

Валерий Легасов. Высвечено Чернобылем

Annotation

Чернобыльская катастрофа произошла более 30 лет назад, но не утихают споры о её причинах, последствиях и об организации работ по ликвидации этих последствий. Чернобыль выявил множество проблем, выходящих далеко за рамки чернобыльской темы: этических, экологических, политических. Советская система в целом и даже сам технический прогресс оказались в сознании многих скомпрометированы этой аварией. Чтобы ответить на возникающие в связи с Чернобылем вопросы, необходимо знание – что на самом деле произошло 26 апреля 1986 года. В основе этой книги лежат уникальные материалы: интервью, статьи и воспоминания академика Валерия Легасова, одного из руководителей ликвидации последствий Чернобыльской аварии, который первым в СССР и в мире в целом проанализировал последствия катастрофы и первым подробно рассказал о них. Помимо них, в книгу вошли статьи о технологическом и политическом аспектах катастрофы, написанные с использованием и современных материалов, и ранее не публиковавшихся архивных документов. Книга позволит читателю сформировать свое мнение о Чернобыльской катастрофе вопреки псевдонаучным теориям и политизированным популистским схемам.

Авт. – сост. Соловьев С. М., Кудряков Н. Н., Субботин Д.В.

Серия «Чернобыль: книги, ставшие основой знаменитого сериала»

В книге использованы фото из личного архива А. Г. Ахламова и из фонда Н. И. Рыжкова в РГАСПИ, вырезки из газет предоставлены Ю. Н. Анискевичем.

Книга создана при участии редакции научно-просветительского журнала «Скепсис» (sceptsis.net).

© Соловьев С. М., текст, 2020

© Соловьев С. М., изображения, 2020

© ООО «Издательство АСТ», 2020

* * *

История Чернобыльской катастрофы в записях академика В. А. Легасова и в современной интерпретации

От составителей

Необходимость изучения Чернобыльской катастрофы и сохранения памяти о ней не требует каких-то специальных доказательств. Случившееся 26 апреля 1986 года заставило миллионы людей испугаться технического прогресса не меньше, чем опасность ядерной войны, послужило одним из аргументов в перестроечной критике советской системы и одним из факторов ее развала, стало стимулом для развития

экологического движения и поиска альтернативных источников энергии. И хотя боязнь прогресса и надежды на «альтернативную энергетику», с нашей точки зрения, закономерно уходят в прошлое, мифов и легенд вокруг Чернобыля до сих пор остается куда больше, чем правдивой информации.

В 2019 году Чернобыль оказался в центре внимания благодаря мини-сериалу НВО, который стал одним из самых популярных сериальных проектов в мире. В этой книге вы не найдете рецензии на этот сериал. Но следует сразу сказать, что все, что вы прочтете, разительным образом отличается от концепции создателей этого проекта. Дело не в деталях, дело в самой сути происходившего во время ликвидации этой аварии^[1]. В фильме в соответствии с голливудской традицией были выведены зловедная Система и борец-одиночка против нее – академик Валерий Алексеевич Легасов. Но несомненная истина, со всей очевидностью следующая из публикуемых воспоминаний и статей Легасова, заключается в том, что ликвидация Чернобыльской катастрофы была делом – без преувеличения – всей страны, в которой советская система с ее сверхцентрализацией, пожалуй, в последний раз^[2] сработала на максимуме своих возможностей. Одиночка не мог ликвидировать Чернобыль. Академик Легасов сделал очень много для ликвидации последствий катастрофы и, как минимум, не меньше – для осознания и властями страны, и гражданами СССР, и международным сообществом ее последствий, но сделал он все это именно как представитель лучшей части советского научного сообщества, которого ныне уже не существует. И без участия многих других людей, в том числе – председателя Совета Министров СССР Н. И. Рыжкова, руководителя Оперативной группы Политбюро ЦК КПСС по ликвидации последствия Чернобыльской аварии, вклад Легасова был бы невозможен. Борьба с последствиями катастрофы была прежде всего коллективным делом.

Чернобыль стал следствием пороков позднесоветской экономики и системы управления. Ликвидация последствий взрыва на Чернобыльской АЭС показала их лучшие возможности. Это может показаться вопиющим противоречием, но оно объясняется и в текстах Легасова, и в других статьях, вошедших в книгу.

Книга состоит из трех частей. Главной являются воспоминания академика Легасова, продиктованные им незадолго до самоубийства, а также три его статьи, опубликованные при жизни. В этих и ряде других статей Легасов максимально подробно и просто описывал последствия Чернобыльской катастрофы и определял, какие именно принципиальные выводы следует сделать из этой аварии.

Несколько слов об аудиокассетах с записями воспоминаний академика Валерия Алексеевича Легасова. Он диктовал их на протяжении нескольких месяцев до своей трагической смерти, возможно, надеясь оформить в книгу. После смерти академика записи были изъяты КГБ с ведома или по инициативе бывшего главы Правительственной комиссии по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС Б. Е. Щербины. Сам Легасов предназначал их для редактора отдела науки газеты «Правда», известного журналиста и историка советской науки Владимира Степановича Губарева. Вот как рассказывает об этом сам Владимир Губарев:

«Я знал, что Легасов оставил мне эти записи. А их забрали Щербина и КГБ. Когда прощались с Легасовым в доме культуры института Курчатова, я пожаловался Н. И. Рыжкову [председателю Совета Министров СССР – сост.], что Щербина забрал записи, предназначенные мне, и что я прошу вернуть или напишу записку в Политбюро. Рыжков сказал Щербине немедленно отдать все записи. Мне принесли все записи. Я их оставил расшифровывать. Я их решил напечатать. Цензор сказал, что это нужно согласовывать с высшим начальством. Но в критической ситуации я мог подписать материал в печать, что несу полную ответственность. Я цензору так и написал. Легасов знал, что я это напечатать».

Эти записи после первой сокращенной публикации в «Правде» 20 мая 1988 г. в полном виде публиковались дважды: в 1996 и 2010 гг., оба раза – в малотиражных изданиях, подготовленных вдовой

академика Маргаритой Михайловной Легасовой^[3], и распространялись в основном среди специалистов-атомщиков и близких семьи академика Легасова. Также эти материалы публиковались в интернете, причем в связи с этим некоторые читатели высказывали сомнения в их подлинности. Часто можно встретить мнение, что часть записей была намеренно стерта сотрудниками КГБ. Проведенный анализ и свидетельства М. М. Легасовой и В. С. Губарева позволяют утверждать: пропуски в тексте носят в основном технический характер, а подлинность публикуемых записей несомненна.

Для понимания физической составляющей аварии Николаем Кудряковым для этой книги написана статья «Технология катастрофы», позволяющая представить суть процессов, приведших редактор РБМК-1000 к взрыву. Конечно, для чтения этой статьи понадобится вспомнить школьный курс физики, но для лучшего понимания и этого текста, и воспоминаний академика Легасова в книге публикуется популярный словарь по атомной энергетике, который мы рекомендуем использовать в процессе чтения.

В статье Сергея Соловьёва на основе архивных данных, исторической и мемуарной литературы показано, какие особенности советской управленческой системы, с одной стороны, сделали возможным катастрофу, а с другой – позволили достаточно эффективно ликвидировать ее последствия, а также отражены политические последствия Чернобыля.

Отдельно следует сказать о фотоиллюстрациях к книге. Большая часть из них предоставлена из своего личного архива Александром Григорьевичем Ахламовым, участником ликвидации Чернобыльской катастрофы в качестве официального фотографа Управления строительства-605. Другая часть фотографий взята из фонда члена Политбюро ЦК КПСС, председателя Совета министров СССР, руководителя оперативной группы Политбюро по Чернобылю Н. И. Рыжкова. Этот фонд хранится в Российском государственном архиве социально-политической истории (РГАСПИ). Практически все фотографии публикуются впервые.

У этой книги нет задачи воссоздать исчерпывающую картину истории аварии и ее ликвидации. Пока историки просто не готовы выполнить эту задачу: не все документы рассекречены, а то огромное количество свидетельств и документов, которые уже доступны исследователям, не проанализированы должным образом. Мы лишь рассчитываем на то, что прочтение записей академика Валерия Алексеевича Легасова, его статей, а также других подготовленных составителями материалов, позволит заинтересованному читателю сформировать собственное непредубежденное мнение о произошедшей аварии и процессе борьбы с ее последствиями.

И в заключение этого предисловия мы хотим сразу обратить внимание на два мнения, которые мы не раз слышали в процессе работы. Многие чернобыльцы-ликвидаторы, с которыми нам пришлось разговаривать (в том числе на Колыме, в Магаданской области, где они практически лишены льгот и нормальной медицинской помощи) в ответ на вопрос: «Поехали ли бы вы в Чернобыль вновь, если бы знали, что с вами будет потом?» – отвечали: «Да, конечно, а как же? Если надо – поехали бы». А в ответ на вопрос: смогли бы ликвидировать эту аварию сейчас, в современной России – ответ у всех нами опрошенных – от бывших солдат-ликвидаторов до академиков – был отрицательный. Оба ответа – повод задуматься и о настоящем, и о сравнительно недавнем прошлом.

Благодарности

Составители благодарны классику отечественной журналистики и первому журналисту, появившемуся на месте аварии – Владимиру Степановичу Губареву, давшему обстоятельное интервью; Юрию Николаевичу Анискевичу, бывшему первому заместителю директора Северо-западного Научно-промышленного центра атомной энергетики в составе Научно-исследовательского технологического института им. А. П. Александрова (г. Сосновый Бор); Владимиру Федоровичу Григорьеву, ветерану

Ленинградской АЭС, участнику ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, депутату Государственной думы РФ второго созыва (г. Сосновый Бор); сотрудникам Российского государственного архива социально-политической истории (РГАСПИ) Асе Камильевне Тавелинской, Владимиру Александровичу Гриценко и Екатерине Витальевне Пиксиной, помогавшим с поиском и копированием материалов; Валерию Борщу и Евгению Мостовому за оформление рисунков; а также Ивану Алексеевичу Харламову, первому привлечшему внимание товарищей по редакции журнала «Скепсис» к расшифровке записей воспоминаний академика Легасова и подготовившему их для публикации на сайте журнала; кроме того, благодарим Михаила Дубнова за идею создания этой книги. Особая благодарность – семье академика Валерия Алексеевича Легасова.

Просим извинения у тех, кто также помогал с подготовкой издания, но не был упомянут в этом перечне.

Сергей Соловьёв,

Николай Кудряков,

Дмитрий Субботин

Октябрь 2019

Валерий Алексеевич Легасов – биографическая справка

Валерий Алексеевич Легасов родился 1 сентября 1936 г. в Туле в семье служащих, отец работал в аппарате ВКП(б), в 1941–1945 гг. был секретарем Курского обкома ВКП(б) по пропаганде, во время войны возглавлял подпольный обком, организовывал партизанские отряды. Валерий Легасов закончил школу № 56 в Москве в золотой медалью и поступил в Московский химико-технологический институт им. Менделеева. Поступил в аспирантуру на отделение молекулярной физики Института атомной энергетики имени И. В. Курчатова, работал там научным сотрудником, затем начальником лаборатории. В 1967 году защитил кандидатскую диссертацию по синтезу соединений благородных газов и изучению их свойств. В 1972 году защитил докторскую диссертацию по химии, был назначен заместителем директора по научной работе Института атомной энергии имени И. В. Курчатова. Действительный член Академии наук СССР с 1981 г. В 1983 г. возглавил кафедру радиохимии и химической технологии на химическом факультете МГУ. Являлся научным руководителем НПО «Техэнергохимпром». Вел работу по использованию атомных реакторов в производстве аммиака, метанола и других химических соединений, необходимых в промышленности. Членом Правительственной комиссии по расследованию причин и ликвидации последствий Чернобыльской аварии он был назначен как специалист, уже занимавшийся безопасностью атомных реакторов.

О своей роли в ликвидации Чернобыльской катастрофы Легасов рассказывает в воспоминаниях. Здесь следует упомянуть, что именно Легасов на конференции экспертов МАГАТЭ в Вене 25–29 августа 1986 года в качестве главы советской делегации выступил с пятичасовым докладом о причинах Чернобыльской аварии и ее последствиях.

Несмотря на свои заслуги при ликвидации последствий аварии был лично вычеркнут М. С. Горачевым из готового указа о присвоении звания Героя Советского Союза участникам строительства проекта «Укрытие» (саркофага для взорвавшегося реактора). В институте им. Курчатова В. А. Легасов оказался во враждебном окружении, и незадолго до гибели на выборах в научный совет института получил 100 голосов за избрание и 129 голосов – против. 26 апреля 1988 года Легасов представил на заседании Академии наук план создания совета по борьбе с застоем в советской науке, план был отвергнут. Облучение во время ликвидации аварии, депрессия, потрясение от неприязни со стороны коллег – все это стало причиной самоубийства Валерия Легасова 27 апреля 1988 года.

Звание Героя Российской Федерации было присвоено В. А. Легасову в 1996 г. посмертно.

Справка составлена по изданиям: Легасова М. М. Академик Валерий Алексеевич Легасов. М.: Издательский дом «Спектр», 2010. 400 с.; Губарев В. С. Страсти по Чернобылю. М.: Алгоритм, 2011. С. 177–190. **В. А. Легасов**

Мой долг – рассказать об этом

Воспоминания о ходе ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС и о развитии атомной энергетики в СССР

Никогда в жизни я не думал, что мне придется, только что пережив свое 50-летие, обратиться к мемуарам. Но произошли события такого масштаба с вовлечением в них такого качества людей с противоречивыми интересами, и столько появилось различных толкований того, что произошло и как произошло, что, наверное, в какой-то степени мой долг рассказать о том, что я знаю, как понимаю, как видел происходившие события. **1. Сообщение об аварии. Правительственная комиссия**

26 апреля 1986 года. Была суббота, прекрасный день. Я раздумывал, не поехать ли мне в университет на свою кафедру (суббота – обычный мой день для кафедры), или поехать на партийно-хозяйственный актив, намеченный на 10 утра в Министерстве, которому принадлежит Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова, а может быть, на все наплевать и отправиться с Маргаритой Михайловной, моей женой и другом, отдохнуть куда-нибудь. Естественно, по складу своего характера, по многолетней воспитанной привычке я вызвал машину и поехал на партийно-хозяйственный актив.

Перед его началом я услышал, что на Чернобыльской атомной станции произошла какая-то авария. Сообщил мне об этом начальник 16-го Главного управления Министерства Николай Иванович Ермаков. Именно в подчинении этого главка находился наш Институт. Сообщил он мне об этом достаточно спокойно, хотя и с досадой.

Начался доклад министра Ефима Павловича Славского. Доклад был, честно говоря, стандартным. Мы уже все привыкли к тому, что у нас в Ведомстве все замечательно и прекрасно, все показатели хороши: самые хорошие совхозы, самые хорошие предприятия, все плановые задания мы выполняем. Все носило характер победных реляций. В отдельных точках, которые того заслужили, он останавливался и ругал кого-нибудь из руководителей, специалистов – либо за высокий травматизм, либо за финансовое упущение, либо за технически неточно проведенную операцию.

Так и в этот раз, воспевая гимн атомной энергетике, большим успехам, которые были достигнуты, он скороговоркой сказал, что сейчас, правда, в Чернобыле произошла какая-то авария (Чернобыльская станция принадлежала соседнему министерству – Министерству энергетики и электростанций): «Вот они там что-то натворили, какая-то авария, но она не остановит путь развития атомной энергетики...» – дальше традиционный доклад, длившийся в общем 2 часа.

Около 12 часов был объявлен перерыв. Я поднялся на третий этаж, в комнату ученого секретаря Николая Сергеевича Бабаева для того, чтобы обсудить в перерыве основные позиции доклада. В комнату заглянул Александр Григорьевич Мешков, первый заместитель Министра, и сообщил, что создана

Правительственная комиссия и что я включен в ее состав. Правительственная комиссия должна собраться в аэропорту Внуково к 4 часам дня.

Немедленно я покинул актив, сел в машину и уехал к себе в Институт. Я пытался найти там кого-нибудь из реакторщиков. С большим трудом мне удалось разыскать начальника отдела, который разрабатывал и вел станции с реактором РБМК – именно такой реактор был установлен на Чернобыльской атомной станции – Александра Константиновича Калугина. Он уже знал об аварии и сообщил мне, что со станции ночью пришел тревожный сигнал, шифрованный по заведенному в атомной энергетике порядку, когда при отклонениях от нормы станция информирует то министерство, к которому она принадлежит. В данном случае поступил сигнал «один, два, три, четыре», что означало: на станции возникла ситуация с ядерной, радиационной, пожарной и взрывной опасностью, т. е. присутствовали все виды опасности. А. К. Калугин сказал, что заранее определенная соответствующими приказами команда, которая должна при аварийной ситуации немедленно собираться и, либо оставаясь на месте, руководить действиями персонала на объекте, либо вылетать на место происшествия, была ночью собрана и вылетела. Но пока она летела, со станции начали поступать сведения о том, что реактор, а это был реактор 4-го блока Чернобыльской станции, в общем-то управляем, операторы пытаются вести его охлаждение. Правда, было уже известно, что два человека скончались, один из них погиб под блоками разрушившегося сооружения, второй – от химических ожогов, т. е. от пожара, а о лучевых поражениях ничего не сообщалось.

Забрав у Калугина все необходимые технические документы, получив некое представление о структуре станции и возможных неприятностях, которые там могут быть, я заскочил домой. К этому времени жена срочно вернулась с работы, я ей кратко бросил, что уезжаю в командировку, ситуация мне непонятна, на сколько я еду и что там – я не знаю, и выехал во Внуково.

В аэропорту я узнал, что руководителем Правительственной комиссии утвержден заместитель Председателя Совета Министров СССР Борис Евдокимович Щербина, – председатель Бюро по топливно-энергетическому комплексу. Он в это время уже вылетел в Москву из одного из регионов страны, где проводил партийно-хозяйственный актив. При его появлении мы должны были загрузиться в уже подготовленный самолет и вылететь в Киев, а оттуда на машинах отправиться к месту происшествия.

В состав первой Правительственной комиссии – я сейчас говорю это по памяти – были включены, кроме Б. Е. Щербины, министр энергетики А. И. Майорец, зам. министра здравоохранения Е. И. Воробьев, который тоже прибыл из другого региона Советского Союза во Внуково, давний сотрудник нашего Института, член-корреспондент АН СССР, зам. председателя Госатомэнергонадзора В. А. Сидоренко, заместитель Генерального Прокурора СССР О. В. Сорока, руководитель одного из подразделений Комитета государственной безопасности Ф. А. Щербак. Кроме того, в состав Правительственной комиссии были включены заместитель Председателя Совета Министров Украины Николаев и председатель Киевского облисполкома Иван Плющ.

В полете разговоры были тревожные. Я рассказал Борису Евдокимовичу об аварии на Три-Майл-Айленд, которая произошла в США в 1979 году. Скорее всего, причины, приведшие к той аварии, не имели никакого отношения к событиям в Чернобыле из-за принципиальной разницы в конструкции аппаратов. В этих обсуждениях, догадках прошел часовой полет.

В Киеве, когда мы вышли из самолета, первое, что бросилось в глаза – большая кавалькада черных правительственных автомобилей и тревожная толпа руководителей Украины, которую возглавлял Председатель Совета Министров Украины Александр Петрович Ляшко. Точной информацией они не располагали, но говорили, что дела плохие. Мы быстро погрузились в автомобили (я оказался в автомобиле с Плющом) и поехали на атомную станцию.

Чернобыль – Припять. Начало работы Правительственной комиссии

Расположена она в 140 километрах от Киева. Дорога не была насыщена жаркими спорами и обсуждениями. Информации было мало, готовились мы к какой-то необычной работе, поэтому разговор носил отрывочный характер, с длинными паузами. Было желание быстрее попасть на место, понять, что на самом деле произошло и какого масштаба события, с которыми мы должны встретиться. Вспоминая сейчас эту дорогу, я должен сказать, что мне тогда и в голову не приходило, что мы двигаемся навстречу событию планетарного масштаба, событию, которое, видимо, войдет навечно в историю человечества, как извержение знаменитых вулканов, гибель людей в Помпее или что-нибудь близкое к этому.

Через несколько часов мы достигли города Чернобыля. Хотя атомная станция называется Чернобыльской, расположена она в 18 км от этого районного города, очень приятного, сельского. Такое впечатление он на нас и произвел. Там было тихо, спокойно, шла обыденная жизнь. Свернули на дорогу к г. Припять. Припять – это уже город энергетиков, в котором жили строители и работники Чернобыльской атомной станции. О самой станции, истории ее сооружения, эксплуатации я расскажу чуть позже, чтобы не прерывать хронологию событий.

В Припяти уже чувствовалась тревога. Мы сразу подъехали к зданию городского Комитета партии, расположенного на центральной площади города. Здесь нас встретили руководители местных органов. Было доложено, что на 4-ом блоке Чернобыльской атомной электростанции во время проведения внештатного испытания работы турбоагрегата в режиме свободного выбега произошло последовательно два взрыва, здание реакторного помещения разрушено, и заметное количество персонала, масштаба сотен человек, получили лучевое поражение. Доложили также, что два человека погибли, остальные находятся в больницах города, что радиационная обстановка на 4-ом блоке довольно сложная. Радиационная обстановка в г. Припяти отличалась существенно от нормальной, но не представляла еще большой опасности для людей, находящихся там.

Правительственная комиссия, заседание которой очень энергично, в присущей ему манере провел Б. Е. Щербина, сразу распределила всех членов Правительственной комиссии по группам, каждая из которых должна была решать свою задачу.

Первая группа, которой было поручено руководить А. Г. Мешкову, должна была начать определение причин происшедшей аварии. Вторая группа во главе с А. А. Абаганом, который не был членом Правительственной комиссии, но прибыл по вызову, должна была организовать все дозиметрические измерения в районе станции, Припяти и близлежащих районов. Дальше – служба Гражданской обороны (а в это время уже появился генерал Иванов, возглавлявший службу Гражданской обороны того времени) должна была начать подготовительные меры к возможной эвакуации населения и первостепенным дезактивационным работам. Генерал Бердов, один из руководителей Министерства внутренних дел республики, должен был действовать с точки зрения определения порядка нахождения в этой пораженной зоне людей.

Сразу же после первого заседания все группы начали действовать. Сам я возглавил группу, целью которой была выработка мероприятий, направленных на локализацию происшедшей аварии. Группе Е. И. Воробьева было поручено заняться больными и всем комплексом медицинских мероприятий.

Когда мы подъезжали к г. Припяти, поразило небо. Уже километров за 8–10 до станции было видно над ней малиновое зарево. Известно, что атомная станция с ее сооружениями, трубами, из которых видимым образом ничего не вытекает, представляет собой сооружение очень чистое, аккуратное. А тут вдруг – как металлургический завод или крупное химическое предприятие, над которым огромное, малиновое в полнеба зарево. **Обстановка на атомной станции. Состояние реактора**

Сразу было видно, что руководство самой станции и руководство Минэнерго, которое там присутствовало, в общем, вели себя противоречиво. С одной стороны, большая часть персонала,

руководители станции, руководство Минэнерго действовали смело. Операторы 1 и 2 блока не покидали свои посты, не покидали свои посты и работающие на 3-ем блоке, а он был в том же здании, что и 4-ый, в готовности были различные службы, была возможность найти любого человека, была возможность дать любое поручение, и они выполнялись. Но какие давать команды, какие поручения, как точно определить ситуацию по приезда Правительственной комиссии – а она прибыла 26 апреля в 8 часов вечера, – осознанного плана не было. Все это пришлось делать Правительственной комиссии.

Прежде всего была дана команда на остановку реактора 3-го блока и его расхолаживание. Первый и второй блоки продолжали работать несмотря на то, что их внутренние помещения имели уже достаточно высокие уровни радиационных загрязнений, уровни, измеряющиеся десятками, в отдельных точках, сотнями миллирентген/час. Внутреннее загрязнение 1 и 2-го блоков произошло за счет приточной вентиляции, которая не была сразу же отключена в момент аварии, и загрязненный на площадке ЧАЭС воздух через приточную вентиляцию попал в помещения 1-го и 2-го блоков.

Затем дана команда немедленно приступить к остановке и расхолаживанию первого и второго блоков. Эту команду дал Мешков, а не руководство станции и не представители Минэнерго. Команда начала немедленно выполняться.

Б. Е. Щербина немедленно вызвал химвойска, которые довольно оперативно прибыли во главе с генералом Пикаловым, и вертолетные части, расположенные неподалеку, в г. Чернигове. Группа вертолетчиков прибыла во главе с генералом Антошкиным, начальником штаба соответствующего подразделения ВВС. Начались облеты, внешние осмотры состояния 4-го блока. В первом же полете было видно, что реактор полностью разрушен, верхняя плита, герметизирующая реакторный отсек, находилась почти в строго вертикальном положении, но под некоторым углом. Видно было, что она была вскрыта, а для этого нужны довольно приличные усилия. Верхняя часть реакторного зала полностью разрушена, на крышах машинного зала, на площадке территории валялись графитовые блоки, либо целиковые, либо разрушенные, виднелись крупные элементы тепловыделяющих сборок. По характеру разрушений мне было ясно, что произошел объемный взрыв, и мощность его – порядка, как я мог оценить по опыту из других работ, от 3 до 4 тонн тринитротолуола. Из жерла реактора постоянно истекал белый в несколько сот метров высотой столб продуктов горения, видимо, графита, а внутри реакторного пространства было видно отдельными крупными пятнами мощное малиновое свечение. При этом однозначно сказать, что причиной этого свечения являются раскаленные графитовые блоки, оставшиеся на месте, или горение графита, было трудно, потому что графит горит, равномерно выделяя белесые продукты химической реакции – сумму оксидов углерода, а цвет, который отражался в небе, это была температура раскаленного графита. Довольно быстро были определены мощности излучения в различных точках в вертикальных и горизонтальных плоскостях. Было видно, что активности вышло наружу из 4-го блока достаточно много, но первое, что нас всех волновало, был вопрос о том, работает или не работает реактор или часть его, т. е. продолжается ли процесс наработки короткоживущих радиоактивных изотопов.

Первая попытка выяснения этого была предпринята военными. В специализированных бронетранспортерах, принадлежащих химвойскам, вмонтированы датчики, которые имеют и гамма-и нейтронные измерительные каналы. Первые же измерения нейтронным каналом показали, что якобы существуют мощные нейтронные излучения. Это могло означать, что реактор работает, и мне пришлось на этом бронетранспортере подойти к реактору, разобраться и убедиться в том, что в условиях очень мощных гамма-полей, которые существуют на объекте, нейтронный канал как нейтронный канал, конечно, не работает, ибо он чувствует мощные гамма-поля, а не нейтроны. Поэтому наиболее достоверная информация о состоянии реактора могла быть получена по соотношению коротко- и относительно долго живущих изотопов иода. За основу взяли соотношение иода 134 и 131-го, и путем радиохимических измерений довольно быстро убедились, что наработки короткоживущих изотопов иода не происходит, и,

следовательно, реактор не работает и находится в подкритическом состоянии. Впоследствии на протяжении нескольких суток многократно повторенный соответствующий анализ газовых компонент показывал отсутствие летучих короткоживущих изотопов, и это было для нас основным свидетельством подкритичности той топливной массы, которая осталась после разрушения реактора.

Тушение пожара. Локализация аварии

К вечеру 26 апреля все возможные способы залива активной зоны были испробованы, но они ничего не давали, кроме высокого парообразования и распространения воды по различным транспортным коридорам на соседние блоки.

Пожарные в первую же ночь ликвидировали очаги пожара в машинном зале, и сделали это очень оперативно и точно. Иногда думают, что часть пожарных получила высокие дозы облучения потому, что они стояли на определенных точках как наблюдатели, ожидая, не возникнут ли новые очаги пожаров. Это не так, потому что в машинном зале находилось много масла, водород в генераторах, много источников, которые могли вызвать не только пожары, но и взрывные процессы, которые могли бы привести к разрушению 3-го блока. Поэтому действия пожарных в этих конкретных условиях были не только героическими, но и правильными, грамотными и эффективными, т. к. они обеспечивали первые точные мероприятия по локализации возможного распространения аварии.

Следующий вопрос возник, когда стало ясно, что из кратера 4-го разрушенного блока выносятся довольно мощный поток аэрозольной газовой радиоактивности. Ясно было, что горит графит, и каждая частица графита несла на себе достаточно большое количество радиоактивных источников. Встала сложная задача. Обычно скорость горения графита составляет где-то тонну в час. В 4-ом блоке было заложено около 2,5 тыс. тонн графита. Следовательно, эта масса могла бы гореть примерно 240 часов, вынося с продуктами своего горения радиоактивность, распространяя ее на большие территории. При этом температура внутри разрушенного блока скорее всего была бы ограничена температурой горения графита – чуть выше 1500, и выше бы не поднималась, установилось бы некоторое равновесие. Следовательно, топливо – таблетки диоксида урана – могли бы не расплавиться и не давать дополнительного источника радиоактивных частиц. Но этот многодневный вынос с продуктами горения, конечно, привел бы к тому, что огромные территории оказались бы интенсивно зараженными различными радионуклидами.

Поскольку радиационная обстановка позволяла делать эффективные действия только с воздуха и с высоты не менее 200 м над реактором, то соответствующей техники, которая могла бы традиционно, с помощью воды, пены и других средств прекратить горение графита, не было, надо было искать нетрадиционные решения. Мы начали об этом думать. Наши размышления сопровождались постоянными консультациями с Москвой, где у аппарата ВЧ постоянно находился А. П. Александров, ряд сотрудников Института атомной энергии, сотрудники Министерства энергетики. И каждая служба держала соответствующую связь со своими московскими организациями. Уже на следующий день пошли различные телеграммы, предложения из-за рубежа, с разными вариантами воздействия на горящий графит с помощью различных смесей.

Логика принятия решений была такая. Прежде всего надо было ввести столько, сколько можно, боросодержащих компонент, которые при любых перемещениях топливной массы, при любых неожиданных ситуациях обеспечивали бы нахождение в кратере разрушенного реактора достаточно большого количества эффективных поглотителей нейтронов. К счастью, на складе оказалось не загрязненным достаточно большое количество – 40 тонн – карбида бора, который и был прежде всего заброшен с вертолетов в жерло разрушенного реактора. Таким образом, первая задача – задача введения нейтронного поглотителя в максимально большом количестве – была выполнена быстро и оперативно.

Вторая задача была связана с введением средств, которые стабилизировали бы температуру, заставляя энергию, выделяющуюся при распаде мощной топливной массы, затрачиваться на фазовые переходы. Первая мысль, которая мне пришла в голову – забросать максимальное количество железной дробы. На станции ее было достаточное количество, добавляется она обычно в строительный бетон, чтобы сделать его тяжелым. Но оказалось, что склад, на котором хранилась эта железная дробь, был накрыт проходящим первичным облаком взрыва, и работать с сильно зараженной дробью было практически невозможно. После обсуждений и многочисленных консультаций в качестве стабилизаторов температуры были выбраны две компоненты – свинец и доломит. Первый – достаточно легкоплавкий металл, который обладает некоторой способностью экстрагировать радиоактивные элементы и, застывая, создавать защитный экран от гамма-излучения. Оставалось опасность, что если температуры более высокие (1600–1700°), то заметная часть свинца может испаряться, и тогда в дополнение к радиоактивному загрязнению могут прибавиться свинцовые загрязнения местности, и эффективной роли этот компонент не сыграет. Поэтому группа из Донецка, принадлежавшая Министерству энергетики Украины, располагавшая тепловизорами шведской фирмы, начала постоянные облеты 4-го блока, фиксируя температуру поверхностей. Задача была непростая, потому что датчики в этих тепловизорах служили полупроводниками, и нужно было ухитриться правильно интерпретировать результаты, имея в виду, что мощные гамма-излучения, попадающие на полупроводники, существенно искажали результаты измерений. Поэтому я предложил тепловизорные измерения температуры различных точек 4-го блока дополнить прямыми термодатными измерениями. Эту операцию осуществлял Е. П. Рязанцев вместе с вертолетчиками, опуская термодатчики на длинных фалах. Это тоже была непростая работа.

Поскольку продолжалось горение графита, то мною было предложено осуществлять в различных точках воздухозабор, и мы отправляли в Киев на анализ содержания CO, CO₂, их соотношения, по которым с не очень высокой точностью, но можно было судить о максимальных температурах в разрушенном 4-ом блоке.

Совокупность всех данных привела к заключению, что в зоне реактора существуют небольшие области высокой температуры (максимальная составляет 1000°), но в основном поверхности проявляли себя как области, температура которых не превышала 300 °С. В этом случае заброс свинца мог быть эффективным. Было принято соответствующее решение, и 2400 тонн свинца в различных формах были введены в реактор с высокой точностью и большим мастерством вертолетными службами. Количество вводимого свинца возрастало день ото дня, я был поражен тому темпу, тому масштабу, с которым весь необходимый материал был доставлен для выполнения операции.

Учитывая, что были высокотемпературные области, было решено использовать и карбонатсодержащие породы, в частности, доломит, назначение которых было то же самое – там, где возможно, стабилизировать температуру, затратив энергию на разложение доломита на компоненты.

А. П. Александров очень советовал нам вводить глины, которые являются неплохими сорбентами для выделяющихся радионуклидов. Вводили мы и глины, и большое количество песка в качестве фильтрующего слоя, способного, если начнут плавиться таблетки с двуокисью урана и выделяться радиоактивные компоненты, задержать хотя бы часть их внутри реактора.

Ясно, конечно, что сбросы тяжестей в несколько сот килограммов с 200-метровой высоты создавали сложную ситуацию вокруг самого 4-го блока, потому что каждый сброс создавал облако пыли после удара, и эта пыль несла много радиоактивности. Но аэрозольные частицы, поднимающиеся в это время вверх, агломерировались, укрупнялись и попадали где-то в зону 4-го блока или на площадку станции. Даже само облако играло роль защиты для того, чтобы мелкие аэрозольные частицы не продвигались на существенно большие расстояния от зоны самой станции.

Судя по характеру выноса радиоактивности из зоны 4-го блока как по величине, так и по динамике его, все эти мероприятия оказались достаточно эффективными, и заметная часть активности была локализована и не распространилась на большие расстояния, за исключением какого-то количества цезия, стронция – наиболее низкоплавких компонентов топлива. Это позволило закупорить 4-й блок, создать фильтрующий слой, не допустить плавления самого топлива в силу прохождения достаточно большого количества эндотермических реакций.

Решение по этой схеме принималось 26-го апреля вечером, а реализовалось оно с 26 апреля по 2 мая включительно. Это основной период, когда осуществлялся очень интенсивный заброс всех материалов. После 2-го мая заброс был прекращен, несколько дней была пауза, затем, после 9 мая, когда при облетах 4-го блока было обнаружено пламенеющее высокотемпературное пятно то ли графитовой кладки, то ли металлической конструкции, туда было сброшено еще 80 тонн свинца. Это был последний массивный сброс материала в зону 4-го реактора.

Кроме материалов, которые имели назначение стабилизировать температуру внутри 4-го блока или создать необходимый фильтрующий слой, в зоне 4-го блока, по предложению члена-корреспондента АН СССР Б. В. Гидаспова, который прибыл на помощь работающей группе после 10 мая, осуществлялась операция пылеподавления. Применялись растворы, содержащие полимеробразующие материалы, которые заливались в пластиковые мешки, каждый массой в 1 тонну, и эти мешки сбрасывались в зону реактора, где при падении они разрывались. Раствор покрывал поверхности разрушенного блока и, полимеризуясь, застывал, создавая фильтрующий дополнительный слой. Такие мероприятия проводились до 15 мая.

Все эти мероприятия сопровождалось постоянными отборами воздуха на фильтры, оценкой количества выносимых из блока радиоактивных компонентов. И видна была динамика: если первоначальная сумма активности (я не имею в виду первичное облако, вынесенное в момент взрывов) в стационарных условиях составляла тысячи кюри в сутки, то к моменту моего второго отъезда из Чернобыля эта величина уже не превышала сотен кюри в сутки, и потом она все более и более уменьшалась. Было, конечно, много споров о точности и правильности забора проб, точности и правильности измерений расчетов, которые делались на основании проведенных измерений. Все это говорило о том, что даже в простых дозиметрических измерениях высокой культуры не было.

Вот такую линию проводило Правительственная комиссия по локализации аварии.

Панорама города Припять, города-спутника Чернобыльской АЭС. Снято с вертолета. Фото А. Г. Ахламова.

Эвакуация Припяти

Еще более важным вопросом, решаемым Правительственной комиссией, был вопрос о населении. Сразу после принятия решения о расхолаживании четвертого блока стали обсуждать вопрос о судьбе города Припяти. 26-го апреля вечером радиационная обстановка в нем была более-менее благополучной: от единиц миллирентген до десятков миллирентген в час. Конечно, это нездоровая обстановка, но она еще допускала какие-то размышления. Медицина была ограничена в своих действиях сложившимися порядками, инструкциями, в соответствии с которыми эвакуация могла бы быть начата в том случае, если бы для гражданского населения существовала опасность получить 25 биологических эквивалентов рентгена (бэр) на человека. Обязательной становилась эвакуация, если бы была угроза получения 75 бэр за

время пребывания в пораженной зоне, а в интервале от 25 до 75 бэр право принять решение об эвакуации принадлежало местным органам. В этих условиях шли дискуссии.

Физики, особенно В. А. Сидоренко, предчувствуя, что динамика будет меняться не в лучшую сторону, настаивали на принятии решения об обязательной эвакуации населения. Медики здесь как бы уступили физикам, и где-то в 10 или 11 часов вечера 26 апреля Борис Евдокимович, послушав наши дискуссии, принял решение, поверив нашим прогнозам, об эвакуации. После чего представители Украины Плющ, Николаев приступили к подготовке немедленной эвакуации города на следующий день. Это была непростая процедура. Нужно было организовать необходимое количество транспорта, и он был вызван из Киева. Нужно было точно разведать маршруты, по которым можно было везти население. Генерал Бердов возглавил работу по оповещению населения, чтобы люди не выходили из каменных домов и т. д. К сожалению, эта информация шла устным путем, через заходы в подъезды, вывешивание объявлений, и, видимо, не до всех дошла, потому что утром 27 апреля на улицах города можно было видеть и матерей, везущих в колясках детей, и детей, играющих на улицах, и вообще признаки обычной воскресной жизни.

В 11 часов утра уже официально было объявлено, что весь город будет эвакуирован. К 2 часам был полностью собран весь необходимый транспорт, определены маршруты следования, и за 2–2,5 часа практически все население, за исключением определенного количества персонала, который был необходим для функционирования коммунальных служб города и для обслуживания станции, покинуло город. Персонал, который должен был обслуживать ЧАЭС, был перемещен в пионерский лагерь «Сказочный», находящийся за десятки километров от города Припять. Эвакуация была проведена достаточно аккуратно, быстро и точно, хотя проходила в необычных условиях, и отдельные проколы и неточности были. Например, большая группа граждан обратилась в Правительственную комиссию с просьбой эвакуироваться на собственных автомобилях, а их было в городе несколько тысяч. После некоторых размышлений такое разрешение было дано, хотя, наверное, и неправильно, потому что часть таких автомобилей была загрязнена, а дозиметрические посты, проверяющие уровень загрязненности автомобилей, и пункты отмывки были организованы несколько позже. Некоторое количество загрязнений было вывезено и вместе с вещами, которые, в минимальных количествах, брали с собой эвакуированные. Но я повторяю, что эвакуация происходила в тот момент, когда уровень загрязненности города был еще невысок, поэтому уровень загрязненности предметов, вывозимых людьми, и самих людей, был невысок. Практика потом показала, что никто из гражданского населения, не бывшего на самой станции в момент аварии – а это почти 50 тысяч человек, – какого-нибудь существенного вреда для своего здоровья не получил.

Следующие мероприятия были направлены на более тщательный дозиметрический контроль, организованный службами Госкомгидромета, службами генерала Пикалова, станционными службами, службами физиков. Более тщательно изучался изотопный состав. Хорошо работали дозиметрические службы военных, но наиболее точную информацию и по изотопному составу, и по характеру распределения активности мы получили от развернутой на пораженной территории лаборатории Радиевого института, которую возглавлял Петров, и от дозиметрической службы НИКИЭТа, которую возглавлял Егоров. На их данных мы базировались для принятия тех или иных решений.

Было ясно, что все первые дни, в силу изменения характера движения воздушных масс, в силу пыления в районе четвертого блока, сопровождавшего сбросы масс, вводимых в реактор, обстановка все время менялась. **В каких условиях работала Правительственная комиссия**

Несколько слов о том, в каких условиях работала Правительственная комиссия, несколько личных впечатлений от этого периода времени.

Прежде всего я должен сказать, что удачным оказался выбор Бориса Евдокимовича Щербины в качестве председателя Правительственной комиссии, потому что он обладает таким качеством, как обязательное обращение к точке зрения специалистов, очень быстро схватывает эти точки зрения, и тут же способен к принятию решений. Я приведу только один пример. Первая партия свинца, которую нужно было ввести в чрево разрушенного реактора, была определена в 200 тонн. Я сказал Борису Евдокимовичу, что 200 тонн, конечно, никаких проблем не решают, по-настоящему нужно было бы – мне страшно было назвать эту цифру – 2000 тонн. Мне казалась эта цифра очень большой. Трудно за сутки-двое доставить такое количество. Как я узнал спустя сутки, он тут же заказал 6000 тонн свинца, потому что полагал, что мы можем ошибаться в расчетах, и считал, что в данной ситуации лучше избыток, чем испытывать дефицит в материале и не завершить работу так, как надо.

Персонал станции оставлял очень противоречивое впечатление. Мы застали людей, готовых к любым действиям в любых условиях. Уже потом, в отдельных фильмах, воспоминаниях говорилось о том, что были люди, в том числе и со станции, которые дезертировали, покинули свои рабочие места. На самом деле ситуация была сложная, особенно после эвакуации. Многие не знали, где находятся их семьи, потому что эвакуировали людей в разные стороны. Кто-то оставался в тех поселках и деревнях, куда их привезли, кто-то доставал билеты и уезжал к своим родственникам – к каким именно, куда? Все это психологически осложняло картину, и тем не менее все работники станции от самых рядовых до высокопоставленных, работников Министерства энергетики – все были готовы к самым активным действиям. Но к каким именно действиям, что нужно было делать в этой ситуации, как спланировать и организовать работу? Здесь никакого понимания необходимой последовательности действий у хозяев станции, у руководства Минэнерго не было, ни в заранее изложенном и изученном виде, ни в вариантах, которые рождались бы тут же. Эту функцию определения обстановки и ведения необходимых действий приходилось брать на себя Правительственной комиссии. Обращала на себя внимание растерянность даже в пустяках. Я вспоминаю, что в первые дни, когда Правительственная комиссия находилась еще в Припяти, не было необходимого количества защитных респираторов, не было индивидуальных дозиметров – ТЛД, и даже не очень надежных так называемых «карандашей» было мало и не хватало для всех, участвующих в работе. Кроме того, либо большая часть из них были не заряжены, либо люди не были проинструктированы, как ими пользоваться, в какой момент перезаряжать соответствующий дозиметр. На станции не было автоматов внешней дозиметрии, которые бы выдавали автоматически телеметрические данные по радиационной обстановке в радиусе нескольких километров, поэтому приходилось организовывать большое количество людей для проведения разведывательных операций. Не было радиоуправляемых самолетов, снабженных дозиметрическими приборами, и поэтому потребовалось изрядное количество пилотов-вертолетчиков для измерительных и разведывательных целей. Понятно, что человек незаменим в тех случаях, когда предстоит провести какие-то технологические работы – сброс груза или осуществить другую операцию, связанную с крупногабаритными приборами, поставленными на борт вертолета, но простейшие и часто выполняемые операции, казалось бы, могли совершаться беспилотными малогабаритными радиоуправляемыми летательными средствами. Этой техники в наличии не оказалось. Не оказалось и элементарной культуры, в первые дни, по крайней мере. В Припять, помещения которого уже 27, 28, 29 апреля были достаточно грязными, привозили необходимое количество продуктов: колбасу, огурцы, помидоры, бутылки с пепси-колой, фруктовой водой: все это выставлялось просто в комнатах, тут же голыми руками бралось, резалось. Это уже потом, спустя несколько дней, когда более-менее все нормализовалось, появились соответствующие столовые, палатки, соответствующие санитарно-гигиенические условия – правда, довольно примитивные, но в которых можно было контролировать и руки, и качество пищи с точки зрения загрязненности. При перемещениях Правительственной комиссии – несколько дней в г. Припять, затем в г. Чернобыле и спустя некоторое время в г. Иванькове, в 50 км от Чернобыля – видно было, что никаких развернутых загородных пунктов управления, в которых можно

было бы вести управленческую работу в такой сложной ситуации, ничего подготовленного не было, и все приходилось изобретать на ходу, на месте, удачно или неудачно.

На второй или на третий день я предложил создать в составе Правительственной комиссии информационную группу, пригласив в нее двух-трех опытных журналистов, которые бы получали информацию технического, радиационного, медицинского характера от специалистов, в полном или частично ограниченном объеме (в том случае, когда еще не было полной ясности, чтобы не допускать неточностей), и выпускать ежедневные или несколько раз в сутки соответствующие пресс-релизы, которые могли бы передаваться в ТАСС, в газеты, по телевидению, чтобы ясна была обстановка, что и как происходит, как вести себя населению.

