

Парадокс: так чем же «управлять»?

Н. П. ВОЛОШИН, В. А. ПАРАФОНОВА

Статья посвящается памяти Г. А. Иванова

Российские оружейники в прошлом веке уже уберегли мир от третьей мировой войны, создав стратегическое ядерное и термоядерное оружие. Что же они предлагают XXI столетию? Ни много, ни мало – они призывают взрывать мини-бомбы. Термоядерные. В мирных целях. Тем самым, убеждены ученые из Снежинска (бывший Челябинск-70), «можно спасти мир от энергетического голода и экологической катастрофы, а страну – от нищеты». Надо полагать, они знают, что делают. Ведь научно-технический потенциал института изначально был направлен не только на создание оружия.

Для промышленного применения, например, в Российском федеральном ядерном центре – Всероссийском научно-исследовательском институте технической физики имени академика Е. И. Забабахина (РФЯЦ-ВНИИТФ) были разработаны полтора десятка типов ядерных зарядов, девять из которых многократно использовались для сейсмондирования и тушения газовых пожаров, захоронения ядовитых отходов и предотвращения взрывов метана в угольных шахтах и для других проектов. «Вскрышные» работы и «рыхление» полезных ископаемых потребовали зарядов еще большей «чистоты» по образуемым радиоактивным «осколкам», и они были созданы.

Энергетика может быть только взрывной

Начиналось же все в далекие 1940-е гг. В истощенной кровопролитной войной стране всего за пятилетку российским ученым удалось создать пусть далекий, но прототип энергозаряда – ключевого элемента КВС-энергетики. Ныне эти прототипы доведены до такого уровня совершенства, повышая который, принципиально новый результат получить вряд ли удастся. Именно тогда был сделан прорыв в качественно новую область. А сегодня снежинцы готовы спроектировать и построить энергоустановку взрывной дейтериевой энергетики (ВДЭ) – «котел взрывного сгорания» (КВС).

Вообще тут они не были пионерами. Первые публикации «о применении ядерных взрывов в мирных целях, в том числе и для энергетики», появились практически одновременно с

первыми испытаниями ядерных зарядов. Публикации российских ученых на тот момент и вовсе неизвестны, за исключением того, что в 2002 г. был рассекречен отчет 1963 г. сотрудников ВНИИЭФ (бывший Арзамас-16), подготовленный Ю. А. Трутневым, Ю. Н. Бабаевым и А. В. Певницким. В нем-то они и предложили стационарную установку «для получения активных веществ и электроэнергии с помощью подземных ядерных взрывов».

Да еще в 1977 г. академиком А. Д. Сахаровым была опубликована статья «Ядерная энергетика и свобода Запада», в которой он, отмечая, что идея принадлежит не ему, рассказывает о предложении использования термоядерных взрывов «максимально малой мощности... в большой подземной камере» для наработки плутония, который «затем сжигался бы в ядерных реакторах». Но она появилась на год позже статьи кандидата геолого-минералогических наук Д. Хамраева «Ядерно-взрывная электростанция» в журнале «Техника – молодежи». Возможно, это и была первая публикация советского ученого в открытой печати, посвященная этой проблеме.

В ситуации, когда людей на планете становится все больше, дров, нефти и газа все меньше, уголь экологически вреден и энергетически невыгоден, а альтернативные источники энергии могут обеспечить не более 10 % нынешнего энергопотребления, к тому же требуют серьезных затрат на их концентрацию, поскольку отличаются малой плотностью энергии, в то время, когда надежды на энергию делящегося урана не оправдались, да и запасы его для атомных электростанций оказались на планете слишком малы, по убеждению сторонников взрывной дейтериевой энергетики, одна надежда осталась у человечества на неисчерпаемые запасы дейтерия.

Напомним, что дейтерий – это изотоп водорода с одним «лишним» нейтроном в ядре – экологически чистое, дешевое и доступное в неограниченных количествах топливо, поскольку выделяется из обычной воды. В одной тонне воды его столько, что им можно заменить 250 тонн нефти. Соответственно и внимание к нему повышенное. Пока, правда, лишь в научной среде.

