

Владимир Павлович: "Институт ядерных исследований сопровождает все украинские реакторы"

Герман Богапов 26 октября, 21:35ZN №1265, 26 октября — 1 ноября

Ядерные реакторы надо не останавливать, а восстанавливать и строить, разрабатывая и осваивая при этом новые технологии.

В Украине сегодня на четырех атомных электростанциях работают 15 энергоблоков — ядерных реакторов, которые обеспечивают половину потребностей страны в электроэнергии.

Отмахнуться от такого потенциала и перейти на другие технологии никак нельзя. Скорее, наоборот: надо лелеять нашу ядерную энергетику, тем более что Украина обладает и значительным научным потенциалом в этой области.

В то же время нельзя забывать о Чернобыльской катастрофе и ее последствиях.

Я оканчивал школу в Полесском Киевской области в 1985 году, а спустя несколько лет наш райцентр был полностью выселен. Все жители разлетелись кто куда, а многие ушли в мир иной. Ибо "попынная горечь Чернобыля вошла в нашу жизнь холодным огнем радиации".

В этой связи удивителен выход на экраны американо-британского сериала "Чернобыль". Удивителен тем, что за 33 года после взрыва на ЧАЭС наши кинематографисты не сняли ничего подобного, зато, как ни странно, авторы фильма "со стороны" настолько точно и тонко подали материал, что без слез смотреть его невозможно!

О правде Чернобыля, о безопасности АЭС и ядерных отходах, а также о перспективных технологиях в атомной энергетике мы говорим с **ведущим научным сотрудником Института ядерных исследований, доктором физико-математических наук Владимиром Павловичем**. Кроме того, он два с половиной десятилетия проработал в МНТЦ "Укрытие" (ныне — Институт изучения проблем безопасности АЭС).



— **Владимир Николаевич, фильм "Чернобыль" сразу же завоевал мегапопулярность. Насколько показанные в нем события соответствуют реальности?**

— В общем-то, достаточно неплохо соответствуют, с одним существенным "но": там совершенно ничего не сказали ни о вкладе украинских ученых в ликвидацию аварии, ни о вкладе украинских медиков в борьбу с лучевой болезнью.

Правда, нашим медикам запрещали ставить диагнозы, связанные с облучением. Тем не менее, такие больные были, их в Украине лечили, и многих достаточно успешно.

В Институте ядерных исследований (и не только у нас) были сделаны неплохие расчеты, почему, собственно, произошли взрывы. Причину второго взрыва хорошо описали ученые из Авиационного университета (там был отдел, занимавшийся взрывами). Кстати, не все даже знали, что на ЧАЭС был второй взрыв.

— **В фильме об этом ни слова.**

— А на самом деле возникла вот такая ситуация. Первый паровой взрыв, который разрушил сам реактор, сорвал крышку. Это огромная, сложная конструкция, 7-метровой толщины, имеющая свинцовые вставки, засыпанные серпентинитом. Эта "крышечка" была сорвана и взлетела на высоту 14 м. И тогда произошел второй взрыв. Оказалось, что стена соседнего помещения центрального зала свалилась в шахту реактора, а потом сверху ее еще придавило крышкой. Вторым взрывом был водородным, то есть взорвалась смесь водорода с кислородом. И это произошло в помещении барабанов-сепараторов, находившееся рядом с центральным залом. И вот эта "крышечка" как раз и попала в реактор.

— **А то, что было известно до этого о недостатках данного типа реакторов, но их продолжали эксплуатировать?**

— В общем-то, недостаток был известен, но весьма малому количеству людей, и в этом, кстати, очень существенный недостаток организации всей атомной энергетики в то время. Реактор считался, по сути, кастрюлей, производящей тепло, то есть подобно котлам на тепловых станциях. Поэтому большинство сотрудников атомных станций были чисто теплоэнергетики. Они недостаточно глубоко знали процессы, происходящие внутри реактора. Это, конечно, была основная беда. И эти люди в первую очередь и пострадали от взрыва.