Предложение не отторгалось, но пресс-группы создано не было.

Оперативная группа Политбюро

2 мая, когда Правительственная комиссия располагалась в г. Чернобыле, появились в зоне Николай Иванович Рыжков и Егор Кузьмич Лигачев. Их поездка имела большое значение. Правительственная комиссия еще накануне приняла решение на основании разведывательной работы, на основании прогнозов распространения радиоактивных частиц продолжить эвакуацию населения не только из г. Припяти, но и из 30-километровой зоны, окружающей ЧАЭС. Когда наши высокие руководители прибыли – а начали они поездку с мест расположения людей, которые уже были эвакуированы, с общих наблюдений состояния в этой области, – они провели совещание в Чернобыльском райкоме партии. Вместе с ним прибыл и В. В. Щербицкий; это было его первое появление в районе катастрофы: до этого правительство Украины очень удачно и очень активно представлял заместитель Председателя Совета Министров УССР т. Николаев. Совещание было существенным. Из наших докладов – а в качестве основного докладчика пришлось выступать мне – они поняли обстановку, поняли, что это не частный случай аварии, что это крупномасштабная авария, которая будет иметь очень долговременные последствия, что предстоят огромные работы по продолжению локализации разрушенного блока, что необходимо готовиться к крупномасштабным дезактивационным работам, что предстоит спроектировать и построить укрытие для разрушенного четвертого блока, тщательно оценить обстановку на самой станции, оценить возможность ввода в строй первых трех блоков и возможность продолжения строительных работ на пятом и шестом блоках. Кроме того, 1 и 2 мая повысились фоновые значения радиационных уровней в г. Киеве и других городах, отстоящих довольно далеко от ЧАЭС. Все это очень волновало руководителей партии и правительства, и они приехали разобраться со всеми делами на месте.

После докладов, после того, как мы объяснили ситуацию, как понимали ее сами, были приняты кардинальные решения, определившие порядок организации работы на весь последующий период, масштаб этой работы, отношение к ней всех ведомств, предприятий нашей страны. Была создана Оперативная группа Политбюро ЦК под руководством Н. И. Рыжкова, подключена практически вся промышленность Советского Союза. С этого момента Правительственная комиссия стала только конкретным управленческим механизмом той огромной государственной работы, которая проходила под руководством Оперативной группы Политбюро ЦК КПСС. Оперативная группа заседала регулярно, ей докладывали все детали, состояние радиационной обстановки в каждой наблюдательной точке, оценивались все предложения по тем или иным мероприятиям. В общем, я не знаю ни одного ни крупного, ни мелкого события, которое бы не было в поле зрения Оперативной группы Политбюро. В состав Оперативной группы входили, кроме Н. И. Рыжкова и Е. К. Лигачева, В. М. Чебриков, В. И. Воротников, Министр внутренних дел А. В. Власов, секретарь ЦК КПСС В. И. Долгих, который непосредственно от имени ЦК КПСС занимался контролем за всеми мероприятиями, проводимыми в зоне

ЧАЭС и в атомной энергетике в целом, занимался ежедневно, не сбрасывая со счетов всех дел, которые ему поручены.

Бывая неоднократно на заседаниях Оперативной группы, я должен сказать, что ее заседания, ее решения носили очень спокойный, сдержанный характер, с максимальным стремлением опереться на точку зрения специалистов, но всячески сопоставляя различные точки зрения. Для меня это был образец правильно организованной работы. Первоначально я мог предполагать, что там могли приниматься какие-то волевые решения, направленные на то, чтобы скорее справиться с ситуацией, приуменьшить, может быть, значение случившегося. Ничего похожего не было. Работа была организована как в хорошем научном коллективе. Первое – внимательное изучение информации, желательно – информации, получаемой из разных источников. А часто бывали случаи, когда, скажем, информация, даваемая военными, отличалась от информации, получаемой гражданскими научными службами. В свою очередь, различные научные группы на первых этапах представляли различную информацию. Особенно это касалось величины выбросов активности из четвертого блока. Так, в июне группа специалистов из ГЕОХИ им. Вернадского на основании своих измерений представила данные, в соответствии с которыми более 50 процентов содержимого реактора выскочило за пределы ЧАЭС. Они дали колоссальную зону распространённости, например, плутония, по территории Советского Союза. Другая группа специалистов, которая работала по поручению Л. Д. Рябева, и составляли ее специалисты Радиевого института, измерения производила следующим образом: они просто на основании общей активности, определенной в различных географических точках вокруг 4-го блока, распределяли топливо пропорционально активности, проявляемой различными участками. Конечно, это было неправильно, потому что не учитывалось ни самопоглощение, ни многие другие процессы, но, тем не менее, на основании такого первичного образа ими был сделан вывод о том, что примерно половина топлива находится в шахте реактора, а остальное находится вне его. Третья группа специалистов, которая самым тщательным образом обследовала все карты, которые давал Госкомгидромет, интегрировала всю активность, фиксируемую наземной и воздушной разведками, сопоставляя данные, которые стали поступать из-за рубежа, никак не могла обнаружить более 3–4 процентов активности, находящейся вне 4-го блока. Вся информация поступала в Оперативную группу и имела практическое значение с точки зрения как действовать, какие усилия требовались на захоронение, какие усилия надо затратить на дезактивационные работы. Пришлось создать комиссию, просить Анатолия Петровича быть арбитром, искать ошибки. В конечном счете оказалось, что группа ГЕОХИ была неточна, измерения плутония проводились при таких условиях, при которых в пробы анализа попал плутоний оружейного происхождения, периода ядерных взрывов. Подход РИАновцев тоже был не совсем точный. В конце концов все пришли к единой цифре – выброшено топлива за пределы 4-го блока – 3,5–4 процента. В тот период все это создавало довольно нервную обстановку.

Но сама Оперативная группа нервозности не проявляла, просто настаивала на дополнительных измерениях, уточнениях, всячески стараясь понять истинное положение вещей. При этом в своих решениях Оперативная группа стремилась всегда идти по пути максимальной защиты интересов людей. Скажем, из всех возможных вариантов распространённости зараженной зоны, величины денежной компенсации, которая потребовалась бы эвакуированным людям, принимались решения в пользу пострадавших от аварии. Это касалось каждого случая.

Оперативная группа поразила меня и тем, что она не проявляла стремления законсервировать ранее принятые решения. Принимались первичные решения о сроках пуска 1 и 2 блоков, о времени завершения работ по сооружению «саркофага», или о работах по 5–6 блокам, или по консервации г. Припяти, – но если вдруг появлялись новые экспериментальные данные, которые показывали, например, что г. Припять может быть не законсервирован, что он может быть дезактивирован и в какой-то части заселен, то Оперативная группа меняла ранее принятые решения и не видела в этом криминала.

Оперативной группе приходилось неоднократно рассматривать вопрос по принятию или непринятию иностранной помощи, которая предлагалась в этот период времени.

После посещения Н. И. Рыжковым и Е. К. Лигачевым района бедствия и оценки ими ситуации поступила команда – первый состав Правительственной комиссии заменить на второй. Борис Евдокимович оставался руководителем Правительственной комиссии, но было принято решение дальнейшую работу на месте вести дублирующими составами. Первая группа отбыла в Москву, а в зоне появился дублирующий состав во главе с заместителем Председателя Совета Министров СССР И. С. Силаевым. Б. Е. Щербина предложил задержаться мне и В. А. Сидоренко для того, чтобы довести до конца работу: Сидоренко – по выявлению причин происшедшей аварии, а мне – по локализации аварии в самом блоке. Формально в команде И. С. Силаева меня должен был заменить заместитель директора нашего института Е. П. Рязанцев, он приехал во второй группе. В этой же группе приехал Е. П. Велихов.

Подготовка арматурных сеток для штольни, подводимой под реакторное отделение. Фото А. Г. Ахламова.

Опасность в нижней части реактора. «Китайский синдром»

Он приехал с опасением, о котором я докладывал тоже и Н. И. Рыжкову, и Е. К. Лигачеву: что в принципе нас волнует неопределенность геометрического положения остатков реактора. Ясно, что тепловыделение из этой массы продолжается, и какое-то вертикальное движение этой массы топлива может наблюдаться. При этом нас волновало два обстоятельства: не может ли это движение привести к тому, что в каком-то локальном районе создается вновь критическая масса, и вновь начнут нарабатываться короткоживущие радиоактивные изотопы. Хотя мы и надеялись, что большое количество введенного бора – около 40 тонн – равномерно смешалось с этой массой, но полностью снять угрозу возникновения «локальных реакторов» было нельзя. Волновало нас и то, что температуры могут оказаться достаточно высокими в этих тепловыделяющих массах, и какие-то элементы конструкции нижней части реактора могут не выдержать. Могут не выдержать высокой температуры бетоны, может часть топлива попасть в нижний и верхний барботеры. Мы еще не знали к тому времени, есть ли там вода. Боялись, например, что если заметная масса горячего топлива попадет туда, то мощное парообразование вынесет дополнительное количество аэрозолей наружу, загрязнив дополнительно территорию.

Иван Степанович Силаев принял решение, во-первых, выяснить, есть ли вода в верхнем и нижнем барботерах.

Оказалось, что вода есть. Были проведены необходимые операции по ее удалению. Я повторяю, что удаление воды проводилось для того, чтобы не допустить крупного парообразования, причем уже было ясно, что какого-то второго парового мощного взрыва произойти не могло, а могло быть интенсивное парообразование с выносом большого количества радиоактивных частиц пыли. Поэтому, на всякий случай, воду нужно было удалить, а в случае необходимости введения охлаждения тогда, когда масса уже попадет в эти помещения, воду можно было снова ввести в эти помещения как охлаждающий фактор. Вот такие решения и были приняты и запротоколированы.

В это время появился Евгений Павлович, стал говорить о возможности «китайского синдрома», о том, что эти барботеры – нижний и верхний – будут проплавлены, и что какая-то часть топлива может попасть в землю и дальше, проплавляя землю, дойти до водоносных слоев. Водоносные слои под Чернобыльской атомной станцией (и в этом смысле она была очень неудачно поставлена) располагались на глубине 32 метра, и, конечно, даже если какая-то часть топлива попала бы туда, то возникла бы угроза заражения

достаточно большого бассейна, питающего заметную часть Украины. Вероятность такого события представлялась чрезвычайно малой, но, тем не менее как превентивную меру, после некоторых колебаний, все-таки приняли. Евгений Павлович настоял на том, чтобы нижний поддон под фундаментной плитой реактора был сооружен. Для этого очень активно работали шахтеры во главе со своим министром тов. Щадовым и специалисты из Минспецтяжстроя во главе с министром Брежневым, которые вели работы по созданию соответствующих тоннелей под фундаментной плитой 4-го блока с тем, чтобы потом в этих тоннелях можно было заложить бетонные плиты, причем бетонные плиты с возможностью их охлаждения. И все это было сконструировано и сделано за достаточно короткий срок.

Где-то в десятых числах мая появился, по вызову Велихова, Вячеслав Дмитриевич Письменный с чемоданом различных образцов материалов, которые имитационно лазером или расплавленной какой-то массой прожигались на достаточно глубокие расстояния. Все это психологически подействовало на Ивана Степановича Силаева, и он эти работы разрешил. Возможно, эти работы были избыточны, но в то время можно было понять, что это превентивная мера, на всякий случай – а вдруг действительно какая-то масса прорвется. Она психологически очень действовала на население как мероприятие, защищающее подпочвенные воды, но и позволила (почему я и не возражал против этих работ) на этом этапе сразу сосредоточить достаточно большое количество техники.

Подготовка арматурных сеток для штольни, подводимой под реакторное отделение. На фото: Гарков Владимир Васильевич, зам. нач. УС-605 (г. Сосновый Бор), Макаров Владимир Николаевич, зам. нач. УС-605 (г. Навои), диспетчер УС-605 Ефремов Александр Константинович. Фото А. Г. Ахламова. **Защита вод**

Мне было ясно, что предстоит провести огромное количество необычных работ по сооружению укрытия 4-го блока. Для этого нужно было отработать и доставку бетона, и определить, какая техника удачно, а какая неудачно в этих условиях работает, создать пункты отмывки техники, определить, отмываемая ли она, с каким коэффициентом запаса нужно технику доставлять, в каких условиях могут находиться люди, работающие на этом необычном участке. Поскольку сам саркофаг еще был в первой стадии проекта, то мне казалось очень важным на этом этапе начать отлаживать механизм ввода людей, решать бытовые вопросы их размещения, набирать опыт организации таких крупномасштабных строительных работ. Поэтому в этом смысле все решения, наверное, принимались правильно. Защита вод стала одной из актуальных проблем сразу же в майские дни. Река Припять уже сама по себе является заметным водным резервуаром, она впадает в Днепр, а что такое Днепр, говорить не приходится. И, как я уже отметил, подпочвенные воды находятся неглубоко под Чернобыльской атомной станцией. После того, когда стало ясно, что число жертв происшедшей аварии ограничивается несколькими сотнями человек, причем десятки человек – это тяжело пострадавшие люди, а остальные – излечиваемые, – то главная проблема была – обезопасить население, проживающее вдоль бассейна Днепра. Это была центральная и очень острая задача. Конечно, проводились измерения уровня загрязнения самой воды сразу все эти дни, предлагались различные решения.

Первое решение, которое предлагалось, в отработке которого участвовали многие специалисты Госкомгидромета и, как контролирующие, организации Минводхоза, было: создать стену в грунте, т. е. по периметру загрязненной территории промышленной площадки и Чернобыльской атомной станции вырыть необходимые траншеи, их забетонировать и сделать некий куб, который ограничивал бы возможность выхода активной воды за пределы этой промплощадки. Для этого даже была закуплена итальянская техника, которая позволяла бы с высокой интенсивностью вести соответствующую работу. Но затем более точные изыскания, более точная оценка радиационной обстановки на воде, миграция радионуклидов к

водам, да и испытания самой итальянской техники, – все вместе взятое показало, что это решение не оправдано, и Минводхозом было предложено более эффективное решение, связанное с тем, чтобы всю грязную территорию окружить достаточным количеством, около 150, скважин, часть из которых были бы скважинами разведывательными, в которых непрерывно измерялась бы радиоактивность поступающей в этих скважины воды, и, в случае необходимости, соответствующими устройствами радиоактивную воду, если бы она там появилась, откачивать, не допуская ее прохождения в глубоко расположенные подпочвенные воды. Практика потом показала, что это было самое правильное решение потому, что по данным разведскважин никакого проникновения радиоактивных вод в глубину практически не было. Поэтому стена в грунте была построена только на одном участке, наиболее загрязненном. Основная защита подпочвенных вод базировалась на системе откачных скважин, которые стоят, наблюдаются, находятся в рабочем состоянии.

Поскольку какое-то количество радионуклидов все-таки попало на воду после выброса, то следующим мероприятием по защите Днепровского моря, всего этого водного бассейна, было построение системы защитных дамб, в состав которых входили цеолиты – вещества, способные сорбировать радиоактивные частицы, радионуклиды, если бы они в воде появились. На всех малых и больших реках такие защитные дамбы были сооружены, и свою положительную роль они сыграли. Так что загрязненность вод нигде не превышала предельно допустимых концентраций. Надо при этом сказать, что украинские товарищи выступили первоначально с проектом создания обводного канала, который бы все воды Припяти уводил от Днепровского моря. Это миллиардное по стоимости сооружение, но оно, конечно, гарантировало бы, что никакие загрязненные воды не попадут в Киевское море. Была создана комиссия во главе с Воропаевым. Она самым тщательным образом оценивала ситуацию. Еще до работы этой комиссии мне было поручено сделать оценку этого проекта. Я на основании самых простых оценок, которые удалось сделать, показал, что это мероприятие избыточно, потому что система скважин, система дамб, естественный обмен активности между водой и илами, находящимися на дне, не должен создать сколь-нибудь серьезной угрозы для Днепровского моря. Затем комиссия провела все эти же работы более тщательно и пришла к такому же выводу. Поэтому это предложение не было принято, и практика показала, что это мероприятие было бы и экономически нецелесообразно, и не принесло бы никаких дополнительных выгод с точки зрения защиты Днепровского бассейна.

Киевляне в это время приняли правильные меры. Они стали готовиться к возможности использования другого источника воды из Днестра для питания города и всячески развивали работы по созданию дополнительных артезианских скважин – на случай если бы днепровские воды оказались загрязненными радионуклидами выше предельно допустимых концентраций, город мог бы питаться другими источниками воды. Вся подготовительная работа прошла очень быстро, очень организованно. Но практически пользоваться ею не пришлось потому, что ни до весеннего паводка, ни после него воды Днепровского бассейна не содержали загрязнений, превышающих предельно допустимых концентраций, которые бы как-то угрожали здоровью людей.

Из этих слов не следует, что вообще никаких загрязнений в бассейне рек не происходило. В первые дни на отдельных участках водных бассейнов активность была до 10^{-8} кюри на литр в отдельных пробах воды. Во-вторых, загрязненными оказались илы, в том числе и в Днепровском бассейне. Наиболее сильно загрязненными были илы в пруде-охладителе рядом с Чернобыльской станцией, но и дальше по течению Припяти и по течению Днепра содержание радионуклидов в илах было существенно повышенным. Остается оно повышенным и сегодня. Но, к счастью, природа устроена так, что эти радиоактивные частицы в илах удерживаются достаточно прочно, и сейчас ведется тщательное изучение вопроса, не попадает ли какая-то частица этой радиоактивности, закрепленной в илах, в живые организмы, живущие в реках. Такая работа будет вестись еще достаточно длительный срок. Первые выводы были, что рыбы какую-то часть

радиоактивности в себе несут, но каких-то тревожных симптомов пока не обнаруживается, хотя наблюдения должны продолжаться. Кроме того, большие участки побережья и малых и больших рек за счет выноса с талыми водами грязи, расположенной на загрязненной территории, хвои, которая опадала с зараженного леса, оказались с достаточно высокими уровнями радиации. Защита рек от попадания этих загрязненных предметов представляла собой большую проблему, и тут Советская Армия сыграла большую роль в том, чтобы свести к минимуму возможность попадания таких загрязненных предметов в сами реки и обеспечить уборку загрязненных участков.

Роль Советской Армии

Когда я заговорил об армии, то нужно сказать, что круг работ военных был очень велик. Химические войска прежде всего должны были заниматься работой по разведке, по определению загрязненной территории. На плечи армии были возложены работы и на самой станции, и в 30-километровой зоне – по дезактивации деревень, поселков, дорог. Летом 1986 года это стало одной из основных проблем – не допустить распространения загрязненной пыли на большие расстояния. Для этого испробовался большой спектр различных химических составов, которые способны были бы полимеризоваться, закрывать загрязненные участки, причем пропуская через себя воду, но не допуская заметного пылеуноса. И создание таких составов, и их испытания, и организация работ по их введению на больших площадях – вот вся эта работа, конечно, легла на плечи армии. Организовалась эта работа очень тщательно. Огромную работу провела армия по дезактивации города Припяти осенью 1986 года. И то, что этот город уже не представлял собой особой опасности, обеспечили сентябрьские-ноябрьские операции армии.

Командир Сибирского полка химзащиты полковник Иван Демков. Фото А. Г. Ахламова.

Конечно, и дезактивация помещений 1 и 2 блоков при подготовке к их выпуску – в этом тоже армейские части приняли самое активное участие. Дезактивация внутренних помещений, уборка территорий, уборка крыш. Работа проводилась чрезвычайно активно, в непростых условиях и с соблюдением таких требований, чтобы ни один из участвующих в этих работах солдат или офицер не получил дозовой нагрузки, превышающей первоначально 25 бэр; потом эта доза была снижена и, в общем, это соблюдалось и выполнялось. Хотя, конечно, были и досадные, и смешные, и горькие случаи, которые мне приходилось наблюдать своими глазами. К числу таких досадных случаев относилась ситуация, при которой группа работающих солдат имела только у своего начальника – старшины или офицера – единственный дозиметрический прибор, и дозовые нагрузки, которые получал тот или иной работник, определялось его командиром. И это были нечастые случаи, но они были. Тогда командир хорошо работающему солдату ставил большие дозовые нагрузки как стимул к работе и как возможность быстрее закончить свое пребывание в этой зоне. Плохо работающему ставил меньшие дозовые нагрузки. Но, конечно, когда удавалось такие случаи наблюдать, устраивался скандал, все менялось. Но такие случаи, к сожалению, были. Мне ни разу не пришлось быть свидетелем какого-то случая, когда призванный в Советскую Армию специалист или просто любой гражданин Советского Союза как-то пытались манкировать своей работой или чувствовали себя насильственно привлеченными к трудовым и опасным работам. Может быть, такие случаи где-то и были, но мне их ни разу наблюдать не пришлось. Наоборот, мне самому приходилось несколько раз выходить на довольно опасные участки 4-го блока для того, чтобы уточнить данные разведки или для того, чтобы представить себе возможный фронт работ для тех или иных

операций, – и в помощь всегда приходилось брать солдат, и всегда, когда мне приводили какую-то группу солдат, я объяснял условия, в которых они будут работать, и спрашивал, что я хотел бы идти на работу только с теми, кто добровольно будет помогать мне. И ни разу не было случая – а число таких работ было велико, – когда кто-нибудь, как это говорится, остался в строю, а не сделал шаг вперед для того, чтобы войти в нашу научную команду и помочь нам в проведении самых разных, иногда действительно непростых работ. Здесь солдат ничем не отличается от гражданского человека, который участвовал в этих работах.

Командир Сибирского полка химзащиты полковник Иван Демков и его замполит. Фото А. Г. Ахламова.

По предложению генерала Демьяновича довольно быстро в районе зоны аварии, для того чтобы работу военных частей по дезактивации – и по измерениям, и по любым операциям, которые приходилось делать армии, – делали бы не наобум, не методом проб и ошибок, а более осознанно, был организован военный центр, который занимался и подбором соответствующей измерительной техники, наиболее адекватной ситуации, и выбором маршрутов следования. Отработка технологических приемов для проведения дезактивационных работ и наличие этого военного центра сыграло большую положительную роль в том, что работы шли достаточно быстро и с минимальными дозовыми нагрузками. Хотя, в общем-то, интегральные дозовые нагрузки были, конечно, достаточно велики в силу огромного объема работ, в силу огромного количества людей, привлеченных к этим работам, но все-таки они были минимизированы с помощью деятельности этого военного центра, работавшего в содружестве с научными организациями Академии наук и Институтом атомной энергии, киевскими исследовательскими организациями. **Все это представлялось таким хорошо настроенным коллективом**

Поразительно быстро шли не только дезактивационные работы, но и сооружение новых жилых поселков, куда переселялись эвакуированные люди; поразительно быстро шло сооружение поселка «Зеленый мыс», где должны были жить сотрудники 1 и 2 блоков Чернобыльской атомной станции, вынужденные работать вахтовым методом. Работа шла не только быстро, но ее старались выполнять качественно и, я бы сказал, со вкусом. Вот в этом месте я бы хотел сказать, что особенно в первый период времени, несмотря на трагизм ситуации, несмотря на отчаянную нехватку технических средств, отсутствие должного опыта в ликвидации аварий подобного масштаба, легко могла бы возникнуть растерянность, и неуверенность в каких-то решениях, но все было не так. Как-то независимо от должностей, независимо от задач, которые люди решали, все это представлялось таким хорошо настроенным коллективом, особенно в первые дни. Научная часть коллектива, на плечи которой легла ответственность за правильность принятия решений, принимала эти решения, имея поддержку Москвы, Киева, Ленинграда: поддержку в виде консультаций, поддержку в виде каких-то быстрых опытных проверок, поддержку в виде немедленного прибытия на место любых вызываемых туда специалистов. И когда мы приходили к разумным научным решениям, то руководство Правительственной комиссии имело возможность мгновенно с помощью Оперативной группы или отдельных ее членов получить за совершенно фантастически короткие сроки, буквально за дни, а иногда и часы, все необходимые материалы, которые нам нужны были для проведения соответствующих работ. Во время нашей работы от Украины в составе Оперативной группы,

находящейся на месте в Чернобыле, был председатель Госплана Украины Виталий Андреевич. Это был удивительно спокойный человек, энергичный, который все улавливал буквально с полуслова, он всегда прислушивался к нашим разговорам – что мы обсуждаем, что нам нужно было бы – и мгновенно реагировал: потребовался нам жидкий азот для охлаждения блока, и, когда мы пришли к выводу, что все-таки стоит его иметь, он, усмехаясь, сказал, что уже необходимое количество составов заказано – то же самое по всем другим материалам. И трудно переоценить работу этой группы снабжения, которая по поручению Виталия Андреевича просто чудеса проявляла по обеспечению всех работ, которые в Чернобыле велись, всем необходимым материалом – хотя количество необходимого было, конечно, фантастически большим. И речь идет не только о материалах технологических: ведь и просто нужно было огромную армию людей, введенную в зону, кормить, поить, одевать, переодевать, организовывать прачечные, мытье, контроль. Это была колоссальная работа, которая была организована даже сейчас трудно себе представить как. Конечно, мне все это напоминало военный период времени таким, как я его помню по своим детским воспоминаниям, как я его вспоминаю по военным мемуарам. Вот эта тыловая работа, работа организованная, конечно, имеет значение ничуть не меньшее, а может быть даже и большее, чем работа тех людей, которые находились на переднем крае, проводили дезактивацию, проводили сами измерения, диагностировали. Работа по обеспечению всеми необходимыми материалами, бытовыми условиями играла там важнейшую роль.

Силы госбезопасности и гражданской обороны

Ну, если говорить о впечатлениях и о замечаниях, то не могу я молчать о том, что меня в первые же дни пребывания там, в Чернобыле, поразили два обстоятельства. Я привык относиться к работающим в Комитете Госбезопасности как к людям, которые сохраняют государственную тайну, организуют контроль тех, кто допущен к особо секретным или особо важным работам, организуют службы, позволяющие сохранять техническую документацию, переписку. С этой точки зрения, главным образом, я и знал Комитет Госбезопасности, – но и по рассказам, по литературе знал о той части этого комитета, которая занимается разведывательной или контрразведывательной работой. В Чернобыле мне пришлось столкнуться с высокоорганизованными, очень четкими молодыми людьми, которые наилучшим образом выполняли те функции, которые там на них легли. А на них легли функции, в общем-то, непростые.

Организация четкой и надежной связи. Это было сделано буквально в течение суток по всем каналам, причем тихо, спокойно, очень уверенно, и видел я кругом молодых людей, которых возглавлял Федор Алексеевич Щербак. Все это было сделано удивительно четко и быстро. Кроме того, на их плечи легла забота об эвакуации: чтобы она проходила без паники, чтобы не было каких-то там панических настроений, эксцессов, которые мешали бы нормальной работе, – и они вели такую работу. Но как они не вели, как они ее делали, я до сих пор не могу себе представить, потому что знаю только результат этой работы. Действительно, никаких проявлений, мешающих организации этой необычной, трудной работы, не было. Я был восхищен и технической вооруженностью, и культурой, и грамотностью этой группы людей.

Прямой противоположностью деятельности этой группы была деятельность гражданской обороны в той структуре и в том составе, который действовал в первые дни. Это меня просто поразило. Казалось бы, мы все часто учимся, переобучаемся, выпускается огромное количество брошюр, тратится огромное время на всех предприятиях, – но взять власть в свои руки по всем тем вопросам, которые, казалось бы, входят в сферу гражданской обороны, скажем, генералу Иванову, который в первые дни этим делом командовал, по-моему, просто не удалось. Они и не знали, что делать, и даже когда получили указания, каких-то каналов воздействия, рычагов управления, умения справиться с ситуацией ими проявлено не было. Но я хочу повторить, что это личные впечатления: насколько делалась, например, незаметным образом, но оказывалась результативной работа чекистов, – настолько не чувствовалось, не видна была позитивная, а

видна была негативная, беспомощная часть работы гражданской обороны в первые дни. И не отметить это я бы не мог. **Дефекты информационной службы. Бесплодные проекты защитной оболочки**

В первые же дни Чернобыльской трагедии очень бросались в глаза дефекты нашей информационной службы.

Оказалось, что несмотря на то, что у нас есть и Энергоатомизат, и медицинские издательства, есть общество «Знание», – полностью отсутствует готовая литература, которая бы могла быстро быть распространена среди населения и объясняла бы, какие дозовые нагрузки для человека являются относительно спокойными, какие дозовые нагрузки являются чрезвычайно опасными, как вести себя в условиях, когда человек находится в зоне повышенной радиационной опасности. Нет системы, которая бы могла давать грамотные советы: что мерить, как мерить, как вести себя с овощами, фруктами, скажем, поверхность которых могла быть заражена бета-, или гамма-, или альфа-излучениями. Было много книг для специалистов, толстых, грамотных, правильных, которые находились во всех библиотеках, – но именно брошюр, листовок таких, которыми японцы, например, сопровождают свою технику – часы ли, диктофоны ли, видеомagnetofоны ли – что нужно сделать в той или иной ситуации, какую кнопку нажать, сколько времени подождать, как поступить, – вот такой литературы в стране практически не оказалось.

Я уже упоминал о том, что предлагал с самого начала создать пресс-группу при Правительственной комиссии, которая бы правильно информировала население о происходящих событиях, давала бы правильные советы. Но это почему-то не было принято. После приезда в зону бедствия Рыжкова и Лигачева в Чернобыль были допущены журналисты. Их там появилась большая армия. И, наверное, хорошо, что это было разрешено, но плохо, что это не было организовано должным образом. Почему? Приезжают журналисты разные, большей частью очень хорошие журналисты – например, бригада «Правды», известный руководитель научного отдела «Правды» Губарев, Одинец. Много хороших украинских журналистов и кинематографистов, кинодокументалистов там появилось, но я видел своими глазами, как они подбегали к наиболее известным людям, которые там находились, хватали их за пуговицу и брали какое-то частное интервью по какому-то конкретному вопросу. Иногда им удавалось спросить председателя Правительственной комиссии или группу членов Правительственной комиссии по какому-то частному, отдельному вопросу. Большую часть времени они проводили, конечно, на местах, разговаривали с людьми, которые эвакуировались, или с людьми, которые работали на 4-ом блоке или занимались дезактивацией. И эта информация передавалась в эфир. То, что было ими собрано, и то, что было ими напечатано, конечно, в историческом, архивном смысле имеет колоссальное значение как живой документальный материал. И он является необходимым и обязательным, но при этом из-за того, что информация каждый раз подавалась в некоем частном виде, цельной картины ежедневно, или хотя бы еженедельно, по состоянию событий страна не получала. Например, шла информация о том, что идут такие-то работы на блоке, и героически трудятся там шахтеры, но при этом отсутствовала информация о том, каков уровень радиации там, где они работают, что происходит рядом в Брестской области, как и кем это контролируется. И поэтому, наряду с очень многими точными описаниями и замечаниями, к примеру, было много и неточностей. Подробно описывались отдельные броские эпизоды, не имевшие особого значения для продвижения работ, но в то же время скромная работа дозиметристов, работа ребят, скажем, из Курчатовского института во главе с Шикаловым, Боровым или Васильевым, работа РИАНовской группы во главе с Петровым, работа Кабанова, который много раз был там и испытывал свои составы, позволяющие проводить пылеподавление, – не описывались должным образом, так же как логика всех работ, анализ проектов. А главным образом, последовательности, динамики самих событий не было описано. Но в таких ситуациях народа много, кто-то где-то что услышал, – и рождались преувеличенные слухи, что естественно: и о количестве пораженных лучевой болезнью людей, и об уровне загрязненности, скажем, города Киева, и о масштабах пораженной территории. Любая остановка при последующем

строительстве саркофага очень часто трактовалась как какая-то катастрофа, как обрушение какой-то конструкции, как появление новых выбросов, как заработавший вновь внезапно реактор, и так далее. Систематической информации не было, и это, конечно, рождало всякие неверные и панические иногда представления.

Вот несколько месяцев дебатировалось, и даже в научных кругах, состояние выбросов 4-го блока. Дело заключается в том, что у специалистов, и работающих непосредственно на станции, и у специалистов Гидромета, была точно измерена динамика выбросов. Первый, самый мощный выброс, который миллионы кюри активности в виде благородных газов и иода выбросил на большую высоту, почувствовали практически все страны мира. Затем несколько дней активных выбросов радиоактивных частиц – топливных в основном – за счет горения графита, затем прекращение выбросов этих топливных частиц где-то со 2 мая, потом разогрев топлива за счет подушки, которая там была, и выделение уже сепарированных частиц, таких как цезий, стронций, и распространение их примерно до 20–22 мая в известных районах, с известными участками загрязнения. И постоянное снижение, начиная уже с 3, 4 и по 5 мая суммарного уровня активности, выбрасываемой из 4-го блока. Но поскольку огромное количество техники, распространявшее ранее выброшенную активность на своих колесах по разным площадям, и пылеперенос в сухое лето увеличивали число пораженных зон, то все это связывалось с тем, что реактор живет и продолжает выбрасывать радиоактивность из себя в возрастающих количествах. Конечно, это создавало нервные настроения для тех, кто там работал, и для тех, кто проводил дезактивацию, потому что им казалось бессмысленным проводить дезактивационные работы до тех пор, пока из 4-го блока что-то выделяется. При этом возникали и избыточные проекты типа «поставить тубетейку на 4-й блок» – проект, с которым я боролся начиная с мая месяца, на мой взгляд, совершенно бессмысленный. Тем не менее, разными организациями такие работы велись, создавались различные проекты такой внешней оболочки, которая если бы была поставлена, только затруднила бы последующие работы по сооружению укрытия и никакого эффекта, конечно, с точки зрения выноса радиоактивности аэрозольной не дала бы. Но вот настолько сильны были эти разговоры – что все-таки реактор чадит, выделяет радиоактивность в заметных количествах, – что были получены команды на изготовление разного рода таких покрытий. Они создавались, испытывались, но дело кончилось тем, что одна из последующих конструкций, поднятая вертолетом, тут же рухнула на землю во время испытаний, была полностью смята, – и от этих проектов отказались. Но под влиянием слухов, неточной информации и рождались эти проекты, и их пытались реализовать. И если бы они, не дай бог, были реализованы, то они бы только затруднили работу.

Мне вспоминается, во время войны было все-таки два сорта информации. Прежде всего та, которая появлялась ежедневно в наших газетах: сообщения ТАСС – где мы отвоевали занятые немцами пункты, где мы отступили, где мы взяли большое количество пленных, где мы потерпели какое-то частное поражение; это была точная официальная информация, которая давала представление о радостных или горьких событиях на фронте. А наряду с этим было много журналистских очерков о конкретных боях, о конкретных людях, о героях и тружениках тыла и так далее. Так вот, наша пресса очень много давала информации второго типа: о людях, об их впечатлениях, о том, что там происходит. При этом очень мало давалось информации типа ТАССовской, регулярной: что и как на сегодняшний день произошло, что изменилось. Вот в этом был, по-моему, дефект информационной системы – во-первых. Во-вторых, было мало выступлений ученых, специалистов. Я вспоминаю одно-единственное выступление профессора В. И. Иванова из МИФИ (большая статья которого была помещена), где он просто пытался разъяснить: что же такое эти самые бэры и миллирентгены, на каком уровне они представляют реальную угрозу для здоровья человека, на каком уровне они не представляют реальной угрозы, как нужно вести себя в условиях повышенного радиационного фона. Вот это была, пожалуй, единственная – если я чего-то не забыл – статья, которая произвела полезное, такое трезвое действие на окружающий мир. Но число таких статей должно было

быть, конечно, увеличено. Представляется мне, что излишне скромно и осторожно писалось и о том, что же произошло на самой станции, почему произошла авария, в чем здесь и чья вина – реактор ли плох, или какие-то действия персонала были из ряда вон выходящими. Конечно, об этом писалось много, но на самом деле полной картины того, что, почему, как происходило, мне кажется, ни один человек еще по-настоящему и не знает. В общем, эта чрезвычайная, трагическая, тяжелая, масштабная ситуация требует не просто мобилизации больших информационных ресурсов, но и очень творческого, очень грамотного использования этих ресурсов для того, чтобы в нужной последовательности, в нужном объеме население получило сведения о происходящем, чтобы относилось к информации с полным доверием. И, главное, с возможностью эту информацию использовать для каких-то либо практических действий, для того чтобы проявить там, где нужно, беспокойство, – а там, где нужно, наоборот, успокоиться. Чтобы это было довольно регулярно, а не неожиданно. В общем, это все чрезвычайно важные вопросы. Иногда даже мне кажется, что событие такого масштаба могло бы иметь и специальную газетную рубрику. Опять же состоящую из двух частей: часть этой рубрики должна быть чисто официальной – от Правительственной комиссии, давать точную информацию к тому моменту, когда эта рубрика выходит, – ну а вторая часть – эмоциональная, описательная, с личными точками зрения. Это серьезный вопрос: как, в каком масштабе освещать подобные крупные, очень неприятные и тяжелые события, затрагивающие и беспокоящие практически все население страны, да и не только нашей страны.

2. О себе. Учеба. Курчатовский институт

Ну, поскольку уж я коснулся и информации, и немножко коснулся реактора, то, может быть, наступил тот самый момент, когда можно высказать некоторые личные впечатления о том, каким «боком» я затесался в эту историю, как я с ней был связан, как я понимал историю и качество развития атомной энергетики, и как я это понимаю сейчас. Редко кто из нас по-настоящему откровенно и точно на этот счет высказывался.

Я окончил инженерный физико-химический факультет Московского химико-технологического института им. Д. И. Менделеева. Это факультет, который готовил специалистов, главным образом исследователей, которые должны были работать в области технологии атомной промышленности, т. е. уметь разделять изотопы, уметь работать с радиоактивными веществами, уметь из руды добывать уран, доводить его до нужных кондиций, делать из него ядерное топливо, уметь перерабатывать ядерное топливо, уже побывавшее в реакторе, уже содержащее мощную радиоактивную компоненту с тем, чтобы полезные продукты выделить, а опасные, вредные компоненты также выделить и суметь их как-то компактировать, захоронить. Так, чтобы они не могли человеку нанести вреда, – а какую-то часть радиоактивных источников использовать с пользой для народного хозяйства, для медицины, может быть. Вот это группа специальных вопросов, которым я был обучен.

Затем я дипломировался в Курчатовском институте. Дипломировался в области переработки ядерного горючего. Затем меня академик И. К. Кикоин пытался оставить в аспирантуре, потому что ему понравилась моя дипломная работа, но мы с товарищами договорились какое-то время поработать на одном из заводов атомной промышленности с тем, чтобы иметь некие практические навыки в той области, которая потом будет предметом наших исследований. Я был как бы агитатором, лидером этой группы людей, и мне было неловко принять предложение об аспирантуре. И я уехал в Томск, где пришлось участвовать в пуске одного из радиохимических заводов. Это был очень живой и интересный период времени, вхождение в практику молодого человека. Около двух лет я работал на этом заводе, а потом все-таки меня вытащили, с согласия партийной организации (коммунист я был уже с институтских времен) для обучения в аспирантуре в том же Курчатовском институте. Кандидатские экзамены под воздействием моего друга и товарища В. Д. Климова, который там же работал, я сдал в Томском политехническом институте, и со сданными экзаменами приехал для выполнения кандидатской работы.

Мне предложили заняться некоторыми проблемами газофазного реактора, реактора, который в качестве горючего содержал бы газообразный гексафторид урана. Я исследовал вопросы взаимодействия при высоких температурах гексафторида урана с конструкционными материалами. Получил много данных, написал большой отчет, который мог бы быть основой диссертационной работы – а может быть, это была и готовая диссертационная работа. Но в это время мой товарищ аспирант В. К. Попов сообщил мне о том, что в Канаде профессором Бартлеттом сделана великолепная, поражающая воображение работа по получению истинного соединения ксенона, одного из благородных газов. Это сообщение захватило мое воображение, и всю свою последующую профессиональную работу я посвятил синтезу с помощью различных физических методов таких необычных соединений, которые являлись бы мощными окислителями, обладали целым рядом необычных свойств, которыми я с удовольствием занимался, и на базе которых можно было построить целый ряд технологических процессов. В этом плане и шла моя профессиональная деятельность, которая создала для меня возможности защищать кандидатскую и затем докторскую диссертации. Затем, по развитию этих работ, их оценка была произведена при выборах моих в АН СССР. Научная часть работ была оценена Государственной премией СССР, прикладная часть оценена Ленинской премией. Вот это была моя профессиональная деятельность, к которой мне удалось привлечь интереснейших людей, со вкусом, с хорошим образованием. Они до сих пор развивают эту интереснейшую область химической физики, из которой, я уверен, произойдут еще очень многие важные для практики, для познавательного процесса события.

Успешная деятельность в этой области, видимо, обратила на себя внимание директора Института, и он сделал меня своим заместителем. При этом мои научные функции ограничились моими собственными научными работами. В распределении обязанностей, которые существовали и существуют до сих пор, за мной были записаны задачи химической физики, радиохимии и использование ядерных и плазменных источников для технологических целей. Когда А. П. Александрова избрали Президентом АН СССР, он сделал меня первым заместителем директора Института, доверив мне большой круг вопросов по управлению, но никак не изменив пределы моей научной ответственности. Не появилось и новых тем, за которые бы я отвечал. По-прежнему за крупнейший кусок деятельности Института – физику плазмы, управляемый термоядерный синтез – отвечал полностью Е. П. Велихов, за лазерную технику стал отвечать В. Д. Письменный, за вопросы ядерной физики – в ее специальных прикладных применениях – отвечал умный и талантливый человек Л. П. Феоктистов. У А.П. был заместитель по атомной энергетике – сначала Е. П. Рязанцев, до него директором отделения ядерных реакторов работал В. А. Сидоренко, сейчас Н. Н. Пономарев-Степной является первым заместителем директора по атомной энергетике. Я, конечно, вращаясь в этом кругу, выбрал свою задачу. Мне было просто интересно, какая доля атомной энергетике, по каким причинам должна присутствовать в советской энергетике. Мне удалось организовать системные исследования, связанные с тем, какого типа станции должны строиться по целевому назначению, как они должны быть разумно использованы, должны ли они только электроэнергию производить, или должны производить и другие энергоносители – в частности, водород. Водородная энергетика стала областью моего пристального внимания. Все это были необычные вопросы, дополняющие атомную энергетику. Поскольку А. П. Александров сам был реакторщиком, создателем и участником создания многих реакторов, то ему я был нужен не как реакторщик, а как человек, который со стороны может дать какие-то необычные советы, найти нетривиальные решения. Но все эти решения, советы касались не конструкции реакторов – чем я никогда не занимался, – а касались возможных областей использования всех тех компонентов, которые содержатся в ядерном реакторе.

Проблемы безопасности атомной энергетике

Поскольку вопросы безопасности в ядерной энергетике были наиболее острыми при обсуждении в разных сферах мирового общественного мнения, то мне было просто интересно сопоставить те реальные

опасности, реальные угрозы, которые несет в себе атомная энергетика, с угрозами других энергетических систем. Этим я тоже с увлечением занимался, главным образом выясняя опасность других, альтернативных атомной энергетике, источников энергии. Вот, примерно, тот круг вопросов, которыми мне профессионально приходилось заниматься – и помогать А.П. в достаточно активной форме, учитывая его занятость в АН СССР, делами управления Института: планированием работы Института, режимом его работы. Я пытался создать такие элементы, которые бы Институт объединяли – общий Курчатовский совет, общеинститутский семинар, выпуск различных изданий, которые ложились бы на стол сотрудников Института по их заказам, пытался организовать возможности для сопоставления различных точек зрения, различных подходов к общефизическим проблемам, к энергетическим проблемам. Что касается физики и техники реакторов, то это была запретная для меня область как по собственному образованию, так и по табу, которое было наложено А. П. Александровым и его подчиненными, работающими в этой области. Они не очень любили вмешательство в свои профессиональные дела посторонних лиц. Помню, как однажды Л. П. Феоктистов, только качавший работать в нашем Институте, пытался проанализировать концептуально вопросы более надежного, более интересного реактора, который бы исключил наработку таких делящихся материалов, которые могли быть из реактора изъяты и использованы как ядерное оружие, – но его предложение было встречено в штыки, равно как и предложение пришедшего в Институт В. В. Орлова по новым, более безопасным типам реакторов. Поскольку административной властью над этими подразделениями я не обладал, да и не очень понимал многие конкретные детали, то существенно изменить эту картину я, естественно, не мог, хотя беспокойство, что среди реакторщиков стал преобладать инженерный, а не физический подход к решению проблем, у меня было. А у А.П. была по-человечески понятная и даже привлекательная черта – опора на людей, с которыми он много проработал. Он доверился определенным людям, занятым флотскими аппаратами, станционными аппаратами, специальными аппаратами, и очень не любил появления там новых лиц, которые могли бы как-то беспокоить его или заставлять сомневаться в ранее принятых решениях. В научном плане я выбрал интересную для себя область, о которой я уже сказал – химическая физика, связанная с созданием необычных веществ, с созданием систем, которые позволили бы получать водород тем или иным способом, привязать к ядерным источникам методы получения водорода, – и с увлечением, с привлечением внешних организаций, занимался этой областью.