Дейтерий может быть использован в реакциях синтеза с выделением огромной энергии. Все эти реакции и их возможности давно и хорошо известны, и весь мир стремится использовать их в энергетике. Однако надежды на УТС – управляемый термоядерный синтез – так пока и не оправдались, хотя бьются энтузиасты над этой проблемой уже полвека.

Ныне управляемый термоядерный синтез развивается двумя путями. Строятся тороидальные камеры с магнитным удержанием нагретой дейтерий-тритиевой плазмы – токамаки и установки, в которых проводятся регулярные взрывы микроколичеств ДТ-смеси в разных мишенях, сжимаемых различным излучением, например, ионными пучками, либо лазерным светом. Цель благородна – «добиться медленного по сравнению с ядерным взрывом, но быстрого по сравнению с процессами на Солнце сжигания ядерного горючего».

Достичь этого хотят либо с помощью «квазистоянного» (десятки миллисекунд) горения сравнительно больших (десятки граммов) масс, либо за счет периодических коротких (доли наносекунд) микровзрывов (миллиграммовых количеств) горючего. Для успешного проведения реакций синтеза нужны очень высокие температуры и плотности, как в недрах Солнца. В условиях Земли соответственно необходимы еще большие температуры и плотности, которые пока были получены лишь при ядерном взрыве. Потому ученые из Снежинска и считают, что «дейтериевая энергетика может быть только взрывной».

И это не случайно. В свое время Российским федеральным ядерным центром – ВНИИТФ проводились «опыты по изучению зажигания миллиграммовых масс термоядерного горючего». Но, несмотря на громадные запасы энергии для инициирования, зажечь их так и не удалось. Потому и был сделан вывод, что «на сегодня управляемы только сравнительно мощные дейтериевые взрывы килотонного масштаба». «Намерение объявить управляемыми вспышки, эквивалентные по энерговыделению граммам или тоннам тротила, противоречит полувековому опыту бесплодных попыток продемонстрировать такие взрывы даже на смеси дейтерия с тритием, где требуются много меньшие температуры и плотности. Реализация маломощных взрывов требует достижения таких высоких параметров, которые, если и могут быть получены, то слишком поздно для человечества и по весьма высокой цене», – убеждены снежинцы.

Век урана не длиннее века нефти

Проблема КВС находится по сравнению с УТС «в невыгодной ситуации: в ней сразу обозначены параметры энергетической установки». Однако, наличие прототипа энергозаряда, по мнению авторов, дает «решающее преимущество ВДЭ перед другими концепциями глобального энергообеспечения», ведь «технические и технологические проблемы, которые просматриваются при обсуждении ВДЭ, человечество либо решило, либо способно решить». Что и стремились показать снежинские ученые в своей книге «Взрывная дейтериевая энергетика». (Авторы: Г. А. Иванов, Н. П. Волошин, А. С. Ганеев, Ф. П. Крупин, С. Ю. Кузьминых, Б. В. Литвинов, А. И. Свалухин, Л. И. Шибаршов).

К слову сказать, взрывные технологии для человечества не в диковинку. Передвигаемся же мы в автомобилях, в чреве которых ежесекундно происходят десятки взрывов, создающих давление много большее, чем в КВС. Ведь цилиндр двигателя внутреннего сгорания можно условно считать «импульсным котлом, время энерговыделения и преобразования энергии в котором составляет десятки миллисекунд». Мощные ядерные взрывы для мирных целей тоже не новость. Разработке концепции взрывной дейтериевой энергетики предшествовало создание, как уже сказано, специалистами РФЯЦ-ВНИИТФ под руководством академиков Е. И. Забабахина, Е. Н. Аврорина и Б. В. Литвинова «чистых» дейтериевых зарядов.