— **Но потом реакторы РБМК переделывали и начали устанавливать реакторы другого типа?**

— Немножко не так. Дело в том, что в этих реакторах была очень неудачная конструкция стержней управления. Кроме того, были очень медленные двигатели управления стержнями. Эти стержни входили в зону за две минуты. Это очень долго. Потому что все процессы развиваются в течение считанных секунд. А конструкция там была любопытная. Когда стержень полностью выведен из канала, это означает, что все вещество, поглощающее нейтроны, вынуто из реактора.

Немного о технологии. В реакторе происходит реакция деления урана под действием нейтронов. Все управление реактором происходит путем управления нейтронами. Есть некоторые вещества, которые очень сильно поглощают нейтроны и при помещении в реактор будут препятствовать цепной реакции. Одним из таких веществ является бор, и стержни управления в этом реакторе сделаны из карбида бора. Все каналы охлаждаются проточной водой. Снизу идет по трубам вода и отводится в верхней крышке. Вода тоже достаточно сильно поглощает нейтроны. Поэтому для экономии нейтронов стержни управления были сделаны таким образом, что при полностью выведенных из активной зоны стержнях по центру реактора был введен графитовый вытеснитель. А графит поглощает нейтроны меньше, чем вода. В реакторе около двух тысяч труб-каналов диаметром 8 см. В

некоторых трубах находятся стержни управления, а в соседних трубах — топливо, в виде так называемых сборок. Все трубы прокачиваются водой. Сборки делают из двух частей: верхней и нижней, связанных между собой металлическими стержнями, поэтому у них между собой нейтронная связь достаточно слабая.

Получилось, что при введении стержней управления в нижней части, куда попал графит вытеснителей, цепная реакция резко возросла, а сверху приглушилась. Взрыв как раз и произошел в нижней части реактора. Резко выросла температура, разрушились оболочки тепловыделяющих элементов, распаренное топливо температурой около 2000 градусов начало контактировать с водой, очень резко образовался пар. И первый взрыв был именно паровым, который поднял крышку реактора и выкинул, разрушив все трубы. А затем водяной пар при таких высоких температурах начал взаимодействовать с цирконием (а все оболочки труб состоят из циркониевых сплавов), окислять его с выделением водорода. Это так называемая паро-циркониевая реакция. Много выделяется водорода, и он по всем этим трубам попал в барабаны-сепараторы, вырвался в помещения, смешался с кислородом и взорвался. И все это произошло за доли секунды.

Первые расчеты "нейтронного разгона" были сделаны как раз в ИЯИ Владимиром Адамовичем Халимончуком (ныне — доктор технических наук, ведущий научный сотрудник НТЦ АЯР).

— Насколько сегодня надежны реакторы на украинских атомных электростанциях?

— На украинских атомных электростанциях реакторы иного типа. Даже несмотря на то, что реакторы, подобные чернобыльским, усовершенствовали, например, вместо укороченных графитовых стержней-вытеснителей сделали длинные, то есть когда стержни управления опускаются вниз, не происходит такого нейтронного всплеска, при этом существенно увеличили скорость движения стержней. Также поменялась вся электроника. На реакторах РБМК в 1986 году была, конечно, вычислительная машина, рассчитывавшая все происходящие в реакторе процессы, но она это делала, во-первых, достаточно медленно, во-вторых, достаточно важные характеристики не выдавала на дисплей. Так одну из важнейших характеристик — количество находящихся в зоне стержней управления, операторы не знали. И в процессе данного эксперимента они вытащили их очень много, так что реактор стал фактически неуправляемым.

— В чем принципиальное отличие нынешних реакторов?

— Реакторов РБМК было в Украине всего четыре, в Чернобыле, и в данный момент они остановлены. Все остальные станции у нас снабжены реакторами с водой под давлением, так называемые водо-водяные реакторы — ВВЭР, по-английски PWR (Pressurized water reactor). В этих реакторах очень прочный металлический корпус с толщиной стенок около 20 см. Вода там действительно проходит под давлением, там нет отдельных труб, и никакого графита. Вода омывает пучки тепловыделяющих элементов, но они стоят там более тесно. В каждой сборке около 300 ТВЭЛов. Высота активной зоны около трех метров, а сам реактор значительно выше.

— А сейчас новые реакторы строятся?

— Нет, не строятся. Сейчас большую часть энергии в мире получают просто при сжигании органического топлива: угля, мазута, газа.