Занимала она в Институте весьма малую долю, как в денежном, так и в человеческом отношении, но люди там были активные, интересные, много предлагали необычных решений, которые вызывали дискуссии. Могло складываться впечатление, что этому уделяется большое внимание, но на самом деле это была активность новых людей, пришедших в новую область. А ресурсы в виде зданий, сотрудников, финансирования, шедшие в эту область, конечно, были совершенно несоизмеримыми с теми затратами, которые шли на традиционные направления.

Я был членом Научно-технического совета МСМ, но не был членом реакторных секций этого совета, поэтому многих деталей конкретных дискуссий я не знал. На Научно-техническом совете Института довольно часто обсуждались концептуальные вопросы развития атомной энергетике, но крайне редко – технические аспекты: качество того или иного реактора, качество топлива. Эти вопросы обсуждались либо на реакторных секциях Научно-технического совета Министерства, либо на Научно-технических советах соответствующих подразделений. Тем не менее, информация, которой я располагал, убеждала, что не все благополучно, как мне казалось, в деле развития атомной энергетике. Невооруженным глазом было видно, что наши аппараты, принципиально мало отличаясь от западных, например, по своей концепции, в некоторых вопросах даже превосходя их, были крайне обеднены хорошими системами управления, системами диагностики. Американец Расмуссен проделал анализ безопасности атомной электростанции, где последовательно искал все возможные источники неприятностей, приводящих к авариям,

систематизировал их, вел вероятностные оценки того или иного события, оценки того, с какой вероятностью данное событие может привести к выходу, скажем, активности наружу. Это мы узнавали из зарубежных источников. Я не видел в Советском Союзе ни одного коллектива, который мало-мальски компетентно ставил бы и рассматривал эти вопросы. **Застойные процессы в атомной энергетике СССР. Научный дух стал подчиняться инженерной, министерской воле**

Наиболее активно за безопасность в атомной энергетике у нас выступал В. А. Сидоренко. Его подход к вопросам безопасности мне казался серьезным, потому что он реально знал картину, связанную с эксплуатацией станций, с качеством изготавливаемого оборудования, с теми неприятностями, которые порой встречались на атомных станциях. Его усилия были направлены главным образом на то, чтобы справиться с этими неприятностями: во-первых, организационными мерами, во-вторых, системой совершенствования документов, которые должны находиться на станциях и у проектантов, в-третьих, он очень беспокоился о создании надзорных органов, которые контролировали бы ситуацию. Большое беспокойство проявлял он и его единомышленники по вопросу качества оборудования, которое появлялось на станции. Последнее время мы все вместе стали проявлять беспокойство по качеству обучения и подготовки персонала, который проектирует, строит и эксплуатирует атомные станции, потому что число объектов резко возросло, а качество персонала, участвующего в этом процессе, скорее, понизилось. Вокруг этих вопросов В. А. Сидоренко был лидером специалистов, которые проявляли беспокойство. В нашем Министерстве он должной поддержки не получал. Каждый документ, каждый шаг давался с мучительным трудом. Это психологически можно понять, потому что ведомство, в котором мы все работали, было построено на принципах высочайшей квалификации людей, исполняющих любую операцию, высочайшей ответственности. И действительно, в руках квалифицированных людей наши аппараты казались и надежными и безопасно эксплуатируемыми. Беспокойство о повышении безопасности атомных станций казалось надуманным вопросом, потому что это была среда высококвалифицированных людей, которые были убеждены, что вопросы безопасности решаются исключительно квалификацией и точностью инструктирования персонала. Военная приемка в большой степени присутствовала в нашей отрасли, поэтому качество оборудования было достаточно высокого класса. Все это успокаивало. Даже научные работы, направленные на дальнейшее совершенствование станций как с точки зрения безопасности, так и с точки зрения экономичности, не пользовались поддержкой. Все большее количество ресурсов тратилось на создание объектов, не имеющих прямого отношения к атомной энергетике. Создавались мощности по производству ТВЭЛов, мощности металловедческого плана, большое количество строительных ресурсов тратилось на создание объектов, не имеющих отношения тематике Ведомства. Начали ослабляться научные организации, бывшие в стране когда-то самыми мощными, стали терять уровень оснащенности современным оборудованием, начал стареть персонал, не очень приветствовались новые подходы. Постепенно становился привычным ритм работы, подход к решению тех или иных проблем. Я все это видел, но мне было трудно вмешаться в этот процесс сугубо профессионально, а общие декларации на этот счет воспринимались в штыки, потому что попытка непрофессионала вносить какое-то свое понимание в их работу навряд ли могла быть приемлемой. Все время требовались новые здания, новые стенды, новые люди для выполнения работ, потому что возрастало число объектов. Это наращивание носило, однако, не качественный, а количественный характер, причем вновь приходящие специалисты по своей квалификации повторяли уровень конструкторских организаций, часто проходили там практику, и хорошим специалистом-реакторщиком считался тот, кто хорошо освоил конструкцию данного реактора, хорошо умел считать, например, зону, который знал все аварийные случаи, который умел приехать на любой объект помочь в физическом или энергетическом пуске, быстро разобраться, что происходит, доложить об этом руководству. Выросло поколение инженеров, которые квалифицированно знали свою работу, но не критически относились к самим аппаратам, не критически относились к системам, обеспечивающим их

безопасность, а главным образом знали эти системы и требовали наращивания их числа. Поэтому складывалась картина, что вроде все благополучно, нужно просто наращивать количество известных стендов, увеличивать количество людей, работающих по известному алгоритму, и все будет в порядке.

Червь сомнения меня глодал, потому что с моей профессиональной точки зрения мне казалось, что надо было делать все не так, надо делать всегда что-то новое, очень критически относиться к тому, что было сделано до тебя, пытаться отойти в сторону и сделать иначе. Можно было здесь и рисковать, и я рисковал довольно сильно. Мне за свою жизнь пришлось вести 10 проектов на уровне НИР. 5 из них провалилось, я принес на этих провальных проектах порядка 25 млн. рублей ущерба государству. Провалились они не потому, что они были исходно неправильны. Они были привлекательными, интересными, но оказывалось, что то нет нужных материалов, то не было организации, которая взялась бы за разработку нетривиального компрессора, нетривиального теплообменника, например, – и в итоге исходно привлекательные проекты при их проектной проработке оказывались очень дорогими, громоздкими, и не принимались к исполнению. Два из десяти проектов, боюсь, ожидает такая же судьба, и по этим же причинам, но три проекта оказались очень удачными: там, где мы нашли хороших партнеров и где вложились максимально, с использованием высших эшелонов власти, с использованием авторитета А.П., – и в итоге одна только из трех состоявшихся работ, на которую мы затратили 17 млн. руб., стала приносить ежегодного дохода 114 млн. руб., за 4 года – более полумиллиарда дохода, что с лихвой покрыло те 25 млн. затрат на НИР, которые не кончились до сегодняшнего дня позитивно. Но степень риска в моих работах была достаточно высокой – 50–70 процентов.

В реакторных направлениях я не видел ничего похожего, и поэтому мое внимание привлекли высокотемпературный гелийохлаждаемый реактор, жидкосолевой реактор, которые мне казались новым словом, – хотя и не совсем новым, потому что тот и другой реактор уже пробовались американцами, пробовались газоохлаждаемые реакторы немцами, обнаруживали эти реакторы большие преимущества и с точки зрения коэффициента полезного действия, и с точки зрения потенциально возможного уменьшения расхода воды на охлаждение реактора, и с точки зрения расширения зоны использования подобных реакторов в технологических процессах. Они казались и более безопасными, чем традиционные. Поэтому какое-то покровительство в рамках дирекции института, которое я мог оказать этим направлениям, я оказывал, и более того, в своей профессиональной работе какое-то соучастие в этих направлениях принимал. Традиционное реакторостроение меня как-то мало интересовало: и не поручено мне было, и казалось довольно скучным. Конечно, степень его опасности в тот период времени я не представлял. Я испытывал чувство тревоги, но там были такие киты, такие гиганты и опытные люди, что мне казалось, они не допустят чего-то неприятного. Сопоставление западных аппаратов с нашими позволяло мне делать выводы, что хотя есть много проблем, связанных с безопасностью существующих аппаратов, все-таки они меньше, чем опасности традиционной энергетики с ее большим количеством канцерогенных веществ, выбрасываемых в атмосферу, с радиоактивностью, выбрасываемой в атмосферу из тех же угольных пластов. Раздражала меня ситуация, которая сложилась между руководством Министерства и научным руководством. По рассказам, по документам я знал, что исходная позиция (во времена И. В. Курчатова) была такая: Институт наш не входил в состав МСМ, стоял рядом с ним как отдельная самостоятельная организация и имел право диктовать свои научные требования, свои научные позиции, а Министерство, оценивая научные предложения, обязано было технически точно их исполнять. Такое партнерство – научные предложения, не ограниченные влиянием власть имущих людей, и полная возможность для исполнения предложения, которое, скажем, с инженерной точки зрения нравилось руководству Министерства, – было правильным. Но затем история пришла к тому, что наука оказалась подчиненной Министерству, подросли министерские кадры, набрали собственного большого инженерного опыта, им казалось, что они уже и сами в научном плане все понимают, – и научный дух в реакторостроении стал

постепенно подчиняться инженерной, министерской воле. Это меня тревожило, и это осложняло мои отношения с Министерством, когда я пытался по этому поводу высказываться не очень осторожно. И победить я в этих вопросах не мог, потому что я был химиком для реакторщиков министерских, и это позволяло им не очень внимательно прислушиваться к моей точке зрения, а к предложениям относиться как к неким фантазиям. Таков общий фон, на котором происходила вся эта работа.

Реакторы серии РБМК: критика и техническая политика

Что касается реактора РБМК, то этот реактор в кругах реакторщиков считался плохим. В. А. Сидоренко неоднократно его критиковал. Плохим он считался не по соображениям безопасности – с этой точки зрения он даже выделялся при обсуждениях в лучшую сторону. Он считался плохим по экономическим соображениям, по большому расходу топлива, по большим капитальным затратам, по неиндустриальной основе его сооружения. Беспокоило то, что это некоторая выделенная, советская линия развития. Действительно, по аппаратам водо-водяным, корпусным накапливался все больший и больший мировой опыт, которым можно было обмениваться – опытом эксплуатации, использованными техническими решениями, программным обеспечением. Что касается РБМК, то весь опыт был наш, отечественный, и если брать накопленную статистику, то статистика по эксплуатации реакторов РБМК была наименьшей. Меня как химика беспокоило и то, что в этих аппаратах заложен огромный потенциал химической энергии: много графита, много циркония, воды. Смущало меня и необычное, по-моему, недостаточное построение систем защиты, которые действовали бы в экстремальных ситуациях. Если бы начал развиваться положительный эффект реактивности, то только оператор мог ввести стержни аварийной защиты либо автоматически с подачи одного из датчиков, либо вручную. Механика могла работать хорошо или плохо, и других систем защиты, которые были бы независимы от оператора, которые бы срабатывали исключительно от состояния зоны аппарата, в этом аппарате не было. Тем не менее, накапливалась какая-то практика, специалисты проявляли уверенность в этих вопросах. Казалось бы, недостаточной была скорость введения защиты. Я был наслышан о том, что специалисты, в частности, А. Я. Крамеров, обсуждая с А.П. эти проблемы, вносили предложения конструктору об изменении систем аварийной защиты, улучшении СУЗ этого аппарата. Они не отвергались, но разрабатывались очень медленно. К тому же отношения между научным руководителем и главным конструктором к тому времени сложились довольно напряженные. Применительно ко всяким новым проектам, к новым идеям эта конструкторская организация вполне признавала авторитет ИАЭ и охотно с ним советовалась, а в отношении именно этого аппарата они считали себя авторами, хозяевами. И хотя формально научное руководство оставалось за ИАЭ, фактически это руководство носило номинальный характер и использовалось для таких случаев, когда, скажем, принимались принципиальные решения: например, делать ли РБМК-1500, увеличивать ли долю РБМК в атомной энергетике и др. В вопросах конкретной технической политики, совершенствования аппарата конструктор неохотно воспринимал точку зрения института, не считая его достаточно развитым партнером. **Принцип научного руководства и «система отсутствия персонально ответственного»**

В этом смысле я хотел бы высказать точку зрения, в которой я убежден, но которая не разделяется моими коллегами и вызывает трения между нами. Дело заключается в том, что на Западе, насколько мне известно, да и у нас в Советском Союзе, нет в развитых отраслях промышленности, например, в авиации, понятия «научного руководителя» и «конструктора». Я сам понимаю научное руководство проблемой, например, научное руководство проблемой авиации (хотя такого нет, но можно представить), так. Научная организация, которая бы владела стратегией развития авиации: сколько малых самолетов, сколько больших, чему отдать предпочтение – комфорту загрузки и выгрузки пассажиров или скорости перемещения аппаратов из точки в точку, отдать предпочтение гиперзвуковым самолетам или самолетам, летающим со звуковыми скоростями, что важнее с точки зрения безопасности – обеспечение комфортабельной и надежной работы наземных служб или деятельности персонала на борту самолета,

доля в авиации различных типов самолетов и др. Такое научное руководство в авиации, мне представлялось, было бы допустимым. Но когда речь идет о конструкции самолета, у него должен быть один хозяин – он и конструктор, он и проектант, он и научный руководитель: вся власть и вся ответственность должна находиться в одних руках. Это казалось мне очевидным фактом.

В момент зарождения атомной энергетики все было разумно. Поскольку это была новая область науки – ядерная физика, нейтронная физика, – то понятие научного руководства сводилось к тому, что конструкторам задавались основные принципы построения аппаратов. Научный руководитель отвечал за то, что эти принципы являются физически правильными и физически безопасными. Но конструктор реализовывал эти принципы, постоянно консультируясь с физиками, не нарушаются ли физические законы создания этого аппарата. На заре создания атомной промышленности это все было оправдано. Но когда конструкторские организации выросли, когда у них появились собственные расчетные, физические отделы, наличие такой системы двоевластия над одним аппаратом – а на самом деле троевластия, потому что появлялось главное управление или замминистра, который имел право решающего слова, многочисленные советы, ведомственные и межведомственные, – это создавало обстановку коллективной ответственности за качество работы аппарата. Эта ситуация продолжается и сегодня, и, по-моему, является неправильной. По-прежнему я убежден в том, что организация научного руководителя – организация, которая проводит экспертизу тех или иных проектов, выбирает из них лучшие – определяет стратегию развития атомной энергетики. В этом функция научного руководителя, а не в создании конкретного аппарата с заданными свойствами. Вся эта перепутанность системы отсутствия персонального ответственного за качество аппарата привела к большой безответственности, что и показал черновильский опыт. Непрофессионалу в техническом и инженерном смысле, мне, конечно было трудно оценивать достоинства и недостатки того или иного аппарата, но что мне удалось сделать – это создать экспертную группу, которая бы проводила экспертные сравнения различных типов аппаратов – и по вопросам экономичности, и по вопросам их универсальности, и по вопросам безопасности. Первые два последовательных экспертных труда оказались интересными. Идея создания такой экспертной группы принадлежала мне, я организационно помогал этой деятельности, а фактическую работу вела специально созданная для этого лаборатория А. С. Коченова, который проводил работу прекрасно. Его лаборатория была некой ячейкой, ставящей вопросы, физически формулирующей эти вопросы, а ответы на вопросы давали специалисты, не только из разных подразделений Института, но и из разных институтов вообще. И в итоге появлялась основа, которая могла бы широко обсуждаться, критиковаться, дополняться. К сожалению, эта работа в самом начале была приостановлена, первоначально – серьезным заболеванием А. С. Коченова и невозможностью найти ему эквивалентную замену, а затем – черновильскими событиями.

Общесистемные исследования и «чисто инженерный подход»

26 апреля 1986 г. застало Институт атомной энергии в довольно странной позиции, когда с одобрения директора Института, с его полной поддержкой первый заместитель занимался общесистемными исследованиями по структуре атомной энергетики, которые мало интересовали Министерство. Эта деятельность шла исключительно на поддержке А. П. Александрова, и Институт приобретал к ней вкус. Из нее можно было выбирать правильность тех или иных технических решений. Одновременно мне удалось создать лабораторию мер безопасности, которая сопоставительно с другими видами энергетики оценивала различные опасности атомной энергетики. Впервые появились специалисты, которые смотрели на атомную энергетику как на систему, все элементы которой должны быть равно экономичными, равно надежными, и, в зависимости от размера того или иного элемента системы, его качества в целом, система атомной энергетики могла быть более или менее оптимальной. Мне всегда казалось, что это правильный подход. Понять, какая доля энергии должна в форме ядерной энергии даваться стране, затем посмотреть, какого качества энергию нужно замещать ядерными источниками, посмотреть, в каких регионах это

сделать наиболее целесообразно, и после этого сформулировать требования к аппаратам, которые могли бы наиболее оптимальным образом соответствовать тем задачам, которые вытекали из топливно-энергетического баланса страны, и выбрать соответствующие аппараты, уже над ними работать инженерным образом так, чтобы они отвечали всем международным критериям безопасности.

Сейчас снова возобладал чисто инженерный подход, где просто сравниваются аппарат с аппаратом; каждый специалист, который придумал какое-нибудь усовершенствование либо что-то принципиально новое, доказывает его преимущество – единой системы оценки критериев нет. Последние месяцы я оказался без работы, связанной с общесистемными исследованиями, характер которой я сформулировал выше, – и что там происходит сейчас, мне трудно сказать. **Атомная энергетика с некоторой неизбежностью шла к такому тяжелому событию**

Н. И. Рыжков в своем выступлении на заседании 14 июля сказал, что ему кажется, что авария на ЧАЭС была не случайной, что атомная энергетика с некоторой неизбежностью шла к такому тяжелому событию. Тогда меня эти слова поразили своей точностью, хотя сам я не был в состоянии так эту оценку сформулировать. Я вспомнил случай, например, на Кольской атомной станции, когда в главный трубопровод по сварному шву, вместо того чтобы правильно осуществить сварку, сварщики заложили просто электрод, слегка его приварив сверху. Могла быть страшная авария, разрыв большого трубопровода, авария ВВЭРовского аппарата с полной потерей теплоносителя, с расплавлением активной зоны и т. д. Хорошо, что персонал, как мне говорил бывший тогда директором Кольской АЭС А. П. Волков, был вышколен, был внимательным и точным, потому что свищ, который обнаружил оператор, и в микроскоп не увидишь. Помещение шумное, звуковых сигналов тоже можно было не услышать, – тем не менее оператор был настолько внимателен, что заметил аномалию на основном сварном шве; начались разбирательства, выяснили, что это просто халтурно заварен трубопровод. Стали смотреть документацию, там были все нужные подписи: и сварщика, что он качественно сварил шов, и гамма-дефектоскописта, который проверил этот шов – шов, которого не существовало в природе. Все это было сделано во имя производительности труда. Такая халтура просто поразила наше воображение. Потом проверяли на многих станциях эти же участки, и не везде было все благополучно. Частые свищи ответственных коммуникаций, плохо работающие задвижки, выходящие из строя каналы реакторов РБМК – все это каждый год происходило. Десятилетние разговоры о тренажерах, которые все успешнее и в большем количестве и лучшего качества ставились на Западе и которых мы не имели в Советском Союзе, пятилетние, по крайней мере, разговоры о создании системы диагностики состояния оборудования, – ничего этого не делалось. Вспоминалось, что качество инженеров и другого персонала, эксплуатирующего атомную станцию, постепенно понижалось. Все, кто был на стройках АЭС, поражался возможности работать на таких ответственных объектах как на самой халтурной стройке. Все это, как отдельные эпизоды, было у нас в головах, но когда Н. И. Рыжков сказал, что атомная энергетика шла к этому, то перед моими глазами встала вся эта картина.

Вспомнил я Министерство с его странными, в общем-то, заботами. Это не главк, который руководил, это главк, который сводил концы с концами, доставал деньги, передавал информацию со станции на вышестоящий уровень, посылал людей на пуски и приемки. Не было ни одного человека, ни одной группы людей, которые бы вели целенаправленную работу по анализу ситуации в атомной энергетике, по изменению практики строительства АЭС и поставки оборудования, хотя отдельные спорадические движения происходили: например, многолетняя борьба В. А. Сидоренко, поддержанная академиком Александровым, увенчалась решением Правительства о создании Госатомэнергонадзора, представители которого должны быть на каждой станции, на каждом предприятии, изготавливающем оборудование для АЭС, и должны давать разрешение или останавливать работу в зависимости от ее качества. Госатомэнергонадзор должен был тщательно пересмотреть все нормативные документы и улучшить их,

проверять соблюдение всех нормативных требований при практической работе. Так что этот вопрос был решен, но как-то по-чуждому, как сейчас госприемка: появилось большое количество хороших специалистов, отвлеченных от конкретной инженерной практической и научной деятельности, сели они за столы, начали выбивать себе должности, дома. Начались дополнительные временные осложнения в проведении тех или иных операций. Как видно было уже в начале деятельности этого комитета, как показала Чернобыльская авария, эта организационная надстройка из-за отсутствия продуманности реальных механизмов воздействия на качество атомной энергетики не успела проявить себя, – а может быть, и никогда не проявит с точки зрения повышения качества нашей атомной энергетики. Требования ими формулировались не идеальные, не такие, которые должны были быть, чтобы атомная энергетика была безопасной; в требованиях своих они шли от реальной, сложившейся ситуации, используя некоторый западный опыт. Многие регламенты, требования были путанными, сложными, в отдельных частях противоречивыми. Все, что, казалось бы, в нормальном режиме должно храниться на 1–2-х дискетках персонального компьютера, находящегося рядом с оператором, чтобы он мог в любую минуту уточнить для себя, – все это хранилось в старых потрепанных книжках, за которыми надо было идти, которые надо было изучать, смотреть засаленные страницы. Все это производило довольно убогое впечатление. Мне казалось, что впечатление этой убогости испытывают очень немногие люди.

Как-то мне попал в руки один американский журнал за 1985 г., в котором была статья, критикующая французов за активную попытку сотрудничества с Советским Союзом в области ядерной технологии. Предполагалось, что мы увеличим поставку Франции природного газа, в ответ на это французы поставят нам ядерную технологию, имея в виду роботы, которые бы способствовали проведению ремонтных работ, некоторое количество диагностических систем и целый ряд приспособлений, делающих технологию в реакторостроении и эксплуатации атомных станций более современной. Американский автор статьи критиковал французов, указывая, что этого не следует делать и по политическим, и по экономическим мотивам. В этой статье было четко и ясно написано, во-первых, что физика реакторов, физические основы атомной энергетики Советский Союз создал такие, как во всем мире, ни в чем не уступает Западу, но технологический разрыв осуществления этих технических принципов огромен, – и незачем французам помогать русским преодолевать этот технологический разрыв. Перед этой статьей была нарисована злая карикатура: на фоне полуразвалившейся градирни около атомной станции французский усатый моложавый специалист пытается с помощью указки объяснить, как надо строить градирни, русскому медведю, который положил палец в рот и с трудом понимает, что качество градирни имеет такое же неотъемлемое значение для качества атомной электростанции, как и сам атомный реактор. С этой карикатурой я бегал по разным кабинетам, показывал ее А. Г. Мешкову, Е. П. Славскому, А. П. Александрову, убеждая, что вопрос очень серьезный – разрыв между физическими представлениями о том, каким должен быть реактор, и качеством изготовления, например, топлива, и всей суммой технологических операций (многие из которых казались мелкими), которые практикуются на наших станциях. Ни в одном месте я не встретил понимания, даже наоборот. А.П. позвонил Кокошину, замдиректора Института США и Канады, и просил его написать антистатью, разоблачить американского автора в том смысле, что ничего подобного, что советская атомная энергетика находится на мировом уровне. И это несмотря на то, что в статье утверждалось, что советская атомная энергетика с точки зрения вводимых мощностей действительно находится на мировом уровне, что реакторные концепции, принятые в Советском Союзе, являются физически правильными и обоснованными, что советские специалисты-реакторостроители являются хорошими, – но технологическое обеспечение у этого сложного цикла является очень отсталым, поэтому слишком много людей работает на станции, много плохих приборов, много неточностей в работе обслуживающих систем и т. д. У Кокошина хватило мудрости или не хватило времени для того, чтобы эта статья не появилась, а если появилась бы, то как раз в чернобыльские дни.

Альтернативные реакторы и отповедь министерства

Однажды я слышал от Н. Н. Пономарева-Степного... Сегодня он первый заместитель директора по атомной энергетике, он занимался реактором высокотемпературным, гелийохлаждаемым, – и всегда мы рассматривали этот реактор как реактор, обладающий лучшими технологическими возможностями для народного хозяйства, имеющий более высокую температуру – значит, его можно использовать и в металлургии, и в химии, и в нефтепереработке, – рассматривали не как конкурента атомной электроэнергетике, а как дополнение к ней. Однажды в разговоре Н.Н. сказал, что реакторы ВВЭР и РБМК очень опасны, и ВТГР в этом смысле не дополнение, а альтернатива сегодняшней энергетике. От реакторщика я впервые услышал – правда, произнесенные в спокойной манере – слова о том, что современная атомная энергетика на ВВЭРах и РБМК в равной степени является опасной и требует принятия дополнительных серьезных мер.

По свойству своего характера я начал более внимательно изучать этот вопрос и кое-где занимать более активные позиции, говорить, что нужно следующее поколение атомных реакторов, более безопасных: реактор ВТГР или жидкосолевой реактор. Это вызывало в Министерстве исключительную бурю негодования, особенно у министра Славского, который чуть не ногами топал на меня, когда говорил, что это совсем разные вещи, что я неграмотный человек, лезу не в свое дело, и что совсем нельзя сравнивать один тип реактора с другим. Такая была сложная обстановка. Потихоньку работали над альтернативными реакторами, потихоньку добивались усовершенствования действующих, и что самое печальное, никак не могли наладить серьезного, объективного, научного анализа истинного положения дел, выстроить всю цепочку событий, проанализировать все возможные неприятности, найти средство избавиться от них. Пытался я создать, как уже говорил, лабораторию мер безопасности – потом она вошла в состав отдела безопасности атомной энергетике, где все было подчинено выработке нормативов, документов, процедур, улучшающих дело на сегодняшних атомных станциях, а до серьезной теории, серьезного анализа дело не доходило. Чем больше строилось атомных станций, тем все реальнее становилась опасность того, что где-то когда-то может произойти неприятность. Борьба с этими опасностями велась как борьба с каждым конкретным случаем. На какой-то станции выйдет из строя парогенератор – начинают приниматься решения по изменению конструкции парогенератора; конечно, рано или поздно добиваются улучшения ситуации. Потом еще что-то случится – на РБМК канал какой-нибудь разорвется, – начинается исследование: почему канал разорвался, в цирконии ли дело, в режиме ли эксплуатации станции, в каких-то других обстоятельствах. Улучшается качество производимого циркония, качество изготовления труб из него, улучшается режим эксплуатации, и успокаиваются до следующего случая. Мне казалось, что это не научный подход к проблемам безопасности атомной энергетике, но, опять же, в силу того, что мои профессиональные занятия находились в другой области, здесь я был как бы наблюдателем, интегрирующим всякого рода информацию, которую невозможно было обсудить в Министерстве абсолютно, потому что там привыкли к совершенно конкретным инженерным разговорам: изменить ту или иную технологическую систему, заменить сталь на сталь и др. Все попытки научного, последовательного подхода к этой проблеме никак не воспринимались. **Атоммаш и финская АЭС**

Накануне черновыльских событий так дело и развивалось, причем увеличивалось количество предприятий, которым поручалось изготовление различных элементов оборудования атомных станций. Стали строить Атоммаш, на нем появилось много молодежи. Как писала наша пресса, завод построен был очень неудачно. Качество специалистов, которым предстояло осваивать свои профессии, оставляло желать много лучшего. Все это было видно. Об этом комсомольцы, которые организовали при ЦК комсомола штаб, помогающий развитию атомной энергетике, много документов писали, это было видно на станциях. Особенно я был огорчен после посещения нескольких западных станций, особенно когда посмотрел

станцию Ловииса в Финляндии. Это станция, построенная по нашей идеологии, – наша, собственно, станция; строили ее финские строители, только выбросили нашу систему автоматизированного управления и поставили канадскую, целый ряд технологических средств наших были исключены из эксплуатации и поставлены либо шведские, либо свои собственные. Порядки, заведенные на этой станции, резко отличались от наших, начиная от внешнего порядка. Обучение на станции шло на нормальном тренажере, весь персонал проходил периодическое обучение, разыгрывал возможные ситуации, которые могут быть на реакторе. Поразило меня время, за которое на этой станции осуществлялась перегрузка. Персонал станции имел 45 человек штата, которые занимались операцией подготовки перегрузки. Они планировали, кто должен участвовать в перегрузке из людей, не работающих на станции, подбирали персонал, договаривались о времени, об инструменте, о последовательности проводимых операций. Велась примерно в течение полугода очень тщательная разработка процедуры перегрузки. Сама перегрузка занимала 18–19 дней, в то время как у нас она занимает месяц-полтора-два. Зато на всех оперативных постах количество персонала существенно меньше, чем у нас. Внешняя чистота станции, оснащенность станционных лабораторий – все это разительно отличалось от того, что имеем мы у себя в Советском Союзе.

Чернобыльская авария – апофеоз неправильного ведения хозяйства. Дефекты в работе Чернобыльской и Кольской АЭС

Нельзя не сказать о том, как управлялась наша атомная энергетика. Минэнерго с его главками, Минсредмаш с его главками, главный конструктор, научный руководитель, на всех уровнях специалисты – от начальника лаборатории до директора Института – могли запрашивать информацию, вмешиваться в работу станции, писать докладные, что-то предлагать, излагать, многочисленные межведомственные советы – все это очень нестройно, неорганизованно, не представляло из себя единого рабочего процесса, а каждый раз это было откликом на техническое предложение, или аварию, или предаварийную ситуацию, все это создавало впечатление какой-то неряшливости, массового движения, а не организованной работы в области атомной энергетики.

Собственные мои функции сводились к тому, чтобы в энергетической комиссии определять темпы ввода атомных электростанций, ход событий, структуру атомной энергетики – это были перспективные вопросы, а текущей деятельности я касался косвенно, в силу того, что это не было моей профессией. Но чем больше я узнавал, что происходит, тем тревожней становилось. Поэтому, когда Н. И. Рыжков сказал о том, что атомная энергетика с неизбежностью шла к тяжелой аварии, сразу все накопленные за годы факты как-то выстроились у меня в одну линию, и его слова осветили, что так на самом деле и было, – и специалисты, каждый в разное время и с разных трибун, об отдельных фрагментах, свидетельствующих о том, что мы находимся на дороге, ведущей к трудной аварии, говорили. Говорил А. П. Александров, неоднократно приводя разительные примеры небрежности при монтаже атомных станций, говорил В. А. Сидоренко, говоря о беспорядках в эксплуатации и документации, говорили молодые специалисты, говорили люди, которые занимались материаловедением. С одной стороны, это можно было объяснить молодостью техники, и в какой-то степени это так, но, с другой стороны, это носило отражение неправильного стиля работы в целом. Я понял, что это не специфика атомной энергетики, что это следствие организации работ вообще по созданию новой техники, в которой нуждается народное хозяйство. Способ организации работ на строительных площадках, несостыкованность разного типа производств, например, производств разного типа тепловыделяющих элементов, машиностроительного оборудования, готовности строителей принять это оборудование вовремя, – замусоренность строительных площадок, постоянная динамика в количестве строительного персонала на атомных станциях – то очень много, то очень мало, то разворачивается работа на станциях, то вдруг останавливается, потому что нет оборудования. Все это вместе взятое носило очень неприятный характер и в то же время вряд ли было специфичным только для

атомной энергетики. Слова Н. И. Рыжкова надо было понимать существенно шире, и я для себя, после того, когда побывал на Чернобыльской станции после аварии, когда познакомился со всем, что там происходит, сделал однозначный вывод, что Чернобыльская авария – это апофеоз, вершина всего того неправильного ведения хозяйства, которое осуществлялось в нашей стране в течение многих десятков лет.

Конечно, то, что произошло в Чернобыле, имеет не абстрактных, а конкретных виновников. Мы сегодня уже знаем, что система управления и защиты этого реактора была дефектна, и ряду научных работников это было известно, и они вносили предложения, как этот дефект убрать. Конструктор, не желая быстрой дополнительной работы, не спешил с изменением системы управления и защиты. На самой Чернобыльской станции в течение ряда лет проводились эксперименты, программа которых составлялась чрезвычайно небрежно и неаккуратно, перед проведением экспериментов не было никаких розыгрышей возможных ситуаций – а что будет, если защита откажет, а что будет, если процесс пойдет не так, как программа предполагает, как персонал должен поступить в том или другом случае, а можно ли реактор оставлять на мощности при прекращении подачи пара на турбину, а если это произойдет, то что может случиться, – все это, казалось бы с точки зрения здравого смысла должно было быть разыграно перед экспериментом и этим, и любым другим. Ничего этого не происходило. Пренебрежение к точке зрения конструктора и научного руководителя было полным, с боем нужно было добиваться правильности выполнения всех технологических режимов. А. П. Волков, директор сначала Кольской, а потом Запорожской АЭС мне рассказал такой эпизод, когда группа его товарищей побывала на Кольской станции и убедилась, что там полный беспорядок в организации технологического процесса. Например, дежурный на смену приходил и заранее заполнял все показатели в журналы, заранее выводил все параметры, еще до завершения смены, а потом до конца смены ничего практически не делал; иногда только СИУР – старший инженер управления реактором – поднимался со своего места, чтобы провести некоторые операции. Никакого внимания к состоянию приборов, никакого внимания к состоянию оборудования до планово-предупредительных ремонтов. Директор станции Плеханов прямо говорил: «А что вы беспокоитесь? Да атомный реактор – это самовар, это гораздо проще, чем тепловая станция. У нас опытный персонал, и никогда ничего не случится». А. П. Волков позвонил об этом в Минэнерго Веретенникову, Шашарину, добрался до министра Непорожного, т. Марьину в ЦК об этом сообщил. Но ему на это сказали примерно так: «не суй нос не в свое дело». Только Непорожный решил съездить посмотреть; съездил и сказал, что все в порядке, и у Волкова неверная информация. А это было незадолго до Чернобыльской аварии.

Я думаю, что если посмотреть работу других отраслей, откроется картина не менее печальная. Мне приходилось бывать на различных химических предприятиях. Особенно меня привел в ужас завод по переработке фосфора в Чимкентской области, как с точки зрения ведения технологии, так и с точки зрения насыщенности диагностической аппаратурой: дичайшие условия труда, отсутствие многих руководителей, которые должны быть в штатном расписании. Очень трудный и опасный завод был, по существу, предоставлен какому-то вольному течению обстоятельств. Делалось страшно, когда приходилось знакомиться с такими ситуациями. Поэтому я расширительно понимал слова нашего Председателя Совета Министров: что дело не в специфике развития атомной энергетики, которая дошла до такого состояния, а это специфика развития народного хозяйства страны, которая привела к этому. Недолго пришлось ждать подтверждения правильности моего понимания этих слов, потому что спустя несколько месяцев, действительно, произошло столкновение корабля «Нахимов» – и такая же тяжелая авария с такой же безалаберностью и безответственностью, – потом взрыв на угольной шахте на Украине, столкновение поездов на Украине, – все это в течение короткого времени, и все это отражало некую общую серьезную технологическую непродуманность и недисциплинированность во всех самых ответственных сферах нашей деятельности. Получается так, как в рассказе Л. Н. Толстого «Нет в мире виноватого». Когда помотришь цепочку событий – почему один поступил так, а другой так-то и т. д., – то назвать единственного виновника,

инициатора событий, которые привели к преступлению, нельзя, потому что это именно замыкающаяся сеть: операторы делали ошибки, потому что им нужно было обязательно завершить эксперимент, это они считали делом чести. План проведения эксперимента был составлен очень некачественно, недетально, и не санкционирован теми специалистами, которыми он должен быть санкционирован. У меня в сейфе хранится запись телефонных разговоров операторов накануне происшедшей аварии. Мороз по коже дерет, когда читаешь такие записи. Один оператор звонит другому и спрашивает: «Тут в программе написано, что нужно делать, а потом зачеркнуто многое, – как же мне быть?». Второй собеседник немножко подумал и говорит: «А ты действуй по зачеркнутому». Уровень подготовки серьезных документов на таком объекте, как атомная станция: кто-то что-то зачеркивал, оператор мог толковать, правильно или неправильно зачеркнуто, мог совершать произвольные действия. Всю тяжесть вины возложить на оператора нельзя, потому что кто-то и план составлял, и что-то черкал в нем, кто-то подписывал, а кто-то его не согласовывал. Сам факт, что станция могла производить самостоятельно какие-то действия, не санкционированные профессионалами, – это уже дефект отношений профессионалов с этой станцией. Тот факт, что на станции присутствовали представители Госатомэнергонадзора, но были не в курсе проводимого эксперимента, не в курсе программы – это не только факт биографии станции, но и факт биографии работников Госатомэнергонадзора, и факт существования самой этой системы.

3. Ликвидация последствий аварии (продолжение). Работа МВД и ВВС. Закупорка реактора

Вернемся снова к чернобыльским событиям, от которых я так далеко отклонился в сторону. Я кончил рассказ о том, что меня поразила четкость работы служб наших чекистов, которые очень нешумно, очень малым числом проводили большую работу по установлению связи, по установлению порядка в зоне бедствия. Близкие слова могут быть произнесены в адрес служб Министерств внутренних дел, как союзного, так и украинского. И эвакуация, и быстрое оцепление зоны, и быстрое наведение режима и порядка, насколько это возможно, – по-моему, они сделали это неплохо: хотя были отдельные факты мародерства, отдельные попытки проникновения в закрытую зону с целью хищения имущества, но число таких попыток было невелико, и они достаточно быстро пресекались.

Очень четко работали военно-воздушные силы, вертолетные группы. Это пример высокой организованности. Пренебрегая всякой опасностью, работая очень аккуратно и четко, все экипажи стремились всегда выполнять задание, каким бы трудным и сложным это задание ни было. Особенно трудно им было в первые дни. Была дана команда засыпать мешки с песком. Почему-то местные власти не смогли сразу организовать достаточное количество людей, которые бы подготавливали мешки, подготавливали песок. Своими глазами я видел, как экипажи, молодые офицеры загружали мешки с песком в вертолеты, летели, сбрасывали мешки в цель, снова возвращались, снова проводили эту работу. 27–28 апреля ни Минэнерго, ни местные власти никак не могли организовать форсированную четкую работу по подготовке тех предметов, которые требовалось забрасывать в шахту реактора. Где-то с 29 апреля этот порядок был уже организован. Были установлены нужные карьеры, пошел свинец, были расставлены люди, – и после этого дело пошло на лад. К этому же времени примерно и вертолетчики нашли очень эффективный способ своих действий. Расположив на крыше здания райкома партии в г. Припять свой наблюдательный пункт, оттуда они наводили на цель экипажи, которые находились над 4-ым блоком. Я должен сказать, что эта работа была небезопасной: нужно было зависнуть, сбросить большую тяжесть, уйти вовремя, не получив избыточных доз излучения, и главное – попасть в цель. Все это было отработано. Если мне память не изменяет, цифры были такие: десятки тонн в первые сутки была сброшена, сотни тонн потом пошли на вторые-третьи сутки, и, наконец, генерал Антошкин вечером

рапортовал Правительственной комиссии о том, что за одни сутки было сброшено тысяча сто тонн материалов. Такое активное, форсированное действие людей, доставлявших материалы и производивших сброс этих материалов привел к тому, что ко 2 мая практически реактор был закупорен, и с этого времени суммарное выделение радионуклидов из чрева реактора заметным образом уменьшилось. Одновременно воинские части продолжали проводить все необходимые разведывательные операции. **Дезактивационные мероприятия – и успехи и изъяны. Схема работы Правительственной комиссии**

Работа Правительственной комиссии в первые дни происходила следующим образом. Рано утром Б. Е. Щербина собирал членов Правительственной комиссии. Приглашались все, отвечающие за те или иные операции. Заседание начиналось, как правило, с доклада генерала Пикалова, который показывал состояние радиационной обстановки в зоне станции и прилегающих зонах. Конечно, все эти дни обстановка каждый день становилась все более и более сложной, потому что и уже изученные участки давали более повышенный уровень радиации, и число таких участков увеличивалось. Увеличивалось оно потому, что выходили на новые объекты разведчики, и старые объекты получали большее количество попавших на них радиоактивных нуклидов. Обстановка осложнялась, масштаб операций увеличивался.

Еще в момент локализации процесса в 4-ом блоке сразу же начались первые дезактивационные операции. Я помню, как будущий министр Среднего машиностроения Л. Д. Рябев, сменивший А. Г. Мешкова в составе Правительственной комиссии, сам возглавил группу, получив рецепт от специалистов, как нужно готовить составы, способные образовывать при застывании полимерные пленки, организовал на открытой площадке г. Припять команду, которая занималась приготовлением таких растворов, и затем сами они группами ходили и наиболее загрязненные поверхности покрывали этими растворами. В это же время вызванная мной группа под руководством А. Ф. Чабак из Курчатовского института занималась изучением способа введения в почву на поверхность таких компонентов, которые бы способны были сорбировать наиболее подвижные радионуклиды, например, цезий. Тогда появились фосфатные составы. Группа новосибирцев телеграфировала мне о необходимости более широкого использования туфов, цеолитов. Мы установили закарпатские, обоянские месторождения этого материала и заказали его составами. Использование таких цеолитсодержащих материалов оказалось очень полезным как при внесении в почву для удержания радионуклидов, так и для внесения в тело плотин, уже начавших строиться по большим и малым рекам.

Должен сказать, что и бестолкового много было в этой работе. Не все точно документировалось. Проверка и точность выполнения отданных команд иногда откладывалась на позже. Так, уже спустя некоторое время, приехав на площадку, я обнаружил, что в районе ливневой канализации сорбент просто механически засыпается, в то время когда нужно было сделать соответствующие поддоны, с помощью которых можно было по мере насыщения сорбентов радионуклидами быстро и просто менять один поддон на другой, Л. А. Воронин, который в это время командовал Правительственной комиссией, довольно быстро меня понял, мне показалось, дал соответствующие команды, – но по-моему, эти команды до исполнения в конечном счете не дошли. Кроме того, периодически проводящаяся смена Правительственных комиссий приводила к тому, что одна комиссия, скажем, закажет нужное количество каких-то материалов, а вторая приезжающая команда начинает действовать по несколько другой схеме, – и на приемных транспортных путях скапливалось большое количество неразгруженных вагонов. Возникла разделительная ведомость, связанная с тем, что все материалы для работ, которые поводятся в штатном, испытанном режиме, забирает армия и использует в дезактивационных работах, а все, что должно испытываться, должно было поступать в организации МСМ. Они должны были эти материалы испытать, дать соответствующее заключение, и только после этого их можно было передавать армии для серийного

использования. Наиболее эффективные методы пылеподавления и защиты свелись к следующим операциям:

1. На наиболее загрязненных участках – это, конечно, механический сбор наиболее зараженных частиц. Этот механический сбор при разных попытках использования, скажем, роботов, закупленных в том числе и в ФРГ, оказался неудачным. Все роботы, которые были испытаны в первый период времени, оказались неработоспособными в условиях развалов, не могли механически преодолевать препятствия. А на ровных поверхностях, в условиях больших радиационных полей, отказывала, как правило, управляющая электроника. Поэтому в конечном счете наиболее удачным способом оказались дистанционно управляемые бульдозеры или обычная техника – бульдозеры, скреперы, кабины которых были надежно освинцованы, и водитель таким образом был защищен. С помощью этой техники удалось собрать и захоронить наиболее опасные загрязнения.

2. Бетонирование уже очищенной земли с предварительным подслоем. Перед бетонированием включались в действие мощные пылесосы.

3. Химические составы. Наиболее интересными оказались составы, предложенные член-корр. В. А. Кабановым, испытанные ранее в районах пылевых бурь, например, Средней Азии. Составы были способны закреплять частицы почвы, но в то же время пропускать влагу и позволять подпочвенному слою жить нормальной жизнью. Эти испытанные составы оказались удачными. В. А. Кабанов с помощью промышленности сумел в Дзержинске организовать достаточное производство этих средств, и они нашли широкое использование.

4. Тривиальные методы очистки нашли свое успешное применение: постоянное мытье дорог, создание пунктов дезактивации техники, людей. Эти методы становились все более широко используемыми и организованными.

Вернусь к работе Правительственной комиссии. После доклада о дозиметрической обстановке давались соответствующие задания, проверялось выполнение ранее сделанного. Затем все специалисты приступали к выполнению своих заданий, и где-то поздним вечером снова подводились итоги, тоже с оценкой радиационной обстановки, состояния работ по сооружению дамб, скважин, по получению необходимой техники, по новым данным по ведению саркофага. Тут же принимались оперативные решения. Регулярно, несколько раз в день, с руководством Правительственной комиссии разговаривали В. И. Долгих, Н. И. Рыжков.