Кстати, большинство соавторов концепции ВДЭ участвовали в этих работах и помнят «детали, в которых кроется дьявол». А аббревиатуру «КВС-энергетика» придумал человек, который был «главным двигателем в работе под названием «ВДЭ», главным исполнителем, руководителем, организатором – доктор физико-математических наук Геннадий Алексеевич Иванов. К сожалению, он рано ушел из жизни, оставив своим коллегам и последователям многочисленные наработки в развитии, будем надеяться, перспективного направления. Мы с ним не раз встречались, часто спорили. А его увлеченность идеей так и «подмывала» порой хоть на чем-то его «подловить», уж очень все радужно, логично и стройно в его рассуждениях получалось.

Управляемый термоядерный синтез он и во все считал заблуждением. Объясняя это так: «В бомбах выполнения условия термоядерного горения достигли за пятилетку. Это породило, по-моему, иллюзию, что миллиграмм дейтерия можно зажечь так же, как килограмм. "Фото-

графируя" горящий термояд, мы поняли, что это не так. На одной из конференций в 2001 г. мы рассказали о своих безуспешных попытках зажечь малые количества смеси дейтерия и трития (эту смесь зажечь намного легче, чем чистый дейтерий – авт.), используя энергию ядерного взрыва. Может быть, когда-то кто-нибудь и научится это делать, но все равно экономичность "микроКВС", скорее всего, фантастика. Так что практический прогресс в этой области пока отсутствует, во всяком случае, он слишком медленный, чтобы успеть заменить заканчивающиеся нефть и газ».

В 1983 г. Геннадий Алексеевич Иванов получил Государственную премию за «диагностику термоядерного горения». Об идеях ядерной взрывной энергетики он узнал еще в начале 1960-х гг. из зарубежных публикаций, хотя в СССР они высказывались с конца 1940-х гг. Узнав же, не очень-то воспринял на фоне «грядущих успехов» в управляемом термоядерном синтезе (УТС), бридерной энергетике, имеющихся «неисчерпаемых запасов нефти». Заблуждения исчезали в указанном порядке к началу 1970-х, 1980-х, 1990-х гг. Наконец, его первую публикацию, сотканную из сомнений, одобрили, и в 1994 г. она увидела свет (Наука Урала, 1994, № 3).

Ни для кого давно не секрет, что спешить с решением энергетической проблемы нужно. По оценкам различных ученых в зависимости от тех или иных прогнозируемых показателей и оптимизма, продолжительность нефтяной эры в истории человечества от сегодняшнего дня составит 25–100 лет, газа в недрах планеты содержится меньше, чем нефти (по энергии) и расходуют его пока не так интенсивно. Однако, скорее всего, по мнению Г. А. Иванова, как топливо они исчезнут одновременно. Выходит, из традиционных энергоносителей только уголь сможет в ближайшее время заменить нефть и газ. Тогда в предстоящие 25 лет сжигать его станут в 10, а за полвека – в 20 раз больше, чем теперь. Даже при этом условии угля может хватить и на сотни лет. Но он дорог в добыче и транспортировке и опасен загрязнением окружающей среды.

Энергия урана-238 имеет приблизительно такие же, как уголь, потенциальные ресурсы, но чтобы сжечь уран-238, его предварительно необходимо преобразовать в плутоний. Традиционные АЭС открытого топливного цикла могут использовать лишь его изотоп – уран-235, которого в достоверных рудах природного урана со-

держится всего 0,7 %. По всем показателям выходит, что при нынешней мощности всех АЭС в мире век урана-235 не длиннее века нефти. Спассти положение могли бы реакторы-размножители, называемые также бридерными реакторами. В них роль урана-235 выполняет плутоний-239, получаемый из урана-238. В классическом бридерном варианте плутоний выделяют из отработанного ядерного топлива (ОЯТ) и вновь закладывают в активную зону. Получается так называемый замкнутый цикл, когда энергетика сама себя обеспечивает топливом. Однако реакторов-бридеров с фактически замкнутым циклом воспроизводства топлива сейчас еще нет, хотя и есть прототипы, в частности, российский реактор БН-600, работающий четверть века на Белоярской АЭС.

