарат, программа активной работы которого рассчитана на несколько месяцев.

На 2007 г. намечен запуск подготовленного НАСА космического аппарата для доставки на Землю образца вещества кометного ядра.

Если сравнить число этих запусков с общим количеством космических проектов, станет очевидным, что доля программ, имеющих отношение к проблемам использования внеземных ресурсов, весьма незначительна.

Реальные расходы НАСА на уже проведенные или начатые программы (ок. 200 млн долл.) составляют всего лишь около 2% годового бюджета последних лет.

Конкретные расходы ESA на обеспечение этого направления окончательно еще не определены.

В программе Российского космического агентства проекты, имеющие отношение к утилизации внеземных ресурсов, отсутствуют вовсе.

По-видимому, необходимо законодательное определение приоритетности направлений, обеспечивающих устойчивое развитие, а более точно - выживание человечества.

Представленные тезисы рассматривают лишь узко-профессиональные аспекты проблемы. В полном объеме необходимо учитывать очень широкий спектр вопросов. В частности, поскольку речь идет о глобальных процессах в масштабе всего земного шара, необходимо создание широкой международной кооперации. Необходимо осуществление набора образовательных и общеобразовательных программ. Поскольку общественное мнение до сих пор не подготовлено к восприятию истинного, в известной степени катастрофического, положения вещей, необходима подготовка программ популяризации через средства массовой информации и т.д.