Заседание Политбюро 5 мая. Дальнейшие меры

После приезда на место Н. И. Рыжкова и Е. К. Лигачева Правительственная комиссия, повторюсь, первого состава выехала, но меня и В. А. Сидоренко оставили для того, чтобы я заканчивал работы по дезактивации, а Сидоренко продолжал тщательно анализировать роль Атомэнергонадзора в том, что было и что происходит в настоящее время. Поздно ночью 4 мая меня разыскали. Оказывается, меня вызывали в Москву на заседание Политбюро на 5 мая. Самолетом я вылетел, приехал в Институт, где меня встретили, отмыли, отчистили, насколько было возможно, заскочил я домой, увидел свою жену – конечно, очень расстроенную, – и к 10 часам приехал на Политбюро, где последовательно Щербина, Рыжков и я дали объяснение происходившему. Председательствующий на Политбюро М. С. Горбачев предупредил, что сейчас его не интересует проблема виноватости, причинности аварии, его интересует состояние дел и те необходимые дополнительные мероприятия, нужные государству для того, чтобы быстрее справиться с возникшей ситуацией. По завершении заседания Политбюро Михаил Сергеевич, обращаясь неизвестно к кому, но, очевидно, к министрам Брежневу, Щадову, которые при этом присутствовали, просил товарищей вернуться на место и продолжить работу. После заседания Политбюро я зашел в кабину к Б. Е. Щербине и спросил, относится ли эта просьба ко мне, или мне нужно задержаться здесь, в Москве для продолжения

своей текущей работы. Он сказал, что я должен остаться здесь и продолжать текущую работу. Я поехал в Институт, не еще не успел доехать, как в машину мне позвонили от Щербины и сказали, что по просьбе Силаева, который обратился к Генеральному секретарю, мне нужно выехать обратно в Чернобыль. В этот же день в 4 часа дня я вылетел и вновь оказался в Чернобыле, где и продолжал работу.

Работа шла примерно в старом плане, т. е. шла в следующих направлениях:

1. наблюдения за состоянием 4-го блока, ибо основные засыпки уже закончились, а вводились различные зонды, с помощью которых можно было мерить температуру, радиационные поля, контролировать движение радионуклидов;
2. расчистка территории промышленной площадки ЧАЭС;
3. работы по сооружению туннелей под фундаментом 4-го блока;
4. ограждения 30-километровой зоны, дозиметрические работ и начало дезактивационных работ.

В это же время армия выделила строителей, выделили строителей и областные организации для сооружения поселков, в которых могли бы жить эвакуированные люди. Огромная была работа, требовавшая и движения массы людей, и создания необходимой пропускной системы, и немедленного составления плана организации работ.

В эти дни, где-то 9 мая, нам казалось, что четвертый блок перестал дышать, гореть, жить, – он внешне был спокойным, и мы хотели в день Победы вечером отпраздновать этот день. Но, к сожалению, именно в этот день было обнаружено небольшое, но ярко светящееся малиновое пятно внутри блока, что говорило о том, что там еще высокая температура. Трудно было определить, горят ли это парашюты, на которых сбрасывались свинец, и другие материалы; на мой взгляд, на это было очень непохоже, – скорее всего, это была раскаленная масса песка, глины и всего, что было набросано. Праздник был испорчен, и было принято решение дополнительно ввести 80 тонн свинца в жерло реактора, что и было сделано. После этого свечение прекратилось, и мы отпраздновали день Победы в более спокойной обстановке 10 мая. Не могу не отметить, какую большую роль играл там маршал Аганов со своими инженерными войсками, потому что сплошь и рядом возникали задачи. Для того, чтобы пройти к той или иной отметке, протащить тот или иной шланг, нужно было пробивать отверстие, при этом каждый раз, когда решалась задача, скажем, пробивать это отверстие с помощью военно-инженерных средств – стрелять, например, из пушек соответствующего калибра, – то каждый раз возникала опасность, не рухнет ли оставшаяся конструкция. Нужно было сделать соответствующие оценки, прикидки, и всю эту работу маршал Аганов и его подчиненные вели предельно четко, предельно организованно, собранно и очень точно.

Уже тогда, в эти тяжелые дни, у нас было, что может показаться парадоксальным, приподнятое настроение. Оно было связано не с тем, что присутствуем при ликвидации такого трагического события. Трагизм был основным фоном, на котором все происходило. Но некоторую приподнятость создавало то, как работали люди, как быстро откликались на наши просьбы, как быстро просчитывались различные инженерные варианты, а мы уже там, на месте, стали просчитывать первые варианты сооружения купола над разрушенным блоком. Впоследствии эта работа была поручена заместителю Председателя Совета Министров Баталину, который взял руководство проектными работами в свои руки; впоследствии само сооружение было поручено Министерству среднего машиностроения. Где-то 9–10 мая после телефонного разговора с М. С. Горбачевым, который просил меня лично дать ему некоторую хронологию событий, описания того, что происходит, поскольку он готовился к выступлению по ЦТ, я приступил к написанию соответствующей записки, где изложил все, что к тому времени мне было известно: как развивались события, каким образом произошло разрушение 4-го блока, какие работы уже сделаны, какой большой объем работ предстоит сделать. Эту записку я показал Е. П. Велихову и И. С. Силаеву, который внес ряд

важных замечаний. После чего мы втроем эту записку подписали и отправили М. С. Горбачеву. Она была им частично использована в сто выступлении.

Общение с М. С. Горбачевым. И. С. Силаев и поощрение за особо опасные работы

Кстати, о разговорах с М. С. Горбачевым. Трижды мне приходилось вести их с ним по телефону из Чернобыля. Все носило довольно странный характер. Он звонил, конечно, Председателю Правительственной комиссии т. Силаеву И. С., может быть, он звонил Щербине и с ним разговаривал, но это было вне моего присутствия. Иван Степанович давал ему свою информацию, а затем, когда дело шло о детальных, специфических, профессиональных вопросах, он спрашивал: кому дать трубку? В первом разговоре он сказал – Легасову дать трубку. Я стал с ним разговаривать. 3–4 мин. М.С. спрашивал, что делается, что его волнует это: уже имя Горбачева начинают во всем мире трепать в связи с этой аварией, поднялся массовый психоз в мире; какое же истинное положение? В ответ на это я ему обрисовал положение – а дело было 6 мая, основные выбросы из разрушенном блоке прекращены, – что в настоящие время ситуация контролируема, масштабы загрязнений и зоны, прилегающей к ЧАЭС, и всего мира в целом нам более или менее понятны. Нам было ясно, что пострадавших от лучевого поражения, кроме тех, кто работал на ЧАЭС, ожидать маловероятно, контроль за населением ведется тщательный, что если будут в странах, на которые попали некоторые радиоактивные выпадения в результате аварии, приняты правильные информационные и санитарные меры, то никаких реальных последствий для здоровья людей не будет. Я не знал, что в это время к таким же выводам пришла сессия международной Всемирной организации по здравоохранению, специально собранная по этому вопросу: она также пришла к выводу, что угрозы населению Западной Европы и других стран происшедшая авария не несет. Рассказал о конкретной обстановке: где тяжелые участки, связанные с большим уровнем загрязнения, где обстановка более благоприятная, как идут работы. Он удовлетворился этим разговором. На следующий день во время нашего нахождения у И. С. Силаева повторно раздался звонок М. С. Горбачева, и на этот раз он просил чтобы трубку взял Е. П. Велихов. Его он стал спрашивать о причинах происшедшей аварии. Е.П. стал давать пояснения и сказал, что лучше об этом расскажет Валерий Алексеевич. Трубка была передана мне, и я, может быть, излишне детально, передал причины происшедшей аварии. В этот момент Михаил Сергеевич просил написать ему личное письмо, что и как происходило. Я тут же сел за написание письма; после некоторой редакции И. С. Силаевым оно ушло в ту же ночь на имя М. С. Горбачева за подписью Силаева, Велихова и моей.

И. С. Силаев в составе своей смены наибольшее внимание в процессе работы уделял строительным работам: организации бетонных заводов, или организации подвоза бетона, т. к. ясно было, что нужно было площадку вокруг 4-го блока максимально бетонировать. Именно И. С. Силаев ввел систему материального поощрения за проведение наиболее опасных работ, а наиболее опасными работами было определение, находится или не находится вода в нижнем и верхнем барботерах – помещениях, находившихся под реакторным залом. Мы еще боялись того, что часть расплавленного топлива туда попадет, и возможно мощное парообразование, которое вынесет дополнительную активность наружу. Нужно было знать, свободны ли эти барботеры, оставлять ли их пустыми, может быть, залить их бетоном, и т. д. Подойти к этим барботерам было довольно трудно, потому что рядом расположенные коридоры были заполнены водой с того момента, когда реактор пытались охладить водой. Уровень активности воды был высокий: до юри на литр в отдельных точках. Включили откачные устройства, качивали воду, и все-таки задвижку, которую нужно было открыть и с помощью которой можно было в то время понять, есть ли в барботере вода, удалось одолеть одному из работников станции в очень непростых условиях. И вечером его Иван Степанович торжественно поблагодарил и вручил пакет с 1000 рублей. Он получил на это соответствующее разрешение. И я увидел лицо человека, который был, с одной стороны, очень горд, что ему удалось эту непростую работу в непростых условиях выполнить, а с другой стороны, видно, как он этот пакет с

деньгами мня: не как награду, в общем-то говоря. Ему и отказаться от этих денег было неудобно, и в тоже время сама денежная форма награды как-то его не очень радовала. Потому что действительно, в тот период времени особенно, люди там боролись с аварией, старались выложиться, сделать все что можно, не думая ни о каких там поощрениях материальных или моральных. Все работали единым коллективом, стараясь найти наиболее правильные решения. **Несоответствие элементов станции чертежам**

В этот период времени страшно было смотреть на главного инженера проекта этой станции из Гидропроекта Конвиза, потому что он, по-моему, не спал ни минуты. Естественно, для того чтобы искать подходы, проходы к различным помещениям, все время обращались либо к его чертежам, либо к его памяти, к его опыту. Вот здесь я должен вспомнить много досадных эпизодов. Потому что смотришь, скажем, на чертежи – должен быть свободный коридор. По этому коридору начинаешь движение – оказывается, коридор перегороден какой-то стенкой. Стенкой, видимо, возникшей, созданной по каким-то инженерным соображениям после завершения проекта. Ее не должно быть в проекте, а она существует и не отражена ни в каких чертежах. Возникли обратные ситуации когда в соответствии с чертежами должна быть глухая стена, а на самом деле там был дверной проем. С этим мы тоже сталкивались. Особенно трудно приходилось шахтерам. Потому что, оказалось, на территории станции огромное количество труб и плит были захоронены в земле. И поэтому когда они осуществляли свои работы щитовой проходкой или иным способом, рассматривая чертежи подземных коммуникаций, казалось, что для них проход был свободен, но, начиная практическую работу, они сплошь и рядом наталкивались на препятствия, никак не отраженные в рабочих чертежах. Вот этого, в огромном количестве встречающегося, несоответствия между документальной частью, которая находилась на станции, и фактическим положением дел на различных отметках станции, в подземных сооружениях, было много, – и все это, конечно, произвело впечатление огромного невнимания, огромной неряшливости в ведении такого документального хозяйства, которое должно было бы точно и на каждый момент времени описывать состояние и строительных конструкций, и проходов, и электрических коммуникаций. Вот таких неряшливых элементов встречалось, к сожалению, достаточно много.

В штабе УС-605. Сопровождение по организации работ у основания вентиляционной трубы. Фото А. Г. Ахламова.

При этом хотелось бы обратить внимание на то обстоятельство, что хотя такие факты, конечно, и в обыденной-то жизни раздражают, – но в тот момент времени настолько целеустремленными были действия людей, настолько быстрее хотелось каждому закончить свой собственный участок работы, что вот все эти многочисленные факты неряшливости как-то не вызвали особого крика, шума, и все это отступало на второй план относительно желания как можно быстрее справиться с задачей. Количество людей, прибывающих на площадку, все время увеличивалось потому, что каждая из групп требовала себе новых помощников, приезжающих либо с приборами, либо с документами, либо с инструментами, которые требовались для исполнения операции.

Рост рядов ликвидаторов и организационные изменения. Саркофаг

Это увеличение количества людей требовало и новых способов организации дела. Потому что действительно уже не так просто с глазу на глаз было давать какие-то конкретные поручения и ими

ограничиться. Поэтому когда основные проблемы оказались решенными (основными проблемами я называю проблемы ограждение людей от непосредственной опасности и локализацию самой аварии), встал вопрос о способах управления всеми теми многочисленными коллективами, которые по предложению Правительственной комиссии, по решениям Оперативной группы Политбюро ЦК КПСС прибывали во все возрастающем количестве вместе с техникой на площадку Чернобыльской атомной электростанции. Нужно было организовать одновременно целый ряд совершенно разнородных по своему содержанию работ. Прежде всего вести проектирование укрытия, которое потом в быту получило название «саркофаг». Это проектирование должно было происходить одновременно и на самой площадке, и в тех проектных организациях, которые расположены были в различных городах Советского Союза, главным образом в Москве и в Ленинграде. Нужно было немедленно заниматься дезактивацией позонно, по принципу «от наиболее загрязненных участков к менее загрязненным участкам». Нужно было производить разведку территории, продолжать разведку и уточнять характер распространения радиоактивности уже переносимой, распространяемой ветровым переносом, распространяемой техникой. Нужно было решить проблему ревизии оборудования 1 и 2 блоков, ревизию здания, оставшегося оборудования 3-го блока. Нужно было оценить состояние вообще всех помещений, территорий, участков самой Чернобыльской станции, окружающих ее районов, транспортных магистралей. Нужно было подготовить место для расположения воинских частей, прибывших на помощь в этой ситуации, расположения строительных организаций, организовать четкую систему управления как научно-исследовательскими, проектными, так и исполнительными работами в совершенно различных направлениях.

Система управления этим сложным механизмом создавалась постепенно. Первые две группы – одна возглавлялась Борисом Евдокимовичем Щербиной, а вторая – Иваном Степановичем Силаевым – заняты были исключительно решением самых неотложных, самых оперативных вопросов. Появление Л. А. Воронина на площадке уже привело к тому, что начал обрисовываться облик организации всех работ. Уже возник порядок заказа тех или иных материалов, последовательность в выполнении тех или иных заданий, поручений. Уже стало ясно, что одна группа исследователей занималась территорией, другая группа самим 4-ым блоком, третья группа уже не исследователей, а исполнителей – это главным образом воинские части – приступила к дезактивации помещений 1-го и 2-го блоков. Началась подготовка к фронту работ строительных по сооружению саркофага. Потому что в это время в Москве шли проектные работы. Л. А. Воронина сменил Юрий Дмитриевич Маслюков, и во время его пребывания уже начались очень активные работы по сооружению новых поселков для эвакуированных людей, началась обработка дорог, и уже начали готовить фронт работ перед 4-ым блоком для сооружения саркофага. Еще сам саркофаг не сооружался, но уже подступы к нему бетонировались, наиболее загрязненные участки на площадке либо удалялись, либо бетонировались для того, чтобы строители могли уже действительно начинать работы по его сооружению.

Когда на площадке появился Гусев со своей командой, то уже основные проектные решения прорисовывались, уже было принято решение о том, чтобы строительство саркофага поручить УС-605 – организации Министерства среднего машиностроения. И нужно было произвести тщательную разведку внутреннего состояния 4-го блока, надежности его сохранившихся конструкций для того, чтобы проект мог опираться на какие-то экспериментальные, проверенные данные. И когда Г. Г. Ведерников со своей командой появился на площадке – он сменил Гусева, – то в это время уже и началось сооружение саркофага. Причем именно при Ведерникове, с участием руководителя группы Института атомной энергии А. А. Тутнова, было принято решение, облегчающее и темп, и ход строительства саркофага. Потому что по первоначальному проекту предполагалось соорудить полностью бетонный купол над развалинами, но расчеты, оценки показали, что время сооружения саркофага может быть существенно сокращено, если

бетонный купол, надежность которого ставилась под сомнение – выдержит ли его конструкция, – будет заменен так называемым трубным накатом. Это система труб и последующая крыша, которая закрывала саркофаг от возможности пылеуноса радиоактивности. Конечно, какое-то количество излучения через это верхнее покрытие саркофага уходило бы, но оно было сравнимым, и даже меньшим, чем суммарная активность от всего того, что находилось на площадке. Такое решение было принято в период работы Г. Г. Ведерникова. Итак, последовательно вырисовывалась структура организации работ.

Оперативное совещание в УС-605. Докладывает Николов Владимир Матвеевич. Фото А. Г. Ахламова. **Диагностика 4-го блока. Строители Минэнерго**

Огромную работу на аварийном блоке и на площадке станции проводила исследовательская группа Института атомной энергии. Эту группу последовательно возглавляли различные специалисты. Такие как Юрий Васильевич Сивинцев, Рутений Михайлович Полевой, Александр Александрович Тутнов; затем во главе этой группы стоял Николай Евгеньевич Кухаркин. Очень большую работу проводили в тот период, когда во главе этой группы находился Борис Григорьевич Пологих. Особенно большую работу провели исследовательские группы, в составе которых находились Кулаков, Боровой; например, их основное назначение было – тщательное обследование помещений 4-го блока. Попытка, во-первых, ввести максимальное количество датчиков, которые могли бы характеризовать состояние 4-го блока. Тут нужно отдать должное специалисту Института атомной энергии В. Ф. Шикалову, а также специалистам из Киевского института ядерных исследований, которые приложили огромные усилия для того, найти правильные проходки, ввести необходимые датчики, протянуть к ним кабели. Что касается электронных датчиков, то ими занимался СНИИП Министерства среднего машиностроения, его специалисты под руководством Жернова. В общем, специалисты-исследователи. Одна из задач для них была оснастить 4-ый блок всевозможными датчиками, провести измерение гамма-полей, нейтронных полей, замеры температуры, замеры расхода воздуха, замеры концентрации водорода, если бы он вдруг появился в системе. Датчики размещались на различных отметках – это была, в общем-то, и опасная, и физически трудная работа, потому что надо было каждый раз входить в блок и искать наиболее подходящие участки для того, чтобы надежно диагностировать состояние 4-го блока. Это одна группа работ.

Одновременно проводились непрерывные видео- и фотосъемки помещения 4-го блока, которые позволяли проектантам выбирать правильное решение для того, чтобы последовательно сооружать сам саркофаг. При этом проектная группа ВНИПИЭТа – ленинградской проектной организации Министерства среднего машиностроения, – разработала непосредственно в Чернобыле на площадке и целый ряд проектных решений: хотя генеральный проект был разработан еще в институте, но целый ряд проектных решений принимался там на ходу. Тут просто совершенно огромную работу провел товарищ Курносов – главный инженер этого проекта и главный инженер института, который каждый раз находил соответствующее решение, когда возникала та или другая трудная ситуация.

Трудные ситуации были. Например, попытка подать бетонный раствор на одну из отметок оказывалась неудачной, потому что были достаточно большие щели, через которые бетон проливался на нижние отметки. Нужно было придумать какие-то способы удержания бетона на нужных отметках. Не все опоры были достаточно надежными, и поэтому приходилось их укреплять. И вот такая дружная работа исследователей и проектантов привела в конце концов к тому, что сооружение оказалось достаточно надежным.

Еще одну группу работ в это время вели строители Минэнерго, которые возводили временный поселок, временное жилье в поселке «Зеленый мыс». Там был заказан целый ряд сборных домиков финского, а также советского производства. Для вахтовиков, которые должны были обеспечивать работу 1-го и 2-го блоков, был сооружен очень культурный поселок со всеми удобствами: и с местом для проживания, и с магазинами, и с культурными учреждениями. Этот поселок был возведен буквально за несколько месяцев. За его сооружением постоянно наблюдал лично Борис Евдокимович Щербина, обращая внимание не только на то, чтобы это было место, где людям можно выспаться после работы, но и чтобы там были цветы, чтобы столовая работала не хуже, чем в любых точках Советского Союза, – с тем, чтобы люди чувствовали себя комфортно. Организации Минэнерго и занимались сооружением поселка в Зеленом мысу, а также сооружением целого ряда станций дезактивации техники, которой к тому времени уже появилось на площадке достаточно много.

Оценка радиационного загрязнения

Работа самой Правительственной комиссии проходила по-прежнему в Чернобыле в помещении бывшего районного комитета партии, а местопребывание – место ночевки, что ли – было перенесено на расстояние примерно 50 километров от Чернобыля, и там располагалось и руководство Правительственной комиссии, и целый ряд специалистов, которые приезжали для выполнения тех или иных работ.

Это была большая группа исследователей из разных учреждений Советского Союза, из Академии наук, из Института атомной энергии имени Курчатова. Ну, когда я говорю «Академия наук», я имею в виду прежде всего ГЕОХИ, конечно, и всю украинскую Академию наук. Вся эта группа исследователей занималась в это время детальной съемкой радиоактивного загрязнения местности. Причем использовались как отборы проб на местах, с последующим анализом в радиохимических лабораториях, которые были развернуты также в Чернобыле (часть проб отправлялась в институты: в Радиевый институт или в Институт атомной энергии), так и вертолетные съемки гамма-полей, которые таким образом могли наблюдаться. При этом съемки велись как по сумме гамма-излучения, так и снимался изотопный спектр гамма-излучения, и были найдены корреляции между содержанием отдельных изотопов, по относительному содержанию которых можно было определить и содержание плутония, например, попавшего в окружающую среду. При этом, конечно, и непосредственный отбор проб на содержание плутония и других тяжелых элементов велся непрерывно методом пробоотбора с тем, чтобы сопоставлять данные вертолетные с непосредственным пробоотбором. Обязанности были распределены таким образом, что все, что находилось вне 30-километровой зоны, контролировалось и с воздуха, и с земли службами Госкомгидромета, который возглавлял член-корреспондент Академии наук Юрий Антонович Израэль, который не знаю точно сколько провел времени в Чернобыле, принимал самое непосредственное участие в сборе данных, и в правильной их оценке, и в истории появления пятен загрязненности. В общем, была проведена огромная работа, в итоге которой вне 30-километровой зоны появлялись все более точные карты, которые говорили о степени загрязнения различных территорий. Вне 30-километровой зоны речь шла, конечно же, о загрязнении, главным образом, цезием. Потому что возникло несколько цезиевых пятен – в картах они будут приводиться, – и эти цезиевые пятна формировались в период с начала аварии по 20 мая, после чего формирование их прекратилось. По существующим санитарным правилам были приняты решения, в соответствии с которыми были установлены предельные значения, которые допускали проживание людей на территориях, загрязненных теми или иными изотопами, и в соответствии с этими правилами уже местные власти поступали: отселяли людей или оставляли их жить, переводя на привозное питание, или объявляли зону достаточно свободной для проживания и использования земель. В это же время Госагропром и специалисты Минсредмаша проводили анализ различных сельскохозяйственных культур, определяли степень их загрязненности, вели

наблюдения за лесами, полями вокруг Чернобыльской станции вне 30-километровой зоны и внутри нее. Что касается самой 30-километровой зоны, то она была предметом заботы специалистов Минатомэнерго, специалистов Курчатовского института, Радиевого института и специалистов Украинской академии наук. **Город Славутич. Пуск 1-го и 2-го блоков**

В сентябре месяце закончилась работа сменных составов Правительственной комиссии. Вся работа была возложена на пересмотренный первый состав Правительственной комиссии, которую возглавил Борис Евдокимович Щербина, утвержден ее новый состав. И уже впоследствии, начиная с сентября месяца и далее, за всю работу на площадке Чернобыльской станции и в пораженной зоне вообще отвечала эта Правительственная комиссия. Она принимала все решения, рассматривала все проекты, все замечания и вела всю работу.

Последовательность проведения операций состояла в следующем: где-то к сентябрю месяцу в основном была закончена эвакуация населения, и оно было размещено в новых поселках. Часть персонала станции получила квартиры в городе Киеве, некоторые в городе Чернигове. В общем, такие бытовые, человеческие проблемы были решены. Было принято решение строить город Славутич, потому что с самого начала было ясно, что вахтовый метод может быть применен только как временный метод работы на атомной станции. Поэтому начали проектировать новый город Славутич, который заменил бы город Припять, как постоянное место проживания энергетиков. Августовско-сентябрьский период был периодом активной подготовки к пуску 1-го и 2-го блоков Чернобыльской атомной станции. Пуск был успешно осуществлен, причем перед тем как пускать эти блоки, весь комплекс разработанных специалистами мероприятий, дополнительно повышающих безопасность этого типа станций, был осуществлен и проверен. Причем на 1-ом блоке частично, а на 2-ом блоке – в полном объеме. Это была такая как бы основная задача того периода времени. **Сооружение саркофага – это целая эпопея**

Параллельно с подготовкой к пуску 1-го и 2-го блоков, с осуществлением пусковых операций, шла работа по сооружению саркофага. Первоначальный срок его сооружения был где-то конец сентября месяца. Но целый ряд естественно возникших препятствий помешал выполнить эту работу в срок. Все время возникали какие-то непредвиденные обстоятельства. То были слишком широкие щели, которые не могли удержать бетон: бетон не затвердевал, и невозможно было установить опоры, на которых потом располагались бы соответствующие конструкции. То возникали проблемы подбора материалов: ими занимались, кстати, и киевские специалисты. Затем нужно было сделать проект вентиляционной системы саркофага – в том случае, когда естественной вентиляции не хватало бы для того, чтобы отводить тепло, должна включаться принудительная вентиляция. Все эти вопросы постепенно, в ходе проектирования и уточнялись.

Сооружение саркофага – это целая эпопея. Повторяю, что проектные группы работали прямо на месте. Работа велась с помощью двух кранов «Деаг». Вот с этих кранов шла основная работа, но много таких отделочных работ, работ которые позволяли бы повысить надежность саркофага, конечно, приходилось делать вручную и с применением различных робототехнических устройств. Но оказалось, как я уже говорил, что робототехнические устройства, – и те, которые мы имели собственные, и те, что были закуплены за рубежом, – практически оказались непригодными для работ в тех условиях. Скажем, если роботы имели достаточно надежную электронику, то они не могли преодолевать препятствия, связанные с большим количеством разрушений в здании 4-го блока. И по этой причине не могли быть использованы. Если, скажем, в руки исследователей попадали роботы, удачные по проходимости в самых трудных ситуациях, то электроника в высоких гамма-полях отказывала, и роботы тоже останавливались. Поэтому многие могли видеть картину с одиноко стоящими роботами на крышах зданий – там пытались использовать роботов для того, чтобы очистить загрязненные поверхности крыш. Наиболее удобные технические средства были созданы специалистами НИКИМТа. Это организация, директором которой был

Юрий Федорович Юрченко. Он сам много времени провел на площадке, под его руководством и создавалась техника, испытывалась, использовалась. Ну, собственно-то, техника обычная, обычные бульдозеры, обычные скреперы, обычная строительная техника, но усиленная свинцовыми листами, т. е. внутри этой техники защищался человек. И вот на такого рода устройствах основные работы дезактивационного характера в наиболее трудных местах и были произведены.

Дезактивация Припяти

Воинские подразделения занимались в основном дезактиваций больших площадей как на территории станции, так и внутри здания этой станции. Работали очень добросовестно, с высокой скоростью и с высокой отдачей. Конечно, во времени все менялось: и наше представление, и способы работы. Но я хорошо помню эпизод, когда мы с генералом Кунцевичем приехали в город Припять. Казалось, что провести дезактивацию этого города практически невозможно, потому что куда ни сунешься – везде уровни радиации довольно высокие. Скажем 700–800 миллирентген в час – вот такого масштаба мощности дозы мы обнаружили приборами. Но вот сделали мы одну операцию, скажем, откололи куски облицовки у одного из зданий и увезли их из Припяти в Чернобыль, и оказалось, что там эта облицовка давала 800 миллирентген в час, а здесь не больше 19 миллирентген в час. Ясно было, что источники загрязнения не носили массовый характер, были локальные источники загрязнения, которые создавали такой общий фон, создающий картину невозможности очистки этого города. Когда разобрались с этим, и когда наиболее активные радио-изотопы уже распались – в основном где-то в августе-сентябре месяце, – началась очень активная работа, проводимая силами военных организаций по дезактивации города Припяти. И город Припять был существенно очищен от загрязнения примерно в тот же самый период, когда заканчивалась сооружение саркофага. Саркофаг еще сооружался, и мы решали проблемы, как закрывать щели. Было принято решение использовать асбестовые мешки, заполненные полиэтиленовой крошкой. Эти мешки опускались в соответствующие растворы, дающие вспенивание, и вот такими мешками были закрыты все щели на крыше саркофага. Но еще не закончились работы по саркофагу, как уже начались работы по проверке состояния оборудования 3-го блока. Возник также вопрос о том, что делать с 5-м и 6-м блоками. **Приемы задержания радионуклидов**

Таким образом, к октябрю месяцу 1986 года возникла очень четкая ситуация по распределению работ. УС-605 Министерства среднего машиностроения завершал сооружение саркофага, который получил название «укрытие». Строители Министерства энергетики занимались возведением вахтового поселка в Зеленом мысу и некоторыми работами, связанными с созданием станций дезактивации внутри 30-километровой зоны, и некоторыми работами на территории самой ЧАЭС. Минатомэнерго вело работы по подготовке к пуску 1-го и 2-го блока. И уже потихоньку начинали влезать в 3-й блок, в оценку его состояния. Воинские подразделения вместе с организациями Минсредмаша вели очистку крыш здания, в котором расположены были 3-й и 4-й блоки Чернобыльской атомной электростанции. Воинскими же подразделениями продолжалась дезактивация тех жилых поселков, которые входили в 30-километровую зону. Исследовательская группа, как я уже сказал, разделила свои усилия на изучение всего того, что осталось в 4-ом блоке, поиск топлива и максимальное насыщение диагностической аппаратурой. Диагностическая аппаратура вводилась снизу 4-го блока из барботерных помещений, вводились диагностирующие элементы через просверленные боковые стенки в помещение реакторного зала, и основная масса диагностирующей аппаратуры была введена сверху: на специальных фалах навешена в том же помещении реакторного зала. Другая группа исследователей в это же время занималась иной задачей, а именно – определением миграции радионуклидов внутри 30-километровой зоны и вне ее. Интересовал вопрос: на какие глубины проникают радионуклиды, выпавшие на поверхности, как они задерживаются. Испытывались различные приемы искусственного задержания радионуклидов на поверхностях, решались проблемы защиты реки Припять от попадания в нее радиоактивных элементов, осуществлялись

мероприятия по недопущению загрязнения вод радионуклидами. Но вот в последней области мероприятия были довольно простые – было сооружено около 150 скважин, причем скважины были как диагностические, так и рабочие. Диагностические скважины постоянно работали и использовались для измерения радиоактивности подпочвенной воды и, в случае необходимости, могли бы включаться рабочие скважины, откачивающие загрязненную воду. Но, к счастью, за весь период работ до сегодняшнего дня все диагностические скважины показали, что подпочвенная вода всегда была чистой, и ни разу не приходилось включать откачные скважины. Проводился комплекс исследований в пруду-охладителе рядом с Чернобыльской станцией, где определялось состояние радиоактивности воды, илов, но очень много внимания было уделено состоянию самой реки Припять, Киевскому водохранилищу. В общем, довольно быстро было обнаружено, что сами воды не имеют большой загрязненности, но вот илы были поражены, и концентрация радиоактивных элементов в илах, например, в пруду-охладителе, достигала 10^{-5} кюри, в то время как содержание радиоактивности в воде не превышало 10^{-8} – 10^{-9} кюри на литр. Это были максимальные цифры. Было сооружено большое количество дамб, плотин, назначение которых было – задержать загрязненный мусор, листву, все что загрязняло воду поверхностно с тем, чтобы вдоль Припяти и дальше по Днепру радиоактивность не распространялась. Эти работы проводились Министерством водного хозяйства Советского Союза, Министерством водного хозяйства Украины, проводились в удивительно сжатые сроки: плотины проектировались и тут же строились. Это сопровождалось все время исследовательскими работами, причем в тело плотин вводились цеолиты, специально доставленные из Армении, из Грузии, обладающие высокой сорбционной способностью, – для того, чтобы можно было все микрочастицы и компоненты радиоактивных элементов, содержащихся в воде, задержать и не допустить их дальнейшего продвижения. По состоянию на сегодняшний день, можно сказать, что цель эта была достигнута.

Зам. нач. УС-605 Макаров Владимир Николаевич и водитель Павел Иванович на месте ликвидированного «рыжего леса». Фото А. Г. Ахламова.

Координационный совет. «Рыжий лес»

Примерно в то же самое время, когда была уже сформирована окончательная Правительственная комиссия во главе с Борисом Евдокимовичем Щербиной, и каких-то подмен и замен больше не существовало, – примерно в это же время по решению Правительства в Академии наук был создан Координационный совет по чернобыльской проблеме во главе с Анатолием Петровичем Александровым, а я был назначен его первым заместителем. В состав совета входили руководители основных ведомств, которые были связаны с проведением работ вокруг Чернобыля, и также наиболее крупные специалисты: такие как, скажем, академик Соколов, академик Михалевич или академик Трефилов, которые были связаны с конкретными работами экологического или технического характера, связанными с ликвидацией последствий аварии.

Нужно сказать, что когда работа приняла такой организованный характер, когда усилия были распределены между различными ведомствами и различными кураторами, то, конечно, порядка и ясности стало гораздо больше, чем в первые дни, когда решались чрезвычайные задачи. Военные в это время развернули очень удачно – в городе Овруч – свой исследовательский центр, который позволял бы большому контингенту военных специалистов осознанно вести работу по дезактивации, по измерению – все работы, которые поручались военным. Этот центр проводил тоже очень большую работу по измерению состояния радиоактивности, по выносам радиоактивности, по ветровому переносу, по динамике состояния различных территорий, и внес свой большой вклад и в научно-исследовательском плане, и в практическом

плане во все те работы, которые проводились в Чернобыле – причем решал нелегкие задачи. Вот, например, недалеко от атомной станции был сильно загрязнен, до нескольких рентген в час – первоначальная мощность излучения – большой участок леса, который получил название «рыжий лес». По судьбе этого леса вносились различные предложения. Первое – не трогать его и оставить в том виде, в котором он есть, с его активностью, считая что как-то природа сама переработает все: то есть хвоя, наиболее зараженная, опадет, после этого хвою можно будет собрать и захоронить, а стволы деревьев, сучья – все это будет оставаться довольно чистым. Второе предложение было – наоборот, сжечь весь этот лес, и даже эксперименты проводились по сжиганию элементов этого загрязненного леса. Но эти эксперименты показали, что все-таки с продуктами горения уходит достаточно большое количество радиоактивности. В конце концов были принято решение спилить часть леса, оттранспортировать его, захоронить, а оставшуюся площадку просто превратить в могильник, закрыть ее, – что и было осуществлено. Радиоактивное воздействие этого «рыжего леса» на город и прилегающую территорию резко уменьшилось после проведения этих операций.

Члены правительственной комиссии после очистки кровли. Второй справа – замминистра МСМ СССР Усанов. Слева – корпуса реакторных отделений энергоблоков №№ 2 и 1. Фото А. Г. Ахламова. **Вопрос 3-го, 5-го и 6-го блоков**

Очень большая дискуссия возникла по так называемому комптоновскому эффекту. Когда начали готовиться к пуску 3-го блока – а первоначально его хотели пускать где-то следом за 1-ым и 2-ым блоками, – радиационная обстановка внутри здания 3-го блока, особенно в машинном зале, не позволяла вести всерьез даже ревизионных работ. Первое предположение было, что это внутреннее загрязнение здания. После проведения дезактивации уровень активности в этом помещении снизился, но все равно оставался высоким, достигая десятков, а иногда и сотен миллирентген в час в отдельных точках, а в единичных местах – до рентгена в час.

Чернобыльская АЭС. Хорошо видно (справа) что машзал всех 4-х энергоблоков – объединенный. Фото А. Г. Ахламова.

Тогда было высказано первоначальное предположение, что источником такой высокой активности является крыша 3-го блока, на которой осталось много рассыпанного топлива, и вот это обстоятельство мешало нормализовать радиационную обстановку. Потому что более 600 помещений 3-го блока были вычищены, вымыты, а мощность зоны в машзале все равно оставалась достаточно высокой. Начали проводить различные измерения с использованием коллиматоров, специальных конструкций, которые показали, что наличие активности на крышах является не единственным источником, влияющим на радиационную обстановку 3-го блока, что все-таки соседство 4-го блока за счет комптоновского эффекта и отражения части гамма-лучей, выходящих через крышу 4-го блока, также служит источником повышенного радиационного фона в машзале 3-го блока. Сколько было на эту тему дискуссий, сколько было экспедиций, сколько было измерений, – и все-таки в конце концов оказалось, что основным источником загрязнения

являются, конечно, те загрязнения, которые находились на крыше 3-го блока: это было главное. Хотя, конечно, какую-то толику, на уровне 10 миллирентген в час, и даже меньше, вносило и рассеянное комптоновское излучение, идущее от 4-го блока. Поэтому было принято решение полностью сменить крышу 3-го блока, поставить новую с соответствующими защитными устройствами, которые позволили бы продолжить необходимые работы и вовремя запустить 3-й блок Чернобыльской атомной электростанции.

Правительственная комиссия после осмотра очищенной и восстановленной кровли объединенного машзала ЧАЭС. Дозиметрический контроль. Фото А. Г. Ахламова.

Примерно в это же время, когда решалась судьба 3-го блока, очень остро стал обсуждаться вопрос о необходимости проведения пусконаладочных работ на 5-ом и 6-ом блоках. Эти блоки находились совершенно в разном состоянии готовности. 5-й блок имел высокую готовность, и практически мог быть за несколько месяцев после дезактивации завершен и пущен в эксплуатацию. Ну а 6-й блок был в начальной стадии. Дискуссии были большие, и общественность протестовала против того, чтобы продолжали строительство 5-го и 6-го блоков, и чтобы они входили в строй, потому что это казалось им чересчур большой концентрацией мощности: 5 гигаватт на одной площадке. Тем более находящихся в ненормальных радиационных условиях, все-таки. Энергетические потребности Украины диктовали необходимость введения все новых и новых мощностей. Вопрос это обсуждался и на Правительственной комиссии, и выносился на более высокие уровни, — и в конечном счете решено было отложить решение этого вопроса, и в ближайший 1987 год — возможно, и 1988 год, — никаких строительных работ на 5-ом и 6-ом блоках не вести, а все силы дезактиваторщиков направить на очистку так называемой стройбазы. На территории ЧАЭС была строительная база, на которой были расположены механизмы, материалы, необходимые для сооружения блоков. Эта база была достаточно загрязненной. И вот для того, чтобы спасти большое количество дорогого оборудования, там размещенного, был сооружен специальный цех на Чернобыльской атомной станции — цех дезактивации. И вот этот цех начал последовательно дезактивировать наиболее ценное оборудование и отправлять его в различные точки Советского Союза для практического использования. В тот же самый период, когда начались активные работы по дезактивации и подготовке к пуску 3-го блока, — в этот же период по-настоящему начали разворачиваться работы уже не по проектированию, а по строительству города Славутича. Причем темп сооружения этого города все время увеличивался, и это имело большой смысл, потому что после примерно 4–5-месячной эксплуатации в вахтовом режиме 1-го и 2-го блоков стало ясно, что вахтовый метод в данном случае, конечно, не является оптимальным. Он был вынужденным, сыграл большую роль в течение того периода времени, когда им пользовались, но базироваться на нем как на основном методе работы стало невозможно. Поэтому темп сооружения города Славутич как основного городка энергетиков резко усилился. Вот, скажем, Борис Евдокимович Щербина, на моей памяти, чуть ли не ежемесячно совершал такие специальные вояжи для того, чтобы контролировать, следить за тем как идет сооружение города Славутич, как идет оснащение, насыщение его оборудованием, — в общем, этот вопрос постоянно находился под его контролем. Впрочем, как и все остальные вопросы, связанные с Чернобыльской аварией.

Советские спецработы

Уже где-то в середине 1987 года – вот в это лето 1987 года, – наконец появились роботы, сделанные советскими специалистами. Скажем, роботы, созданные в Институте атомной энергии имени Курчатова. Это роботы-разведчики, которые мы не могли своевременно получить ниоткуда, ни из какой страны мира. Вот сами мы создали роботы-разведчики, которые в самых сложных геометрических условиях, в условиях завалов, в условиях высоких радиационных полей могли продвигаться практически на любые расстояния, управляемым образом производить радиационную и термическую разведку обстановки, выдавать необходимую информацию.

Робот «Мобот – Ч – ХВ» разработки МВТУ им. Н.Э Баумана. Поставленные из Германии роботы вышли из строя после нескольких дней работы. Фото А. Г. Ахламова.

Эти роботы сыграли большую роль уже сегодня, потому что с их помощью было обнаружено много интересных фактов, связанных с характером и последствиями аварии. И я уверен, что они принесут еще больше информации. Другая идея, которую я неоднократно высказывал и просил исполнить (она до сих пор не исполнена) – это идея, связанная с созданием летных роботов. Т.е. радиоуправляемых авиамodelей, которые несли бы на себе датчики. Датчики радиационных полей, датчики, с помощью которых можно было бы измерять состав над различными точками Чернобыльской атомной электростанции...

Осень 1987

Публикуется по изданию: Легасов В. А. Из сегодня – в завтра. Мысли вслух. М.: Аврора, 1996. СС. 25-112. Разбивка на подразделы дана составителями для удобства восприятия текста. **Сквозь призму Чернобыля**

Беседа с академиком В. А. Легасовым

Из Вены возвратилась группа специалистов, которые принимали участие в совещании экспертов МАГАТЭ. Корреспондент «Правды» В. Губарев обратился к руководителю делегации академику В. А. Легасову с просьбой рассказать об этом совещании.

Судя по сообщениям советской и зарубежной печати, в Вене была «горячая» неделя?

– Разговор шел об авариях на АЭС. В Вене присутствовало более 500 экспертов из 45 стран, среди них были крупнейшие специалисты по энергетике, атомной физике, безопасности, медицине. И хотя наша встреча в Вене – это подготовка к Генеральной конференции МАГАТЭ, которая состоится в конце сентября и где будут обсуждаться важнейшие документы по безопасности атомной энергетики, тем не менее интерес к работе экспертов был необычайно велик. Это естественно, поскольку прогресс в ядерной энергетике позволил за необычайно короткий срок довести долю электроэнергии, получаемой в мире за счет ядерных источников, до 15 процентов. Накоплен огромный опыт, созданы мощные производства, подготовлены миллионы специалистов для атомной промышленности.

Во всех прогнозах новым энергоисточникам отводилась существенная роль, в них виделось спасение от засорения Земли, загрязнения атмосферы и воды. И вдруг происходят аварии на атомных станциях то в США, то в Чернобыле, пугающие и возможными и реальными масштабами моральных и материальных потерь.

– Инициатором этой встречи в Вене была наша страна?

– Конечно. Авария на Чернобыльской станции – большая беда для нашего народа. Погибли люди, нанесен большой материальный и моральный ущерб. Многие научные и хозяйственные учреждения и предприятия вынуждены были изменить характер своей работы, переключившись на ликвидацию последствий аварии. Людям приходится трудиться в радиационно осложненной обстановке. Одновременно авария на 4-м блоке обострила дискуссию как в нашей стране, так и в мире о целесообразности использования ядерной энергетики. Как идти дальше? Как оценивать происшедшее? Эти вопросы задаются многими в разных странах. И оценки происшедшего разные. Многие газеты преувеличивали масштабы последствий аварий. Некоторые обвиняли в малой надежности только уран-графитовые реакторы, другие – советскую атомную энергетику, а третьи – всю атомную энергетику как направление. Ожилились группы, требующие полного запрета АЭС. И все это без анализа последствий подобной аварии, без сравнения опасностей ядерных источников с опасностью других современных производств.

Нужно было уйти от эмоций и некомпетентности, дать возможность специалистам спокойно и объективно оценить происшедшее, дать свои рекомендации. Поэтому Советское правительство поручило группе экспертов представить Международному агентству по атомной энергии полную и достоверную информацию, основанную на выводах Правительственной комиссии о причинах аварии и исследованиях, измерениях, расчетах и наблюдениях, связанных с происшедшим событием.

– Как известно, вы – член Правительственной комиссии и с первого дня аварии находились в Чернобыле...

– В составе экспертной группы много специалистов, которые вместе со своими коллегами на протяжении всех минувших месяцев были заняты разработкой и реализацией противоаварийных мероприятий. Эксперты постарались отобрать наиболее существенные для коллективного рассмотрения данные, надежные и неоднократно проверенные цифры и результаты тех измерений, которые удалось провести в достаточно сложной обстановке. Но это только начало. Огромная работа по более детальному зондированию разрушенного 4-го блока, изучение специфики миграции радионуклидов в различных сферах – все это еще находится в стадии развития. Накоплен и продолжает накапливаться большой экспериментальный материал. В Вене были изложены те результаты, методика получения которых не вызывает сомнений у специалистов, и те цифры, которые установлены с достаточной надежностью.

– Хочу процитировать некоторые высказывания западных газет. «Австрийские эксперты, как и другие специалисты, были удивлены обширными советскими данными и материалами», – писала «Фольксштимме». Лондонская «Файнэншл таймс» отмечала: «Западные официальные лица высоко

оценили искренность советских экспертов, которые со своей стороны выразили глубокое удовлетворение результатами встречи». Американский посол по особым поручениям Ричард Кеннеди сказал: «Мы получили практически все, за чем приехали сюда, а, возможно, услышали больше, чем ожидали».

