

Владимир Головки

ГЕЛИЙ-3

ЛУННОЕ ТОПЛИВО БУДУЩЕГО

Многие ученые считают, что единственным масштабным и долговременным решением надвигающейся энергетической проблемы, одновременно удовлетворяющей условиям энергетической эффективности и экологической безопасности, является термоядерный синтез на базе использования лунного изотопа элемента гелия.

Страна, которая опередит другие в освоении Луны и добычи гелия-3, станет лидером в мировой экономике, считает академик Эрик Галимов.

По авторитетным прогнозам экспертов, к 2050 г. ожидается увеличение населения Земли вдвое. Не только Китай и Индия, но и другие развивающиеся страны будут интенсивно наращивать экономический потенциал. При этом предполагается необходимость увеличения энергозатрат, связанных с вовлечением в эксплуатацию все более бедных и труднодоступных источников минерального сырья и вторичной переработки отходов. Увеличение роста мирового энергопотребления в разы представляется вполне реальным. Исчерпание ресурсов углеводородного сырья в этих обстоятельствах — вопрос ближайшего времени. К тому же нельзя запасы углеводородов доводить до нуля, поскольку это не только топливо, но и сырье для производства пластмасс, искусственного волокна и прочих продуктов химической промышленности.

По заявлениям бывшего астронавта и сенатора США Харрисона Шмитта (Harrison Schmitt), участника экспедиции «Аполлон-17» (один из побывавших на Луне в 1972 году), уже сейчас США могут если не решить, то, по крайней мере, значительно отсрочить энергетический кризис. Для этого американцам необходимо вернуться на Луну и построить там станцию для добычи гелия-3. Однако прогнозируемая цена вопроса столь высока, что пока не существует ее рабочего прототипа. Хотя самой концепции использования термоядерного синтеза для производства дешевого электричества уже более полвека — с тех пор как академик Курчатov в 1956 году в Англии, во время визита Хрущева, рассказал миру об этой идее. Ее привлекательность состоит в том, что не требуется дорогого и достаточно редкого элемента урана и можно обойтись без реакции, которая один раз уже привела к Чернобылю, не будет также и отработанного ядерного топлива (ОЯТ).

По словам Х.Шмитта, человечество вполне способно построить на спутнике Земли рудники для добычи чистого и безопасного изотопа гелия, известного как гелий-3. По пред-

варительной оценке, на участке площадью около 2 кв. км, при глубине до трех метров, возможно, добыть до 100 кг этого вещества, которого достаточно для работы ядерных реакторов мощностью 1000 мегаватт в течение года. Для генерирования эквивалентного количества электроэнергии понадобилось бы сжечь угля на 140 миллионов долларов.

Многие ученые считают, что единственным масштабным и долговременным решением проблемы, одновременно удовлетворяющим условиям энергетической эффективности и экологической безопасности, является термоядерный синтез на базе использования гелия-3, при этом одновременно в нашем мышлении поэтический образ далекой Луны должен смениться представлением о ней как об объекте практической экономики. Словом, после великих географических открытий прошлых веков наш спутник должен стать следующим объектом приложения изыскательского духа, свойственного человечеству. По последствиям для развития цивилизации освоение Луны будет аналогично освоению новых континентов на Земле.

Х.Шмитт считает, что программа быстро окупит себя и приблизит миссию на Марс. При этом грядущие исследования Луны и ее недр будут оплачиваться, скорее всего, международными инвесторами. С учетом современных реалий астронавт также считает вполне реальным развитие лунного туризма, описав место посадки «Аполло-17» как прекрасное место для отдыха: «*Это долина, более глубокая, чем Большой каньон. Горы по ее сторонам поднимаются на высоту 2100 метров и сверкают бриллиантами в лучах солнца...*», «*Самое трудное — привыкнуть к тому, что солнце сверкает в черном небе*», — добавил Шмитт.

ОЦЕНКА СУЩЕСТВУЮЩЕГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

Исходя из звучных заявлений экспертов — в этом столетии человечество неизбежно столкнется с энергетической проблемой, не имевшей аналогов в прошлом. Она связана с вероятным исчерпанием природных ресурсов нефти и газа, занимающих сегодня 60...80% в мировом энергобалансе. Пессимисты говорят о том, что уже через 20 лет дефицит нефти и газа возьмет человечество за горло. Оптимисты называют 50 лет. Разница невелика. Существуют разные оценки, но в любом случае углеводородное топливо при современных объемах потребления будет исчерпано до конца XXI в.