— Это же все вредно для окружающей среды и грозит глобальным потеплением?

— Конечно, в результате выделяется много двуокиси углерода.

— Но есть же и альтернативная энергетика: солнечная, ветровая.

— Конечно. Но если большая часть энергии получается при сгорании топлива, то атомная энергетика занимает не очень большую долю в глобальном масштабе, порядка 13–15%. Только в некоторых странах она весьма существенна.

— **А еще в отдельных странах от нее вообще отказываются, например, в Германии.**

— Да, хотя я не согласен с таким подходом. Во Франции атомная энергетика дает приблизительно 75% электроэнергии, в Украине — около 50%. А в остальных странах вообще гораздо меньше. В Японии достаточно значительную долю занимала атомная энергетика, но после Фукусимской аварии ее тоже сократили существенно. В России где-то около 10%. В США — около 15%. То есть в большинстве стран атомная энергетика дает мало. Возникает вопрос: почему? Во-первых, первичные вложения достаточно крупные, для постройки одного блока необходимо выделить порядка 4–5 миллиарда долларов, и это было лет десять тому назад. Также дорожает топливо.

Есть еще одна беда атомной энергетике: куда девать отходы? Сейчас разрабатываются разные технологии. Но основная — спрятать под землю, "і хай собі там лежить". Хотя это не так просто. Само по себе просто так оно лежать не будет. Сначала его надо охлаждать, в течение 50 лет как минимум. Потому что иначе топливо может просто расплавиться. Кстати, в Фукусиме как раз и расплавилось одно из хранилищ, и тоже взорвалось из-за этого, поскольку вода для охлаждения туда не поступала.

А потом уже из временных хранилищ можно отработанное топливо забирать и отправлять куда-то на длительное хранение. Например, я был на таком хранилище в Швеции. Оно построено под землей, в гранитных скалах. Но, оказывается, гранит в принципе тоже не плотный материал, с трещинами. Это значит, что вода может уносить радионуклиды в подземные воды и в море. Поэтому просто так спрятать в гранитных скалах отходы тоже нельзя, надо обслуживать, чтобы не допустить контакта отработанного ядерного топлива с водой.

Есть другие технологии, например нейтронной трансмутации. Это своего рода современная алхимия — превращение одних элементов в другие при облучении нейтронами. Есть еще более экзотичные вещи. Между прочим, один из таких экспериментов мы ставили в Чернобыле. Это — биологическая трансмутация. Она пока что непонятна по своей сути, но эксперимент был поставлен. Так, активность цезия за два месяца упала на 25%. Затем данные эксперименты были повторены и другими учеными.

— **Эти все технологии разрабатываются специально для хранения отходов?**

— Основная масса в ядерных отходах — это продукты деления. Ядро урана делится приблизительно пополам, и получаются в том числе цезий и стронций. Их как раз больше всего. А у цезия период полураспада около 30 лет. Считается, что за 300 лет (10 периодов полураспада) цезий и стронций распадутся. Но 300 лет — это не так уж и мало. И вот в наших экспериментах цезий полураспадался не за 30 лет, а за 2 месяца.

— **Удивительно!**

— И это происходило при наличии бактерий.

— **А как обстоят дела с данными экспериментами сегодня?**

— Да никак. Во-первых, многие нам просто-напросто не верят. Но поскольку в Москве повторили такие же эксперименты, то это уже факт. Надо думать и развивать технологию для обеззараживания отходов. И что любопытно: данный факт подтверждается и в природе, в нашем "Чернобыльском заповеднике". Поскольку есть места, где падение активности происходит быстрее, чем просто благодаря распаду. Хотя в природе имеется много

неизвестных причин, которые могут привести к такому результату. Например, скорость проникновения веществ в землю. Оно же все вымывается, оседает, уходит с поверхности. Но не исключено, что в природе работает и такой механизм.