– Мы рассчитывали на откровенный разговор, поэтому предоставили в распоряжение своих коллег весь полученный на сегодняшний день опыт. Мы были готовы к критическим и конструктивным обсуждениям наших планов повышения надежности атомных станций. Важно в общих дискуссиях выявить общие причины происходивших в разных странах аварий на атомных станциях и других технологических системах, чтобы найти совместные рекомендации для наиболее эффективных путей снижения риска их возникновения.

Ну а что касается качества информации, представленной в МАГАТЭ, то могу сказать, что крупнейшие и авторитетнейшие организации СССР принимали участие в подготовке доклада.

– Еще одна цитата из «Монд»: «Помимо рассмотрения чисто научных проблем, анализа причин и последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции, на этой встрече были заложены прочные основы широкого международного сотрудничества в области атомной энергетики, что крайне необходимо в нынешних условиях». Вы разделяете эту точку зрения?

– Специалисты знают, что за последние годы в мире произошло несколько аварий с необычно высоким уровнем человеческих и материальных потерь. Эти аварии мало зависят от типа техники и сильно от единичной мощности аварийного блока – атомная ли это станция, химический реактор или газовое хранилище, – отданного в распоряжение оператора. Зависит ущерб и от места и плотности размещения потенциально опасных объектов. Но даже такие тяжелые по последствиям аварии, как чернобыльская, бхопальская или фосфорная авария в США, не должны повернуть вспять технологическое развитие цивилизации, не должны заставить отказаться от мирного использования ядерных источников или достижений химии, ибо этот отказ обернулся бы для людей еще более тяжелыми последствиями. Но дальнейшее развитие атомной энергетики требует повышения уровня ее безопасности и усиления международного сотрудничества для использования наивысших достигнутых стандартов и критического отношения к ненадежно решенным технологическим системам и их элементам.

Основная причина, как это случилось в Чернобыле, – дефекты во взаимодействиях человека с техникой. И каждый раз это именно проблема взаимодействия, так как в оптимальном варианте машина и человек должны выручать друг друга при случайных отказах. Причем выручать автоматически! Но пока этой оптимальности не достигнуто нигде в мире.

– В докладе, представленном в МАГАТЭ, анализируется и эта проблема?

– Конечно, потому что авария на 4-м блоке – прежде всего грубейшие ошибки обслуживающего персонала, но не сумела и техника сдержать операторов, не дать им отключать защитные системы. В докладе проанализирован каждый этап работы в тот день, дана хронология развития аварии. Проведен анализ процесса развития аварии на математической модели. Показаны все этапы работ по ликвидации последствий аварии, по контролю за радиоактивным загрязнением окружающей среды и здоровьем

населения. В докладе даны рекомендации по повышению безопасности ядерной энергетики и определены направления ее развития.

– *Неделю продолжались дискуссии. Какой главный вывод?*

– Первым я бы отметил тот факт, что установилась общность взглядов на реактор РБМК, на специфические проблемы безопасного управления им. Меры, предложенные советскими специалистами, исключая аварии, подобные чернобыльской, были оценены и не критиковались. Не вызвала возражений представленная оценка причин и хода течения аварии.

Все действия советских организаций и специалистов по ликвидации последствий аварии в Чернобыле признаны правильными, международное сообщество одобрило их. Получили понимание и динамика эвакуации населения из опасных зон, и все медицинские мероприятия.

Международные эксперты оценили огромное значение того опыта, который был получен советскими специалистами по ликвидации аварии и который теперь стал международным достоянием. Сошлись мы все в том, что отказ от развития ядерных источников энергии привел бы мир к еще большим опасностям и трагедиям.

Уроки аварии в Чернобыле заставляют нас вложить много новых усилий в повышение уровня безопасности АЭС. Проведенные в МАГАТЭ дискуссии полезны. Они привели к выработке конкретных 15 рекомендаций, выполнение которых в еще большей степени повысит уровень безопасности АЭС и оградит людей от аварий, подобных случившейся. И мы хотели бы развивать такие контакты и в будущем.

Совместная работа в масштабах всей планеты сегодня совершенно необходима. Но любая безопасность станет бессмысленной, если не будет устранена самая главная опасность – возможность не случайного, а сознательного разрушения объектов во время ядерного конфликта. Поэтому Советский Союз, предложив режим безопасного развития атомной энергетики, установил мораторий на ядерные взрывы и предлагает приступить к сокращению ядерных вооружений.

«Правда», 1986, 5 сент.

В. А. Легасов

Высвечено Чернобылем...

Встреча была назначена на 16.50 в понедельник 28 апреля 1986 года. Член редколлегии «Химии и жизни» академик Валерий Алексеевич Легасов пригласил сотрудника редакции, чтобы обсудить несколько текущих дел, а главное, тезисы проблемной статьи о состоянии химии и химической технологии. Главный тезис: без опережающего развития современной, подчеркиваю, современной химии и столь же современной технологии разговоры о научно-техническом прогрессе так и останутся разговорами.

Потому хотя бы, что любая физическая идея начинает работать на нас лишь после того, как материализуется в веществах, конструкциях и технологических процессах. В конечном счете все зависит от химиков. Так, к примеру, в атомной энергетике три четверти всех операций, начиная с выщелачивания урана из руд и кончая захоронением радиоактивных отходов, – это операции, по сути, химические.

Мы знакомы со студенческих лет. Упоминаю об этом лишь затем, чтобы читатель не удивлялся некоторым оборотам публикуемой ниже беседы. Сегодня академик Легасов – член Президиума АН СССР,

первый заместитель директора Института атомной энергии имени И. В. Курчатова. Его рабочий день, расписанный по минутам, обычно начинается в 10.00 утра, а заканчивается, как правило (впрочем, последние полгода это правило редко соблюдалось), часов в 10 вечера. Следующий час – сугубо личный, час отдыха и размышлений. Именно в этот час встречались обычно где-нибудь в окрестностях института. Вышагивает, чуть сутулясь... рядом степенно идет большой пушистый пес, который всегда считает третьего лишним, но терпит.

Лишь когда дело касается самого главного – для науки ли, техники, журнала или отдельного человека, академик выкраивает из своего дневного бюджета времени полчаса или час для встречи с «дружественной прессой». Как должно было быть и в тот апрельский понедельник.

На всякий случай я позвонил накануне – мало ли какие могут быть перемены. Перемены были: член правительственной комиссии по расследованию причин аварии на ЧАЭС академик Легасов вылетел в Чернобыль в числе первых. С тех пор на протяжении многих недель увидеть его можно было разве только по телевизору...

Лишь через полгода, когда подходил к концу первый, самый сложный этап работы по ликвидации последствий аварии, когда завершилось венское совещание экспертов МАГАТЭ, когда были готовы к пуску первый и второй блоки Чернобыльской АЭС, состоялась та, надолго отложенная беседа. Естественно, с несколько обновленным углом зрения.

Знакомый кабинет в Курчатовском институте. Чуть слышно шелестит лента в магнитофоне, фиксируя наш разговор, поначалу довольно вялый. Причиной здесь, очевидно, накопленная усталость моего собеседника. Лишь спустя какое-то время (судя по пленке, минут через шесть-семь) беседа набирает нужный ритм и темп. Вот с этого момента и воспроизведем запись.

ЛЕГАСОВ: Неправильно! Не в согласованиях дело. Я могу за две минуты, причем не только в экстремальных условиях, согласовать все, что нужно, по телефону. Про Чернобыль и говорить нечего: то, что было, тут же давали. Но если нечего давать?!

Повторяю то, с чего начал: сколько ни говори «халва-халва-халва», во рту сладко не станет; сколько ни тверди «научно-технический прогресс», сколько ни ходи по начальству с прекрасной идеей, какой робот или станок, к примеру, придумали, но до тех пор, пока этот станок или робот не облачен в нужные для него материалы, пока нет процессов, в которых эти материалы получают, все хождения будут впустую. Без материала, без чувствительных датчиков, без мембран, волокон, красителей и еще многого химического, нашего никакая техническая идея современной не станет. Электронику взять. Она начинается с логики операций, а дальше – сплошь материал! Или машиностроение, о котором сегодня так много говорим. Оно тоже опирается прежде всего на материалы, на произведенное химией.

Только тогда металлургию тоже частью химии надо считать...

А как иначе? В основе-то преобразование вещества. Вот, забежая немного вперед, скажу – теперь этот факт известен: случилось в Чернобыле – потребовались роботы для проведения определенной работы, так их сделали за две-три недели, причем лучше, чем французские или итальянские. Конструкторы у нас великолепные.

А без Чернобыля сколько эти великолепные роботы пришлось бы согласовывать, пробивать, внедрять? Внедрять – слово-то какое!

Согласен, заинтересованность отраслей, производящих новую технику, в том, чтобы делать действительно новое, оставляет, как говорят, желать лучшего. Но даже когда есть все: и экономические рычаги, и самая что ни на есть кровная заинтересованность, произведенное химиками остается основой. Если ж нет материала, если нет упреждающего развития химии, множество прекрасных физических идей так и остаются идеями. Вот они, идеи, стоят (кивок в сторону полки с папками. – *В.С.*), только наши энергетические идеи – одна лучше другой. А неосуществимы при существующем уровне химии. И в других отраслях, имеющих дело с материалом, то же самое, если не хуже. Вот где суть. Чернобыль и это высветил.

Каково было первое впечатление?

Впечатление?! Когда мы прилетели в Чернобыль, то первоочередной задачей была точная оценка радиационной обстановки. От этого зависела возможность пребывания людей в пораженной зоне. Не о населении речь – эвакуация населения была неизбежной, а о тех, кому предстояло работать над ликвидацией последствий случившегося.

И сразу же – химия. Уровни радиации на разных участках отличались порядками величин. Некоторые из них надежно фиксировались существующими дозиметрическими приборами, другие же сразу выводили из строя электронные компоненты приборов, и обстановку, к тому же быстро меняющуюся, оценивать было сложно. Сами приборы требовали сопровождения разведчиков. И как тут было не жалеть, что в те дни очень не хватало надежных и простых химических детекторов, видимым образом (цветом, к примеру) реагирующих на интенсивность ионизирующего излучения! Подобные детекторы могли оставаться на маршрутах в качестве меток и т. д.

Вот подготовленность биохимиков и медиков к быстрому и массовому введению иодсодержащих препаратов сыграла свою положительную роль. Правда, с оперативной информацией для населения об элементарных основах радиометрии (чего стоит опасаться, а чего нет) в простой и доступной форме дело вначале обстояло неважно. Курчатовцам даже пришлось взять на себя издание листовок на тему для всех работающих в зоне.

Следующая важнейшая задача – ликвидация горения графита, введение в разрушенный реактор компонентов, способных удержать, отфильтровать выделяющиеся радионуклиды, – снова задача химическая по сути. Готовых алгоритмов действий для этих условий, к сожалению, не было. Ведь нужны были фильтрующие материалы, не горючие, не испаряющиеся, распространяющиеся по всем возможным отметкам здания. Желательно при этом, чтобы они – при правильно подобранной композиции – не сильно ухудшили естественный теплоотвод от разогретого ядерного топлива, чтобы помогли стабилизировать температуру за счет фазовых переходов или эндотермических химических процессов.

Единственно ясным и сразу реализованным решением было введение соединений бора для эффективного поглощения нейтронов, если бы в этом возникла необходимость. Все остальное приходилось изобретать на ходу, с учетом возможностей быстрой доставки на площадку.

Позже возникла проблема выбора нужных марок бетона. Чтобы он схватывался не быстро – ведь подавать его можно было лишь с больших расстояний – и чтобы этот бетон был способен выполнять свои функции в условиях радиационных и тепловых воздействий.

Одновременно встала задача локализации радиоактивной пыли – ведь было уже жарко и сухо, нельзя было допустить ветрового переноса загрязненных частиц на большие расстояния. Сразу же был построен химический мини-цех, где синтезировались компоненты и создавались композиции, способные быстро полимеризоваться на поверхности, образуя нерастворимые пленки. Химики тут же на месте улучшали подобные составы, использовали комбинированные полимеры, фосфатные соединения. При сооружении водозащитных устройств для удержания активности на поверхностях использовали природные цеолиты.

Все дезактивационные работы требовали химических знаний, но многое создавалось и проверялось на ходу. Так что все время ощущалась, с одной стороны, огромная роль химиков и химических знаний в этой острой ситуации, а с другой – то, что в наших научных планах не было многих исследований, столь важных в случае возникновения непредвиденного...

Что можно сказать о причинах аварии?

О них писалось довольно много и ясно. Персонал станции стремился любой ценой провести порученные ему испытания турбоагрегата. Суть испытания заключалась в измерении времени, в течение которого турбина, на которую перестал подаваться пар, вращаясь по инерции, способна поддерживать в генераторе электрические параметры, необходимые для обеспечения собственных нужд реактора.

Испытания эти должны были проходить по такой примерно схеме: постепенное снижение мощности реактора (при ее уменьшении примерно до четверти номинальной реактор должен быть остановлен, а оставшийся пар перепущен по коммуникациям мимо турбины), прекращение подачи пара на турбину и, наконец, электротехнические измерения.

В процессе снижения мощности операторы «упустили» заданную программой величину, с которой следовало начать испытания, мощность реактора упала почти до нуля. В этом случае реактор должен быть остановлен и стоять примерно сутки, пока не распадутся коротко живущие изотопы, активно поглощающие нейтроны, так называемые «нейтронные яды». Но поскольку утром 26 апреля реактор по графику останавливался на планово-предупредительный ремонт, а после месячного ремонта он мог до остановки работать еще год или более, то испытания практически сорвались. Вот тут-то, видимо, и сыграло роль стремление выполнить задачу «любой ценой».

Отказавшись от остановки реактора, стали повышать его мощность: подняли один за другим управляющие стержни, поглощающие нейтроны. Из-за того, что в реакторе еще были нераспавшиеся нейтронные яды, подъем стержней оказался не очень эффективен – мощность росла медленно. Еле-еле удалось стабилизировать ее на уровне 200 МВт, но какой ценой! Ценой нарушения строжайшего запрета работать на реакторе без разрешения главного инженера, если в активной зоне остается менее 30 стержней. Если же в зоне останется всего 15 стержней, то и главный инженер не вправе разрешать работу – реактор должен быть немедленно остановлен. В ту злополучную ночь в зоне оказалось менее 8 стержней, но операторы продолжали свой эксперимент...

Эти манипуляции и ряд других обстоятельств сделали работу реактора неустойчивой. На этот случай в системе управления есть несколько защитных барьеров, сигналы с которых автоматически останавливают реактор. Персонал отключил все эти защитные барьеры – опять же во имя выполнения задачи «любой ценой». Затем совершили еще одну ошибку, из-за чего и начался самопроизвольный рост мощности в условиях неуправляемой – беззащитной – активной зоны. Последняя барьерная линия – аварийная защита, вводимая простым нажатием кнопки, в этих условиях не успела остановить возросшую в 13 раз за 1

секунду мощность реактора, ибо конструкция этой защиты не обладала быстродействием, нужным в столь невероятных условиях.

Дальнейшее известно: разогрев материалов зоны до очень высоких температур, мгновенное мощное парообразование, вскрывшее герметичную активную зону с инертной атмосферой, химические процессы раскаленных металлов и графита с парами воды и с кислородом попавшего в реактор воздуха, разрушение здания и вынос части топлива и накопленных радиоактивных осколков за пределы блока и станции.

И как было с этим бороться?

Вводить в горящий реактор карбид бора, доломит, другие компоненты из-за сложной радиационной обстановки можно было лишь с воздуха, с высоты 200 м. Подобные «сбросы» вызывали, естественно, пылеобразование. Но вот что важно: при этом происходило не только распыление, но и укрепление аэрозольных частиц, что задерживало распространение их на дальние расстояния, но рядом с четвертым блоком загрязнение росло. Что называется, огонь на себя...

Если бы все необходимые химические компоненты на аварийный случай находились внутри здания реактора или если бы проектом были предусмотрены коммуникации, позволяющие быстро вводить нужные вещества в активную зону, то справиться с прямыми последствиями аварии было бы куда проще.

Я где-то читал, что за рубежом атомные реакторы закрывают круглыми железными колпаками, выдерживающими даже случайное падение самолета или метеорита...

И за рубежом есть атомные реакторы без колпаков. У нас же все реакторы типа ВВЭР-1000, например, снабжены подобными колпаками. Их назначение – не только уберечь реактор от внешних силовых воздействий, но, главное, удержать радиоактивные выделения внутри здания, если из-за потери теплоносителя будут разгерметизированы тепловыделяющие элементы.

В реакторах типа чернобыльского та же задача решается по-иному. Все опасные элементы размещены в прочно-плотных боксах. То есть в этом случае как бы не один защитный корпус, а множество их, секционированных. Но все эти сооружения, как, кстати, и колпаки, не рассчитаны на внутреннюю детонацию во всем диапазоне возможных значений импульса...

Снова хочу вернуться к химии. Реакторщики, естественно, изучали все на АЭС и, если было нужно, предпринимали дополнительные меры безопасности. Особенно после на шумевшей аварии на станции Три-Майл-Айленд в США. Но не изучали, к сожалению, аварии в других отраслях промышленности. А ход событий на Чернобыльской станции, приведший к трагедии, ничем не напоминал ни одну из аварийных ситуаций на других АЭС, но был чрезвычайно, до деталей схож с тем, что произошло на химическом заводе в Бхопале в 1984 г.

До деталей?

До деталей. У нас работа в ночь на субботу, там – в воскресенье. Здесь отключили аварийную защиту, там отключились играющие защитную функцию холодильники и абсорбер. Там была техническая

неисправность задвижки, пропуск воды и как результат экспоненциально развивающаяся экзотермическая реакция при отключенных холодильниках, здесь – избыток пара и рост реактивности.

Главное же в том, что и там и тут персонал мог, имел технические возможности, несмотря на все запреты, отключить защитные устройства.

Если бы реакторщики сделали выводы из аварии в Бхопале... Впрочем, что теперь говорить. Справедливости ради замечу лишь, что химики именно после Бхопала «стучались в реакторные двери», но такие слова, как «метилизоцианат», «окисление», «химические реакции», делали проблему для физиков неинтересной. Урок Бхопала впрямь не пошел...

Главное же, повторяю еще раз: алгоритма поведения в таких ситуациях не было ни у кого. А он должен быть. И дать его могут только совместные усилия физиков и химиков при соответствующем развитии науки и сознании, что упреждающее развитие химической технологии не прихоть химиков, а общечеловеческая необходимость!

Он молчит, а я пытаюсь себе представить те первые, самые напряженные дни и часы. Воскресают в памяти молодые бойцы – пожарники, что приняли на себя первый удар.

Они выполнили свой долг профессионально. Хотя, наверное, даже не все понимали – с атомным джином знакомы были понаслышке. И тем не менее шли в огонь, спасая других. Впрочем, об опасности радиации они знали, конечно. И тем не менее шли.

Думаю, что членам Правительственной комиссии – ученым, физику-ядерщику Е. П. Велихову и химику В. А. Легасову, – многое было понятнее во сто крат. И им, именно им, людям науки, командированным в жерло беды, надо было найти оптимальное решение физико-химической задачи со многими неизвестными – задачи, которой до них не решал никто...

Пауза затягивается. Нарушает ее вопрос корреспондента – можно ли было заранее ввести дополнительные элементы химзащиты в конструкции реактора? Ответ краток и жесток: можно и нужно. И это тоже один из уроков Чернобыля.

Хотел бы задать вопрос, содержащийся во многих письмах в нашу редакцию: почему в сообщениях печати в мае-июне особый упор делался на изотоп иод-131? Разве только он был в выбросах? Разве только он представлял и представляет опасность?

Как химик, ты должен понимать, что такое динамика процесса. Любого, в том числе радиоактивного.

В первые минуты после выброса радиоактивного облака наибольшую опасность представляли изотопы благородных газов. Хорошо, что по стечению атмосферных условий облако прошло мимо поселка Припять и постепенно рассеивалось в атмосфере, теряя активность. Самые активные изотопы – короткоживущие, это понятно. А потом, когда облако прошло, главную опасность представляли выпавшие из него короткоживущие компоненты, в первую очередь иод. Мало того, что активность у него большая – период полураспада всего восемь суток, так он еще и усваивается живыми организмами и, что хуже всего, передается по пищевым цепям и накапливается в организме. Поэтому и говорили больше всего о иоде, запрещали зелень есть, молоко проверяли особенно тщательно, всех работающих защищали респираторами – прежде всего, чтобы иод не попал в щитовидку. Особо следили за этой железой...

Иод, добавок ко всему, еще и в волосах, растворяясь, накапливается, и этот растворенный иод уже не смыть. Поэтому многие стриглись наголо. Усы-бороды приходилось сбривать, как во времена Петра Первого...

Смотрю на академика: и правда, шевелюра у него короче, чем была весной. Тоже, небось, стригся? Но спросить об этом почему-то не решаюсь. И он тем временем продолжает.

Когда спустя месяц большая часть радиоактивного иода распалась, максимум внимания радиохимиков переместился на плутоний. Он, как известно, не столь радиоактивен, но долгоживущ и токсичен. Его накопление – даже в малых дозах – опасно для легких. Потому и плутонием с первых дней занимались. Но, поскольку он менее активен, первый месяц больше всего опасались иода. И предостерегали соответственно.

К счастью, протяженность зон с повышенной концентрацией плутония оказалась малой, а химические формы и размеры частиц, в которых он существовал, легко задерживались респираторами. Кстати, респираторы, защищавшие от всех радиоактивных аэрозолей дыхательные пути работавших в зоне, тоже дали химики...

Следующей проблемой стали уже долгоживущие изотопы стронция и цезия. Их количество, их потенциальную опасность важно знать, чтобы разумно строить стратегию реэвакуации населения – когда и куда можно людей пускать, какие способы химзащиты – дезактивации применять в дальнейшем.

В этот момент зазвонил телефон. «Некстати», – подумал я, – назначенное время подходило к концу. Но жалеть об оставленном магнитофоне не пришлось – такой это был разговор.

Звонил Анатолий Петрович Александров – директор, учитель, тогда еще президент Академии наук. Я, конечно, не слышал, что говорил он в трубку, но это можно было понять по ответам моего собеседника.

Смысл разговора: опять депутация из Киева: говорят, новая вспышка активности... Легасов отвечает сердито: у киевлян, к несчастью, вспышки слухов возникают регулярно: то реактор четвертого блока работает, то что-нибудь обваливается, то появляются свинцовые или циркониевые загрязнения атмосферы... Проверяешь – да, есть, к примеру, свинец, особенно на обочинах дорог. Но только его источник – сгорающий в двигателях машин этилированный бензин...

Возвращаемся к прерванному разговору.

Два вопроса о саркофаге. Первый: состав «засыпки» был придуман на месте или где-то когда-то подобный использовался; какова его эффективность? И второй вопрос: засыпка – это решение проблемы, так сказать, сверху. А снизу? Газеты сообщали о бетонной подушке под останками реактора. Как и из чего ее делали? Какие химические проблемы возникли здесь? Да, и еще: проблема сбоку – стена для защиты воды...

Все эти проблемы связанные. Состав «засыпки» придумали на месте. Эффективность защиты сверху оценена: благодаря физико-химической обоснованности выбранной композиции, скорости действий, мастерству и точности вертолетчиков возможные масштабы загрязнения уменьшены в десятки раз. Важно, что этот – самый первый этап работы был завершен еще 2 мая. Но повторяю еще и еще раз: масштабы

аварии могли быть меньше, если бы не приходилось ничего изобретать на ходу, если бы готовность к подобной экстремальной ситуации была больше.

О подфундаментной плите... Тогда, в первые дни после аварии, нам не было точно известно расположение кусков топлива разрушенного реактора. Было опасение, что часть его, разогреваясь, может проплавить конструкции и выйти в почву. Поэтому и решили сооружать охлаждаемую подфундаментную плиту. Строители работали самоотверженно и быстро. Сооружение шло параллельно с экспериментами, иногда на ходу приходилось менять решения. Высказывались сомнения в целесообразности сооружения такой плиты, но по-моему, решение, нацеленное на защиту подпочвенных вод при самых экстремальных условиях (они, к счастью, не возникли), было безусловно правильным.

Но и тут работать было бы много проще, если бы загодя были продуманы и спроектированы конструкции элементов защиты, если бы заранее были испытаны рецептуры бетонов и т. д. Физико-химическая подготовленность в области термо- и радиационноустойчивых материалов могла упростить многие решения в экстремальной ситуации.

Ту же цель – защитить природные воды – преследовало и сооружение стены в грунте, в наиболее загрязненных местах. Здесь было проще и с материалами, и с конструкцией.

Вопрос о дезактивации территории: как она проходила, какую роль сыграли полимерные материалы, в частности те, что разработаны как средство борьбы с эрозией почвы химиками МГУ под руководством члена-корреспондента АН СССР В. А. Кабанова?

Очень хорошо, что были кабановские работы и что я знал о них. Но плохо, что налаживать их выпуск пришлось на ходу. Плохо, что существующая техника дезактивации не была приспособлена для работы в возникших условиях на столь больших площадях. Плохо, что лишь чернобыльская авария заставила срочно наладить производство многих составов в нужных масштабах...

Хочу обязательно отметить работу сотрудников ГИПХа во главе с членом-корреспондентом АН СССР Борисом Вениаминовичем Гидасповым. У них были свои составы, но не это главное. Как прикладники, они на месте находили технологически правильные решения. Гидаспов чуть не собственноручно сваривал мешки из толстого полиэтилена, в эти мешки загружали полимерный раствор и сбрасывали мешок с вертолета в нужной точке. Мешок разрывался, жидкость растекалась и полимеризовалась, образуя защитную пленку, фиксирующую радионуклиды.

Примитив? Были и другие, кто так считал. Стоило Гидаспову уехать, как какой-то умник предложил это дело усовершенствовать. Дескать, незачем возиться с мешками, есть вертолеты сельхозавиации с форсунками – будем разбрызгивать с них тот же состав. Умно? Не совсем. Не учел «рационализатор», что полимерный раствор в виде мелких капель на пути к земле пройдет через горячие газы выхлопа и высохнет, заполимеризуется. В результате вместо жидкости наземь упадет горючий порошок!

И здесь я опять возвращаюсь к тому, с чего начал. У нас есть развитая наука и развитая промышленность. Изобразим их в виде двух пирамид (*рисует*). Но соединяются эти пирамиды лишь через вершины, образуя чрезвычайно узкое горлышко технологий, я имею в виду современные технологии. Есть, к примеру, прекрасные керамики с таким комплексом свойств, что они решили бы многие проблемы машиностроения. Но где они, эти керамики? На кафедре в Менделеевке? В каком-нибудь НИИ? А заводы технической керамики кафель и тот бракованный гонят. Изменять технологию нужно! Без этого – никуда.

Тут опять раздался телефонный звонок. Кто-то договаривался с Легасовым о материалах Генеральной сессии МАГАТЭ в Вене. Естественно, после этого я задал вопрос о первой поездке в Вену на совет экспертов. Валерий Алексеевич показал довольно толстую книжицу в желтой обложке – доклад советской делегации.

...Доклад занял пять часов, причем в основном это был комментарий к напечатанному. В конце советской делегации аплодировали эксперты даже тех стран, где очень многие настроены агрессивно по отношению к атомной энергетике вообще. Удивлялись масштабам проделанного нашей страной, конкретности выводов и предложений. И откровенности тоже. Ведь Чернобыль не только наши – общечеловеческие проблемы высветил.

Первый этап работы по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС завершен. Но работы, наверное, еще много?

Смотря с чем сравнивать. В нашем разговоре я попытался показать в некоей последовательности, какое место занимала и продолжает занимать во всей этой работе ее химико-технологическая составляющая. Роль химических исследований и процедур будет важной и в последующих чернобыльских делах.

Вот мы упоминали о цезии. Какие там его изотопы, каковы их радиоактивные характеристики, известно. Но не менее важно было определить, в какой форме он существует – в молекулярной или ионной? В ионной, как оказалось. А раз так, с ним труднее бороться: легче растворяется, легче мигрирует. Значит, нужны сорбенты соответствующие. Другие изотопы в молекулярной форме находятся. Для них нужны другие средства борьбы.

Но все нужно очень хорошо, очень точно мерить. Химики должны научиться определять формы существования и концентрации тех или иных элементов в разных средах с той же надежностью, как радионуклиды.

И чтобы, в идеале, химики, как радиометристы, могли делать свои замеры быстро, оперативно и дистанционно.

А что, в принципе, это возможно – в перспективе. Но вот что еще надо обязательно сказать... Сейчас, после Чернобыля, многие озлоблены на ядерщиков. И забывают при этом, что и после Чернобыля атомные электростанции остаются наиболее экологически чистыми – при их нормальной работе. И что многие другие отрасли промышленности, химические в том числе, представляют не меньшую потенциальную опасность для людей при авариях. Не с техникой или технологией надо бороться, а с потерей должной культуры в их создании и эксплуатации. На этом, извини, я хотел бы закончить.

Последний вопрос: сколько времени в общей сложности пришлось пробыть в Чернобыле и Припяти?

Достаточно много. Но это не важно. Сейчас опять собираюсь...

Потом у сотрудников и родственников Валерия Алексеевича я все же узнал ответ на свой последний вопрос: 17 дней вначале, потом еще неделю, потом еще и еще – словом, ни у кого из ученых и руководителей его ранга такой длинной вахты не было.

Еще и потому мне кажется очень важным донести до масс химиков (и не только химиков) то, что высветил Чернобыль физикохимику Валерию Легасову.

Взял интервью А. Станцо.

«Химия и жизнь», 1987, № 4, с. 8–17.

В. А. Легасов

Проблемы безопасного развития техносферы

Повышение безопасности всегда было одним из ведущих мотивов в деятельности людей. По мере развития цивилизации влияние различных факторов, угрожавших существованию человеческих сообществ, приводило к качественным изменениям в образе жизни, характере организации общественного производства. Так, потребность в защите от неблагоприятных природных воздействий обусловила выработку строительного умения, что, в свою очередь, определило надобность в новых материалах и энергоисточниках. Эпидемии, сопровождавшие рост численности населения и повышение плотности его размещения в отдельных регионах, сделали необходимыми коренное улучшение санитарно-гигиенических условий быта, быстрое развитие медицины и фармакологической промышленности. В результате возростала защищенность человека. Одновременно создавались технические системы, совокупное действие которых уже сегодня может способствовать не снижению риска в жизни людей, а его повышению. Это обстоятельство наиболее осознано для военных аспектов проблемы. Опыт двух мировых войн, современные региональные конфликты, гонка ядерных вооружений со всей очевидностью показывают, что накопление средств разрушения отвлекает интеллектуальные и материальные ресурсы от решения насущных задач, одновременно увеличивая риск ядерной катастрофы. Именно поэтому такой широкий отклик во всем мире находят инициативы советского руководства, направленные на создание основ обеспечения безопасности каждого государства и региона на началах, альтернативных наращиванию средств разрушения и массового уничтожения. Конечно, борьба за реализацию этих инициатив, за предотвращение наиболее глобальной угрозы является первостепенной с точки зрения дальнейшего прогресса человечества. Но накопление потенциала, чреватое снижением достигнутого уровня безопасности, происходило не только в сфере производства оружия, но и в техносфере в целом, что также требует глубокого осмысления и энергичных действий с целью совершенствования промышленных структур.

Разные события последних лет стали беспокоить и специалистов, и общественность. Среди них проблемы кислотных дождей, использования различных ядохимикатов, загрязнения морей, озер и рек, неудачные решения по размещению промышленных предприятий, аварии, приводящие к человеческим жертвам и крупному ущербу. Всякий раз внимание приковывается к конкретному случаю, к конкретному виду человеческой деятельности или источникам неприятностей. В результате предпринимаемых мер в какой-то одной узкой сфере положение улучшается, но тут же происходит новое событие в другой сфере или другом месте.

Усилиями специалистов непрерывно увеличивается надежность каждого агрегата, вводятся новые технические и организационные средства защиты и человека и окружающей среды. И все-таки при некотором улучшении отдельных показателей, например, числа аварий на тысячу работающих или единицу стоимости выпускаемой продукции, абсолютное количество подобных происшествий растет. Так, в США с 1950 по 1980 год число аварийных ситуаций при нефтепереработке увеличилось в 2,6 раза, почти в 6 раз возросло количество жертв и в 11 раз – экономический ущерб.

Для сегодняшнего мира характерна тенденция: при уменьшении вероятности каждого отдельно взятого негативного события (будь то авиационная, железнодорожная или морская катастрофа, разрушение плотины, химического производства либо ядерного объекта) масштабы последствий, если оно все же случается, как правило, заметно вырастают. Действительно, если в 40-х годах в десятках авиационных катастроф погибали десятки людей, то ныне гораздо более редкая, единичная катастрофа уносит жизни сотен людей. Пожары давно сопутствовали деятельности человека, но с развитием нефтехимии и газовой энергетики они стали сопровождаться взрывами, резко увеличивающими поражаемые площади и масштабы последствий. Так, в 1973 году в один из воскресных майских дней в городе Чикаго в Центральном производственном районе на заводе по выпуску типографской краски произошла авария. В результате возникших пожаров и взрывов завод был полностью разрушен. А спустя десять лет, в ноябре 1984 года, на северной окраине города Мехико в поселке Сан Хуан Иксуатепек пожары и взрывы, начавшиеся в хранилище сжиженного газа, собираемого в процессе нефтепереработки, вышли за пределы предприятия, полностью уничтожив все в радиусе одного километра. В итоге – около полутора тысяч погибших, несколько тысяч пострадавших.

Подобная динамика характерна и для развивающейся химической промышленности. Выброс 2–2,5 килограмма диоксида при взрыве в июле 1976 года на химическом заводе в итальянском городе Севезо привел к заражению территории площадью 18 квадратных километров и к необходимости эвакуации из этой зоны около тысячи человек. Яд содержал до семи тысяч летальных доз. Зараженная местность по сей день не дезактивирована. Летом 1981 года в Мексике в результате аварии трейлера с хлором погибло 29 крестьян, тысяча человек получила серьезное отравление. В 1984 году весь мир потрясла трагедия в Бхопале (Индия), унесшая тысячи жизней, десятки тысяч людей были поражены тяжелыми легочными заболеваниями. В июле 1986 года в США многосуточный пожар, случившийся при транспортировке по железной дороге цистерн, содержащих фосфор и серу, потребовал эвакуации из близко расположенных населенных пунктов около 30 тысяч человек.

В ночь на 1 ноября 1986 года в Муттенце, в 5 километрах от центра Базеля, на берегу Рейна, в складе № 956 загорелось 800 тонн различных химических препаратов. Одни из них были ядовиты в исходном состоянии, другие вступали в процессе многочасового горения в реакции, приведшие к образованию отравляющих веществ. Многие из хранившихся и возникших во время аварии соединений попали в Рейн, поразив его на участке длиной более 300 километров. Было свезено на свалку свыше 150 тысяч мертвых угрей, сообщалось о гибели щуки, хариуса, судака, форели, цапель, уток, лебедей, бакланов, планктона, водорослей, рачков, червей, личинок насекомых. Нарушена нормальная жизнедеятельность 20 миллионов человек. По оценкам, пока еще требующим тщательного анализа и уточнений, на возврат к прежнему состоянию этой реки и ее обитателей может понадобиться не менее десяти лет.

Новые виды человеческой деятельности, уберегая нас от нехватки энергии, помогая поднимать урожайность и сохранять собранную продукцию, одновременно несут новые опасности, размеры которых подчиняются тем же тенденциям. Если во время радиационной аварии в Селлафилде (Англия) в 1957 году погибло 13 человек и было загрязнено радионуклидами около 500 квадратных километров территории, то чернобыльская авария 1986 года привела к потере 30 человеческих жизней и нескольким тысячам квадратных километров серьезно пострадавшей территории.

К сожалению, продолжают аварии и в традиционных, давно сложившихся отраслях человеческой деятельности, например, на угольных шахтах и элеваторах. В США ежегодно случается несколько десятков взрывов на зерновых элеваторах. При этом каждый из них – событие крупное и неприятное. Причиной служит взрывное горение слоя пыли, поднявшейся в воздух. Сам взрыв инициирует увеличение количества такой пыли и масштаба вторичных взрывов и пожаров. Каждое подобное происшествие уносит жизни 20–30 человек, ущерб оценивается в 25–30 миллионов долларов не считая косвенного влияния на экспорт – импорт зерна, цены на него.

Обращает на себя внимание, что в ряде случаев происходят аварии, экономический, а иногда социальный и политический ущерб которых чрезвычайен. Так, в результате катастрофы аэрокосмического корабля «Челленджер» утрачено не только семь человеческих жизней, но и сам очень дорогой корабль многоразового действия, задержаны многие запланированные программы, потребовались новые исследования и разработки, изменения в технологии создания подобных кораблей.

Тяжелая авария в 1979 году с расплавлением активной зоны реактора на атомной электростанции Три-Майл-Айленд в США не затронула жизни и здоровья персонала, но непосредственный ущерб от нее превысил 1 миллиард долларов. Кроме того, было подорвано доверие к атомной энергетике, заторможено ее развитие. Возникла необходимость в пересмотре многих позиций, осуществлении на всех действующих АЭС ряда дополнительных мероприятий по повышению безопасности – для каждой станции их стоимость составляла несколько десятков миллионов долларов.

Ущерб от чернобыльской аварии тоже не ограничивается потерянными жизнями, миллиардами рублей, затраченными на ее ликвидацию. На несколько месяцев был нарушен привычный ритм хозяйственной жизни крупных регионов и многих звеньев государственного управления, пришлось отвлечь большое количество руководителей, исследователей, специалистов, строителей, медиков от выполнения намеченных планов, текущих задач. Для незапланированных целей использовалось немало строительной техники и транспортных средств.

К сожалению, число подобных омрачающих нашу жизнь примеров велико. Существенно, что опасности от техносферы уже стали в категориях ущерба соизмеримыми с негативными для человека природными воздействиями. Так, атмосферные аномалии – смерчи (торнадо) происходят до 700 раз в год. Около двух процентов из них приносят беды, связанные с гибелью в среднем 120 человек, поражаемой площадью примерно 2,5 квадратных километров в каждом случае и материальным ущербом порядка 70 миллионов долларов. В то же время только в нефтепереработке, по нашей оценке, ежегодно случается около 1500 аварий, четыре процента которых сопровождаются утратой человеческих жизней (100–150 человек) и материальным ущербом до 100 миллионов долларов.

Все это вызывает естественные вопросы. Почему же, несмотря на усилия по повышению надежности техники, аварии происходят? Почему растет масштаб их последствий?

Современные сложные производства и машины проектируются так, чтобы их надежность была максимально высокой с позиций существующего понимания характера опасностей, технических и экономических возможностей их предотвращения. Как правило, проектные решения и регламенты эксплуатации совместно могли бы гарантированно обеспечить безопасную работу объекта, если бы не дефекты при изготовлении оборудования, конечные величины надежности каждого отдельного агрегата и прибора, если бы не отклонения от предначертанных режимов эксплуатации, возникающие, например, из-за смены сырья, проведения опытных операций или человеческих ошибок. Понимая неизбежность подобных дефектов, конструкторы и проектировщики создают различные системы, предупреждающие возможность аварии при отклонениях от нормальных режимов эксплуатации. Но надежность и эффективность самих защитных устройств также являются конечными, подвластными техническим сбоям и

ошибкам в их использовании. Поэтому ставятся вторые, а иногда и третьи, и четвертые дублирующие, резервирующие системы, но все они, усложняя и удорожая машину или процесс, лишь понижают риск возникновения аварии, уменьшают вероятность катастрофических последствий отказов оборудования или ошибок персонала, иногда до очень маленьких величин, но все-таки эта вероятность никогда не равна нулю. Нулевой риск возможен лишь в системах, лишенных запасенной энергии, химически или биологически активных компонентов.

Многие современные потенциально опасные производства спроектированы так, что вероятность крупной аварии на них оценивается величиной порядка 10^{-4} . Это означает, что из-за неблагоприятного стечения обстоятельств с учетом реальной надежности механизмов, приборов, материалов и человека возможно одно разрушение объекта за десять тысяч объекто-лет. Если объект единствен, то с очень высокой вероятностью за это время он не представит опасности. Если таких объектов тысяча, то каждое десятилетие можно ждать разрушения одного из них. И, наконец, если число подобных объектов близко к десяти тысячам, то ежегодно один из них статистически может быть источником аварии. В этом обстоятельстве кроется одна из причин обсуждаемых проблем. Спроектированный по техническим средствам и регламентным требованиям объект, достаточно надежный в условиях малого тиражирования, теряет статистически надежность при массовом воспроизводстве, хотя физического облика он при этом не меняет.

Изложенное, казалось бы, диктует две возможные стратегии поведения. Либо в момент создания придать технике избыточную надежность в расчете на будущее развитие, либо вносить необходимые изменения, повышающие ее в той же мере, в какой увеличивается масштаб использования. На практике ни одна из этих стратегий, как правило, в полной мере не реализуется. Создаваемая техника должна экономически завоевать право на существование, а затраты на избыточность надежности мешают этому, да и не всегда к данному моменту появляются нужные технические средства.

Ко второй стратегии прибегают, но с большим отставанием по темпам, ибо сложившаяся уже производственная инфраструктура достаточно инерционна и системой стандартов, устоявшимися технологическими операциями, сложившимися кооперативными связями, накопленным опытом, привычками препятствует изменениям проектов, правил обучения и эксплуатации как факторам, замедляющим темпы развития. Да и дополнительные затраты на повышение надежности создают понятные проблемы.

Иллюстрацией к этому может служить следующий пример. К 1975 году на атомных реакторах с кипящей водой в США было зафиксировано менее ста случаев образования трещин коррозионного происхождения в зоне термического влияния сварки на трубопроводах. Причем на наиболее ответственных трубах диаметром свыше 510 миллиметров – ни одного. В 1983 году число подобных дефектов увеличилось почти в 6 раз, около 200 из них обнаружено уже на трубопроводах большого диаметра. Эта потенциально чрезвычайно опасная ситуация потребовала постоянной ультразвуковой дефектоскопии, многочасовых ремонтных операций по наплавке, избыточного простоя реакторов и дополнительного облучения персонала во время контрольных и ремонтных операций. Для радикального изменения ситуации необходима массовая замена труб, что обойдется в огромные суммы. В Японии и ФРГ эта проблема изначально была решена путем применения бесшовных труб из качественных сталей, на которых такого рода дефекты ни разу не проявлялись.

Сложность и противоречивость складывающегося положения состоит и в том, что многие достижения научно-технического прогресса, давая средства для решения материальных и социальных проблем, одновременно приносят в мир и новые трудности и опасности. Открытие радиоактивности и понимание процесса деления ядер существенно расширили возможности энергетики, медицины, научного поиска, но

в то же время к привычным видам опасности – пожарам и взрывам – добавили опасность радиационную. Прогрессирующее развитие химии породило очень серьезную проблему токсической опасности.

В достаточно традиционных отраслях научно-технический прогресс, привнося новые процессы, методы и средства воздействия, привел к расширению спектра факторов, от которых следует защищаться. В металлургии, где всегда существовала опасность пожаров, вследствие использования природного газа и водорода возникла угроза взрывов. Наряду с пожарами и взрывами, сопутствовавшими процессам нефтепереработки, в этой отрасли увеличивается токсическая опасность за счет разнообразия получаемых продуктов, применения новых методов. Даже в машиностроении новые материалы и средства их обработки порождает взрывную и токсическую опасности, неведомые раньше для этой сферы деятельности.

Новые процессы, новые комбинации различных веществ, вызванные к жизни научно-техническим прогрессом, иногда применяются без учета масштабных факторов, без должного анализа проблем безопасности. Так, в 1977, 1980 и 1982 годах в Шотландии, Баркинге близ Лондона и Салфорде, недалеко от Манчестера, произошли мощные взрывы, приведшие к гибели людей, разрушениям, многомиллионным убыткам. Инициатором этих взрывов оказался хлорат натрия, реализовавший свои опасные качества при использовании его в количествах, измеряемых десятками тонн, и при возможности контакта с легкоокисляющимися органическими растворителями. Число подобных комбинаций, способных образовывать взрывоопасные смеси при взаимодействии, непрерывно растет.

Увеличение масштабности последствий происходящих аварий – тоже результат особенностей научно-технического прогресса на современном этапе. Продолжает расти энерговооруженность общества. Энергонасыщенные и использующие опасные вещества объекты концентрируются. Во имя экономических показателей повышается их единичная мощность. Возрастает давление в основных промышленных аппаратах и транспортных коммуникациях, сеть которых становится все более разветвленной. Только в сфере энергетики ежегодно в мире добывается, транспортируется, хранится и используется около 10 миллиардов тонн условного топлива. По энергетическому эквиваленту эта масса топлива, способная гореть и взрываться, стала соизмеримой с арсеналом ядерного оружия, накопленного в мире за всю историю его существования. При этом сдвиг структуры топливообеспечения в сторону все более широкого применения газо-жидкостных энергоносителей с одновременным увеличением мощности добывающих и использующих их производств заметно повысил риск взрывопожарных явлений крупного масштаба.