Возможности замещения нефти и газа в энергобалансе уже сегодня известны, и технически проработано немало альтернативных источников энергии, и это, прежде всего солнечный свет. Эффективность соответствующих гелиоэнергетических установок постоянно увеличивается. Они применимы, например, для отопления домов. Имеют определенные перспективы возобновляемые биологические ресурсы, а также специальные биохимические устройства на основе того же фотосинтеза. Большой потенциал заключен в движении водных и воздушных масс. Роль гидроэнергетики, ветровых генераторов, термоустановок, использующих внутреннее тепло Земли, имеет тенденцию к возрастанию. Однако даже в совокупности перечисленные варианты далеко не обеспечат полного замещения углеводородного топлива. Главный недостаток большинства из них в том, что они рассчитаны на потребление рассеянной энергии с малой удельной мощностью. Аккумуляция ее требует больших поверхностей или объемов энергоспринимающих устройств. Значит, даже при теоретически больших ресурсах реальная возможность применения этих источников ограничена. Правда, есть еще уголь. Его хватит лет на двести, но его сжигание связано с большой экологической нагрузкой для Земли. Да и топливная эффективность относительно мала. Поэтому, хотя в ежегодной мировой добыче уголь (4,9 млрд. т) по массе превосходит нефть (3,8 млрд. т), его доля в энергетическом балансе вчетверо меньше. И если покрывать хотя бы половину мировой потребности в энергии за счет угля, то доступные источники будут исчерпаны в течение 50...60 лет.

По оценке председателя Комитета по возобновляемым источникам энергии Российского Союза НИО Павла Безруких, доля возобновляемой энергии (то есть энергии, которую получают от ветра, приливов, солнечного света) во всем мире составляет около 11%. По прогнозам экспертов, к 2040 году эта доля может увеличиться до 47%. Эта цифра выглядит сейчас фантастической только на первый взгляд — за последние 5 лет доля использования возобновляемой энергии возрастает с каждым годом на 30-50% по отношению к предыдущему году. Уже сейчас в Германии получают 17 гигаватт от источников возобновляемой энергии, в Испании — 8, в США — 6, в Индии — около 3,5 гигаватт. В России, которая весьма богата и нефтью, и газом, вопрос о возобновляемой энергии актуален и сейчас, даже при наличии все еще больших запасов сырья. К примеру, на Крайнем Севере большую половину электроэнергии получают от дизельных электростанций, хотя эффективность использования там ветряных установок очевидна.

Принципиальное разрешение проблемы может дать только ядерная энергия. Сегодня в мировом балансе она составляет 17%. Но развитие атомной отрасли сдерживается ее главными недостатками: необходимостью захоронения радиоактивных отходов, отработавших реакторов и конструкционных материалов, катастрофическими последствиями возможных аварий. Вместе с тем запасы урана-235 ограничены. Правда, разработка технологий ядерного деления на быстрых нейтронах позволит перейти от использования редкого изотопа урана-235 к более чем в 100 раз распространенному урану-238, а также к использованию тория. На определенный период это снимет дефицит источников делящихся материалов. Но бич этих технологий — радиоактивные отходы — останется. Их захоронение уже сейчас представляет существенную проблему. Массовое развитие атомной энергетики, основанное на делении тяжелых ядер, неизбежно имело бы катастрофические последствия для экологии. Поэтому такой вариант не может рассматриваться как окончательный или даже долговременный.