Теперь об энергии. Все сейчас говорят об энергии солнца, ветра и воды. Гидроэнергетика дает достаточно много — около 10%. Но для этого надо заливать огромные территории, как правило, плодородных земель. Я бы лично спустил все наши днепровские водохранилища, кроме Киевского (где, к сожалению, на дне много всякой гадости) и, наверное, Каховского, которое дает воду для орошения юга Украины. А солнце, ветер — полезные вещи, особенно если учесть, что у нас в Институте полупроводников разработали пленочные солнечные батареи, которые в шесть раз дешевле обычных, но никак не получается пустить это в производство. Понятно, что у нас с инновациями дела обстоят очень плохо. А вообще проблему энергии может решить и так называемый холодный синтез. Знаю, что к этому явлению многие относятся отрицательно.

— **Вы этим, насколько я знаю, занимаетесь.**

— Да, мы даже провели эксперименты и получили положительный результат. Но пока что, к сожалению, в очень скромном масштабе.

В наших экспериментах использовался литий плюс водород. Такая реакция приводит к выделению энергии. При этом не образуются радиоактивные отходы, да и в процессе работы нет радиоактивного излучения.

— **А запасы лития?**

— В Украине — одни из самых больших.

— **Он же сегодня используется для батареек и аккумуляторов.**

— Более того, сейчас электромобили ездят на литиевых батареях. И дело в том, что можно перерабатывать литий из литиевых батарей, он там не портится.

— **Это же огромная проблема — как утилизировать отработанные батареи.**

— Да, куда девать литий из батарей? Вот сюда!

А теперь можно вернуться к реакторам, которые работают в Украине. Они достаточно надежны, работают во всем мире. Была только одна авария, тоже достаточно серьезная — в США на АЭС на Трехмильном острове (Три-Майл-Айленде). И там расплавилась активная зона, был небольшой выброс в атмосферу. С тех пор этот реактор расплавленный стоит.

— **А над ним тоже саркофаг?**

— Нет, там же в PWR кроме самого реактора над каждым есть еще большой конфайнмент. В нем внутри находятся парогенераторы, компенсаторы давления, словом, все подсобные устройства, которые нужны для работы реактора. Это герметичная оболочка, которая все это держит в себе. Она достаточно прочная, из напряженного бетона. В общем, это дополнительный барьер от утечки радионуклидов в окружающую среду. В Три-Майл-Айленде этот барьер не был нарушен, но из-за того, что пар так или иначе должен идти на турбины, которые находится извне, по этому пути радиоактивность вышла наружу.

Существует также еще один тип реакторов — BWR (Boiling Water Reactor) — "реактор на кипящей воде". В них тоже (как и в РБМК) вода закипает внутри реактора, и пар сразу подается на турбину. Такой реактор взорвался в Японии вследствие землетрясения. Но в принципе эти реакторы достаточно безопасны, особенно при наличии хорошей автоматики, которая уже сегодня разработана. И сейчас есть достаточно неплохое понимание всех

процессов, какие происходят в реакторе и какие могут происходить в разных непредвиденных случаях. Даже при авариях, когда что-либо разрушается. Железо есть железо, оно может ломаться, к сожалению. Но за всем следят, и такие реакторы считаются достаточно безопасными. А недостатки у них те, что я говорил. Это ресурсы (уран-235 кончается) и отходы.

С ресурсами ситуация достаточно неплохая. В принципе, если перейти к реакторам на быстрых нейтронах, то можно использовать в качестве топлива уран-238, которого в урановых рудах большинство. Пока же используется так называемый обогащенный уран, в нем повышена концентрация урана-235, который является делящимся веществом. Уран-238 сам по себе не делится, но в реакторах на быстрых нейтронах его можно превратить в плутоний при помощи длинной цепочки: после поглощения нейтрона получается уран-239, он распадается на нептуний, после чего уже нептуний распадается на плутоний, который дальше может делиться.

Есть еще волновые реакторы, которыми мы достаточно подробно также занимались. В них есть свои сложности. В свое время за них очень серьезно уцепились, такая красивая идея. Загрузив 238-м ураном, запустить волну, которая бежит по среде и 60 лет выдает энергию. Безо всякого управления. Но оказалось, что конструкционные материалы этой волны не выдержат. Там ведь очень быстрые нейтроны, они перемещаются со скоростью 109 см/с, которая близка к скорости света. И они начинают вышибать атомы металла со своих мест, нарушая таким образом структуру металла. Если таких столкновений очень много, металл может не выдержать и просто развалиться.