Оценки и опыт показывают, что сконденсированное газовое топливо массой 20 тонн может создать очаг пожара на площади в тысячи квадратных метров, а 20 тысяч тонн такого топлива, многократно увеличивая площадь горения, способны выбрасывать языки пламени на километровые расстояния. Напомним, что тепловая электростанция мощностью один миллион киловатт использует 20 тонн газа примерно за 5 минут, а 20 тысяч тонн его – запас на четверо суток. При быстром горении газовых выбросов в зоне горящего облака температура достигает высоких значений. Представление о характере возникающих при этом поражений дает катастрофа с автоприцепом, наполненным пропиленом, случившаяся близ Барселоны 11 июля 1978 года. Образовавшееся огненное облако пронеслось над расположенным поблизости пляжем, уничтожив более 150 отдыхающих.

Рост масштабов и концентрации производства ведет к накоплению потенциальных опасностей. Об этом можно судить по удельным (либо на единицу площади, либо на душу населения) величинам летальных для человека доз, содержащихся в различных производствах Западной Европы. Так, по мышьяку эта величина составляет около полумиллиарда доз, по барию – порядка 5 миллиардов. В пересчете на летальные дозы накопление радиоактивных веществ превышает 10 миллиардов; фосгена аммиака, синильной кислоты порядка 100 миллиардов доз по каждому соединений, а по хлору – 10 триллионов доз.

Эти цифры делают понятной повсеместно выражаемую заботу об обеспечении безопасности в первую очередь химических предприятий и ядерных объектов. Следует добавить также, что в отличие от разрушительных взрывов, например, радиационное и химическое поражения обладают спецификой долгосрочного воздействия и способностью к распространению в послеаварийном периоде.

Обстоятельства складываются таким образом, что часто переход на новые сырьевые базы или способы производства, продиктованный ресурсными или экономическими соображениями, осложняет ситуацию. К примеру, освоение чрезвычайно богатых и удобно расположенных относительно потребителей запасов природного газа в Прикаспии связано с дополнительным риском высвобождения огромного количества ядовитого сероводорода, поскольку в газе этих месторождений его содержание аномально высоко и превышает 20 процентов. Следовательно, и сама технология извлечения и очистки этого газа, и режим эксплуатации должны иметь особый статус с позиций безопасности.

Еще одно существенное обстоятельство, увеличивающее риск промышленной деятельности, связано с повышением плотности размещения разнородных объектов и производств, их взаимодействием в аварийных ситуациях. Стремление к наибольшей экономичности, к максимальному использованию сделанных ранее вложений в энергетику, транспортные коммуникации, социально-бытовую сферу какого-либо региона приводит к насыщению его различными предприятиями без должного изучения их взаимовлияния. И может случиться так, что авария на одном из них и не была бы столь значительной по последствиям, если бы не ее воздействие на соседний объект с возможным многократным усилением поражающих факторов. К примеру, в 1947 году в порту Техас-Сити (США) на корабле произошел взрыв нитрата аммония. Пламя перекинулось на завод фирмы «Монсанто» по производству стирола, вызвав вторичный пожар и взрыв в направлении города. В итоге погибло 516 человек, около двух тысяч было тяжело ранено, не говоря уже о крупных материальных потерях.

Взаимодействие различных предприятий, кстати, – фактор, существенный не только в аварийных ситуациях. Давно замечено, что если тепловое загрязнение рек на уровне нескольких градусов и химическое на уровнях близких к предельно допустимым концентрациям раздельно еще переносятся и рыбой, и микроорганизмами, то совместное их действие уже губительно.

Часто, когда проектируются и сооружаются новые производства, надежность их элементов еще не имеет статистической оценки и обосновывается расчетным способом, который не может учесть всех возможных ситуаций. При этом объекты обычно крупны и энергонасыщенны, и в случае даже маловероятных аварий на них последствия могут оказаться непредсказуемыми.

Изложенное имело целью проиллюстрировать, что созданная и развиваемая техногенная сфера накопила в себе большие потенциальные опасности – они могут катастрофически реализоваться либо при преднамеренных, военных, например, разрушениях в зонах повышенной промышленной плотности, либо при непреднамеренных. При этом естественные тенденции научно-технического прогресса, связанные с быстрым обновлением техники, систем и структур управления, с максимальным использованием рабочих объемов и ускорением всех технологических операций, объективно усложняют взаимодействие человека со все увеличивающимся и быстро меняющимся парком машин. Это объясняет, почему происходят достаточно часто аварийные события, несмотря на прогрессирующее повышение надежности технических систем.

Анализ причин и хода развития происшедших крупных аварий показывает, что независимо от времени, типа производства и региона они оказываются поразительно совпадающими, если отвлечься от конкретных технических деталей.

Обычно аварии предшествует фаза накопления каких-либо дефектов в оборудовании или отклонений от нормальных процедур ведения процесса. Длительность этой фазы может намеряться минутами или

сутками. Сами по себе дефекты или отклонения еще не представляют угрозы, но в критический момент они сыграют роковую роль. Во время бхопальской, например, аварии на этой фазе были отключены холодильные устройства на емкости с метилизоцианатом, разгерметизирована коммуникация, связывающая эту емкость с поглотителем ядовитых газов, отключен факел, предназначенный для их сжигания в аварийных ситуациях. Перед аварией в Чернобыле также было отключено несколько аварийных защит, а активная зона реактора лишена обязательного минимума стержней, поглощающих нейтроны. Накопление на этой фазе подобных отклонений от нормы связано либо с ненаблюдаемостью работы элементов конструкций и материалов из-за отсутствия необходимых средств диагностики, либо, что бывает гораздо чаще, с тем, что персонал привыкает к такого рода отклонениям – ведь они довольно часты и в подавляющем большинстве случаев не приводят к авариям. Поэтому ощущение опасности притупляется, восстановление нормального состояния приборов и оборудования откладывается, процесс продолжается в опасных условиях.

На следующей фазе происходит какое-либо инициирующее событие, как правило, неожиданное и редкое. В Бхопале – это попавшее через пропускающую задвижку в емкость с метилизоцианатом небольшое количество воды, вызвавшее экзотермическую реакцию, которая сопровождалась стремительным подъемом температуры и давления метилизоцианата. В Чернобыле – это введение положительной реактивности в активную зону реактора: последовал мгновенный перегрев тепловыделяющих элементов и теплоносителей. В подобных ситуациях у оператора не оказывается ни времени, ни средств для эффективных действий.

Собственно авария происходит на третьей фазе как результат быстрого развития событий. В Бхопале – это открытие обратного клапана и выброс ядовитого газа в атмосферу, в Чернобыле – разрушение конструкций и здания паровым взрывом, усиленным побочными химическими процессами, и вынос накопившихся радиоактивных газов и части диспергированного топлива за пределы четвертого блока. Эта последняя фаза была бы невозможной без накопления ошибок на первой стадии. Конструкторы обычно имеют в виду такие маловероятные инициирующие воздействия – на случай их появления предусматриваются необходимые защитные устройства. Потеря их работоспособности на первой фазе, продолжение эксплуатации объекта создают возможность возникновения катастрофических последствий от технических неполадок или человеческих ошибок.

Обстоятельный анализ статистических данных показывает, что, хотя свыше 60 процентов аварий происходило из-за ошибок персонала, львиная доля средств, расходуемых на безопасность производств, затрачивалась на совершенствование технических систем контроля и упреждения таких ситуаций. Исключением была авиакосмическая промышленность, где исторически уделялось большое внимание вопросам отбора персонала, его подготовки и переподготовки с использованием тренажеров, медицинского наблюдения, состояния дисциплины, материального стимулирования, создания комфортных условий работы, развития автоматизированных систем поддержки действия экипажей и наземных служб.

Другие отрасли всерьез начали использовать и совершенствовать опыт авиаторов лишь с конца 70-х годов. Обычно, когда говорят о человеческом факторе, о взаимодействии человека с машиной, сводят дело к дисциплинированности и подготовленности персонала, к его ответственности, точности следования инструкциям и распоряжениям. Конечно, все это очень важно, но тщательный анализ аварийных событий свидетельствует, что центр тяжести проблем лежит все-таки в области управления, где человеческий фактор наиболее существен. Выясняется, что сами инструкции были либо не очень точны и не предусматривали, а в некоторых случаях и не могли предусмотреть, правил поведения при возникновении нештатных режимов, либо их освоенность не проверялась. Нередки случаи, когда недисциплинированность, технологические ошибки оказывались следствием установившихся порядков,

отсутствия оперативной связи с компетентными специалистами, необходимого тренажа и знания возможностей персонала, а также четких представлений о последствиях неправильных действий.

Насыщенность народного хозяйства потенциально аварийными производствами требует качественно нового подхода к проблемам обеспечения безопасности. Это новое качество должно быть привнесено прежде всего поиском оптимальных решений в области человеко-машинных взаимодействий и их оперативной реализацией. Создание необходимых тренажеров с развитым математическим обеспечением, уменьшение объема информации, разнообразие в способах ее представления, увеличение количества автоматических и полуавтоматических средств поддержки действий оператора, введение технических систем защиты от несанкционированных действий, повышение наблюдаемости состояния оборудования путем внедрения дистанционных диагностических средств – все это должно стать нормальным сопровождением любого сложного процесса.

Другое важное направление – изменение подхода к принципам размещения различных производств, определение их структуры с позиций безопасности. Взаимовлияние разных объектов становится все более существенным, и экономический ущерб от аварийных последствий, вызванных соседством различных предприятий, может превысить выгоды, связанные с близостью сырьевой базы или транспортными удобствами. Чтобы задачи размещения объектов решались оптимально, необходимо сотрудничество специалистов разного профиля, способных прогнозировать воздействие разнохарактерных факторов, в том числе неспецифичных для данного производства, самое широкое использование методов математического моделирования. Это очень серьезный вопрос, поскольку в нашей стране сложилась практика, когда отделы Госплана, Государственного комитета СССР по науке и технике, органы надзора за безопасным ведением работ комплектуются из специалистов, обладающих знаниями и опытом в конкретной сфере технической деятельности. В рамках этого опыта и формируются представления об опасности, о мерах ее предотвращения, о принципах размещения предприятий. За пределами рассмотрения остается взаимодействие с расположенными рядом объектами. Это лишает принимаемые решения необходимой полноты проработок и оптимальности.

Во многих странах с конца 70-х годов появились центры по общепромышленной безопасности, интегрирующие мировой опыт, исследующие роль ранее неизвестных факторов, обучающие людей и выявляющие наиболее опасные области.

В нашей стране эта деятельность нуждается в существенном улучшении. Отсутствие единого, интегрированного подхода к обеспечению безопасности какого-либо региона, разделение ответственности между ведомствами и общественными группами приводят к принятию неоптимальных решений и длительным дискуссиям без единых критериев, которые позволяли бы сравнивать различные подходы с позиций минимального риска для людей и природы.

Новые серьезные опасности, привнесенные в нашу жизнь научно-техническим прогрессом, не должны приводить к потере уверенности в полезности происходящего развития. Важно только хорошо знать природу возникающих проблем и найти средства их решения. Как писал Э. Хемингуэй в своем романе «По ком звонит колокол», «безопасность – это если знаешь, как увернуться от опасности».

Во многих случаях увернуться от опасности традиционными способами – путем увеличения систем контроля, дублирования защитных устройств, создания средств локализации аварийных выбросов – становится затруднительным из-за возможных технических сбоев или человеческих ошибок. Поэтому чрезвычайно актуальной представляется задача создания потенциально опасных промышленных объектов на качественно новых принципах, которые должны обеспечить появление аппаратов с внутренне присущей им безопасностью, способных существенно уменьшить последствия неправильных действий. Обычно это технологическая система, любые отклонения в которой от нормальных режимов служат сигналом для

автоматического, без использования внешних устройств, возвращения ее в штатное состояние или остановки процесса, исключая тем самым возможность развития аварийной ситуации. Такое качество можно придать, правильно подбирая и комбинируя физико-химические свойства рабочей среды и конструкции. Легкоплавкие предохранители в электрических сетях, растворные исследовательские ядерные реакторы, теряющие критичность при вскипании, использование капсулированного топлива – простейшие примеры подобного подхода.

В ряде случаев предстоит принципиальная замена способов производства, нацеленная на исключение из процессов высоких давлений и температур, материалов, способных к быстрому окислению и коррозии. В научных лабораториях уже существует достаточный задел, позволяющий без снижения производительности за счет новых катализаторов и интенсификаторов, использования плазменных и электрохимических методов, радиационного стимулирования, криотехнологии, разделительных мембран начать необходимую смену технологии. Чтобы этот процесс ускорить, требуется квалифицированное и широкое информирование общественности о важности проблем обеспечения безопасности. Нужны грамотная и объективная информация о сложностях современной техносферы, культура общения с ней. Пока что в этой работе отсутствуют надлежащая организованность и масштабность.

Для того чтобы научно-технический прогресс, уже продемонстрировавший свою мощь и величайшие возможности, продолжал и дальше служить людям, необходимы объединенные усилия специалистов всех областей знания, направленные на более безопасное и надежное использование его достижений. Эти усилия из-за многообразия проблем и научных дисциплин, привлекаемых к их решению, должны быть предприняты как в рамках традиционных учреждений, отвечающих за развитие техники, так и в специально созданных центрах общепромышленной безопасности. Расширение исследований в области безопасности, новые подходы к построению технологических систем обеспечат возможность дальнейшего технического развития с уменьшенным риском. Вместе с тем сегодня мы должны осознать – жизнь в сложившейся техносфере налагает особую ответственность на каждого члена общества, «Для нас непререкаемый урок Чернобыля состоит в том, – сказал М. С. Горбачев, выступая 14 мая 1986 года по советскому телевидению, – что в условиях дальнейшего развертывания научно-технической революции вопросы надежности техники, ее безопасности, вопросы дисциплины, порядка и организованности приобретают первостепенное значение. Нужны самые строгие требования везде и во всем».

«Коммунист». № 8. 1987. С. 92–101.

Н. Н. Кудряков

Технология катастрофы. Как был устроен чернобыльский реактор и почему он взорвался

1. Огромная работа и огромная ложь. Оценки аварии: профессиональные, официальные, общественные

В огромной истории Чернобыльской аварии сосуществуют две отдельные темы: тема последствий аварии и ликвидации этих последствий – и тема причин и предпосылок аварии.

Тема последствий явно затмила собой тему причин, затмила и по числу авторов и публикаций, и по их объему. Как отметили авторы Доклада комиссии Госпроматомнадзора (ГПАН) СССР 1991 года, *«проблема преодоления последствий этой ядерной катастрофы к настоящему времени в сознании общественности оттеснила на второй план проблему выяснения причин и обстоятельств возникновения аварии и извлечения уроков на будущее»*^[4].

Доминирование в общественном сознании темы последствий вполне объяснимо: эти последствия затронули жизнь миллионов людей, жизнь общества в целом. А тема причин кажется на первый взгляд интересной только специалистам.

Но разумные люди, пережив, преодолев и обсудив последствия, должны осмыслить и причины, обязаны извлечь уроки.

Нельзя сказать, что тема причин чернобыльской аварии в общественном сознании отсутствует полностью. Выражение «реактор чернобыльского типа» придумали не академики. Это выражение пришло из народа, явилось как раз порождением общественного сознания и вошло в официальные документы – в частности, в предисловие к упомянутому Докладу: «... продолжает иметь место настороженное отношение общественности ко всем реакторам чернобыльского типа...»^[5].

Само указание на тип реактора – понятие «реактор чернобыльского типа» – уже говорит о причинах, – вернее, о том, что они есть, что они присущи именно такому типу реакторов, что они должны быть выявлены и названы. Это понятие, которое в своем развитии может привести к постижению истины; может, говоря словами классика, стать тем самым звеном, взявшись за которое, можно вытянуть всю цепь. Но должного развития это понятие не получило. Дальше отражения факта, что существует такой тип реактора, дело не пошло, – и понятно почему. Как отмечается в том же Докладе, «...до настоящего времени ни одной из научных организаций в СССР не опубликована достаточно обоснованная цельная версия, доказательно объясняющая зарождение и развитие аварийного процесса»^[6].

«До настоящего времени» – это написано в 1991 году, в последнем году существования СССР. Сегодня, т. е. без малого тридцать лет спустя, и без малого тридцать пять – после аварии на ЧАЭС, – в России не опубликовано ни одной работы монографического или обзорного характера, в которой излагалась бы «обоснованная цельная версия, доказательно объясняющая зарождение и развитие аварийного процесса», – процесса, приведшего к ядерной катастрофе.

Строго говоря, можно назвать две работы, близких к такому качеству. Во-первых, это книга «Месть мирного атома» Николая Викторовича Карпана, во время аварии – заместителя главного инженера ЧАЭС по науке и ядерной безопасности. Но она не издана по-настоящему, оставаясь своего рода «самиздатом», и ее нет в библиотеках. И самое главное – она не издана в России. Нормальным образом вышла вторая книга Карпана, «От Чернобыля до Фукусимы», но вышла в Киеве, в российских библиотеках ее тоже нет (эта книга, в отличие от первой, касается не физики, а политики и человеческих отношений).

Доклад инспектора Госатомнадзора на Курской АЭС Александра Александровича Ядрихинского – ценнейший документ, но он тоже не издан как следует, тоже – самиздат.

Очень хороша книга «Неизвестный Чернобыль: история, события, факты, уроки», вышедшая к 20-летию аварии, в 2006 году. Но физики в ней практически нет, и цельная картина зарождения и развития аварийного процесса не складывается. И издана она Институтом истории естествознания и техники РАН им. С. И. Вавилова. Участвовали ли в подготовке и издании этой книги структуры и ответственные лица российского атомного ведомства, прежде всего из Курчатовского института и НИКИЭТ, – совершенно непонятно. Издание книги осуществлено при поддержке Швейцарского Зеленого креста и Посольства Финляндии в РФ. Воистину, как писал Пушкин, «мы ленивы и нелюбопытны».

* * *

Парадоксально, что при всем при этом версия, объясняющая аварийный процесс из особенностей реактора, на самом деле существует; она отражена в документах современной, существенно обновленной

нормативной базы, в требованиях по безопасности, в методиках расчетного и экспериментального обоснования проектных решений, в самих проектах новых ядерных реакторов.

Версия, объясняющая физические и технические причины аварии, отражена в совокупности в массиве публикаций, вышедших хотя и в открытых, но узкоспециальных изданиях, таких как журнал «Атомная энергия», в бюллетенях МАГАТЭ, в сборниках докладов научных конференций, в издаваемых ничтожными тиражами ведомственных изданиях, и, еще раз, – в нормативных документах. Но систематического, *цельного* описания, начинающегося с азов ядерной и нейтронной физики и позволяющего любому интересующемуся разобраться в вопросе, до сих пор нет.

Чем плохо то, что нормативные и руководящие документы, основанные на понимании причин аварии, есть, а монографий нет? Прежде всего тем, что пока нет монографий, то нет и быть не может внятных учебников.

Есть в высших учебных заведениях такие учебные дисциплины, как «Динамика и безопасность ядерных энергетических установок» и «Принципы обеспечения безопасности АЭС», а утвержденного учебника или учебного пособия, в котором систематическим образом, с фундаментальных позиций, излагалась бы *«обоснованная цельная версия, доказательно объясняющая зарождение и развитие аварийного процесса»* на ЧАЭС, – такого издания нет.

Есть, например, учебник Аполлона Николаевича Климова «Ядерная физика и ядерные реакторы»: хороший и полезный в целом учебник, но в этом учебнике про Чернобыльскую аварию рассказано на неполных двух страницах^[7], без единой цифры, относящейся к собственно аварии, без единой формулы, без графиков, – зато с указанием, что операторы проявили *«наглую расхлябанность»*. Утверждение же автора, что реактор был взорван напором главных циркуляционных насосов, говорит о том, что задачи объяснить *физику* Чернобыльской аварии в учебнике по реакторной физике, – такой задачи автор перед собой не ставил.

В отсутствие монографий и стабильных учебников чернобыльская тема отдается на личное понимание преподавателя, на его инициативу, на его личный багаж и опыт. Да, преподаватель без своего багажа, без личного опыта и без личного мнения, – это не преподаватель. Но и учебная дисциплина без учебных материалов, – не дисциплина.

Есть преподаватели, которые про Чернобыльскую аварию рассказывают, – но жизнь таких преподавателей осложнена именно тем, что утвержденных пособий и учебников на эту тему нет, поэтому содержание и методику изложения темы Чернобыля приходится придумывать самостоятельно.

Есть преподаватели, которые, именно потому, что пособий и учебников на тему Чернобыля практически нет, с этой темой не хотят связываться в принципе.

Есть, наконец, преподаватели, которые убеждены, что физические предпосылки аварии на ЧАЭС объяснять студентам вредно. Считающие, что дело оперативного персонала – исполнять регламент, не вникая в то, чем требования регламента обусловлены. Студент, выучившись у такого преподавателя, о Чернобыльской аварии твердо знает одно – было положено иметь 15 стержней в активной зоне, а имелось 8. Если предположить, что реактором управляет не инженер-физик, а дрессированный медведь – тогда конечно. (Тема стержней будет особо рассмотрена в дальнейшем.)

Но проблемы с обучением будущих инженеров-атомщиков – частность.

Гораздо печальнее, что отсутствие понимания причин и предпосылок одной из крупнейших в истории техногенных аварий, аварии, которая вторглась в жизнь миллионов людей и повлияла на жизнь общества, – является фактом общественного сознания. Отчасти – только отчасти – это вызвано тем, что в

информационно-культурной среде как отсутствовали, так и отсутствуют источники, в которых излагалась бы та самая *цельная версия*, нужная не только студентам – всем.

Почему она нужна если не буквально всем, то *миллионам*? И не в последнюю очередь – общественным деятелям, политикам, журналистам, деятелям культуры, педагогам. Чтобы не происходило катастроф, вторгающихся в жизнь миллионов, эти миллионы должны активно и осознанно участвовать в управлении общественным и государственными делами, миллионы должны участвовать в подготовке и принятии решений по развитию производительных сил, по размещению промышленных объектов, участвовать в экспертизе проектов, контролировать и оценивать действия должностных лиц.

В современной России и в современном мире в целом, в мире, где решения принимает меньшинство, требование массового участия в управлении обществом, т.е. требование реальной демократии, *демократии участия*, выглядит абсолютной утопией. Но эта утопия представляется абсолютным императивом и для России, и для человечества, если оно собирается выжить. В противном случае остается только согласиться с Алесем Адамовичем: Чернобыль – это не наше прошлое, это наше будущее. Этот Чернобыль, разумеется, может быть и ползучим – в виде, например, победоносно захламляющих Землю твердых бытовых отходов.

А для осознанного и ответственного участия в управлении самими собой, страной, обществом, для контроля за должностными лицами необходимо *знание*. Знание основ естественных и технических наук – по крайней мере, в пределах курса средней школы физики, химии, биологии, географии. Знание основ наук общественных – прежде всего истории и философии, – чтобы уметь разбираться в политике и в экономике. Как выразился однажды Эйнштейн, «чтобы творения нашего разума были благословением, а не бичом для человечества, мы не должны упускать из виду великие нерешенные проблемы организации труда и распределения благ»^[8]. Чтобы видеть и понимать великие нерешенные проблемы и пороки общественного развития и участвовать в их разрешении и искоренении, участвовать в создании более жизнеспособного общественного устройства, чем ныне существующее, – для этого тоже нужно знание.

В упомянутом Докладе комиссии Госпроматомнадзора СССР отмечено: «*существовавшая до аварии и существующая в настоящее время система правовых, экономических и общественно-политических взаимоотношений в области атомной энергии... не отвечала и не отвечает требованиям обеспечения безопасности при использовании атомной энергии...*»^[9]. Авторы Доклада, будучи лояльными советскими гражданами, не стали делать широких обобщений, не стали утверждать, что аварии способствовала система отношений, существовавшая не столько в атомной отрасли, сколько в обществе в целом. За них эти обобщения сделали Николай Иванович Рыжков и Валерий Алексеевич Легасов.

Отвечает ли долгосрочным требованиям безопасности система правовых, экономических и общественно-политических отношений в современной России? Чтобы осознать это и действовать в соответствии с этим осознанием, – для этого тоже нужны и знание, и интеллектуальное мужество, и сила духа.

* * *

Пока понятие «реактор чернобыльского типа» в общественном сознании остается не развитым и не развернутым во всей конкретике, пока оно не наполнено пониманием физических и технических особенностей этого реактора, в качестве причины аварии приходится слышать хотя и пришедшее из науки, но тоже ставшее расхожим, словосочетание «человеческий фактор».

«Человеческий фактор» – это значит, что в аварии виноват персонал. Объяснение аварии «человеческим фактором» стало общим местом. О «человеческом факторе», сработавшем на Чернобыльской АЭС, можно услышать и от школьников, и от журналистов, и от депутатов Госдумы.

Шельмование оперативного персонала Чернобыльской АЭС, третирование людей, стоявших за пультами 4-го энергоблока в ночь на 26 апреля как преступников, – этим на протяжении без малого тридцати пяти лет подменяется сколько-нибудь содержательный разговор о физике и о технологии реактора.

На примере учебника А. Н. Климова видно, что даже в книге по реакторной физике физика чернобыльской аварии не раскрыта, что *обоснованная цельная версия* там отсутствует, но зато действия персонала оценены как «наглая расхлябанность».

Впрочем, что там Аполлон Николаевич Климов, когда есть Евгений Олегович Адамов – бывший главный инженер Института атомной энергии им. И. В. Курчатова, бывший директор и ныне – научный руководитель НИКИЭТ, бывший министр РФ по атомной энергии, участник ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, заслуженный деятель науки и техники, научный руководитель программы «Прорыв». То есть – человек знающий.

Евгений Олегович с первых дней после аварии принял активнейшее участие в обсуждении технических особенностей взорвавшегося реактора, в выработке решений по модернизации оставшихся в СССР реакторов «чернобыльского типа», в создании новых проектов – как усовершенствованных водографитовых, так и совершенно новых, с другой физикой, с другим топливом, другими материалами. С его участием и за его подписью вышли сотни документов и десятки публикаций.

Но не вышло ни одной статьи, ни одной брошюры, где «граду и миру» объяснялись бы технические особенности «реактора чернобыльского типа» и раскрывались причины аварии, где была бы изложена *обоснованная цельная версия*. Ничего этого Евгений Олегович не рассказывает и не объясняет.

Может быть, ему некогда? Нет, им написано несколько книг автобиографического и научно-популярного характера, он охотно общается и дает интервью. И в своих интервью постоянно, с маниакальной последовательностью и настойчивостью он обвиняет в аварии персонал. Таким было интервью газете «Московские новости» в канун 25-й годовщины аварии на ЧАЭС, таким было интервью «Эху Москвы» 18 августа 2013 г., в котором он характеризует персонал ЧАЭС как «уголовников». Если бы, мол, не их действия, то аварии не было бы.

Да, не было бы тогда, – была бы в другой раз на другой станции.

О том, что реактор типа РБМК-1000 безо всяких нарушений со стороны персонала уже несколько раз пытался разогнаться на разных энергоблоках, что 30 ноября 1975 на Ленинградской АЭС был без пяти минут Чернобыль – об этом Евгений Олегович постоянно умалчивает. Что на заседании Политбюро ЦК КПСС 3 июля 1986 года реактор был раскритикован как проблемный, что академик Александров с этой критикой в целом согласился, что тогдашний премьер-министр Рыжков заявил на этом заседании, что мы шли к этой аварии, – об этом Евгений Олегович никогда не упоминает.

Как нигде не упоминает он о докладе Александра Александровича Ядрихинского, о книгах Николая Викторовича Карпана, наконец, о Докладе комиссии Госпроматомнадзора СССР, который так и назывался: «О причинах и обстоятельствах аварии на 4 блоке Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 года», и в котором было отмечено, что масштабы аварии вызваны не действиями персонала, а физическими характеристиками реактора; физические и конструктивные недостатки реактора были результатом многочисленных и явных нарушений норм и правил безопасности, допущенных создателями реактора.

Так может быть, Евгений Олегович просто стремится оправдать создателей реактора?

Может. Мы не знаем. Но в том, что он говорит уже много лет, явно просматривается закономерность: где нет желания говорить о физике, там, как у щедринского градоначальника, включается органчик на тему «человеческого фактора».

Впрочем, что там Евгений Олегович Адамов, когда у нас был Михаил Сергеевич Горбачев – Генеральный секретарь ЦК КПСС, первое лицо в государстве. И было Политбюро ЦК КПСС. Была образована Оперативная группа Политбюро, которую возглавил Николай Иванович Рыжков, премьер-министр, по-тогдашнему – Председатель Совета Министров СССР. Через Н. И. Рыжкова к работам по ликвидации аварии была подключена – мобилизована! – вся промышленность СССР. По оценке Легасова, именно Оперативная группа Политбюро организовывала и направляла ту «огромную государственную работу», которая развернулась в стране. А работа эта была сравнима разве что с эвакуацией за Урал советской промышленности в 1941 году. И Правительственная комиссия, по словам того же Легасова, отныне стала «всего лишь» конкретным управленческим механизмом этой огромной работы.

С одной стороны – «огромная государственная работа», организованная членом Политбюро ЦК и Председателем Совмина Рыжковым, а с другой...

3 июля 1986 года под председательством Михаила Сергеевича состоялось заседание Политбюро ЦК КПСС, где был рассмотрен доклад Правительственной комиссии по Чернобылю. На заседание были приглашены: Александров Анатолий Петрович – директор Курчатовского института, Президент Академии наук СССР; Брюханов Виктор Петрович – директор Чернобыльской АЭС; Легасов Валерий Алексеевич – первый зам. директора Курчатовского института, академик; Майорец Анатолий Иванович – министр энергетики и электрификации СССР, Мешков Александр Григорьевич – первый зам. министра среднего машиностроения, Шашарин Геннадий Александрович – зам. министра энергетики и электрификации, Щербина Борис Ефимович – зам. председателя Совета министров СССР, председатель Государственной комиссии.

Заседание Политбюро ЦК КПСС 3 июля 1986 года[10].

«Сов. секретно»

Экз. единственный. (Рабочая запись).

1. Доклад Правительственной комиссии по расследованию причин аварии на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г.

Горбачев – «...Слово предоставляется т. Щербине...»

Щербина Б. Е.

<...>

«Оценивая эксплуатационную надежность реактора РБМК, группа специалистов, работавшая по поручению Комиссии, сделала вывод о несоответствии его характеристик современным требованиям безопасности. В их заключении сказано, что при проведении экспертизы на международном уровне реактор будет подвергнут “остракизму”. Реакторы РБМК являются потенциально опасными... Видимо, на всех действовала настойчиво рекламируемая якобы высокая безопасность атомных станций... Следует принять нелегкое решение о прекращении строительства новых атомных станций с реакторами РБМК... Коллегия Министерства энергетики и электрификации с 1983 г. ни разу не обсуждала вопросы, связанные с безопасностью АЭС.

...В одиннадцатой пятилетке на станциях допущены 1042 аварийные остановки энергоблоков, в том числе 381 на АЭС с реакторами РБМК...»

<...>

Горбачев – «Комиссия разобралась, почему недоработанный реактор был передан в промышленность? В США от такого типа реакторов отказались. Так, тов. Легасов?»

Легасов – «В США не разрабатывались и не использовались такие реакторы в энергетике».

Горбачев – «Реактор был передан в промышленность, а теоретические исследования не были продолжены... Почему же все-таки не были продолжены теоретические исследования? Не получится ли так, что волюнтаризм отдельных лиц вовлекает страну в авантюру?..»

Щербина – «Считалось, что вопрос о безопасности является решенным. Об этом говорится в издании института имени Курчатова, в подготовке которого участвовал и Легасов...».

Горбачев – «Сколько было аварий?»

Брюханов – «В год происходит примерно 1–2 аварии... Мы не знали, что в 1975 году нечто подобное было на Ленинградской АЭС».

Горбачев – «Произошло 104^[11] аварии, кто несет ответственность?»

Мешков (первый зам. Министра среднего машиностроения СССР) – «Это станция не наша, а Минэнерго».

Горбачев – «Что Вы можете сказать о реакторе РБМК?»

Мешков – «Реактор испытанный. Только купола нет. Если строго выполнять регламент, то он безопасен».

Горбачев – «Тогда почему же Вы подписали документ, в котором говорится, что его производство нужно прекратить?... Вы меня удивляете. Все говорят, что этот реактор не доведен, его эксплуатация может вызвать опасность, а Вы здесь защищаете честь мундира».

Мешков – «Я защищаю честь атомной энергетики...»

Горбачев – «Вы продолжаете утверждать то, что утверждали 30 лет, и это является отзвуком того, что сфера Средмаша не находилась под научным, государственным и партийным контролем. И во время работы Правительственной комиссии, т. Мешков, ко мне поступала информация о том, что Вы вели себя легковесно, старались замазать очевидные факты...»

Горбачев – «Сидоренко В. А., заместитель Председателя Госкоматомэнергонадзора СССР, пишет, что РБМК и после реконструкции не будет соответствовать современным международным требованиям...»

Шашарин – «Физика реактора определила масштаб аварии. Люди не знали, что реактор может разгоняться в такой ситуации. Нет убежденности, что доработка его сделает его вполне безопасным. Можно набрать десяток ситуаций, при которых произойдет то же самое, что и в Чернобыле. Особенно это касается первых блоков Ленинградской, Курской и Чернобыльской АЭС. Не может эксплуатироваться на имеющейся мощности Игналинская АЭС. Они не имеют системы аварийного охлаждения. Их в первую очередь следует остановить... Строить дальше РБМК нельзя, я в этом уверен...»

Горбачев – «Что нужно сделать институту физики Курчатова?»

Александров – «Считаю, что это свойство (разгон) реактора может быть уничтожено. У нас есть соображения о вариантах решения этой проблемы. Это можно было бы сделать за один-два года».

Горбачев – «Это касается ныне действующих реакторов?»

Александров – «Ныне действующие реакторы можно обезопасить. Даю голову на отсечение, хоть она и старая, что их можно привести в порядок. Прошу освободить меня от обязанностей президента Академии наук и дать мне возможность исправить свою ошибку, связанную с недостатком этого реактора».

Горбачев – «А можно ли эти реакторы довести до международных требований?»

Александров – «...Все страны с развитой ядерной энергетикой работают не на таком типе реакторов...»

Майорец – «Что касается реактора РБМК, то на этот вопрос можно ответить однозначно. Никто в мире не пошел по пути создания реактора этого типа... Я утверждаю, что РБМК и после доработки не будет соответствовать всем нашим нынешним правилам...»

Рыжков – «Мы к аварии шли. Если бы не произошла авария сейчас, она при сложившемся положении могла бы произойти в любое время. Ведь и эту станцию пытались взорвать дважды, а сделали только на третий год. Как стало сейчас известно, не было ни одного года на АЭС без ЧП... Были также известны и недостатки конструкции реактора РБМК, но соответствующие выводы ни министерствами, ни АН СССР не сделаны... Оперативная группа считает, что станции с большим строительным заделом с реакторами РБМК надо заканчивать и на этом прекратить строительство станций с этим реактором».

* * *

Некоторые суждения о реакторе РБМК-1000 выглядят как избыточно строгие. И то, что никто в мире не пошел по пути развития такого реактора, еще не свидетельствует о его ущербности; точно также никто в мире не пошел по пути развития газоохлаждаемых реакторов – таких, как в Великобритании. Но на Политбюро ЦК КПСС обсуждался именно реактор, и в этом обсуждении прозвучало, что реактор не доведен и в существующем виде опасен. Можно ли эти реакторы «привести в порядок» – да, на этот счет мнения разделились.

Но что официально вышло за стены заседания Политбюро, о чем сообщили советскому народу и всему человечеству?

Вот что сообщила газета «Правда» – печатный орган ЦК КПСС, главная газета страны – в номере от 20 июля 1986 года:

«Политбюро ЦК КПСС на специальном заседании обсудило доклад Правительственной комиссии о результатах расследования причин происшедшей 26 апреля 1986 г. аварии на Чернобыльской АЭС...»

«Установлено, что авария произошла из-за целого ряда допущенных работниками этой электростанции грубых нарушений правил эксплуатации реакторных установок...»

Все. Про реактор, который обсуждался на заседании, – ни слова. Работники электростанции допустили целый ряд грубых нарушений. С одной стороны – огромная государственная работа. С другой – огромная государственная ложь. Огромная государственная несправедливость и огромная государственная бесчеловечность. Стрелочники названы – главной газетой страны. И приговор им уже вынесен – первым лицом государства.

«Руководство станции осудили, остальной персонал навечно заклеили. Несогласных с таким подходом – уволили, а погибших – великодушно простили...»^[12]

Фарс – такую оценку дал тогдашнему судилищу и всей тогдашней ситуации заместитель главного инженера Чернобыльской АЭС по науке и ядерной безопасности Николай Викторович Карпан.

Этот фарс продолжается и по сию пору. Продолжается традиция лжи и демагогии, когда за закрытыми дверями обсуждается одно, а народу – т. е. быдлу – с царского крыльца объявляется совсем

другое. Продолжаются попытки клеймить и оскорблять работников Чернобыльской атомной электростанции – и погибших, и выживших. В атмосферу этой лжи и демагогии, оформленной словосочетанием «человеческий фактор», все вовлекаются и вовлекаются новые люди и новые поколения.

Автору этих строк периодически приходится участвовать в школьных мероприятиях, посвященных атомной теме, – в диспутах, олимпиадах и т. п. И если на таких мероприятиях возникает тема Чернобыля – а она с неизбежностью возникает, – то как нечто само собой разумеющееся высказывает словосочетание «человеческий фактор». Попытки выяснить: откуда вы, ребята, это взяли, что вы на эту тему конкретно читали? – абсолютно бессмысленны. С пониманием того, что в аварии виноват персонал, наши старшеклассники буквально родились. Такое понимание они впитали с молоком матери. Они услышали это от взрослых, – в свое время наслушавшихся Евгения Олеговича Адамова.

Для противодействия лжи и демагогии и нужен разговор о том, что же такое «реактор чернобыльского типа» и почему он взорвался.

2. Популярно о физике ядерных реакций

Каким конкретно образом физика, по выражению замминистра Шашарина, определила масштаб аварии? Что это были за ситуации, где эта физика проявлялась? Что это были за два случая на самой ЧАЭС, о которых напомнил глава правительства Рыжков, заявивший, что к этой аварии мы шли? Что это был за случай на Ленинградской АЭС в 1975 году, о котором упомянул директор ЧАЭС Брюханов? Чем было вызвано и в чем выражалось свойство разгона реактора, о котором говорил академик Александров, и действительно ли это свойство было устранено?

Чтобы ответить на эти вопросы, необходимо вспомнить азы атомной и ядерной физики, основные понятия и определения, разобраться в процессах, которые протекают в ядерных реакторах.

* * *

В первой трети XIX в. стало окончательно ясно, что атомы – реально существующие материальные объекты, обладающие вполне определенными физическими свойствами: размерами и массой. Ясность эта наступила в значительной мере благодаря работам английского химика Джона Дальтона.

Вершиной химической атомистики стало открытие в 1869 году Дмитрием Ивановичем Менделеевым *периодического закона*, который установил соответствие между химическими свойствами элементов и массами образующих эти элементы атомов. Гениальность периодического закона выразилась не только в том, что она указала на ряд еще неизвестных человеку химических элементов, но и предвосхитила описание внутреннего состава атомных ядер: каждый порядковый номер, присвоенный элементам, означал величину электрического заряда атомных ядер, или, что то же самое, на количество протонов в ядре – за полвека до открытия и ядра, протона. Номер 92 получил элемент, замыкавший таблицу – уран.

С открытием в 1896 году явления радиоактивности и с открытием в следующем году *электрона*, ставшим первой известной человеку элементарной частицей, наступает время атомистики физической, наступает время попыток описать внутреннее устройство атома. В 1899 году Эрнест Резерфорд обнаруживает, что радиоактивность, порождаемая естественными, обнаруживаемыми в природе элементами, является сложной, составной, складывается из трех видов излучений: положительно заряженных частиц (получивших название *альфа-частиц*), отрицательно заряженных частиц (названных *бета-частицами* и оказавшихся электронами), и электромагнитного излучения, не несущего электрического заряда, т. е. электрически нейтрального (получившего название *гамма-излучения*).

Открытие трех основных видов излучения увековечено в известном схематическом изображении: три исходящие из одной точки траектории – отклоняющийся в магнитном поле в одну сторону поток альфа-частиц, в противоположную сторону – поток бета-частиц и идущее по прямой гамма-излучение.

Альфа-частицы, испускаемые ураном, засветили у Анри Беккереля фотопластинку, завернутую в черную бумагу, и привели того к открытию радиоактивности. Альфа-частицы послужили Резерфорду инструментом в опыте, где было обнаружено ядро атома. При облучении листка металлической фольги пучком альфа-частиц оказалось, что часть их при прохождении через листок отклоняется на большие углы – в том числе близкие к 180° , то есть почти разворачивается назад. Такое могло быть объяснено только тем, что в веществе фольги имеются весьма малые и обладающие положительным зарядом материальные образования. Это и были ядра атомов, образующих вещество фольги.

Внутренняя структура атома была в первом приближении описана: атом состоит из положительно заряженного ядра и окружающих ядро орбит-оболочек с отрицательно заряженными электронами, причем практически вся масса атома сосредоточена в его ядре; масса электронов по сравнению с массой ядра ничтожно мала. Это напоминает Солнечную систему – в центре находится Солнце, вокруг которого вращаются планеты, причем масса планет много меньше массы Солнца. Поэтому предложенное Резерфордом описание структуры атома было названо планетарной моделью.

Эксперимент с рассеянием альфа-частиц на золотой фольге был проведен в 1909 году. Планетарная модель была обнародована в 1911 году.

В 1913 году в физике появляется и закрепляется понятие «*изотоп*». В этом году Джозеф Джон Томсон, уже вошедший в историю открытием электрона, обнаружил, что неон – химический элемент с атомным номером 10, т. е. стоящий под номером 10 в периодической таблице – представлен двумя сортами атомов с массовыми числами 20 и 22. Понятие «*изотопы*» – т. е. «занимающие одно и то же место» (в периодической таблице) – было предложено Фредериком Содди, одним из ближайших соратников Резерфорда. Наличие естественных изотопов обнаружится у большинства химических элементов: у водорода – три, у гелия, лития, бора – по два, у углерода – три, у азота – два, у кислорода – три. Три природных изотопа обнаружится у урана – элемента с номером 92, замыкавшего тогда периодическую таблицу. Эти три изотопа имеют массовые числа, равные 234, 235 и 238.

Двумя следующими после открытия ядра и выявления внутренней структуры атома фундаментальными открытиями явились открытия *ядерных реакций* и внутреннего состава самих ядер. Ядерными реакциями стали называть эффекты и явления, происходящие при взаимодействии атомных ядер с другими ядрами или с частицами.

Первой осуществленной человеком ядерной реакцией стало превращение ядра азота в ядро кислорода при облучении азота альфа-частицами. Этот эксперимент был осуществлен в 1919 году Резерфордом.

Дополнительным продуктом осуществленной Резерфордом реакции азот-кислород оказалась ранее неизвестная частица, обладающая положительным электрическим зарядом. Эта частица получила название *протон* и оказалась ничем иным, как ядром атома водорода. Если электрон был первой открытой человеком внутриатомной частицей, то протон оказался первой внутриядерной.

В 1932 году Джеймсом Чедвиком был открыт *нейтрон* – электрически нейтральная частица с массой, близкой к массе протона. Предположение, что протоны и нейтроны в совокупности и образуют состав атомного ядра, первым выдвинул в том же 1932 году советский физик Дмитрий Дмитриевич Иваненко.

* * *

Эрнест Резерфорд облучал альфа-частицами азот и открыл протон, одновременно обнаружив возможность превращения одного химического элемента в другой. Вальтер Боте, облучая альфа-частицами бериллий и литий, обнаружил новый вид излучения с высокой проникающей способностью, природу которого он объяснить не смог. Ирен и Фредерик Жолио-Кюри обнаружили, что если это новое излучение падает на водородосодержащий материал – например, на парафин, – то образуются протоны высоких энергий. Джеймс Чедвик, по-своему организовав эксперимент по облучению бериллия альфа-частицами, окончательно идентифицировал новую частицу и определил ее массу. Облучать материалы теми или иными видами излучений, превращать одни химические элементы в другие или получать новые – искусственные – изотопы элементов, стало новым направлением в науке.

В 1934 году Энрико Ферми начинает серию экспериментов по облучению веществ нейтронами. Им было получено свыше 50 искусственных радиоактивных изотопов. Но главная цель, которую преследовал Ферми – получение не просто новых элементов, а элементов, которые были бы тяжелее урана, которые в периодической таблице стояли бы правее урана, – элементов, которые будут названы *трансурановыми*, т. е. заурановыми. Ферми хотел заглянуть за край таблицы Менделеева и обнаружить элементы с атомными номерами, превышающими число 92. Обнаружить новые элементы ему тогда не удалось.

С опытами Ферми поучилось примерно как с опытом Боте – тот облучал альфа-частицами бериллий, но не смог объяснить полученные результаты. Для окончательной идентификации новой частицы – нейтрона – понадобился новый эксперимент, выполненный Чедвиком. Правда, и того, что Ферми сделал, было более чем достаточно для присуждения ему в 1938 году Нобелевской премии.