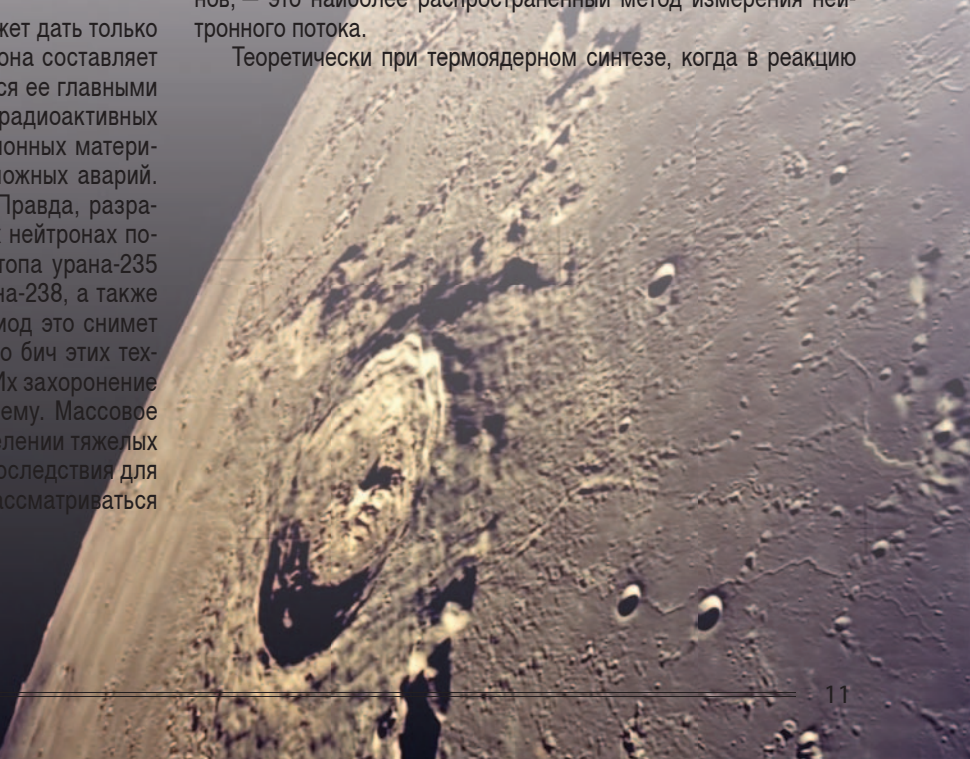
ГЕЛИЙ-3

Гелий-3 (^3He) — один из изотопов (разновидностей) гелия, в ядре атомов которого в отличие от обычного гелия один нейтрон, а не два. Природный гелий-3 составляет 0,000137%. Общее количество его в атмосфере Земли оценивается в 35 000 тонн. Изотоп гелия постоянно улетучивается из атмосферы в космос и не появляется в процессах радиоактивного распада (за исключением распада элемента трития). Большая часть гелия-3 на Земле сохранилась еще со времен ее образования. Он растворен в мантии Земли и постепенно поступает в атмосферу через вулканы и разломы в коре и оценивается всего в несколько килограмм в год. Некоторая часть гелия-3 возникает при распаде трития, в реакциях на литии (под действием альфа-частиц и космических лучей), а также поступает из солнечного света. На Солнце и в атмосферах планет-гигантов первичного гелия-3 значительно больше, чем в атмосфере Земли. В лунном реголите гелий-3 постепенно накапливался в течение миллиардов лет от воздействия солнечного ветра. В результате тонна лунного грунта содержит 0,01 г гелия-3; это значительно выше, чем в земной атмосфере.

Отсутствие атмосферы на Луне позволяет сохраниться большому количеству гелия-3, в то время как на Земле его исчезающе мало. Оптимистические расчеты показывают, что его можно добывать на Луне, чтобы потом возить на Землю и использовать в термоядерных реакциях. По расчетам этот изотоп, возможно, будет эффективно использоваться в разработанных реакторах, которые, как предполагается сейчас, будут работать на принципах управляемого термоядерного синтеза. Реакция будет происходить без испускания нейтронов, что не должно повлиять на увеличение радиационного фона и безопасно для здоровья человека. Анализы образцов лунных почв показали, что в поверхностном слое спутника его содержится более миллиона тонн. Входящие в состав гелия-3 элементы слабо связаны в лунном грунте, поэтому он начинает выделяться уже при нагреве выше 200 градусов Цельсия. Лунные запасы потенциальной тепловой энергии более чем в десять раз превышают имеющийся сейчас у человечества ресурс ископаемого топлива.

Сейчас гелий-3 производят на радиохимических предприятиях в количествах, исчисляемых тысячами литров в год: так, его промышленное производство в США составило около 8 тысяч литров в 2010 году при стоимости порядка 2150 долларов за литр. Используют гелий-3, главным образом, для наполнения газовых счетчиков, применяемых для детектирования нейтронов, — это наиболее распространенный метод измерения нейтронного потока.

Теоретически при термоядерном синтезе, когда в реакцию



вступает 1 тонна гелия-3 с 0,67 тоннами дейтерия, высвобождается энергия, эквивалентная сгоранию 15 млн тонн нефти, однако на настоящий момент не изучена техническая возможность осуществления данной реакции.

ПИК ВЕЧНОГО СВЕТА

Последние исследования показали, что на Луне существует область, в которой Солнце никогда не заходит, то есть «пик вечного света» (как его называли ученые). Ось вращения Луны наклонена на 1,5 градуса относительно плоскости земной орбиты вокруг Солнца, в результате на Луне слаборазличимы времена года и эффектная освещенность полюсов. Малый наклон оси означает, что дно кратеров и обращенные к полюсам стенки вообще не видят солнца. Был поставлен проблемный вопрос о существовании на Луне таких поверхностей, которые с солнцем никогда не расстаются. Считалось, что на Луне нет «пиков вечного света», хотя некоторые исследования позволили идентифицировать несколько северных территорий, которые освещены 95% времени. Американские ученые показали, что есть места и со 100%-ной освещенностью, по крайней мере, лунным летом. Об обнаружении этого участка сообщила группа астрономов во главе с Бенном Расси из университета Джона Хопкинса. Исследователи проанализировали снимки лунных полюсов, сделанные в 1994 году космическим кораблем «Клементина», смоделировали обстановку и доказали возможность освещенности разных областей спутника. На краю 73-километрового кратера Пири обнаружено четыре участка, где солнце не заходит целый день.

ГЛОБАЛЬНОСТЬ ЗАДАЧ

Одной из главных функций государства, особенно в XX веке, было формулирование перед научным сообществом задач на грани воображения. Это касается и бывшего Советского Союза: электрификация, индустриализация, создание атомной бомбы, первый спутник, освоение Арктики, поворот рек и т.п., так что слова из песни «Мы рождены, чтоб сказку сделать былью!» имели вполне осязаемый смысл. Говорят, в свое время в США перед входом в Диснейленд висел огромный плакат с надписью: «Мы и наша страна можем все, единственное, что нас лимитирует, это границы нашего воображения». Все это было недалеко от истины: быстрый и эффективный атомный проект, фантастически успешная лунная программа, стратегическая оборонная инициатива (СОИ), вконец доконавшая советскую экономику.