Так что, последняя надежда человечества на бридерную энергетiku в трактовке Г. А. Иванова и вовсе не выдерживает никакой критики. Он был убежден, что «в XXI веке классический бридерный вариант неосуществим даже в пределах нынешних энерго мощностей». Да и анализ специалистов привел в свое время к совсем неожиданному выводу: «глобальная энергетика на делении урана невозможна» в силу «недостаточного количества в недрах урана и невозможности быстрой наработки стартового плутония». Для КВС же, всегда подчеркивал Г. А. Иванов, «проблемы топлива не существует, в нем на единицу мощности используется в сотни раз меньше делящихся материалов». Ведь наряду с уран-плутониевым циклом в КВС может быть использован торий-урановый цикл, применить который в классической бридерной схеме затруднительно.

Запалов хватит на тысячелетие

Ученые-ядерщики из города Снежинска Челябинской области еще в конце 1996 г. объявили о реальности создания термоядерной энергетики, разработав к тому времени предварительный проект первой промышленной теплоэлектростанции, которая за счет проведения «регулярных взрывов небольших термоядерных дейтериевых энергозарядов в специальном котле взрывного сгорания», сможет обеспечить дешевой энергией всех желающих.

Так, чем же привлекательна идея КВС? Эта железобетонная бочка диаметром около 150 и высотой 200 метров с толщиной стенки 35 метров, внутри облицованная 20-сантиметровой сталью, а сверху засыпана грунтом более сотни метров? В этом сооружении, именуемом энерго-

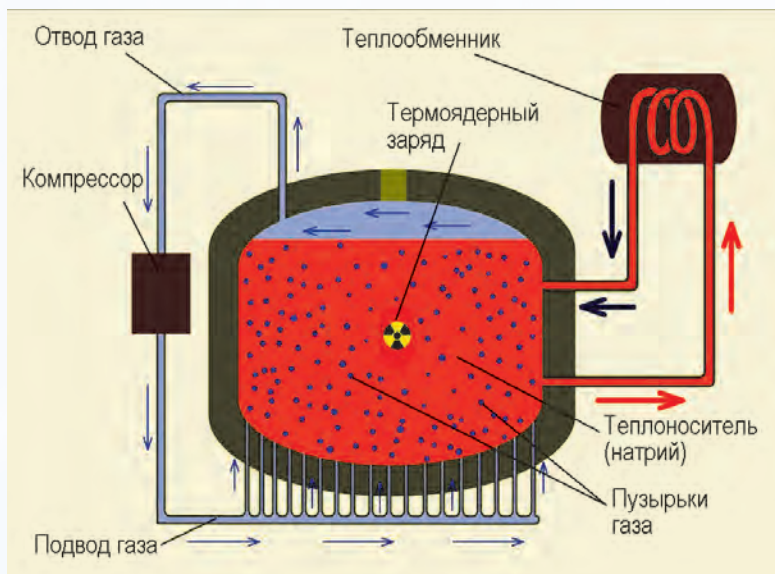


Схема «котла взрывного сгорания» (КВС)

установкой взрывной дейтериевой энергетики, внутри защитного слоя жидкого натрия с помощью дейтериевых взрывов мощностью до 10 килотонн тротилового эквивалента можно каждые полчаса получать 37 гигаваат тепловой энергии, что равноценно 25 миллионам тонн нефтяного эквивалента в год. Конечно, для создания КВС необходимы обычные материалы: сталь, бетон, натрий. Однако при всей огромности подобных сооружений «размеры КВС меньше размеров плотин многих ГЭС, угледобывающих карьеров и шахт».

Как говорят сами специалисты, у КВС нет действующих прототипов, но довольно много аналогов. По механизму работы к ним можно отнести как подземные ядерные взрывы, так и ядерные реакторы на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем, из которого изъяли активную зону, а по возникающим во взрывной камере давлениям – к двигателям внутреннего сгорания. Причем, время энерговыделения в КВС значительно меньше, чем в ДВС, а время аккумуляирования энергии больше, чем в паровом котлоагрегате.