В 1938 году опыты Ферми по облучению урана нейтронами повторили Отто Ган и Фриц Штрассман. Из облученного урана они выделили барий – элемент с номером 56, т. е. из середины таблицы. Это могло быть объяснено единственным образом: ядро с номером, почти в два раза меньшим, чем у исходного, могло получиться только в результате *деления* исходного ядра.

В следующем году Фредерик Жолио-Кюри с сотрудниками обнаружил, что при делении, помимо двух дочерних ядер, образуется в среднем два-три вторичных нейтрона. Продуктами реакции деления оказались частицы, вызывающие эту реакцию. Это позволяло надеяться на возможность осуществления в уране *самоподдерживающейся цепной реакции деления*.

Откроем учебник по физике для 11 класса: «*Ядерной цепной реакцией называется реакция, в которой частицы, вызывающие ее (нейтроны), образуются как продукты этой реакции*»^[13].

* * *

Установлением необходимых условий для возникновения и поддержания цепной реакции деления, т. е. созданием теории цепной реакции, занимались одновременно и независимо друг от друга в двух местах – в Соединенных Штатах, куда, спасаясь от Муссолини и от Гитлера, перебрались многие физики

Старого Света, и в Советском Союзе. Энрико Ферми там, Борис Яковлевич Зельдович и Юлий Борисович Харитон здесь. Эти люди явились основателями реакторной физики.

Одним из принципиальных положений этой теории стало установление того факта, что цепная реакция деления неосуществима на уране-238, т. е. на изотопе, массовое содержание которого в природном уране составляет свыше 99 %. Поддерживать цепную реакцию можно только в среде урана-235, содержание которого в природном уране – менее одного процента.

Еще одним принципиальным положением стало утверждение о необходимости введения в размножающую среду вещества-замедлителя, проходя через которое нейтроны деления, обладающие при рождении большими скоростями и энергиями, теряли бы свою скорость. Чем меньше скорость нейтронов, с тем большей вероятностью они делят ядра урана-235. Харитон и Зельдович указывали, что идеальными в качестве замедлителей являются водородосодержащие вещества, Ферми разрабатывал идею применения графита.

Ключевым понятием в теории цепной реакции деления стало понятие *коэффициента размножения нейтронов*.

Сразу после обнаружения образующихся в результате деления вторичных нейтронов стало понятно, что цепная реакция возможна, если число нейтронов вылетевших из ядер при делении, будет больше, или, в крайнем случае, равно числу нейтронов, эти деления вызвавших. Отношение числа вторичных ядер к числу исходных получило название коэффициента размножения.

Выяснение условий, при которых осуществима цепная реакция деления, свелось к выяснению условий, при которых коэффициент размножения нейтронов больше единицы или равен единице.

Обратимся еще раз к физике для 11 класса:

«Для течения цепной реакции нет необходимости, чтобы каждый нейтрон обязательно вызывал деление ядра. Необходимо лишь, чтобы среднее число освобожденных нейтронов в данной массе урана не уменьшалось с течением времени.

Это условие будет выполнено, если коэффициент размножения нейтронов k больше или равен единице. Коэффициентом размножения нейтронов называют отношение числа нейтронов в каком-либо «поколении» к числу нейтронов предшествующего «поколения».

Под сменой поколений понимают деление ядер, при котором поглощаются нейтроны старого поколения и рождаются новые нейтроны. Если $k > 1$, то число нейтронов увеличивается с течением времени или остается постоянным, и цепная реакция идет. При $k < 1$ число нейтронов убывает, и цепная реакция невозможна».^[14]

Чему в принципе может быть равен коэффициент размножения? Как определить, чему он будет равен для среды данного состава, данной формы и размеров, от чего он зависит, как можно придавать ему требуемое значение?

В предельном, идеальном случае коэффициент размножения равен числу вторичных нейтронов, рождающихся в среднем на один акт деления. Для урана-235 это число равно 2.416, т. е. при делении одной тысячи ядер, которое вызвано тысячей первичных нейтронов, рождается 2416 вторичных нейтронов.

Условие номер один, при котором коэффициент размножения был бы равен этому числу, состоит в том, чтобы среда, в которой предполагается осуществить цепную реакцию, состояла бы только из делящегося изотопа урана-235. И чтобы всякий нейтрон, поглощаясь в уране, вызывал бы деление со стопроцентной вероятностью.

Но так не бывает. Бывает, что нейтрон поглощается, не вызывая деления.

Не бывает ядерных реакторов с топливом, содержащим 100 % изотопа уран-235. Не бывает ядерных реакторов с ураном в химически чистом – металлическом – виде. Уран может применяться только в виде химических соединений; сейчас это в основном двуокись урана, в перспективе рассматривается нитрид урана.

Для цепной реакции в природном уране или в уране слабообогатленном, т. е. в таком, где массовая доля урана-235 повышена до нескольких процентов, необходим замедлитель нейтронов. А любой замедлитель, как и вообще любое вещество, является одновременно и *поглотителем*. Слабым, но поглотителем. Кроме того, в природном и в слабообогатленном уране основным поглотителем нейтронов является не поддерживающий цепную реакцию уран-238. Поглощение нейтронов в уране-238 и в замедлителе – вот две основные причины, существенно снижающие значение коэффициента размножения по сравнению с предельно возможной 2.416: снижающие до значений или немного превышающих единицу, или даже меньших, чем единица.

Интересно и характерно: увеличение количества замедлителя уменьшает захват нейтронов в уране-238, но одновременно – что совершенно естественно – увеличивает поглощение нейтронов в самом замедлителе.

Величина, которая характеризует уменьшение захвата в уране-238, называется вероятностью избежать резонансного захвата. С увеличением количества замедлителя эта вероятность растет, стремясь к единице. Величина, которая характеризует поглощение в замедлителе и во всех прочих материалах активной зоны, называется коэффициентом использования тепловых нейтронов. С увеличением количества замедлителя этот коэффициент падает, стремясь к нулю.

Реальное значение коэффициента размножения получается умножением числа 2.416 на произведение двух величин: вероятность избежать захвата в уране-238 и на коэффициент использования тепловых нейтронов, и еще на некоторые величины, которые от количества замедлителя не зависят и при данном составе топлива являются постоянными.

Если одна величина растет, стремясь к единице, а другая падает, стремясь к нулю, то их произведение должно иметь максимальное значение; до этого максимума оно растет, а затем падает. Стало быть, при увеличении количества замедлителя коэффициент размножения сначала растет, достигает максимума, затем падает. То есть должно существовать какое-то количество замедлителя в расчете на единицу массы топлива, при котором коэффициент размножения максимален.

Одним из важнейших шагов в развитии теории цепной ядерной реакции стало определение оптимального соотношения количеств замедлителя и ядерного топлива. Это соотношение может быть выражено величиной отношения объемных концентраций атомных ядер замедлителя и топлива. Может быть выражено отношением объемов замедлителя и топлива.

А может – величиной *шага решетки* замедлителя, воды или графита.

3. Устройство «реактора чернобыльского типа» и причины неустойчивости и небезопасности такого реактора

Графит – основной конструктивный элемент активной зоны ядерного реактора РБМК-1000. Габаритные размеры графитовой кладки – 14×14 м в плане (в длину и в ширину) и 8 м в высоту.

Кладка образована вертикальными колоннами, общее количество которых равно 2488 шт.; каждая состоит из устанавливаемых друг на друга призматических блоков размерами 25×25 см в плане и 60 см в высоту. Этот размер – 25 см – и есть шаг решетки. Таким образом, каждая колонна – это вертикальная призма, имеющая в сечении форму квадрата со стороной 25 см и высотой 8 м.

В графитовых блоках имеются продольные сквозные отверстия диаметром 114 мм. При установке блоков друг на друга, т. е. при сборке колонны, внутри колонны образуется вертикальный цилиндрический канал, тракт.

В этот вертикальный тракт вставляется труба из циркониевого сплава – *технологический канал*. Внешний диаметр трубы – 88 мм, внутренний – 80, т. е. толщина стенки канала – 4 мм. В трубу технологического канала сверху устанавливается тепловыделяющая сборка (ТВС) с ядерным топливом.

Графитовый блок. Канальный ядерный энергетический реактор РБМК. Под общ. редакцией Ю. М. Черкашова. М.: ГУП НИКИЭТ, 2006.

ТВС состоит из расположенных один над другим двух пучков *тепловыделяющих элементов* – ТВЭЛ, или *твэл*. ТВЭЛ в данном случае – это стержневой элемент, представляющий собой тонкостенную трубу, заполненную двуокисью урана в виде цилиндрических таблеток. Эта труба традиционно называется оболочкой ТВЭЛ. Для РБМК-1000 диаметр оболочки – 13,6 мм, толщина стенки – 0,9 мм. Труба герметически закрыта с обеих сторон заглушками. С помощью дистанционирующих решеток и концевых элементов твэлы закреплены вокруг центрального несущего стержня. Твэлы и центральный стержень занимают примерно половину площади сечения трубы технологического канала. В пространстве между твэлами течет теплоноситель – кипящая вода.

Общая высота ТВС, включая штангу-подвеску, на которой она крепится – подвешивается – при установке в технологический канал, – 10 м с небольшим. Высота, занимаемая топливом верхнего и нижнего пучка ТВЭЛ, вместе с зазором между пучками – 7 м. Это и есть высота активной зоны, т. е. активная зона занимает 7 из 8 метров высоты графитовой кладки.

Ячейки (колонны), где расположены технологические каналы, т. е. ячейки, формирующие активную зону, образуют симметричный, близкий по форме к цилиндру, массив, вписывающийся в квадрат 12×12 метров. Поскольку вся кладка вписывается в габарит 14×14 метров, то активная зона окружена кольцом из 4-х рядов колонн, не содержащих ядерного топлива. Эти колонны выполняют роль бокового отражателя нейтронов, уменьшающего их утечку за пределы реактора.

Не все колонны-ячейки активной зоны содержат технологические каналы с ядерным топливом. Часть ячеек предназначена для размещения в них *органов регулирования* – стержней системы управления и защиты (СУЗ) реактора, выполненных из стали, куда добавлена присадка – бор, сильный поглотитель нейтронов. Но никак не из графита. Почему при описании поглощающих стержней в статьях про «реактор чернобыльского типа» нередко всплывает словосочетание «графитовые стержни», – об этом в конце.

Для размещения поглощающих стержней в графитовых колоннах также выполнены сквозные вертикальные тракты, и в этих трактах тоже установлены вертикальные трубчатые каналы из циркония. В первоначальной, дочернобыльской, версии проекта реактора РБМК эти каналы охлаждались потоком воды, заполнявшей все свободное сечение канала. Наличие воды создавало сопротивление движению стержней и снижало быстродействие аварийной защиты. Позже охлаждение стало выполняться пленкой воды, стекающей по внутренней стенке трубы. Регулирующие стержни разделены по выполняемой роли:

часть из них действует от автоматических регуляторов мощности, часть – управляется с пульта вручную и часть – постоянно взведена над активной зоной и входит в активную зону по сигналу аварийной защиты.

Итак, активная зона реактора РБМК:

- занимает основной объем графитовой кладки и имеет форму, близкую к цилиндрической, с диаметром 12 м и высотой 7 м;
- выполнена из вертикальных колонн;
- в отверстиях большей части колонн установлены технологические каналы с ядерным топливом, и в меньшей части колонн – каналы со стержнями СУЗ;
- технологические каналы и каналы СУЗ образуют регулярную квадратную решетку с шагом 25 см.

Количество ячеек-колонн и во всей кладке, и в пределах активной зоны является постоянным для всех реакторов типа РБМК, но пропорция между числом технологических каналов и числом каналов СУЗ (и, соответственно, числом органов регулирования) по мере развития проекта несколько изменялась. Для реакторов РБМК 3-го и 4-го энергоблоков ЧАЭС проектом предусматривались 1661 технологический канал и 211 каналов СУЗ.

* * *

Как указал в своем докладе инспектор Госатомнадзора Александр Александрович Ядрихинский, для реактора РБМК-1000 был выбран такой шаг решетки, при котором достигалась наибольшая экономическая эффективность использования ядерного топлива – наибольшее количество энергии, получаемой с единицы массы топлива. И, что немаловажно, хороший баланс нейтронов позволял этот реактор использовать не как чисто энергетический, но и как двухцелевой – также для наработки оружейного плутония.

Почему реактор при этом оказался плохо управляемым, неустойчивым?

Для ответа на этот вопрос необходимо уточнить смысл понятия «коэффициент размножения». Если изначально коэффициент размножения рассматривался как величина, определяющая возможность либо невозможность осуществления цепной реакции в системе определенного состава и определенной геометрии, то для реактора, в котором реакция возможна, в котором она идет, коэффициент размножения определяет направление изменения числа нейтронов, а значит, – направление изменения мощности. Реактором управляют, изменяя коэффициент размножения. Делают его больше единицы – мощность реактора растет; делают меньше единицы – мощность падает; равным единице – мощность поддерживается на постоянном уровне. Поскольку управление мощностью реактора сводится к управлению отклонением коэффициента размножения от единицы, то для удобства введена величина, которая определяется как отклонение коэффициента размножения от единицы и которая названа *реактивностью*. Коэффициент размножения равен единице – реактивность равна нулю, коэффициент больше единицы – реактивность положительна, коэффициент меньше единицы – реактивность отрицательна. Так сложилось и в математике, и в инженерном деле, что любые величины удобнее сравнивать с нулем.

Коэффициент размножения – и реактивность – в реальных реакторах зависит не только от целенаправленно выполняемых управляющих воздействий, от перемещения поглощающих стержней, но и от изменений физических параметров, характеризующих состояния реактора и активной зоны. Изменение температур, плотностей, состава – все это может влиять на реактивность, то есть может приводить к изменениям мощности помимо наших решений и управляющих воздействий. Величина, на которую изменяется реактивность реактора при изменении того или иного физического параметра во всем

возможном диапазоне, называется *эффектом реактивности* по данному параметру. *Паровой эффект реактивности* – это величина, на которую изменяется реактивность, если вода в реакторе полностью превратится в пар, т. е. если *паросодержание* изменится от 0 до 100 %.

Истинным паросодержанием называется доля площади проходного сечения, занятая паром. Если все проходное сечение занято водой, т. е. если пара нет, то истинное паросодержание равно нулю. Если сечение полностью занято паром – оно равно единице. Измеряют паросодержание как в долях единицы, так и в процентах. Полное обезвоживание проходного сечения и заполнение его паром означает, что паросодержание равно 100 %.

Если при вскипании или при обезвоживании реактора по любой другой причине реактивность возрастает – мы имеем положительный паровой эффект реактивности. Он означает, что будет увеличена реактивность. Увеличение реактивности приведет к увеличению тепловой, испаряющей мощности, и тем самым – за счет роста количества пара – к увеличению общей производительности реактора, его мощности в целом. Так начинается не просто повышение мощности, а повышение с нарастающей скоростью. *Разгон*.

* * *

Выполним вычислительный эксперимент – посчитаем коэффициент размножения реактора типа РБМК-1000 в зависимости от величины шага решетки, причем посчитаем для двух крайних состояний реактора – с технологическими каналами, полностью заполненными водой, и с обезвоженными, или, что то же самое, с запаренными каналами.

Пусть сначала шаг решетки равен минимально возможному – диаметру трубы технологического канала, т. е. 88 мм.

Рассмотрим самую простую по составу размножающую систему: когда она состоит из урана и графита, а вода отсутствует – свободное пространство между твэлами ничем не заполнено. Поглощение нейтронов в металле оболочек ТВЭЛ, в центральном несущем стержне и в трубе технологического канала при этом учитываем. Коэффициент размножения в этом случае оказался ≈ 0.005 . Это много меньше единицы, и такое состояние реактора называется *подкритическим* и даже глубоко подкритическим (*критическое* состояние – коэффициент размножения равен единице). Самоподдерживающаяся цепная реакция деления в этом случае возникнуть не может.

Теперь при том же самом шаге решетки, т. е. при том же самом количестве графита, заполним водой свободное пространство технологического канала. Коэффициент размножения становится ≈ 0.985 . Это тоже меньше единицы, тоже подкритика, но уже гораздо менее глубокая. Для канала, заполненного водой, при минимально возможном шаге решетки коэффициент размножения оказался почти в 200 раз больше, чем для обезвоженного канала.

Зависимость коэффициента размножения водо-графитового реактора типа РБМК от шага решетки. Левее значения шага, при котором кривые зависимости для состояний «с водой» и «без воды» пересекаются, область устойчивых состояний: переход к состоянию «без воды» сопровождается уменьшением коэффициента размножения (I). Правее – область неустойчивых состояний: переход к состоянию «без воды» сопровождается увеличением коэффициента размножения (II). Реальное значение шага сетки – 25 см – находилось в области неустойчивых состояний

Увеличение коэффициента размножения произошло в результате добавления в систему дополнительного замедляющего вещества – воды. Если теперь эту воду удалить, то коэффициент размножения уменьшится. Добавление воды улучшает размножающие свойства системы, удаление воды – ухудшает.

Важной величиной для дальнейших рассуждений является *разность коэффициентов размножения* для состояний с водой и без воды. Для рассматриваемого минимально возможного шага эта разность оказывается ≈ 0.98 .

Эта величина – изменение коэффициента размножения при переходе из состояния «без воды» к состоянию с «водой» – в данном случае оказалась величиной *положительной*, а именно $+0.98$. Такой переход, когда начальным состоянием является состояние «без воды», а конечным – состояние «с водой» (а не наоборот), мы выбрали для рассмотрения только потому, что рассматривали переход от физически более простого состояния к более сложному.

В практике принято рассматривать обратный переход: от «с водой» к «без воды», т. е. процесс не заполнения, а опорожнения, обезвоживания. Состояние «с водой» принято считать исходным состоянием, а состояние «без воды» – конечным. Тогда величина изменения коэффициента размножения просто меняет знак – при заполнении системы водой было $+0.98$, при опорожнении -0.98 . Что дает такой подход? Он соответствует изменениям, происходящим при реальном технологическом процессе.

С точки зрения технологии естественным исходным состоянием является нулевая мощность реактора и нулевое содержание пара, а это и есть состояние «с водой». Конечным состоянием является состояние с высоким содержанием пара и, соответственно, с малым содержанием воды. Т. е. конечным состоянием является состояние, близкое к состоянию «без воды». С точки зрения технологии все переходные процессы, все изменения состояния реактора органично и естественно описывать и оценивать применительно к изменению количества пара.

Следующее характерное значение шага решетки – 10 см. Без воды коэффициент размножения по-прежнему меньше единицы, ≈ 0.13 , с водой он уже превышает единицу, ≈ 1.001 . Состояние, при котором коэффициент размножения превышает единицу, называют *надкритическим*, или *надкритичным*. Итак, с добавлением воды при шаге решетки 10 см реактор становится надкритичным; здесь цепная реакция возможна, реактор может быть запущен. Т. е. при размере графитового блока 10 см *реактор запускается наполнением водой*. Если теперь воду удалить, то реактор станет подкритическим и заглушится.

Разность коэффициентов стала $1.001 - 0.13 \approx 0.87$. Обратим внимание: эта разность уменьшилась – была 0.98, стала 0.87.

Следующие характерное значение шага решетки – 18.5 см. В этом случае графита становится достаточно, чтобы реактор стал надкритическим и запустился уже без воды. Вода в качестве замедлителя в этом случае не создает критичность, а только увеличивает ее, «помогает» графиту. Разница коэффициентов размножения для состояний «с водой» и «без воды» стала ≈ 0.064 .

Заметим, что разность коэффициентов размножения «с водой» и «без воды» для каждого очередного значения шага решетки становится меньше. При увеличении шага в последовательности 8.8 см \rightarrow 10 см \rightarrow 18.5 см, разность коэффициентов размножения «с водой» и «без воды» убывающую последовательность: $0.98 \rightarrow 0.87 \rightarrow 0.064$. По мере увеличения шага решетки положительное влияние воды как замедлителя снижается.

Наконец, шаг решетки становится таким, что положительное влияние воды на критичность прекращается. Вода как дополнительный замедлитель работать перестает. Это выражается в том, что коэффициент размножения для состояния «с водой» оказывается равным коэффициенту размножения для состояния «без воды». В нашем случае эти одинаковые значения коэффициентов размножения ≈ 1.0625 . Если две величины равны друг другу, то их разность равна нулю. Шаг решетки, при котором разность коэффициентов обнуляется, тут оказывается ≈ 21.5 см. Графически равенство коэффициентов размножения и обнуление их разности выражается в том, что соответствующие графики *пересекаются*.

Другими словами, шаг решетки, при котором графики пересекаются, соответствует количеству графита, при котором вода перестает быть дополнительным замедлителем.

Продолжаем увеличивать шаг решетки. На графике мы видим, что правее точки пересечения график «с водой» оказывается не выше, а *ниже* графика «без воды». Если в точке пересечения вода перестала оказывать положительное влияние на размножающие свойства, и коэффициент размножения перестал зависеть от того, есть вода или ее нет, то при дальнейшем увеличении шага решетки вода начинает играть роль *паразитного поглотителя* нейтронов и своим появлением уменьшает коэффициент размножения. А своим исчезновением она коэффициент размножения *увеличивает*.

При любом шаге решетки, который лежит правее точки пересечения кривых, коэффициент размножения «с водой» оказывается меньше, чем «без воды» – *заполнение реактора водой ухудшает размножающие свойства реактора*. А удаление воды теперь размножающие свойства реактора улучшает, способствует увеличению коэффициента размножения и дополнительному росту мощности. Левее этой точки вода работает как дополнительный замедлитель нейтронов, правее – как поглотитель.

Та роль, которую в реакторе исполняет вода, зависит от того, сколько в реакторе основного замедлителя – графита. Мало графита – вода работает как замедлитель, много графита – вода работает как поглотитель.

При значениях шага, лежащих левее этой точки, т. е. там, где мало графита, вскипание воды приводит к уменьшению реактивности и мощности; правее – к увеличению и того, и другого.

* * *

Теперь попробуем разобраться, как это обстоятельство влияет на *переходные процессы*, на *поведение* реактора, на его управляемость, на то, как он откликается на управляющие воздействия и на внешние возмущения, – на его динамику, на его, в конечном счете, безопасность.

Выберем на горизонтальной оси одно определенное значение размера графитового блока – например, такое, какое оно есть в реакторе РБМК, т. е. равное 25 см, и сравним два значения коэффициента размножения, соответствующих выбранному значению шага.

На верхней кривой значению шага 25 см соответствует значение коэффициента размножения, равное 1.09, на нижней кривой – 1.045. Верхняя кривая соответствует состоянию реактора «без воды», нижняя – состоянию «с водой». Это два значения коэффициента размножения, которые соответствуют двум крайним состояниям *одного и того же* реактора, с одним и тем же размером графитового блока, но в одном случае с водой, в другом – без воды.

Разница между этими двумя крайними значениями в нашем случае $1.09 - 1.045 = 0.045$.

Содержательный физический смысл этой разницы – отклик коэффициента размножения на изменение количества воды в объеме реактора. Если исходным состоянием реактора считать состояние с

водой, то переход к состоянию «без воды» будет сопровождаться увеличением коэффициента размножения и, как следствие, – увеличением мощности.

Повторим еще раз цепочку разгона, описанную выше. Любое сколь угодно малое увеличение паросодержания – или, что то же самое, любое уменьшение количества воды, – приводит к увеличению коэффициента размножения, к увеличению нейтронного потока и к увеличению тепловой мощности; увеличение тепловой мощности дополнительно увеличивает паросодержание, паросодержание увеличивает коэффициент размножения – и так далее. Запускается механизм *положительной обратной связи*, и мощность будет расти, пока этот рост не будет остановлен системой регулирования или аварийной защитой.

И точно также реактор ведет себя при случайном уменьшении паросодержания – коэффициент размножения и следом за ним тепловая мощность начинают падать, пока это падение опять-таки не остановит система регулирования.

Так реактор РБМК-1000 в своем первоизданном виде и работал: его мощность болтало от одной уставки^[15] до другой, автоматический регулятор срабатывал ежеминутно, а СИУР – старший инженер управления реактором – был весь в мыле.

Вспоминает Михаил Карраск, участник пуска 1-го энергоблока Ленинградской АЭС – самого первого энергоблока с реакторами РБМК:

«После того как прошли пусковые операции первого блока, мы столкнулись со сложной физикой реактора. ... Реактор был нестабильный. Как-то в мою смену раздался звонок. На блочный щит зашли директор ЛАЭС Валентин Павлович Муравьев вместе с Ефимом Павловичем Славским – легендарным министром Средмаша. Мы поприветствовали друг друга, обменялись рукопожатиями, я представился и продолжил работу.

Муравьев и Славский наблюдали за моей работой молча. Я, сидя за пультом, чувствовал себя пианистом – пальцы так и бегали по кнопкам. Славский говорит: „Валентин Павлович, ситуация какая-то интересная. Старший инженер – сам по себе, автоматический регулятор – сам по себе. Что за машину мы создали?!“ „Да, надо принимать меры“, – ответил ему директор.

Надо сказать, что все это понимали. Ведь нам приходилось работать вместе с автоматом. Каждые 20–30 секунд приходилось вмешиваться в работу реактора...»^[16].

4. Что произошло на 4-м энергоблоке

Если поглощающий стержень извлекается вверх из активной зоны, то на его место втягивается снизу т. н. *вытеснитель* — своего рода габаритный макет поглощающего стержня, имеющий алюминиевую оболочку и графитовое наполнение. Этот вытеснитель занимает собой объем канала, не давая охлаждающей воде заполнить канал и оставляя ей только тонкий зазор по стенкам. Применение вытеснителя было вызвано желанием улучшить размножающие свойства активной зоны, разместив в освободившемся канале графит и вытеснив воду, которая рассматривалась как поглотитель. В принципе, разумное решение, но характерной особенностью подобного вытеснителя являлось то, что он был короче поглощающего стержня, не перекрывал полную высоту активной зоны, – и выше и ниже вытеснителя оставались участки воды высотой по 1.25 м и больше. Когда поглощающий стержень начинает движение вниз из крайнего верхнего положения, то вытеснитель, идя вниз, в верхней части активной зоны освобождает место для поглощающего стержня, а в нижней части – сам занимает место водяного столба. Замена в нижней части активной зоны воды на графит, т. е. поглотителя нейтронов на замедлитель, улучшала размножающие свойства в нижней части реактора, что вызывало всплеск мощности. (По-видимому, существование наполненных графитом вытеснителей и породило у ряда авторов и у публики

представление о том, что реактор управляется с помощью неких «графитовых стержней». Нет, реактор управляется с помощью стальных боросодержащих стержней.)

Вытеснитель в активной зоне при полностью извлеченном поглощающем стержне. Из открытых источников

Это явление – кратковременное увеличение реактивности и мощности в нижней части реактора при начале движения полностью извлеченных управляющих стержней – получило название «*концевого эффекта*».

Подобный всплеск мощности неоднократно наблюдался на разных энергоблоках РБМК. Особенно тяжелые последствия он вызвал на Ленинградской АЭС 30 ноября 1975 года.

Концевой эффект на Чернобыльской АЭС, проявившийся в первые секунды хода стержней аварийной защиты, и вызванный им всплеск мощности в нижней части реактора вызвали заполнение паром технологических каналов по всей высоте активной зоны, увеличение коэффициента размножения и объемный рост мощности, с которым опускаемые стержни уже не справлялись. **5. Дочернобыльская авария и решения проблемы всплеска мощности**

Положительный паровой эффект реактивности и его частное проявление – концевой эффект, всплеск мощности при начале работы аварийной защиты – выявились вскоре после пуска первого энергоблока с реактором РБМК-1000, состоявшегося 22 декабря 1973 года на Ленинградской АЭС.

Без малого через два года, 30 ноября 1975 года, на ЛАЭС произошла авария с разгерметизацией одного технологического канала и выходом активности в окружающую среду – в результате всплеска мощности при глушении реактора аварийной защитой. В ходе подъема мощности после кратковременной остановки реактор дважды пытался превысить допустимую скорость набора мощности, но останавливался действием защиты. По достижении 800 МВт тепловой мощности, т. е. трети от номинальной, последовал наброс мощности – в течение 10÷20 с реактор сам набрал дополнительно 100 МВт. После чего было принято решение глушить его – были опущены стержни автоматического регулирования и нажата кнопка «Аварийная защита-5». При начале хода стержней аварийной защиты последовал новый всплеск мощности, в результате которого оказались разгерметизированы несколько топливных сборок и один технологический канал.

Это был первый звонок. Последовавшая за ним попытка конструкторов укротить положительный всплеск реактивности была с физической точки зрения вполне обоснованной, но – не доведенной до конца.

Поскольку при выбранном шаге решетки вода выполняет роль поглотителя нейтронов, и поскольку броски реактивности и мощности вызваны колебаниями количества этого подвижного поглотителя, то нейтрализовать или хотя бы снизить этот эффект можно введением в активную зону поглотителя постоянно присутствующего. В качестве такового решено было использовать часть управляющих стержней. В регламенте записали: в зоне должно находиться не менее 15 стержней. Увеличение количества железа и бора в активной зоне компенсировали увеличением обогащения ядерного топлива.

Но! Нигде, ни в каком документе не объяснили, чем подобное положение регламента вызвано, нигде не объяснили, что при полном извлечении стержней паровой эффект проявляется во всей красе, и реактор становится способным к разгону и взрыву.

В ночь на 30 ноября 1975 года реактор на ЛАЭС не взорвался только потому, что старший инженер управления реактором (СИУР), Михаил Павлович Карраск, перед тем как нажать кнопку аварийной защиты, поочередно опустил в активную зону 12 стержней автоматического регулирования. Такого количества введенного железа хватило, чтобы уберечь реактор от взрыва, но оно оказалось недостаточным для полного подавления концевой эффекта.

В ночь на 26 апреля 1986 года СИУР 4-го энергоблока Чернобыльской АЭС Леонид Федорович Топтунов нажал кнопку аварийной защиты, не имея в активной зоне ни 15, ни даже 12 стержней.

Нарушил ли он регламент, извлекая стержни? Однозначного ответа на этот вопрос нет до сих пор. Но пусть нарушил, пусть реактор находился в нерегламентном состоянии. Почему это нерегламентное состояние было названо крайне маловероятным, – таким, что и представить себе невозможно? Точно в таком же состоянии и почти на таком же уровне мощности находился реактор Ленинградской АЭС 30 ноября 1975 года.

Фактом остается то, что выходу из этого нерегламентного, но известного и однажды уже имевшего место состояния персонал на ЧАЭС не учили. Тому, что перед вводом аварийной защиты необходимо поочередно ввести в активную зону стержни и автоматического, и ручного регулирования, а с учетом опыта – не 12, как это сделал Михаил Карраск, а все, какие есть в наличии, – этому на ЧАЭС не учили ни 26-летнего СИУРа Топтунова, ни директора Виктора Петровича Брюханова, который и сообщил об этом на заседании Политбюро 3 июля 1986 года.

Об аварии на ЛАЭС ни им, ни кому бы то ни было ни на одной атомной станции Советского Союза, никто никогда не рассказывал^[17].

Обмен информацией об опыте эксплуатации между Минсредмашем, в ведении которого находилась Ленинградская АЭС, и Минэнерго, в ведении которого находились остальные станции, был заблокирован по инициативе руководства НИКИЭТ – предприятия-главного конструктора реактора РБМК^[18]. Но бывший директор, ныне научный руководитель НИКИЭТ Евгений Олегович Адамов уголовниками до сих пор считает работников ЧАЭС.

Вторым звонком был всплеск положительной реактивности при останове реактора на Игналинской АЭС в Литве в 1983 году.

После Чернобыля в качестве постоянно присутствующего поглотителя, нейтрализующего колебания количества воды, используют втулки из стали с борными добавками, размещенные в части технологических каналов, из которых извлечено ядерное топливо. Нажатием кнопки с пульта СИУРа они, в отличие от стержней СУЗ, не извлекаются.

В реакторе 5-го энергоблока Курской АЭС, однотипной с Ленинградской и с Чернобыльской, количество графита было уменьшено за счет того, что у графитовых блоков, по прежнему имеющих шаг 25 см, обрезали углы и высверлили в блоках сквозные вертикальные отверстия.

Графитовая блок и кладка реактора РБМК-1000 5-го энергоблока Курской АЭС с уменьшенным количеством графита. Канальный ядерный энергетический реактор РБМК. Под общ. редакцией Ю. М. Черкашова. М.: ГУП НИКИЭТ, 2006.

Во вновь разработанных проектах водо-графитовых реакторов типа МКЭР – модульный канальный энергетический реактор – шаг графитовой решетки уменьшен до 23 см.

6. Заключение

В 2013 году автору в качестве и.о. главного редактора журнала «Атомная стратегия» довелось побеседовать с директором Ленинградской атомной станции Владимиром Ивановичем Перегудой, работавшим ранее на Курской АЭС. Разговор коснулся в том числе и Чернобыля. Ниже – отрывки из этого разговора^[19].

<...>

В.П.: Александра Александровича Ядрихинского я знал очень хорошо. Прежде чем стать инспектором ГАН (Госатомнадзора. – *Н.К.*), он был работником реакторного цеха, в моей смене. Очень грамотный специалист, физик, а самое главное – сильный, волевой, бескомпромиссный человек. Истину он готов был отстаивать невзирая ни на какие лица и авторитеты. Да, после аварии он написал отчет, в котором показывал, что авария была предопределена плохой физикой, наличием сильного положительного парового эффекта реактивности. И порядка семи писем он написал в разные инстанции примерно за полгода до аварии. По сути дела, он эту аварию предсказал. Конечно, и эти письма, и отчет – поступок, проявление гражданского мужества. Хотя, рассуждая формально, он, как инспектор ГАН, всего лишь выполнил свои профессиональные обязанности.

«АС»: Приходилось читать, что предупреждения поступали на протяжении нескольких лет, и что по этим предупреждениям, по опыту эксплуатации был составлен план мероприятий по приведению реакторов РБМК в соответствие с требованиями безопасности, но просто этот план не успели реализовать.

В.П.: Может быть, такой план был; мне его видеть не довелось. Я бы сказал, что такой план де-факто складывался в наших головах, в головах специалистов. Много было уже ясно. Например, было ясно, что корень зла – в большом положительном паровом эффекте. Было ясно, что причина такого большого эффекта – уран-графитовое соотношение с избытком графита. Было ясно, как это соотношение изменить. Было ясно, что аварийная защита слишком медленная, что ее быстродействие нужно увеличивать. Ну и так далее. Те же стержни УСП (укороченные стержни-поглотители. – *Н.К.*) – они входят в активную зону снизу, и если бы они были включены в состав аварийной защиты, они подавляли бы «концевой эффект», создаваемый вытеснителями основных стержней АЗ (аварийной защиты. – *Н.К.*). В общем, понимание того, что нужно сделать, складывалось, и что-то уже делалось, но делалось по разным станциям вразнобой и медленно. Чернобыль действительно заставил все эти соображения собрать в систему. Работы по модернизации блоков с РБМК, по повышению уровня безопасности велись на протяжении по меньшей мере 15 лет...

* * *

«Понимание того, что нужно сделать, складывалось, и что-то уже делалось, но делалось вразнобой и медленно».

Делалось на местах, делалось энтузиастами, делалось одиночками, равнодушными людьми, настоящими гражданами.

Да, Чернобыль научил, Чернобыль заставил.

В основополагающих требованиях по безопасности теперь записано – реактор должен обладать выраженным свойством внутренней самозащищенности.

Авария как в Чернобыле – реактивная, с неуправляемым разгоном мощности, – вот такая конкретно авария уже невозможна.

А какая возможна? Как на Фукусиме?

Впрочем, что нам до Японии.

Умение делать «огромную государственную работу» – такую, какой были индустриализация и победа в Великой Отечественной войне, атомный проект и ликвидация последствий Чернобыльской аварии, – у нас фактически утрачено.

Традиции огромной государственной лжи по разным поводам крепнут с каждым днем.

Осень 2019М. П. Карраск

Инцидент на Ленинградской атомной электростанции в 1975 году

В ночь на 30 ноября 1975 года оперативная смена БЩУ (блочного щита управления) занималась выводом в ремонт одной из двух турбин 1-го энергоблока ЛАЭС.

Турбину постепенно «разгрузили» до нулевой мощности, соответственно, снизив мощность реактора до 50 % от номинала. Дальше по технологии необходимо отключать генератор от сети главной электрической схемы. Для этого предусмотрен генераторный выключатель. Но СИУТ (старший инженер управления турбиной) ошибся, и отключил не разгруженный генератор, а работавший на полной мощности. Сработала защита турбины – закрылись стопорные клапаны и ГПЗ (главные паровые задвижки) – на впуске пара. Сработала защита реактора – АЗ-5 (аварийная защита пятого рода), полностью заглушающая реактор.

Реактор и энергоблок остановлены по ошибке, все оборудование исправно, все параметры в норме, – мы находимся в состоянии «горячего останова», персонал получил разрешение на подъем мощности после кратковременного останова: режим, разрешенный регламентом того времени. Принимается решение пускать реактор и восстанавливать мощность блока на уровне 50 % от номинала.

СИУР (старший инженер управления реактором) получил указание на пуск реактора и на вывод его на МКУ (минимально контролируемый уровень мощности). МКУ – это такой уровень, когда поддерживать мощность реактора может автоматический регулятор.

В режиме ручного управления СИУР извлекает стержни, и в результате выводит реактор на МКУ, встает на автоматический регулятор.

В процессе подъема мощности дважды срабатывала аварийная защита по скорости набора мощности.

Начинаем подъем мощности с включением генератора в сеть.

Значение мощности, выдаваемой генератором, контролируется по ваттметрам.

При мощности реактора 800 МВт (тепловых) происходит необъяснимый бросок мощности – в течение примерно 10 секунд реактор набирает дополнительно 100 МВт.

Такое необъяснимое поведение реактора показалось опасным, и СИУР принимает решение снижать мощность и глушить реактор. Действуя интуитивно и на навыках управления промышленными реакторами, он снимает управление мощностью с автомата и начинает вручную опускать стержни 3-х автоматических регуляторов. Стержней автоматического регулирования мощности в общей сложности 12 штук, и порциями по 4 стержня опускаем их в реактор с интервалами времени 10–20 секунд, начиная снижение мощности. В результате с ок. 900 МВт тепловая мощность реактора снижается до 100÷150 МВт. И только потом СИУР нажимает кнопку АЗ-5, полностью заглушающую реактор.

В активную зону пошли стержни аварийной защиты.

На мнемотабло каналов вспыхивает сигнал системы КЦТК (контроля целостности технологических каналов). Это – сигнал о появлении влажности в графитовой кладке реактора, т. е. это сигнал о разгерметизации канала и о выходе из него теплоносителя – пароводяной смеси.

М. П. Карраск (в центре) на рабочем месте на Ленинградской АЭС, крайний слева – первый директор ЛАЭС В. П. Муравьев.

Один из каналов был разрушен.

В результате осмотра нескольких каналов, оставшихся целыми, было обнаружено, что из-за скачка мощности и температуры повреждены тепловыделяющие сборки, разгерметизировались оболочки ТВЭЛ.

Эта ситуация была расценена как авария, была создана комиссия, был «разбор полетов».

Подобный наброс мощности у нас наблюдался и раньше, но так, с тяжелыми последствиями, с повреждением каналов и топлива, – это произошло впервые.

Если бы перед нажатием кнопки АЗ-5 не были опущены, причем поочередно, стержни автоматического регулятора, то мы имели бы аварию наподобие Чернобыльской уже в 1975 году.

Материал подготовлен при участии Н. Н. Кудрякова

Осень 2019

С. М. Соловьев

Политическое измерение Чернобыльской катастрофы

Ускорение перед Чернобылем

Последний экономический рывок СССР совершил во время известной Косыгинской реформы в 1965–1970 гг., которая была призвана обеспечить определенную самостоятельность предприятиям, уменьшить бюрократизм в управлении и обеспечить материальную заинтересованность работников с помощью премий. Затем реформа замедлилась, наткнувшись на сопротивление части партийного аппарата и опасения высшего руководства СССР, включая Л. И. Брежнева, которые видели в ней угрозу возможной политической нестабильности. О ее перспективах истории и экономисты спорят и сегодня. Одно очевидно: две главные взаимосвязанные проблемы советской экономики заключались, во-первых, в необходимости внедрения научных достижений в производство за пределами военно-промышленного комплекса и нескольких стратегических отраслей (энергетики, авиастроения), во-вторых, в повышении

мотивации работников. В передовых отраслях эти вопросы более-менее решались, но вся остальная экономика замедлялась, падение производительности труда становилось несомненным, а прежняя система планирования явно демонстрировала свою неэффективность. Ясные признаки экономической стагнации заставляли советских руководителей искать новые пути развития. На апрельском пленуме ЦК КПСС новый Генеральный секретарь М. С. Горбачев провозгласил политику «ускорения» экономического развития, прежде всего в сфере тяжелой промышленности. На XXVII съезде КПСС (25 февраля – 6 марта 1986 г.) по инициативе Горбачева и нового Председателя Совета министров СССР Н. И. Рыжкова было продекларировано «ускорение» прежде всего машиностроения как за счет внедрения новых технологий, так и увеличения капиталовложений – до 200 млрд руб. в течение двенадцатой пятилетки. С августа 1984 г. под руководством Н. И. Рыжкова, который с 1982 г. был заведующим Экономическим отделом ЦК КПСС, готовилось специальное совещание ЦК КПСС по научно-техническому прогрессу, состоявшееся в июне 1985 г. В прошлом директор Уралмаша, Рыжков в технических вопросах и управлении производством разбирался куда лучше, чем большая часть аппарата ЦК, представители которого делали карьеру по партийной линии. В сентябре 1984 г. был подготовлен обстоятельный доклад с грифом «для служебного пользования» «Об ускорении научно-технического прогресса в СССР», где отмечался целый ряд кризисных моментов в управлении наукоемкими производствами и явное отставание СССР в технологическом соревновании с Западом. Предлагались меры по реформированию этой области, чем и должен был заняться Рыжков, введенный в апреле 1985 г. в состав Политбюро ЦК КПСС, а сентябре возглавивший Совет министров СССР. В целом в 1986–1990 гг. предполагалось увеличить капиталовложения в гражданские машиностроительные отрасли в 1,8–2 раза^[20] – и это при том, что бюджетный дефицит в 1985 г. уже составлял не менее 17 млрд. руб^[21].

В соответствии с этими планами «ускоряться» должна была и энергетика. Но менее чем через два месяца после XXVII съезда грянул Чернобыль.

Н. И. Рыжков, хорошо знакомый с ситуацией в советской промышленности в целом и в энергетике в частности, на заседании Политбюро 14 июля 1986 г. сказал ставшую знаменитой фразу: «Атомная энергетика с некоторой неизбежностью шла к такому тяжелому событию». Но проблема была не только и не столько в энергетике. Планы экономического скачка разрабатывались без достаточного понимания проблем советской экономики и, главное, системы управления, что и привело к их провалу, одной из непосредственных причин которого стала Чернобыльская катастрофа.

Проблемы в отрасли были следствием общих управленческих проблем. Так, на второй конференции по обеспечению радиационной безопасности в связи с эксплуатацией АЭС, состоявшейся в мае 1982 г. в Вильнюсе, возможность взрыва в реакторе и серьезных выбросов вследствие взрыва не рассматривалась в принципе, а доклады рисовали весьма радужную картину безопасной работы АЭС^[22].

Чернобыльская авария была не первой крупной аварией в атомной отрасли и даже – вопреки распространенным заблуждениям – не была крупнейшей техногенной катастрофой в истории. Крупнейшей была и до сих пор остается катастрофа в Бхопале в Индии 3 декабря 1984 г., когда погибло не менее 18 тысяч человек (не менее 3000 – в момент взрыва, а остальные – от его последствий). Это была типичная катастрофа для стран «третьего мира»: низкие затраты на обеспечение безопасности, иностранный капитал, дешевая – в том числе по стоимости человеческой жизни для собственников – рабочая сила. О ней говорят меньше, чем о Чернобыле: Индия не была сверхдержавой, там не было некапиталистической экономики, наконец, погибшие индийцы и сам факт события в Индии далеко не так сильно взволновал западные СМИ. Но эта катастрофа стоит в том же ряду, что и Чернобыль. В СССР про нее писала пресса, однако мало кому могло прийти в голову, что нечто подобное вот-вот произойдет в СССР, пусть и по другим причинам. Ни эта авария, ни авария на американской АЭС «Три-Майл-Айленд» 28 марта 1979 г.,

вызванная как техническим несовершенством системы управления реактором, так и ошибками персонала^[23], никак не повлияли на работу советских АЭС – иностранный опыт просто не учитывался.