Не осталось в стороне от глобальных проблем и недавнее руководство США. С легкой руки президента Джорджа Буша, его сенсационная речь в штаб-квартире НАСА, где он объявил о планах колонизации Луны и Марса, — взволновала общественность. Как бы ни была сильна предвыборная составляющая

космических проектов президента, покорение других планет является одним из самых заветных желаний человечества. Однако, президент Буш не считал нужным сказать о том, что план колонизации Луны — не столько космическая, сколько экономическая программа. Эта стратегия со временем может помочь США контролировать мировой энергетический рынок и поставить на колени планету, которая как раз к тому моменту подойдет к рубежу глобального кризиса, связанного с истощением углеводородного топлива.

Судя по сообщениям СМИ, американские специалисты успешно работают над реализацией данного проекта, связанного с использованием лунного гелия. В проектировании горных работ на Луне, как и в экспериментальных исследованиях термоядерного синтеза гелия-3, они заметно продвинулись вперед. Небезынтересно, что сторонники развития работ по гелию в США недавно заняли ключевые посты в Консультативном совете НАСА. Его председателем назначен доктор Х.Шмитт, а в состав входит профессор Джералд Калсински.

Возможность использования привозимого с Луны гелия-3 в качестве топлива для термоядерного синтеза стала обсуждаться в конце 80-х — начале 90-х годов XX в. В 1995 г. на заседании Президиума РАН академик Эрик Галимов выступил с докладом «О необходимости возвращения к исследованиям Луны». В числе других была упомянута проблема скорого исчерпания энергетических ресурсов и вероятное ее решение в будущем за счет гелия-3.

В России в 1998 г. под руководством Галимова (в то время президента Международной рабочей группы по исследованиям Луны) состоялась 3-я международная конференция по исследованию и освоению Луны, на которой американские физики Лоуренс Тейлор и Джералд Калсински сделали сообщение под интригующим названием «Гелий-3 на Луне — Персидский залив XXI века». В 2003 г. Президиум РАН обсудил доклад Галимова «О состоянии исследования Луны и планет», в котором снова был поставлен вопрос о гелии-3. В июне 2006 г. директор Института термоядерных исследований Университета штата Висконсин (США) профессор Джералд Калсински выступил в Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского (ГЕОХИ) с сообщением об экспериментах по термоядерному синтезу на гелии-3 в США.

По мнению академика Э.Галимова, России нужно развивать добычу энергии с помощью гелия-3. России, одной из мощных космических держав, следует уже сейчас потратиться на долгосрочную космическую программу, которая позволит доставлять его с Луны на Землю, а все расходы должны окупиться с лихвой, тем более что Луна богата и другими полезными ископаемыми, в частности титаном. «Чтобы обеспечить на год все человечество энергией, необходимо лишь два-три полета космических кораблей грузоподъемностью в 10 тонн, которые доставят гелий-3 с Луны», — заявлял ранее академик Э.Галимов.

Как считает заведующий лабораторией сравнительной планетологии ГЕОХИ Александр Базилевский — гелий-3 можно будет добывать на Луне и перевозить на Землю, используя как топливо для «чистого» термоядерного реактора. «Некоторые оценки показывают, что его добыча из реголита может оказаться экономически рентабельной, и тогда энергетику Земли можно лет на 50-100 построить на гелии-3 с Луны», — сказал Базилев-

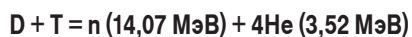


ский на пресс-конференции в РИА Новости, приуроченной к 40-летию первого советского лунохода.

В то же время Президент Ракетно-космической корпорации «Энергия» Николай Севастьянов уверен, что реально освоить Луну «необходимо при жизни нашего поколения, в первую очередь из-за ограниченности энергетических ресурсов», и далее: «Мы говорим сейчас о термоядерной энергетике будущего и новом экологическом типе топлива, которое нельзя добыть на Земле. Речь идет о промышленном освоении Луны для добычи гелия-3». Так или иначе, отметил он, но мы будем вынуждены двигаться за пределы нашей планеты для поиска новых экологически чистых источников энергии. Таким источником, по мнению Севастьянова, «вполне может стать изотоп гелия-3 для термоядерной энергетике», который есть на Луне. Земные запасы гелия-3 настолько малы, что о промышленном их использовании не идет речи. «По оценкам на нашем спутнике содержится не менее 1 млн. т гелия-3, что может полностью обеспечить земную энергетику на срок более 1000 лет», — подчеркнул Севастьянов.

УПРАВЛЯЕМЫЙ ТЕРМОЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ

Современное отработанное производство ядерной энергии базируется на двух принципиальных возможностях: выделении ее при делении тяжелых ядер; и на синтезе (слиянии) легких. Промышленная атомная энергия вырабатывается только за счет реакции деления ядер урана. С термоядерной же энергией человечество знакомо пока только по водородной бомбе. Установок, осуществляющих управляемый синтез, до сих пор нет, хотя над решением проблемы наука бьется более полувека. В настоящее время удалось почти вплотную приблизиться к цели. Полагают, она будет достигнута в ближайшие годы при реализации проекта Международного экспериментального термоядерного реактора. Его строительство ведется во Франции силами Евросоюза, США, России, Японии, Китая, Южной Кореи. Это будет ядерная реакция дейтерия (D) — тяжелого стабильного изотопа водорода с тритием (T) — тяжелым радиоактивным изотопом водорода. В результате образуются — основной изотоп гелия (4He) и нейтроны (n):



К сожалению, проблема радиоактивного загрязнения относится и к синтезу (D + T), хотя опасные отходы в этом случае меньше, чем при делении урана.