«В осуществлении идеи КВС нет принципиальных проблем, – рассказал мне в свое время руководитель проекта Г. А. Иванов. – Большая часть того, что нужно для создания экспериментального КВС уже сделана. Производить термоядерные взрывы дейтерия мощностью в десятки тонн и даже одну килотонну научились давно. Проблема создания сверхвысоких температур и давлений, необходимых для "управляемых" взрывов мощностью в тонны тротилового экви-

валента, при этом снимается, поскольку горение дейтерия инициируется небольшим взрывом заряда, состоящего из урана-233. В природе он не встречается, его получают из достаточно распространенного тория. Причем тория и урана для взрывной энергетики требуется в тысячи раз меньше, чем для работы АЭС той же мощности. Соответственно в сотни раз уменьшается количество радиоактивных отходов, а химические загрязнения практически отсутствуют».

Схемы энергозаряда для КВС появились в популярных брошюрах еще в начале 1950-х гг., но численные значения масс, плотностей и температур, достигаемых в ядерных зарядах, публикуются недавно. В частности, Вальтер Зейфритц, немецкий физик,

«достаточно подробно обсуждает возможные конструкции энергозарядов, хотя, как утверждает, разработкой ядерных взрывных устройств не занимался». Энергозаряд, в представлении ученых из Снежинска, состоит из малого количества делящегося материала – плутония-239 или урана-233, который служит запалом, и дейтерия, который дает основную долю энергии. Он взрывается в прочной полости, названной авторами котлом взрывного сгорания.

Плутоний и уран-233 в земных недрах не встречаются. Нарбатывают их из урана-238 и природного тория-232 соответственно. И если запасы тория в земной коре велики – они намного превышают количество урана, то запасы дейтерия просто огромны, а стоимость его низка. В 1960-х гг. цена дейтерия на мировом рынке была 140 долларов за килограмм, то есть чуть больше доллара за килотонну тротилового эквивалента, цена единственного изотопа тория на мировом рынке в эти же годы была такой, как и урана, около 40 долларов за килограмм, что составляет примерно 2 доллара за тысячу тонн нефтяного эквивалента. Урана же, добытого из недр, должно хватить для запалов на тысячелетие. А наработанный делящийся материал может использоваться не только для инициирования следующих энергозарядов, но также и как топливо для реакторов вторичной ядерной энергетики (ВЯЭ). Таким образом получается, что «взрывная дейтериевая энергетика сможет давать дешевую электроэнергию и тепло, а также позволит ликвидировать топливный тупик традиционных АЭС».

Натриевый «дождик» и его «активность»

Следует, однако, упомянуть и некоторые серьезные трудности, вставшие перед учеными при решении проблемы КВС. Например, вопрос о том, как будет вводиться во взрывную камеру энергозаряд, имеет на сегодня не одно решение. Даже если придумать некую надежную систему шлюзования, все равно есть многие общие проблемы, которые неизбежно возникнут при всех способах. Для КВС потребуется участок изготовления энергозарядов – это некое сборочное помещение, находящееся, например, над взрывной камерой, где детали энергозаряда будут собираться при нормальной комнатной температуре в воздушной атмосфере. Затем они каким-то способом должны быть введены в среду, имеющую температуру сотни градусов, насыщенную изотопами инертных газов и трития. При помощи электрических сигналов заряд должен быть приведен в состояние готовности и в тот момент, когда из натрия сформирована защитная стенка, подорван. И так каждые полчаса.