— **А что касается износоустойчивости существующих реакторов?**

— Об этом же и речь. Реакторы PWR на медленных нейтронах, тут скорость частиц значительно меньше. И когда медленный нейтрон взаимодействует с ядром металла, то он его, как правило, не вышибает. А выбивает только та часть нейтронов, которые имеют очень большую энергию. Они присутствуют и в наших реакторах. Поэтому срок жизни реакторов определяется как раз стойкостью металла корпуса самого реактора. Как раз по отношению к нарушениям, которые происходят под действием быстрых нейтронов. На всех реакторах за этим следят, контролируют экспериментально. При постройке реактора много образцов стали, из которых сделан корпус реактора, помещают внутрь активной зоны и время от времени их выгружают и исследуют. То есть на весь срок работы реактора в нем загружены так называемые образцы-свидетели. Наш институт достаточно плотно занимается этим вопросом. В ИЯИ есть специальные отделы, которые сейчас сопровождают все украинские реакторы.

— **Но у них же ограничен срок эксплуатации.**

— Да, наши реакторы рассчитаны на срок 30 лет, но, как показали исследования (а они проводятся непрерывно), оказалось, что как минимум на 10 лет можно продлить. А там будет видно.

— **А когда истощаются стенки, что потом?**

— Они не истощаются. Просто меняется их структура. И могут не выдержать нагрузки.

— **Планируется ли вокруг потом их защищать?**

— Для реактора ВВЭР-440 разработали технологию, которая может позволить изменить структуру металла корпуса реактора. А все остальное можно поменять. Самое главное — это же корпус, ведь это фактически огромная железная бочка, и этот металл целиком поменять тяжело, но структуру заменить можно с помощью так называемых отжигов. То есть изнутри все выгружается и вставляется печка, грубо говоря. И при ее помощи начинают прогревать корпус до высоких температур, и все нарушения структуры

металла восстанавливаются. Это так называемый отжиг корпусов, и на одном блоке ВВЭР-440 Ровненской АЭС уже произвели его. Теперь на ближайшие 30 лет он может служить практически как новенький. И на других реакторах такое можно сделать, но на ВВЭР-1000 еще пока данный метод восстановления не испытали.

— **Как известно, в Украине утверждена государственная программа по повышению безопасности АЭС и прилагается максимум усилий по продлению сроков эксплуатации.**

— Да, недавно НАЭК "Энергоатом" продлила на пять лет соглашение с нашим институтом по образцам-свидетелям и по продлению сроков эксплуатации АЭС.

— **Как работает киевский реактор в ИЯИ? Он постоянно выключен?**

— Нет, конечно. Время от времени он включается, исследовательский реактор находится в рабочем состоянии, и на нем продолжают эксперименты. Более того, там сейчас продолжают нарабатывать радиофармпрепараты.

— **А как сегодня обстоят дела с кадрами? Насколько уровень их квалификации соответствует требованиям по обеспечению безопасной работы АЭС? Идут ли выпускники университетов работать на АЭС и в лаборатории институтов?**

— Кадры, конечно, большая головная боль, особенно для Академии наук. К нам люди идти не хотят по причине мизерных зарплат. Но на станции идут. Персонал для станций готовят Одесский политех (почти весь руководящий состав НАЭК и собственно станций — выпускники ОНПУ), Киевский политех и Киевский университет им. Т.Шевченко. В принципе на станциях сейчас есть достаточно грамотные кадры.

— **И напоследок вопрос, который к науке и не имеет отношения, но зато многих интересует в наше бурное время. Возможны ли сбои в работе атомной энергетики при терактах или силовых повреждениях энергосистемы? Это может произойти и в результате боевых действий. Ну вот, например, факт, когда вроде бы из благих намерений добробатовцы и активисты валили опоры ЛЭП, идущие на Крым. Или подобные действия не отражаются на работе АЭС?**

— В принципе устойчивая работа ядерного энергоблока чувствительна к потребляемой нагрузке, и если эта нагрузка внезапно пропадает (как при теракте), то реактор нужно останавливать. Я не знаком с регламентами АЭС, но насколько мне известно, так и делается. Так что теракты вне станций могут повлиять на работу АЭС, а их предотвращение — задача, конечно же, не ученых, а силовых структур.