Реакция дейтерия с гелием-3 (3He) требует более жестких условий, т.е. очень высоких температур. Однако энергетически она весьма эффективна:



где p — протон.

При этом самое привлекательное в этой реакции то, что синтез, основанный на использовании изотопа 3He, может быть экологически чистым. Кажется фантастическим, что существует

термоядерный процесс, практически не несущий радиоактивность. Но это — факт.

В ядерных реакциях, в том числе синтеза (D + T), выделяется мощный, пронизывающий все вокруг, поток нейтронов — быстрых незаряженных (нейтральных) частиц. Они легко проникают внутрь любых материалов, взаимодействуют с химическими элементами и делают их радиоактивными. В итоге возникающих поврежденных материалы быстро становятся непригодными к дальнейшему употреблению, требуют изъятия и захоронения. В реакции же (D + 3He) выделяются не нейтроны, а протоны. Именно в этом ее уникальность, обеспечивающая ряд существенных преимуществ:

во-первых, протоны — заряженные частицы и не проникают в глубь материалов. Поэтому в отличие от нейтронов они не делают их радиоактивными;

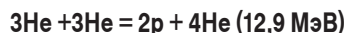
во-вторых, в отсутствие нейтронного облучения конструкционные элементы термоядерного реактора с применением гелия-3 могут служить очень долго по сравнению с аналогами, использующими реакцию (D + T), и урановыми реакторами;

в-третьих, поскольку протоны — заряженные частицы, а электрический ток — поток заряженных частиц, становится реальным прямое преобразование термоядерной энергии в электрическую, минуя тепловую. Это позволит в случае гелия-3 применить гораздо более эффективные инженерные решения для отбора энергии и в целом почти вдвое поднять КПД указанного процесса преобразования;

в-четвертых, практическое отсутствие радиоактивности и взрывоопасности делает установки термоядерного синтеза на гелие-3 совершенно безопасными в аварийных условиях, в том числе при природных катастрофах, террористических актах и т.п.

Но все же, справедливости ради, следует отметить, — некоторая радиоактивность в основной реакции все-таки присутствует, она связана с побочной реакцией (D + D), идущей с выделением нейтронов. Но с увеличением температуры и при избытке гелия-3 в смеси с дейтерием влияние этого побочного «фона» сводится к минимуму.

Идеальным решением явилось бы использование чисто гелиевой реакции:



Однако осуществить ее на практике сложно, и это вопрос более отдаленного будущего.

Профессор Джералд Калсински — один из пионеров в исследовании проблемы термоядерного синтеза на гелии-3 — на семинаре с участием экспертов рассказал о состоянии исследований этой проблемы в США, в частности, об экспериментах на установках с инерционным электростатическим синтезом или инерционным электростатическим удержанием плазмы. Суть процесса состоит в том, что между двумя концентрическими сферическими сетками прилагается сверхвысокое напряжение порядка 100 кВ. В объем впрыскивают и ионизируют He+D. Под



действием разности потенциалов ионы устремляются от периферии к центру и сталкиваются с энергией, достаточной для возбуждения термоядерной реакции. Возникновение синтеза ($D+^3He$) экспериментально продемонстрировано. Построены опытные установки нескольких типов. Выход термоядерной энергии при этом еще довольно мал по сравнению с подводимой для начала реакции. Любая энергетическая установка становится экономически целесообразной, когда отношение получаемой энергии к той, что необходима для поддержания процесса, больше единицы, и пока составляет ничтожную величину. Правда, как считает исследователь, нет фундаментальных трудностей для решения этой проблемы. Они в основном носят инженерный характер, причем разрешение их в рамках последовательных проектов вплоть до построения реактора, дающего полезную энергию, потребует не столь значительных средств. Речь идет о 10...15 годах и 6...8 млрд. дол., а также, прежде всего, серьезном внимании к проблеме и адекватном наращивании экспериментальных и теоретических работ.

К этому следует добавить, что, по мнению французского исследователя П.Е. Штотта, высказанном в августе 2005 года в британском журнале «Физика плазмы и управляемая реакция», «даже при самых благоприятных обстоятельствах зажигание реакции (дейтерия и гелия-3) предъявляет... куда более высокие требования к характеристикам плазмы, чем для (начала реакции) дейтерия и трития». С ним полностью согласен академик Евгений Велихов — президент российского научного центра «Курчатовский институт»: «Прежде чем привозить гелий, надо научиться его сжигать, для этого не надо лететь на Луну».

В перспективе, как заявляют специалисты, для экспериментов и для достаточно мощного опытного термоядерного генератора достаточно этого изотопа и земного происхождения, так как он образуется из радиоактивного трития с периодом полураспада 12,3 года. На Земле накоплены значительные количества этого элемента, используемого в термоядерном оружии. Только за счет естественного распада запасенного трития образуется 15...20 кг гелия-3 в год. В распоряжении России и США в общей сложности имеется несколько сот килограммов искусственно полученного этого вещества.

ЛУННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Лунный гелий-3 потребуются не раньше, чем через 20 лет. Но еще до первой его доставки предстоит проделать грандиозную работу. Начать нужно с геологоразведки. Она включает картирование лунной поверхности, выявление и оконтуривание участков с максимальным содержанием полезных компонентов, оценку удобства их эксплуатации. Работа должна сопровождаться исследованием геологического строения Луны, выявлением ресурсов для развития локального производства. В этой связи большое значение имеет ответ на вопрос о наличии там воды. В замороженном состоянии она может присутствовать в затененных кратерах на полюсах. Свидетельства тому есть. Необходима организация экспедиций и исследование образцов с соответствующих участков. Следующий шаг — проведение экспериментальных вскрышных работ и работ по десорбции

летучих компонентов из реголита в условиях Луны. Далее — устройство базы. Проектирование и испытание устройств, предназначенных для производства гелия-3. Чтобы обеспечить хотя бы подготовительную стадию всех работ, понадобится доставить на Луну сотни тонн машин и материалов.

Масштабные горные работы неизбежно вызовут к жизни целый ряд сопряженных производств. При переработке грунта и добыче гелия-3, выделяться будет не только он, но и еще — в еще больших объемах — и другие элементы, в том числе водород и углерод. Нетрудно будет наладить получение кислорода из силикатов. Это значит, что непосредственно на Луне можно организовать синтез топлива и окислителя для ракет-носителей. Лунный грунт богат титаном. Выплавка его позволит изготавливать тяжелые фрагменты конструкции и корпусов ракет прямо на Луне. С Земли придется доставлять только высокотехнологичные элементы. Необходимую для жизнедеятельности людей и некоторых технологических процессов воду также можно получать на Луне. Упомянутый Х.Шмитт описал уже спроектированный в США комбайн, предназначенный для извлечения гелия-3 и других летучих компонентов из поверхностного слоя лунного грунта.

Развертывание постоянных баз на спутнике откроет возможность пребывания человека не только для добычи гелия-3, но и для иных целей. Луна — самый экономичный космодром, который сделает доступным крупномасштабное исследование Солнечной системы. Там могут и должны быть развернуты системы контроля астероидной опасности, мониторинга и раннего предупреждения катастрофических явлений и событий на Земле, изучения дальнего космоса и многое другое, что сейчас даже трудно предвидеть.

ОБЪЕКТИВНЫЕ ТРУДНОСТИ

Теоретически, легкий изотоп гелия-3 способен вступать в термоядерную реакцию с дейтерием. Соответственно, термоядерный синтез многие ученые считают потенциально безграничным источником дешевой энергии.

Экологическая чистота и энергетическая эффективность делают термоядерный синтез на основе гелия-3 непревзойденным источником энергии, однако на пути к достижению конечной цели существуют две фундаментальные трудности:

- изотопа гелия на Земле практически нет — менее одной миллионной доли от общего количества гелия на Земле. Он есть на Луне — в лунном грунте этот легкий изотоп содержится в избытке. Но можно ли там организовать его добычу с последующей доставкой на нашу планету? Насколько это экономически целесообразно?
- пока отсутствует технология управляемого термоядерного синтеза. Задача не решена, несмотря на многолетние усилия даже для более простой реакции синтеза на дейтерии и тритии. Впрочем, прежде всего, нужно оценить, насколько реальна добыча и доставка гелия-3 с Луны в необходимых количествах и каковы в действительности там его запасы?

Как заявляет Александр Захаров — доктор физико-математических наук, ученый секретарь Института космических исследований РАН: «Я просто думаю, что есть дефицит в какой-то крупной технологической задаче. Может быть, из-за этого и возникли в последнее время все эти разговоры о добыче на Луне



гелия-3 для термоядерной энергетики. Если Луна — источник полезных ископаемых, и оттуда везти этот гелий-3, а на Земле не хватает энергии... Все это понятно, звучит очень красиво. И под это легко, может быть, уговорить влиятельных людей выделить деньги. Я думаю, что это так». Но все дело в том, что сейчас на Земле нет технологии — и в ближайшие, как минимум, 50 лет не предвидится ее появления — сжигания гелия-3 в термоядерной реакции. Нет даже эскизного проекта такого реактора. «Космическая отрасль, естественно, заинтересована в таком крупном и дорогостоящем проекте, — считает Александр Захаров. — Но с точки зрения его практического использования абсолютно очевидно, что это преждевременно».

Чтобы реализовать проект «гелий-3», нужно создавать специальную программу дополнительных исследований Луны, запускать целую эскадру космических аппаратов, решать вопросы с добычей гелия-3, его переработкой... Это разорит страну почище всякой СОИ. «Я не хочу сказать, что Луна с научной точки зрения полностью закрыта — там остались и научные задачи, — подчеркивает Александр Захаров. — Но, как говорится, этим надо заниматься *step by step*, не забывая о других научных задачах. Как мне кажется, проблема гелия-3 для некоторой части влиятельного термоядерного лобби — новая ниша для реализации профессиональных амбиций».