А как же безопасность? На симпозиуме «Электротехника-2010» Г. А. Иванов рассказал: «...Энергозаряд для КВС будет собираться манипуляторами непосредственно во взрывной камере из двух частей, каждая из которых по отдельности к ядерному взрыву не способна. И если в реактор закладывается запас топлива на годы, то в КВС – на полчаса. Неконтролируемую энергию в нем просто взять негде. Максимум, что может произойти "нехорошего" – это взрыв в отсутствие натриевой защитной стенки в камере. По расчетам в таком случае стальная внутренняя оболочка будет сильно повреждена, что сделает котел непригодным к дальнейшей эксплуатации, но утечки радиоактивных материалов наружу не произойдет. Лишь бы энергия взрыва не превысила номинальную в 8 раз – такой запас прочности имеет железобетонный корпус КВС со стенкой толщиной 35 м. Конечно, энергия взрыва колеблется на 8 % не так уж редко, но чтобы в 8 раз! Даже на 50 % повысить энергию взрыва "незаметно" нам не удавалось. Для того, чтобы снизить ее – много способов».

В сознании большинства людей слова «ядерный взрыв» ассоциируются со световым излучением, взрывной волной и радиацией. Но в КВС эти поражающие факторы действуют только на защитную стенку внутри взрывной камеры, создавая механическую нагрузку на корпус. К тому же в момент взрыва корпус котла защищается толстым слоем жидкого натрия от высокой температуры, импульсного давления и проникаю-

щей радиации. Одновременно натрий служит теплоносителем. А полученная при этом тепловая энергия передается далее, как обычно, паровым турбинам для выработки электроэнергии.

Согласимся с авторами проекта, что при работе КВС железобетонный корпус защищен от воздействия радиации натриевой стенкой. Но всякий раз, распадаясь до атомарного состояния, в массу жидкого натрия непременно будут попадать продукты взрыва энергозаряда, содержащие радиоактивные осколки деления. Ведь практически при каждом взрыве сгорать будет лишь «2 % заложенного в инициатор урана-233», а 98 % испарится и попадет в теплоноситель. К тому же в аргоновой атмосфере КВС обязательно будут присутствовать инертные радиоактивные газы: аргон, криптон, ксенон и радиоактивный изотоп водорода – тритий, образующийся при горении дейтерия. Кроме того, в стационарно работающем КВС будет находиться до 25 кг радиоактивного изотопа натрия – натрий-24. Все эти «осколки» создадут основную гамма-активность теплоносителя.

Поэтому «практически любой трубопровод первого контура теплообмена станет довольно мощным источником гамма-излучения». Вообще предполагается, что в одном цикле КВС-энергетики будет «прокачано» сотни тысяч тонн натрия. Как уже сказано, за несколько секунд до взрыва жидкий натрий выпускается из накопительных баков и образует падающую защитную стенку в атмосфере аргона, причем после взрыва во взрывной камере будет организован натриевый «дождик» с общей массой примерно десятки тысяч тонн. А, учитывая то, что в теплоноситель первого контура после каждого взрыва придется добавлять не менее 200 кг свежего натрия в сутки, то можно себе представить, с какими трудностями придется столкнуться при очистке такого количества (!) «загрязненного» натриевого вещества, чтобы замкнуть цикл. Это серьезная проблема, которая пока простого решения не имеет.

Стоит ли «тупить сабли перед боем»?

А как быть с режимом нераспространения ядерных материалов, да и терроризм, однако, набирает силу? Как рассказал Г. А. Иванов: «Делящийся материал, используемый в КВС, не может быть накоплен террористом как одиночкой, так и государством. Используя его сразу после выделения, персонал работает без опасений. Но уже через месяц террорист, собирающий из него бомбу, обречен на гибель. Красть готовый энергозаряд тоже бесполезно: через час после сборки

и "заправки" он теряет способность взрываться. Объясняется это просто. Уран-233 в энергозареяде подвергается облучению быстрыми нейтронами, образуя ядро урана-232. Последний имеет период полураспада 70 лет, поэтому активность его высока. Впрочем, от излучения урана легко защититься. Но в продуктах цепочки превращений урана-232 имеется таллий-208, обладающий "жестким" (2,7 МэВ) гамма-излучением. И если "топливо" энергозаряда в первые часы не представляет опасности, поскольку в нем еще нет таллия, то уже через неделю с ним лучше обращаться только с помощью роботов. Повторяю, активная зона реактора с ураном, выработанным для КВС, будет крайне опасна для человека уже через месяц после изготовления. Ведь постепенно скорость наработки таллия растет и через смену материал "демаскирует" себя, через сутки создает проблемы с соблюдением "норм радиационной безопасности", через неделю становится опасен, а через месяц – смертельно опасен для сборщика заряда и даже "подносчика" боеприпаса». Так что «не позавидуешь террористу!» – сказал А. Д. Сахаров еще в 1977 г. по поводу установки, схожей с КВС.