Об астрономических, а главное — неоправданных затратах труда и средств для добычи этого элемента на Луне говорят и пишут многие. По предварительным оценкам, для того чтобы получить тонну этого изотопа, необходимо переработать порядка 100 млн. тонн лунного грунта. Но, даже если доставить гелий-3 на Землю, неясно, что с ним делать. В настоящее время наиболее перспективным и осуществимым направлением термоядерной энергетики является развитие реакторов, работающих на изотопах водорода — дейтерии и тритии. Оба этих элемента находятся в практически неограниченном количестве в Мировом океане. Один из таких реакторов, Международный термоядерный исследовательский реактор — ИТЭР, уже строится во Франции неподалеку от города Кадараш.

ИТЭР

Большие надежды возлагает мировое сообщество на реализацию проекта Международного экспериментального термоядерного реактора (ИТЭР). Первоначально название ИТЭР было образовано как сокращение International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER), но в настоящее время оно официально не считается аббревиатурой, а связывается с латинским словом *iter* — путь.

Стоимость стройки первоначально оценивалась в 5 миллиардов евро и планировалась к окончанию в 2016 году. Посте-

пенно предполагаемая сумма расходов выросла вдвое, а затем срок начала экспериментов сдвинулся к 2020 году.

Проектирование реактора полностью закончено и выбрано место для его строительства — исследовательский центр Кадараше на юге Франции, в 60 км от Марселя. В целом это сооружение будет представлять собой 60-метровый колосс массой 23 тыс. тонн. При проектировании большое внимание уделяется радиационной безопасности, как при нормальной эксплуатации, так и во время возможных аварий. Евросоюз получил статус «страны-хозяйки» проекта. Японии был дан статус «страны-нехозяйки», предусматривающий несколько более высокое представительство в руководстве проекта, а также право на сооружение в Японии второй очереди — демонстрационной термоядерной электростанции.

Но ИТЭР — это лишь первый и самый начальный этап. На нем планируется отработка дейтериево-тритиевой термоядерной реакции. Это наиболее простая, но и имеющая ряд недостатков (нейтронное излучение, радиоактивность от трития и необходимость его производства из лития, запасы которого тоже не бесконечны) реакция. После необходимы будут следующие шаги: освоение реакции на гелии-3, лишенной этих недостатков, создание термоядерной электроэнергетики и т.д.

В июне 2012 г. в столице США прошло очередное заседание высшего руководящего органа Проекта ИТЭР — Совета ИТЭР. В заседании Совета приняли участие делегаты из семи стран-участниц Проекта: Китая, ЕС, Индии, Японии, Республики Корея, России и США. Представительное мероприятие состоялось в здании имени Рональда Рейгана, что символично, поскольку именно договоренность между сороковым президентом США и советским лидером Михаилом Горбачевым заложила основу осуществления крупнейшего международного научно-технического проекта современности.

Заседание проходило под председательством представителя Японии Хидеюки Такацу. С приветственным словом перед делегатами выступил Секретарь по энергетике США Стивен Чу. На заседании был отмечен существенный прогресс в строительных работах, проводимых в Кадараше, равно как и прогресс в производстве компонентов будущей установки странами-участницами Проекта. Генеральный директор Организации ИТЭР г-н Осаму Мотоджима заявил: «Этот Проект представляет собой огромный международный локомотив, который мы должны везти по правильному пути. Наша основная задача — придать этому локомотиву ускорение усилиями национальных агентств и Международной организации ИТЭР».

По мнению Комиссара ЕС по энергетике г-на Гюнтера Оттингера: «Сегодня, когда финансовый кризис отодвинул на второй план вопросы реформирования нашей энергетической системы, крайне необходимо продолжать стабильное финансирование таких проектов, как ИТЭР, который является мировым лидером по разработкам в области энергетических технологий, давая на долгие годы вперед представление об обезуглероживании нашей энергетики. ИТЭР — один из выдающихся примеров научно-



го сотрудничества в мире и играет решающую роль в становлении термоядерного синтеза как стабильного источника энергии».

Министр высшего образования и науки Франции г-жа Женеви́еве Фьоразо заявила: «Для Франции ИТЭР представляет собой уникальный и выдающийся проект, пример самого широкого международного сотрудничества за всю его историю. Проект ИТЭР нацелен на решение ключевой общественной задачи по разработке стабильного источника энергии для будущих поколений».

ВМЕСТО ВЫВОДА

Реализация термоядерного синтеза на основе гелия-3 возможна через несколько десятилетий, если на этом будут сфокусированы усилия общества и соответствующие инвестиции. Вероятно, решение следует искать на пути синтеза с инерционным удержанием плазмы, а не с магнитным, которое используют в токамаках (тороидальная камера с магнитными катушками) и которое заложено в основу проекта ИТЭР.

Полное обеспечение потребностей землян в энергии потребовало бы порядка 20 млрд. т/год вскрышных работ на Луне. Конечно, эти объемы представляются фантастическими. Однако сравнивать следует с теми, что проводятся в интересах энергетики на Земле. Сегодня тут добывают около 5 млрд. т угля в год. Объемы вскрышных работ на порядок больше. Выходит, это сопоставимо с гипотетическим масштабом на Луне. А ведь

энергетическая, экологическая и экономическая эффективность сходных по масштабу работ в итоге окажется там гораздо выше. Их организация — вполне в пределах современных экономических и технических возможностей человека. Но поскольку потребуются десятки лет целенаправленного труда, начинать нужно сейчас.