«Нас пытаются убедить, – продолжил Геннадий Алексеевич, – в том, что прямое использование в "котлах внутреннего сгорания" оружейных технологий приведет к тому, что третьи страны получат ядерное и термоядерное оружие в "чистом виде", потому как "режим нераспространения" в технологиях КВС – "понятие более чем условное". И если не убрать военные технологии из мирного применения, то никакие спецслужбы не убергут столь опасную информацию от "утечки"... Но ведь другого попросту пока не дано. Медленный термояд не горит и даже не тлеет. Если этого достичь не смогли за полвека, значит, задача оказалась гораздо сложнее и вероятность ее решения мала. А вдруг все-таки решат? Тогда появятся специалисты "умнее нынешних", бомбы они соорудят "не хуже нынешних" из любого реакторного топлива, да еще и научат этому ремеслу миллионы "кочегаров" из "котельных", использующих "управляемый" термоядерный синтез. Неужели у поборников "нераспространения" не возникает мысль, что это будет самой массовой утечкой ядерных технологий?»

Около тридцати лет назад академик А. Д. Сахаров – один из создателей концепции «управляемого» термояда за счет магнитного удержания плазмы, – нашел в себе смелость признать ошибочность этого направления. Такую позицию он обосновывал медленным прогрессом в

управляемом термоядерном синтезе и бридерах. Так что мечта реализовать нечто среднее между «солнечным горением» и полномасштабным взрывом и при этом добиться необходимой плотности выделения энергии в управляемом термоядерном синтезе была отодвинута.

Получается, что избежать энергетической катастрофы можно только переходом на КВС? В этом был убежден не только А. Г. Иванов. Немецкий физик В. Зейфритц, не разрабатывавший ядерных зарядов и не знакомый с действием ядерного взрыва на взрывные камеры, тем не менее, пришел к выводам, аналогичным выводам А. Д. Сахарова и ныне живущих сторонников идеи: «Пора перестать бояться мирного ядерного взрыва, он может спасти человечество, работая в энергетике». «Призраком» назвал ядерную опасность другой немецкий автор, Хефлинг, в книге «Тревоги в 2000 году», посвященной проблемам экологии. Может быть, стоит прислушаться к мнению российских и европейских ученых?

Экспериментальный КВС, по убеждению разработчиков из Снежинска, должен проверить правильность всех технических решений и в течение нескольких лет производить коммерчески выгодную энергию. Минимальная энергия взрыва для такого сооружения, скорее всего, составит 1–2 кт в тротиловом эквиваленте. Стоимость будет меняться от 100 до 600 млн долларов в зависимости от количества производимой электроэнергии, срока службы, запаса прочности и т. п. Вариант сооружения котла для теплоснабжения Челябинска и Екатеринбурга (по 1,5–2,0 ГВт тепла на каждый город), по мнению ученых, обойдется не дороже 300 миллионов долларов – «смешные деньги» в масштабах страны.

«У российской взрывной дейтериевой энергетики много преимуществ, – не переставал повторять один из авторов проекта КВС-электростанции Геннадий Алексеевич Иванов. – Это одна из тех немногих высоких технологий, которые соответствуют нашему предыдущему развитию и истинным потребностям человечества».

ВОЛОШИН Николай Павлович –
помощник директора РФЯЦ-ВНИИТФ,
доктор техн. наук, лауреат Государственной
премии и премии Правительства РФ
ПАРАФОНОВА Вера Александровна –
журналист, член Союза журналистов России