В конце 2003 года в США на Гавайях состоялась V Всемирная лунная конференция. Все отмечали особенную активность американских специалистов, оптимизм которых по части строительства лунных баз и коммерческого использования лунных ресурсов далеко превышал все прежние интересы.

В то же время стоит отметить, что директор Отдела научнотехнической политики Белого дома — Джон Марбургер — выступая 15 марта 2006 года перед Американским астронавтическим обществом с речью, посвященной способам привлечь частный капитал к осуществлению официально провозглашенной лунной программы США, специально подчеркнул: «Я не говорю о добыче гелия-3 в качестве топлива для ядерного реактора. Сомневаюсь, что это вообще когда-либо будет выгодно».

Так что жизнь и объективные обстоятельства должны сделать правильный выбор путей энергетического развития человечества — возможная стратегическая ошибка чревата катастрофическими последствиями.

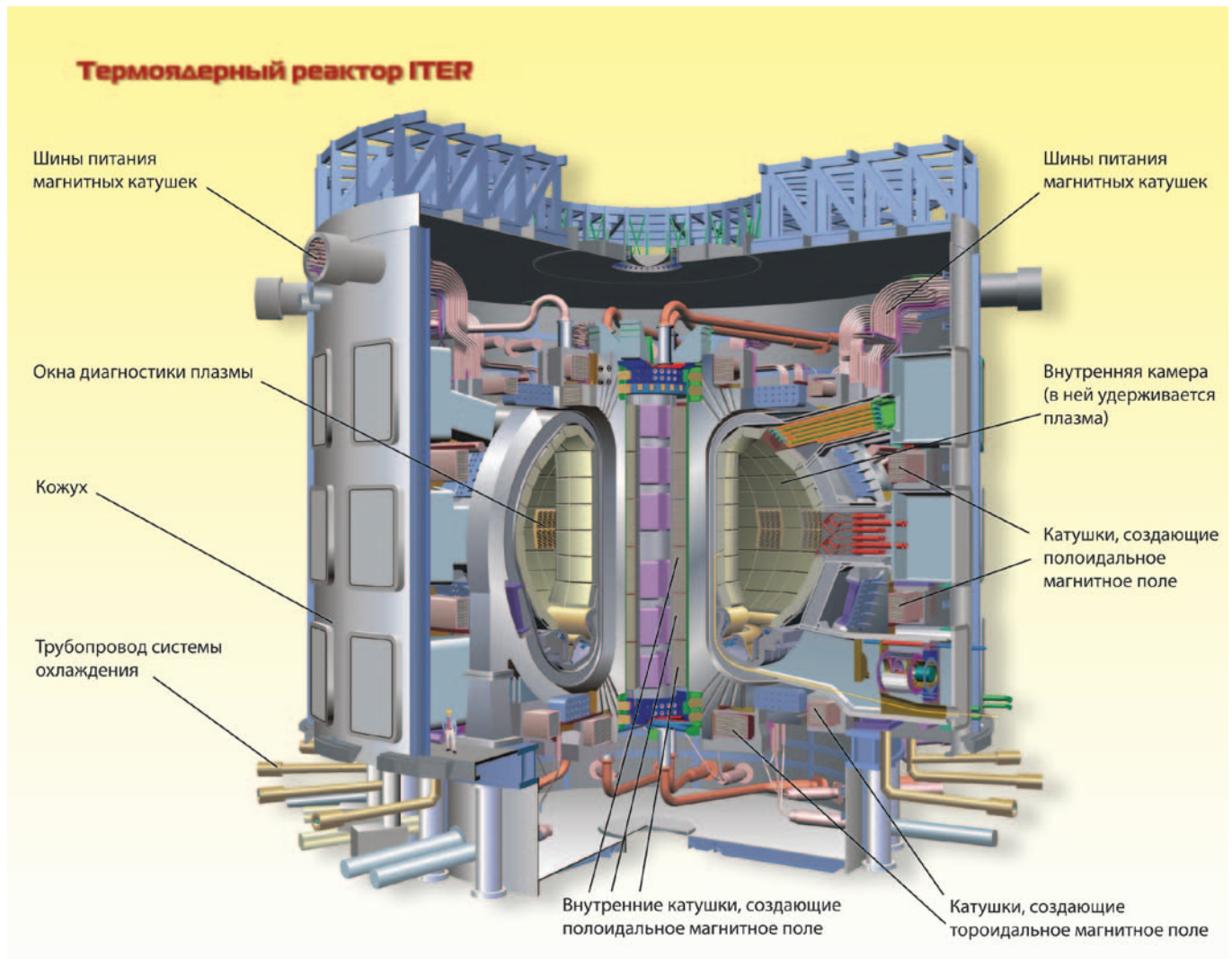


Иллюстрация ИИТ №5, 2006 г.