Однако и в самой системе эксплуатации АЭС была допущена принципиальная управленческая ошибка. Реакторы типа РБМК изначально создавались и эксплуатировались в системе Министерства среднего машиностроения – полувоенного ведомства с жесткой дисциплиной и контролем. Многие специалисты после аварии заявляли, что передача АЭС в целях экономии средств в ведение «гражданского» Министерства энергетики и электрификации с совершенно иным уровнем дисциплины, квалификации персонала и контроля стала одной из причин произошедшего. Это была еще одна из многих экономических управленческих ошибок времен «застоя», наряду с известным неэффективным использованием валютных поступлений от продажи нефти после роста нефтяных цен вследствие энергетического кризиса 1973 г. Один из руководителей «Росатома», много лет проработавший на атомных станциях, С. И. Антипов, в интервью В. С. Губареву говорил:

«Те люди, которые строили 4-й блок Чернобыльской АЭС, понимали, что эксплуатировать его нужно очень строго, соблюдая все технологические и технические нормы. Они, конечно же, сознавали опасности, понимали недостатки этого типа реакторов, а потому рассчитывали на жесткую дисциплину, которая властвовала тогда в нашей отрасли. Но в это время появились люди, для которых награды, звания, служебное положение, карьера стали главными, а все остальное ушло на задний план, в том числе и ощущение опасности. Для них главное – выполнить указание сверху»^[24].

Речь, конечно, идет не о персонале станции, а именно об управленческом решении. Само решение о массовой постройке реакторов РБМК без полного понимания особенностей этого типа реакторов было ошибкой. Передача АЭС в ведение «гражданского» министерства было ошибкой. Полное отсутствие понимания опасности АЭС также было очевидной грубейшей ошибкой. В. Г. Асмолов, многолетний сотрудник, а затем один из руководителей Института атомной энергии им. Курчатова, вспоминал:

«Для нас тревожным сигналом стало то, что случилось в Америке. К счастью, весь расплав остался в реакторе^[25]. И мы поняли – без знаний тяжелых запроектных аварий атомная энергетика развиваться не имеет права. Мы представляли в министерство большую программу работ. Естественно, денег требовалось очень много, а потому мы получили уникальный ответ: “При капитализме все делается ради выгоды и реакторы там ненадежные, а наши – очень хорошие”! Было направлено еще одно письмо, авторы его – наши специалисты института Доллежала. В письме подробно описана будущая чернобыльская авария. Ответ пришел быстро, в нем говорилось, что подобная авария практически невозможна, но тем не менее исследования целесообразно провести. На них деньги будут выделены в 1987 году»^[26].

Ухудшал ситуацию еще и тот факт, что чрезмерная секретность в отрасли приводила к дублированию работ в разных институтах по одним вопросам атомной энергетики и сохранению «белых пятен» в других^[27]. Физик-атомщик В. П. Сидоренко, один из инициаторов создания и заместитель председателя Госатомэнергонадзора, отмечал, что реактор РБМК не соответствовал «Общим положениям обеспечения безопасности атомных электростанций при проектировании, строительстве и эксплуатации», принятым еще в 1973 г. и уточненным в 1982 г. Сидоренко также отмечал, что внедрение дополнительной защиты наталкивалось на сопротивление (в связи с удорожанием эксплуатации) министра среднего машиностроения Е. П. Славского, главного конструктора академика А. Н. Доллежала, и, собственно, Министерства энергетики и электрификации^[28]. Схожим образом ситуация обстояла и в медицине: заместитель министра здравоохранения А. И. Бурназян в 1970-е в гневе разбросал листы доклада о медицинских последствиях наземного ядерного взрыва или аварии в мирное время^[29].

Характерен еще один эпизод, дополняющий в этом моменте и вышесказанное, и воспоминания Легасова. В начале 1970-х годов медики, занимавшиеся проблемами острой лучевой болезни, создали учебный фильм о ней. Часовая лента была секретной, и рассекретить ее могло только Министерство среднего машиностроения. Руководитель спецотдела министерства, осуществлявший цензуру, не заменил в ней никакой крамолы, но попросил показать министру – Е. П. Славскому. После первых же кадров (с последствиями болезни) на просмотре раздалась матерная ругань. Академик, крупнейший специалист по лучевой болезни гематолог А. И. Воробьев, свидетельствует: «Говорили, что в кабинете он орал на виновников показа: де все это сгущение красок, что так можно перепугать весь аппарат, что и речи быть не может о рассекретивании. <...> Если бы на атомных станциях, на подводных лодках с атомным двигателем эти кадры видели рядовые операторы и руководители “от мала до велика”, Чернобыля могло не быть...»^[30].

В 1986 г., уже после Чернобыльской аварии, в свет вышло сугубо специальное издание со статьей, в числе авторов которой был человек, ставший одним из главных организаторов ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС. Статья называлась: «Основы анализа безопасности в ядерной энергетике», ее авторами были академик Валерий Легасов вместе с В. Ф. Деминим и Я. В. Шепелевым^[31]. Седьмой выпуск сборника «Атомно-водородная энергетика и технология» был сформирован в январе 1986 г., а подписан в печать по злой иронии судьбы 23 апреля 1986 г. – менее чем за трое суток до аварии. В статье речь шла об экономическом измерении безопасности и расчета рисков, авторы предлагали включить фактор безопасности в экономические расчеты, используя единый подход во всех отраслях экономики. В том числе – математически вычисляя возможность катастроф в той или иной отрасли и подсчитывая в соответствии с этой высчитанной вероятностью стоимость ущерба. Ущерб от Чернобыльской аварии – экономически гигантский – явно не был учтен в процессе разработки и использования реактора РБМК.

О возможности аварии знали многие специалисты, руководители отрасли были информированы об этой возможности, но в силу именно управленческих пороков и ошибок никаких мер принято не было.

Авария и управление ликвидацией

Парадоксально – но факт. В СССР в 1986 г. не существовало государственной системы действий в чрезвычайных ситуациях, что отмечалось в итоговом докладе о деятельности Оперативной группы Политбюро по вопросам, связанным с ликвидацией последствий Чернобыльской аварии^[32]. Сама эта Оперативная группа была создана только 29 апреля – скорость реакции государственного аппарата на катастрофу была явно замедленной. Правительственная комиссия во главе с заместителем Председателя Совета министров Борисом Евдокимовичем Щербиной была создана в день аварии, 26 апреля, но осознание масштабов катастрофы заняло несколько дней. Причем реакция информационная значительно отставала от организационной – первую неделю после аварии заслуженно называли «неделей лжи», причем это касалось далеко не только сокрытия информации от населения. Подчиненные вводили в заблуждение высшее начальство, оно, уже получив информацию, зачем-то обманывало медиков – мол, на станции не столько пострадавшие от лучевой болезни, сколько от горения пластика^[33], – и затормозило вылет специализированной группы врачей на станцию. Попытка «не допустить паники» в итоге вызвала прямо обратную реакцию. Потом, когда информация об аварии стала распространяться, множество людей уже не верило тому, что писалось в газетах и показывалось по телевидению. Многие не верят по сей день.

Рыжков Н. И. (2-слева), Чебриков В. М. (3-й слева) осматривают макет местности в зоне аварии на Чернобыльской АЭС. РГАСПИ. Фонд Н. И. Рыжкова

Тем не менее, после начальной пробуксовки система заработала. 2 мая в Чернобыль прилетели Н. И. Рыжков и Е. К. Лигачев, участвовали в облете разрушенного реактора на вертолете. Рабочий блокнот Н. И. Рыжкова^[34] заполнен записями, посвященными аварии, начиная с 29 апреля.

Поначалу высшее руководство страны просто отказывалось верить в масштабы катастрофы. Редактор отдела науки «Правды» В. С. Губарев после поездки в Чернобыль по просьбе А. Н. Яковлева (который поначалу даже не хотел отпускать группу журналистов «Правды» в Чернобыль; разрешение было дано 30 апреля) написал записку в ЦК КПСС обо всем увиденном. В ней он отмечал отсутствие в Припяти мер на случай аварийной ситуации – даже пожарники, группа которых погибла из-за сверхвысоких доз радиации, не имели соответствующего оборудования и инструкций. Местное руководство не брало на себя ответственность – не дало приказ об эвакуации пострадавших населенных пунктов, прежде всего Припяти. У солдат не было индивидуальных средств защиты. Кровля станции была сделана из горючих материалов вопреки всем инструкциям. Главное, что отмечал Губарев, – героизм пожарников и первых ликвидаторов сочетался с пассивностью местных властей, опасавшихся каких-либо действий без указаний из центра^[35]. По радио и телевидению не выступил ни один из руководителей УССР, что само по себе стало одной из причин паники. Как считает сам В. С. Губарев, помимо прочих факторов его «Записка» способствовала тому, что М. С. Горбачев через 18 дней после аварии выступил по телевидению с обращением. Однако первая сводная карта загрязнения территории выбросами, составленная в мае 1986 г.^[36], была опубликована только в 1989 г.

Горбачев долго не верил в масштабы произошедшего. Из-за непонимания сути катастрофы и страха перед радиацией он так и не посетил место аварии в 1986 г. (в результате один раз все-таки приехал на полтора часа в 1988 г., а «архитектор перестройки» А. Н. Яковлев не был там вовсе), не доверял участникам ликвидации, лично перепроверяя их доклады. Для амбициозного автора политики «ускорения» и перестройки чернобыльская катастрофа выглядела как некий выпад против него лично. Основную работу по координации ликвидации последствий аварии вели Н. И. Рыжков, В. И. Долгих, Б. Е. Щербина.

Краткая хроника самых важных событий процесса ликвидации:

26 апреля 1986 г., 1 час 23 минуты – происходит взрыв на четвертом энергоблоке Чернобыльской АЭС.

27 апреля – эвакуация Припяти.

6 мая – прекращение выбросов из реактора и введение предельно допустимых уровней радиоактивности для питьевой воды и продуктов. Завершение эвакуации населения из запретной 30-километровой зоны.

31 мая – пересмотр предельно допустимых уровней. Предельно допустимая доза для людей установлена в 100 мЗв.

Середина ноября 1986 г. – завершение строительства саркофага вокруг четвертого энергоблока.

Апрель 1987 г. – завершение годовичных работ по защите водной системы.

Помимо Оперативной группы Политбюро ЦК КПСС была создана аналогичная Оперативная группа Политбюро ЦК Компартии Украины. И хотя все материалы Оперативной группы ЦК КПСС по Чернобылю пока недоступны для исследователей, по документам украинского руководства можно сделать некоторые выводы.

Уже 5 мая принимаются решения об увеличении газохранилищ на территории УССР, замещении мощностей атомной отрасли тепловыми электростанциями, увеличении производства продуктов питания в непострадавших от аварии регионах Украины^[37]. Оперативная группа Политбюро должна была организовать работу ученых по выработке соответствующих предложений по ликвидации аварии, дважды в день предоставлять данные по радиационной обстановке. И обратим внимание на этот пункт: «Используя средства массовой информации и пропаганды, правдиво, доходчиво и оперативно информировать трудящихся о принимаемых мерах по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Своевременно и аргументировано разоблачать лживые, подстрекательские измышления буржуазной пропаганды. Учитывать возможность попадания отдельных лиц под ее влияние, давать действенный отпор тем, кто распространяет ложные слухи»^[38].

Еще раз стоит подчеркнуть: с информированием населения дело обстояло очень плохо. Академик Легасов сетовал: «Я <...> предлагал с самого начала создать пресс-группу при Правительственной комиссии, которая бы правильно информировала население о происходящих событиях, давала бы правильные советы. Но это почему-то не было принято. После приезда в зону бедствия Рыжкова и Лигачева в Чернобыль были допущены журналисты. Их там появилась большая армия. И, наверное, хорошо, что это было разрешено, но плохо, что это не было организовано должным образом. Почему? <...> То, что было ими собрано, и то, что было ими напечатано, конечно, в историческом, архивном смысле имеет колоссальное значение как живой документальный материал. И он является необходимым и обязательным, но при этом из-за того, что информация каждый раз подавалась в некоем частном виде, цельной картины ежедневно, или хотя бы еженедельно, по состоянию событий страна не получала. Например, шла информация о том, что идут такие-то работы на блоке, и героически трудятся там шахтеры, но при этом отсутствовала информация о том, каков уровень радиации там, где они работают, что происходит рядом в Брестской области, как и кем это контролируется. И поэтому, наряду с очень многими точными описаниями и замечаниями, к примеру, было много и неточностей. Подробно описывались отдельные броские эпизоды, не имевшие особого значения для продвижения работ, но в то же время скромная работа дозиметристов <...> не описывались должным образом, так же как логика всех работ, анализ проектов. А главным образом, последовательности, динамики самих событий не было описано. Но в таких ситуациях народа много, кто-то где-то что услышал, – и рождались преувеличенные слухи, что естественно: и о количестве пораженных лучевой болезнью людей, и об уровне загрязненности, скажем, города Киева, и о масштабах пораженной территории»^[39].

Информационное поражение властей, причем не только в связи с известным изначальным сокрытием информации об аварии от жителей Киева, вышедших на первомайскую демонстрацию. Плохое информирование продолжалось и после, несмотря на то, что возможности для экстренного информирования были. Не только радио и телевидение. Так, инструкции для диагностики и лечения лучевой болезни, написанные и изданные малыми тиражами еще в 1960-е годы, с помощью первого заместителя председателя КГБ Ф. Д. Бобкова этим ведомством были срочно отпечатаны в должном количестве ночью 2 мая 1986 года. Их сразу стали высылать медикам на Украину, где с подозрениями на лучевую болезнь уже были госпитализированы тысячи людей^[40]. Но вот простых разъяснений произошедшего для обычных граждан СССР с такой оперативностью не давали.

20 мая в очередном протоколе Политбюро Компартии УССР констатируется, что эвакуация проведена, а население в целом обеспечено всем необходимым, учащиеся школ из 30-километровой зоны отправлены в лагеря на юг Украины, а беременные женщины и кормящие матери размещены в санаториях^[41]. Также в пострадавшие районы был организован завоз сухого и консервированного молока^[42], так как именно в свежем молоке содержался усвоенный скотом вместе с травой, выброшенный

в атмосферу из реактора радиоактивный йод, крайне опасный прежде всего для детей. Однако полноценное информирование населения о том, что свежее молоко пить категорически нельзя, судя по ряду свидетельств, было организовано недостаточно эффективно и само по себе запоздало.

30 мая Политбюро Компартии Украины принимается за выполнение постановления ЦК КПСС «О проведении дезактивационных работ в районах Украинской ССР и Белорусской ССР, подвергшихся радиоактивному загрязнению в связи с аварией на Чернобыльской АЭС», причем особое внимание уделяется состоянию здоровья детей и защите водоемов от заражения, а также обеспечению защиты от пылевых выбросов с зараженных грунтов^[43]. Тут, как говорят некоторые свидетельства, даже пытались перегнуть палку с безопасностью.

В конце мая 1986 г. редактор отдела науки «Правды» В. С. Губарев, первым из журналистов вместе со своими сотрудниками оказавшийся на месте катастрофы (30 апреля), опубликовал материал под названием «Рыбалка с дозиметром»^[44]. Эта рыбалка на Киевском водохранилище, затронутом 30-километровой зоной отчуждения, показала, что рыба в водоеме не заражена, вода – а значит, и Киев – в безопасности, панические слухи беспочвенны, а идея некоторых местных руководителей эвакуировать Киев (!), что неминуемо привело бы к еще большей панике, не имеет никаких оснований. Эту точку зрения перед руководством отстаивали метеоролог, составлявший для Правительственной комиссии сводки распространения радиации, академик Ю. А. Израэль, и специалист по радиационной гигиене академик Л. А. Ильин. К слову сказать, и Губарев, и Израэль, и Ильин в независимой Украине некоторое время были объявлены персонами нон грата...

30 июня 1986 г. постановлением Политбюро УССР назначается новый директор ЧАЭС Э. Н. Поздышев^[45], который решительно стал наводить порядок на остальных трех энергоблоках станции.

К октябрю 1986 г. намечено обеспечение эвакуированных работников жильем в разных районах Украины^[46]. Причем это не просто решение, оно сопровождалось уже детальными планами работ, были подсчитаны расходы, распределены ресурсы для строительства жилья и инфраструктуры для эвакуированных. И несмотря на ряд сбоев, эта работа была в целом выполнена в срок.

8 июля 1986 г. отмечается недостаточность дозиметрического контроля^[47] и усиливаются меры для его обеспечения. Следует сказать, что дозиметристы несли огромную нагрузку в Чернобыле, без их данных работа была бы попросту невозможна.

В июле Политбюро ЦК Компартии УССР принимает решение «О выполнении постановления ЦК КПСС “О результатах расследования причин аварии на Чернобыльской АЭС и мерах по ликвидации ее последствий, обеспечения безопасности атомной энергетики”»^[48]. В этом постановлении – еще до расследования – виновные в аварии определялись высшим руководством СССР так: «Авария является прежде всего следствием безответственности и халатного отношения руководителей электростанции, Министерства энергетики и электрификации СССР, Министерства среднего машиностроения СССР, Госатомэнергонадзора к вопросам ядерной безопасности, низкой требовательности к кадрам за соблюдение строжайшей дисциплины и порядка эксплуатации реакторных установок, неудовлетворительного выполнения решений партии и правительства по обеспечению высокой надежности работы атомных электростанций.

В результате расследования причин аварии установлено, что директор и главный инженер Чернобыльской АЭС допустили преступную халатность в работе, недооценку особой важности обеспечения безопасной эксплуатации электростанции»^[49].

Остановимся на этой формулировке. Еще до завершения официального расследования высшие органы власти СССР сняли с себя ответственность за произошедшее, но, тем не менее, в первом абзаце в

числе виновников были названы профильные министерства: среднего машиностроения – т. е. атомной промышленности – и энергетики. Однако персональная ответственность была указана только для руководителей станции.

Через год после этого постановления ЦК КПСС в Чернобыле – прямо в зоне отчуждения – состоялся судебный процесс. С 7 по 29 июля 1987 г. в пустом городе в присутствии советских и иностранных журналистов показательно судили шестерых работников станции: директора В. П. Брюханова, главного инженера Н. М. Фомина, его заместителя А. С. Дятлова, а также начальника реакторного цеха № 2 А. П. Коваленко, инспектора Госатомэнергонадзора на ЧАЭС Ю. А. Лаушкина и начальника смены станции Б. В. Рогожкина^[50]. И Коваленко, и Рогожкин повторяют в своих показаниях на суде почти одни и те же слова. Коваленко: «Ни в одном нашем документе, ни в одном нашем учебнике не сказано, что наши реакторы могут взрываться»; Рогожкин: «Я 34 года проработал на уран-графитовых реакторах, но ни разу, нигде не было отмечено, что они взрываются»^[51]. Во время следствия сломленный Фомин попытается покончить с собой... Если эти шесть человек и были виновны (на этот счет можно дискутировать), то только в сравнительно незначительных нарушениях. Очевидно, что они были назначены «стрелочниками».

В своих книгах и А. С. Дятлов, и Н. В. Карпан (на момент аварии заместитель главного инженера ЧАЭС по науке и ядерной безопасности) настаивают на том, что «причины аварии оказались скрыты в непредсказуемых проявлениях опасных “особенностей” физических свойств реакторной установки РБМК». То есть виновными оказывались разработчики реактора: главный конструктор академик Н. А. Доллежал и научный руководитель проекта академик А. П. Александров, директор Института атомной энергии им. Курчатова в 1960–1988, в 1975–1986 гг. – Президент Академии наук СССР. Но дело и не в конструкторах, а в политических решениях, принятых руководством атомной отрасли и страны в целом.

Политическое и экономическое руководство страны плохо понимало суть атомной энергетики и доверяло старым руководителям отрасли – министру среднего машиностроения Е. П. Славскому (министр в 1957–1986 гг.) и академику А. П. Александрову. А управление отраслью было выстроено – при огромных научных, экономических и финансовых ресурсах – пирамидальным образом, без возможности критики снизу, без практики живых дискуссий. Все эти управленческие пороки описаны в воспоминаниях В. А. Легасова. Тот факт, что вину за небезопасность станций разделяет как минимум руководство атомной и энергетических отраслей, было зафиксировано уже в начале июня Оперативной группой Политбюро^[52]. И меры немедленно начали приниматься, в том числе и долгосрочные, – по разработке автоматизированных систем диагностики и управления реакторами^[53]. Воистину, пока гром не грянет...

Тем не менее, «стрелочники» были назначены. А пьеса В. С. Губарева «Саркофаг» – выдающееся литературное свидетельство Чернобыля, – поставленная на сценах десятков стран мира, подверглась резкой критике и чуть не попала под запрет, судя по всему, в том числе и за фразу: «Слишком многих надо судить за эту аварию»^[54].

* * *

Проблемы с медицинским обеспечением имели место и впоследствии. Дозиметрический контроль за работой ликвидаторов не был налажен. Были те, кто рисковал по собственной инициативе, утаивая реальные показания приборов. Как по причине юношеского гонора, так и для того, чтобы побыстрее получить, «заработать» максимальную дозу – 250 мЗв (2,5 бэр). В 1987 г. предельная доза была снижена до 100 мЗв, в 1988 г. – до 50 мЗв. Многие руководители ликвидации, включая академика Легасова, вообще не считали «своих» доз облучения.

Недостатки контроля отмечались и партийными органами. Киевский горком партии 23 декабря 1986 г. констатировал, что оперативный учет и медицинское обслуживание получивших радиационное облучение

людей, не обеспечено должным образом: «Ослаблен в этом спрос с руководителей медицинских учреждений. Проверка показала, что в Иванковской, Вышгородской, Васильковской, Мироновской центральных районных больницах не были своевременно организованы комплексные медицинские осмотры работавших в зоне людей, не обеспечен контроль за состоянием их здоровья и медикаментозной помощью. Медико-санитарная часть № 126 Главного управления Минздрава СССР, ее санитарная служба не обеспечила качественного медицинского обслуживания основного персонала Чернобыльской АЭС. Диспансерное наблюдение, профилактические осмотры прошли лишь 65, а по строительным организациям – только 50 процентов работающих. Бездушно отнеслись к этому руководители АЭС (т. Поздышев Э. Н.), управления строительства (т. Акулов Б. П.). Недопустимым является тот факт, что в зоне с повышенным уровнем радиации работают люди, уже набравшие предельные дозы, таких сотрудников при проверке оказалось 35 человек. <...> Понижен спрос с руководителей, допускающих бездушное, формально-бюрократическое отношение к людям, со стороны Припятских горкома и горисполкома»^[55]. Далее в документе говорится про фактический срыв диспансеризации 40 % военнослужащих, работавших в зоне, про возвращение части населения, ранее вывезенного из «зоны отчуждения». И хотя в 1987–1988 гг. контроль был действительно ужесточен, стоит отметить, что на самом деле в процессе ликвидации аварии больше уделялось внимание техническим задачам, чем обеспечению здоровья ликвидаторов. Выяснились эти факты только после вмешательства Оперативной группы Политбюро и проведения ревизии^[56].

И это при том, что должные научные разработки в области контроля и лечения радиационных поражений были в СССР на высочайшем уровне. Лечение пострадавших во время аварий на комбинате «Маяк» в Озерске^[57] Челябинской области, на атомных подводных лодках и в процессе испытаний атомного оружия дало советским медикам уникальный опыт, который, вместе с международной помощью, сыграл большую роль в лечении пострадавших от аварии^[58].

Как показывают свидетельства и архивные документы, организация работ по ликвидации аварии в целом была эффективной. Но значительной части общества доказать это впоследствии оказалось крайне затруднительно.

Политические последствия Чернобыля

СССР был государством, одной из главных целей, одним из главных смыслов существования которого с момента Октябрьской революции стал индустриальный и научный скачок, попытка вырваться из отсталости, нищеты, безысходности периферийного, зависимого развития. Огромной ценой в 1920-е – 1950-е годы, вопреки репрессиям и самой страшной войне в истории человечества, этот скачок был совершен: страна из аграрно-индустриальной экономически зависимой окраины Европы превратилась в одну из передовых в мире. Можно спорить о цене и возможных альтернативах этого развития, но факт остается фактом. И предметом законной гордости и советских граждан, и руководства страны были научные и технические достижения, промышленные предприятия и научные институты, обеспечившие этот рывок. В первом ряду этих достижений стояла атомная энергетика – рядом с космосом и ВПК. Эта отрасль работала и на идеологию – как преимущество перед Западом она входила в официальную идеологическую картину важнейшим аргументом «за» само существование СССР и советской модели общества в целом. Если постулаты «марксизма-ленинизма» все больше становились мертвой буквой и поводом для анекдотов, то технический прогресс в СССР служил отличной наглядной агитацией.

Чернобыль ударил именно по ней, и еще и по этой причине он оказался настолько болезненным для советской системы. На XXVII съезде партии ядерная энергетика объявлялась одним из важнейших факторов роста. Когда выяснилось, что она несет угрозу, когда доверие к ней было решительно подорвано аварией, причем как среди обычных граждан, так и среди значительной части руководства, сами планы

экономических реформ пришлось пересматривать на ходу. Итальянский историк Дж. Боффа констатировал: «Некоторые физики предупреждали, что второй Чернобыль разнесет вдребезги любой проект перестройки. В действительности можно было задаться вопросом: не был ли ей уже нанесен такой удар, от которого в любом случае трудно будет оправиться?»^[59]

Многие советские руководители, судя по всему, начиная с самого М. С. Горбачева (хотя к его позднейшим описаниям своих мотивов стоит относиться скептически), именно после Чернобыля пришли к выводу, что проблемы страны нельзя решить в рамках прежней модели развития. Оптимизм был подорван: Горбачев все больше склонялся к рыночным реформам и политике гласности, а местная партийная номенклатура (часть которой просто впала в панику во время катастрофы) увидела политическую слабость и неуверенность центра и вскоре развернула борьбу против него^[60].

Из опыта борьбы с последствиями Чернобыля, в том числе из приведенных документов и воспоминаний – как в этой статье, так и в книге в целом, – видно, что руководство, Оперативная группа Политбюро, сработала эффективно. Но система управления СССР вообще, в нормальном, не экстренном режиме, работала плохо. Сила и одновременно слабость советской политической и экономической модели заключались в централизации и способности быстро мобилизовывать ресурсы для решения конкретной задачи – именно это часто подразумевают под не вполне удачным термином «мобилизационная экономика». При этом в нормальном режиме система планирования и расчета была уже неэффективна, она оказалась куда менее плановой, чем должна была быть и чем являлась на бумаге. В режиме ручного управления (при должной квалификации управляющих) советская экономика и бюрократический аппарат справились даже с такой чудовищной катастрофой, как Чернобыль. В СССР во второй половине 1980-х годов были необходимые технологии, научные и инженерные кадры, система управления этими кадрами, технологиями и ресурсами, – было многое. Это все эффективно использовалось во время ликвидации аварии. Но тот факт, что аварию не удалось предотвратить, указывал на серьезнейший порок самой системы управления. В отрасли многие понимали, что реактор РБМК имеет плохую репутацию, или, как написал впоследствии один из назначенных виновником аварии Дятлов: «Реактор РБМК был обречен взорваться». В системе не нашлось механизма, позволявшего специалистам скорректировать ошибки постаревшего заслуженного руководства, заявлявшего, что «в СССР не может произойти подобной аварии»^[61].

Экономические потери от Чернобыльской катастрофы составили к 1988 г. 8072 млрд рублей^[62], – и это только из союзного бюджета. Если прибавить республиканские расходы, то цифра должна вырасти до не менее чем 12 млрд рублей. Для сравнения – в 1986 г. союзный бюджет составлял 186 млрд руб, а республиканские – 185 млрд^[63].

Политические последствия оказались серьезнее. Чернобыль ослабил центральную власть, хотя на практике куда большую неорганизованность, а иногда просто трусость проявило среднее звено местной партийной номенклатуры. Зато по мере ослабления центра фактор Чернобыля стал использоваться для дискредитации центральных властей. Поползли слухи.

Фрагмент беседы знаменитого советского белорусского писателя Алеся Адамовича со знаменитым академиком-диссидентом А. Д. Сахаровым:

«А. Адамович. – А в народе ходит упрямый слух, что радиоактивное облако посадили на Могилевщине, на Брянщине. Спасали Москву. Был такой факт?

А. Сахаров. – Я думаю, что это абсолютный факт. После выброса, по-моему, 5 мая, возникло радиоактивное облако, которое пошло на Москву, и была применена авиация, выкинувшая соответствующие химикаты. Было ли это целенаправленное действие, или осаждение облака в Белоруссии – случайность?.. Во время американской катастрофы 1979 года многие газеты непрерывно печатали радиационные карты, хотя цифры радиации были очень скромные. У нас же я не видел ни одной карты, опубликованной в печати»^[64].

Такой «факт» нигде и никем не зафиксирован – это очередной панический слух. Но конец цитаты из Сахарова показывает причины этого слуха: власти сделали все, чтобы им не верили.

Зато националисты из всех трех республик, затронутых аварией, использовали ее в своих интересах. В Белоруссии активисты Белорусского национального фронта начали активно обвинять Москву в радиационном заражении больших территорий республики; правда, эти обвинения посыпались не ранее 1988 г. С. С. Шушкевич, первый лидер независимой Беларуси, несколько раз повторил в своих воспоминаниях, что в Чернобыле имел место именно ядерный взрыв^[65], прекрасно понимая – как человек с техническим образованием и научной степенью, – что взрыв реактора и ядерный взрыв – это совершенно разные вещи! Подобные манипуляции стали обычным делом в прессе в 1990 г. и впоследствии. Звучали лозунги: «Чернобыль – целенаправленный геноцид белорусского народа», а судьба переселенцев из зараженных зон, панические настроения среди которых пресса только подогревала, стала предметом идеологических спекуляций^[66]. В центральной прессе медиков обвиняли в том, что нормы содержания радионуклидов они «берут с потолка», что «нигде на земном шаре не существует “допустимых” доз радиации (что очевидная ерунда. – С.С.). Даже самые небольшие сверхфоновые дозы – уже опасность, уже беда», и, например, Гомельский облисполком без каких-либо научных обоснований просто снизил их в 3–5 раз^[67]. Попытки ученых и оставшейся в эпоху гласности партийной прессы рационально объяснить происходящее в лучшем случае высмеивались^[68].

К. И. Масик, заместитель Председателя Совета министров УССР, член правительственной комиссии СССР по ликвидации последствий Чернобыльской аварии, а в 1992 – уже заместитель премьера независимой Украины, – в 1990 г. резко выступал против всего «мирного атома», заявлял о плохом качестве саркофага (объекта «Укрытие») над 4-м энергоблоком и заявлял о некоем проекте «известной западногерманской фирмы» по «ликвидации» (!) саркофага за 2,3 млрд марок^[69]. Он же утверждал, что «прямым виновником катастрофы является союзное ведомство, а не народы пострадавших республик»^[70]. И, конечно, центр (Москва) обвинялся в том, что неправильно распределяет средства для помощи пострадавшим районам: сам факт перечисления собранных для помощи Чернобылю средств Минатомэнергопрому (который вместе с другими ведомствами вел работы по ликвидации последствий аварии) подавался как выплата денег «не пострадавшему населению, а виновнику чернобыльской трагедии»^[71].

Украинские и белорусские сторонники независимости, которых можно назвать просто националистами, предполагали, что «союзные власти могут и должны произвести такую компенсацию за счет РСФСР. Характерна в этом отношении судьба Армянской АЭС. В свое время требование ее закрытия представлялось как условие выживания армянского этноса. После же распада СССР, когда резко сократились источники поступления электроэнергии, Армению поразил тяжелый энергетический кризис, и теперь уже оказалось, что АЭС не столь уж опасна и ее следует вновь запустить. <...> Экологические сюжеты становились почвой для искусственного нагнетания “национального вопроса” и настроений этноцентризма. <...> Любая экологическая проблема за пределами РСФСР становилась “этнической” –

поскольку страдающей стороной оказывались соответствующие республики, а они, как это часто говорили в то время, – единственные места обитания и развития данных этносов. Следовательно, такие проблемы интерпретировались прежде всего как этнические, а пренебрежение экологической безопасностью союзными ведомствами – как, по меньшей мере, безразличие к судьбе целых (нерусских) народов»^[72].

Так Чернобыльская авария становилась еще одним идеологическим рычагом развала СССР, аргументом в пользу независимости, трактовки экологических и техногенных угроз как угрозы со стороны «центра», Москвы, самому существованию белорусского и украинского народов. Пресса и политики в РСФСР, Белоруссии, на Украине «конкурировали», кто больше пострадал. Причем русские националисты не уступали украинским или белорусским: так, писатель и секретарь Союза писателей РСФСР Василий Белов заявил: «Творцы ублюдочной атомной технологии прекрасно отсиделись во время смертоносной “чернобыльской пурги”, которая и сейчас, через пять лет, не стихла и неизвестно когда стихнет». В числе «скрывающих тайну от народа» антисемит Белов на первом месте, разумеется, назвал академика Израэля^[73]. Таким образом националисты легко рисовали образ врага.

При этом на практике, как легко заметить, децентрализация и последующий распад СССР привели к ухудшению процессов по ликвидации последствий аварии. Еще в 1990 г. премьер Н. И. Рыжков во время визита в Брянскую область в связи проблемой обеспечения населения зараженных территорий раздраженно сетовал: «Мое мнение, что Правительство Российской Федерации очень долго “рассаживается на стульях”. <...> Вы сидите, и занимаетесь проектами. Я сижу день и ночь и занимаюсь российскими вопросами. <...> Начинайте решать вопросы. Мало провозглашать самостоятельность, надо претворять в жизнь на деле. <...> Быстро начинайте работать. Одно дело провозглашать лозунги, а другое – практическая работа»^[74]. Однако именно с практической работой у новоявленных сторонников независимости дело обстояло плохо, что вскоре со всей трагической очевидностью продемонстрирует социально-экономическая катастрофа постсоветской России.

И действительно. Льготы чернобыльцам в бывших союзных республиках урезали. Так, протесты чернобыльцев стали важным фактором политической жизни Украины в 2000-е годы. Академик НАН Украины В. С. Шестопалов говорил: «Тщательно продуманного, систематического наблюдения за пострадавшими не велось и не ведется. Это одна из крупных ошибок, сделанных за минувшее время»^[75]. Известнейший врач А. К. Гуськова констатировала: «Мы готовы к подобным ситуациям хуже, чем в 1986 г.»^[76]

Еще одно наследие Чернобыля – страх перед атомной энергией как таковой. Он стал распространяться на Западе еще в 1970-е годы – в связи со страхом перед угрозой ядерной войны. Авария на «Три-Майл-Айленд» в США резко остановила распространение там атомных станций, а Чернобыль нанес отрасли во всем мире еще более серьезный удар. Однако все надежды на «альтернативную», «зеленую» энергетику остаются утопией (за исключением немногочисленных мест на глобусе, где приливные станции или солнечная энергия могут давать серьезный экономический эффект). В целом альтернатива атому – только традиционные тепловые электростанции, поэтому в последние годы интерес к атомной энергетике вновь растет.

В постсоветский период по чисто политическим причинам под давлением Евросоюза в 2000-м г. был остановлен последний работавший энергоблок Чернобыльской АЭС. Дефицит электроэнергии на Украине общеизвестен. Игналинская АЭС в Литве (та самая, где снимали ставший столь популярным сериал «Чернобыль») также под давлением Евросоюза была остановлена в 2009 г., что привело к резкому росту цен на электроэнергию в стране и зависимости Литвы от поставок электроэнергии из-за рубежа. Армянская АЭС (реакторы типа ВВЭР^[77]) была остановлена в 1989 г. после Спитакского землетрясения (хотя и станция, и персонал с честью его выдержали). Однако в 1995 г. ААЭС была запущена вновь и дает энергию по сей

день. В Белоруссии в 1983 г. началось строительство Минской атомной теплоэлектроцентрали (АТЭЦ), но после Чернобыля оно было отменено, и вместо АТЭЦ была выстроена обычная теплоэлектроцентраль (Минская ТЭЦ-5). Но из-за огромного дефицита электроэнергии в Беларуси строительство АЭС все-таки было начато, пуск БелАЭС планируется в 2020 году.

Модернизированные реакторы типа РБМК продолжают работать в России на Ленинградской, Курской и Смоленской АЭС.

Из-за отсутствия систем мониторинга и диспансеризации населения пострадавших районов и ликвидаторов аварии полностью подсчитать вред для здоровья людей невозможно. Непосредственно в результате аварии в первые три месяца умер 31 человек, еще 134 перенесли острую лучевую болезнь в тяжелой форме. По данным Всемирной организации здравоохранения, около 2200 человек умерли или могут умереть непосредственно от последствий облучения^[78]. Есть и такие данные – в наиболее пострадавшей Белоруссии в Минске и Гомельской области в 1981–1986 гг. заболеваемость новорожденных падала, после 1986 г. в течение как минимум 10 лет она росла, а среди онкозаболеваний лидирует рак щитовидной железы у детей, в 3,74 раза превышая общереспубликанский уровень^[79]. В целом онкозаболеваемость тех, кто был выселен из пострадавших районов, в 1996 г. превышала общереспубликанский уровень на 56,3 %^[80].

* * *

Советская система управления стала причиной Чернобыля. Застой, вернее, инерционное развитие 1970-х – начала 1980-х годов, физическое и моральное старение руководителей партии, отсутствие дискуссий, подавление инициативы привели к катастрофе. Усилиями управленцев, ученых, массы ведомств и мобилизованных гражданских и военнослужащих, напряжением усилий всей промышленности СССР удалось избежать куда худших последствий аварии.

Сил на то, чтобы локализовать последствия Чернобыльской катастрофы, у СССР хватило. Чтобы выработать новые методы и технологии обеспечения безопасности атомной отрасли – тоже. Но чтобы выжить и кардинальным образом изменить систему управления ни сил, ни возможностей не осталось. Мобилизация для решения пусть крайне сложной, но понятной с точки зрения стратегии задачи была возможной. Самореформирование правящего слоя, доверие к которому было серьезно подорвано самой катастрофой и принципиальными просчетами в информационной политике, – уже нет.

Часть уроков Чернобыля была усвоена – системы безопасности на АЭС были многократно ужесточены, что, правда, отнюдь не защищает от катастроф. Это показал и опыт катастрофы на АЭС в Фукусиме (из-за допущенных грубейших ошибок при расчете места строительства станции и на начальных этапах ликвидации аварии), где в окружающую среду, в океан до сих пор выбрасываются радиоактивные частицы. На этот раз дали о себе знать пороки капиталистической экономики – с аварией боролась конкретная частная фирма с помощью государства, но без всеобщей мобилизации средств^[81]. Чернобыль вызвал к жизни активнейшее международное сотрудничество, (прежде всего Международный чернобыльский проект), волну солидарности во всем мире с пострадавшей страной. Этот опыт, положительный опыт организации борьбы с последствиями катастрофы такого масштаба, на сегодня является невостребованным. И это еще одно подтверждение того факта, что сегодня бороться с последствиями катастрофы чернобыльского масштаба в отсутствие возможностей советской системы будет намного тяжелее, чем в 1986 г.

Осень 2019

Н. И. Кудряков

Атомная энергетика: словарь терминов

Чтобы читатель мог воспринимать записи академика Легасова и статью Н. Кудрякова «Технология катастрофы...» в широком контексте, чтобы он мог точнее представить, о чем там идет речь, – в словаре предлагается пояснение различного рода терминов из них. Курсивом с подчеркиванием обозначены термины, для которых в словаре имеются отдельные статьи; курсивом без подчеркивания – те, чье толкование дано прямо в прилегающем тексте, а также те, что являются важными точками изложения, но не требуют отдельного толкования в рамках словаря. Обращаем особое внимание: многие из последних (прежде всего это некоторые общие термины, касающиеся ядерных реакций и их использования в энергетических реакторах) не требуют здесь дополнительных пояснений, так как этому посвящены соответствующие фрагменты статьи «Технология катастрофы...».

Авария на АЭС «Три-Майл-Айленд» — авария, произошедшая на энергоблоке № 2 АЭС «Три-Майл-Айленд» (США) 28 марта 1979 г. Первая в гражданской атомной энергетике авария, приведшая к полной потере энергоблока АЭС; имела большой общественный резонанс.

В 04:00:45 28.03.1979 реактор энергоблока № 2 был остановлен действием автоматической аварийной защиты по признаку роста давления в реакторном контуре. После останова^[82] реактора и приведения его в *подкритическое состояние* было необходимо организовать его *расхолаживание*. Однако должным образом персоналу сделать это не удалось. Все действия персонала в течение нескольких часов были обусловлены неверным представлением о состоянии реактора. В частности, работники не видели, что происходит потеря *теплоносителя* через предохранительный клапан, открывшийся перед началом работы аварийной защиты и не закрывшийся после снижения давления. Значительная часть (порядка 1/3) воды из реакторного контура была потеряна, *активная зона* частично оголилась, что привело к перегреву ядерного топлива, массовой разгерметизации и частичному разрушению *тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ)* с выходом радиоактивных продуктов. Значительное количество радиоактивной воды из реактора оказались разлитым во внутренних помещениях станции. За пределы станции радиоактивность вышла в главным образом в виде летучего йода-131 с вентиляционным выбросом. Радиационное воздействие на население оценено как незначительное – порядка 1 % от годовой дозы, получаемой от естественного фона и медицинских процедур.

Авария привела к обострению антиядерных настроений в США и в мире; на повестку дня впервые был поставлен вопрос о судьбе атомной энергетике как таковой. В США после аварии были отменены все контракты на сооружение энергоблоков АЭС.

Комиссии, проводившие расследование, отметили в качестве основных причин аварии следующие обстоятельства: разработчики реактора не рассматривали имевший место режим как возможный, не изучали его и не отразили его в эксплуатационных инструкциях; объем контроля по реакторному контуру оказался недостаточным, система отображения информации не давала однозначной картины происходящего; объем и содержание обучения персонала не дали тому необходимых знаний, причем до него не доводился опыт эксплуатации на других АЭС.

По итогам рассмотрения причин и обстоятельств аварии организация эксплуатации атомных станций в США была существенно обновлена. В частности, в области реакторной теплофизики были усилены

исследования методами математического моделирования. Улучшена подготовка персонала, в т. ч. с применением технических средств – тренажеров. Реорганизована деятельность национального надзорного органа – Комиссии по ядерному регулированию, созданы новые организационные структуры (в частности, INPO – Институт по эксплуатации атомных станций), способствующие изучению опыта эксплуатации. Эти и другие мероприятия существенно повысили безопасность атомной энергетики США и вывели ее на первое место в мире по экономической эффективности.

Лит.: Коллиер Дж., Хьюитт Дж. Введение в ядерную энергетику. М.: Энергоатомиздат, 1989. См. 5.2.: «Аварии на реакторах с легководным охлаждением».

Активная зона ядерного реактора – конструктивная и функциональная часть ядерного реактора, где протекает *управляемая самоподдерживающаяся цепная реакция* и выделяется тепловая энергия. Основными компонентами АЗ являются: ядерное топливо, *замедлитель нейтронов, теплоноситель, органы регулирования (управляющие стержни)*. Геометрически АЗ представляет собой тело, близкое к прямому цилиндру или прямой призме.

Традиционная структура активной зоны ядерного реактора. Биологическая и тепловая защита в состав АЗ не входят. Из открытых источников

Активность радиоактивного источника – число *радиоактивных распадов* в единицу времени. Единица измерения А. в метрической системе – беккерель (Бк), соответствующий одному распаду в секунду; внесистемная единица – *кюри (Ки)*, $1 \text{ Ки} = 3.7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$. При радиационных авариях оценивают не массу поступивших в окружающую среду радиоактивных веществ, а величину А., поскольку именно она определяет ущерб и необходимые объемы и виды работ по ЛПА.

Наряду с полной А., создаваемой всем количеством *радионуклидов* в источнике, рассматривают производные величины: А. удельную, объемную и поверхностную. *Удельная А.* – активность единицы массы вещества источника. Так, удельная А. отработавшего ядерного топлива, выгружаемого из реактора РБМК-1000, составляет $\sim 1.2 \cdot 10^{17}$ расп/с-тонна, или $1.2 \cdot 10^{17} \text{ Бк/т}$, или $3.24 \cdot 10^6 \text{ Ки/т}$. *Объемная А.* – А., приходящаяся на единицу объема источника. Определение величины объемной А. особенно актуально, если источником излучения являются радиоактивные вещества в летучей форме – в виде газов или аэрозолей. *Поверхностная А.* – А., приходящаяся на единицу площади поверхности источника. Эта величина применяется, когда радиоактивное вещество является поверхностным загрязнителем. По величине инструментально измеренной объемной и/или поверхностной А. в конкретном месте определяют величину ожидаемой *дозовой нагрузки*.

АТОМ – материальное образование, объект микромира, частица вещества, наименьшая часть химического элемента, определяющая его свойства и являющаяся их носителем. А. состоит из *ядра*,

обладающего положительным электрическим зарядом, и окружающих ядро *электронов*, обладающих отрицательным зарядом и образующих *электронные оболочки* А. Сумма отрицательных зарядов электронов равна положительному заряду ядра, и атом в целом электрически нейтрален. Ядро, в свою очередь, состоит из обладающих положительным зарядом *протонов* и электрически нейтральных *нейтронов*. Размер (диаметр) А. определяется диаметром внешней, самой удаленной от ядра электронной оболочки. Характерное значение размера А. оценивается величиной 10^{-8} см, характерное значение размера атомного ядра – 10^{-12} см; т. е. размер атома в 10 тыс. и более раз больше, чем размер ядра.

Основной характеристикой А. является величина электрического заряда ядра, традиционно обозначаемая буквой *Z*. Величина заряда (*зарядовое число*) равно числу протонов в ядре и определяет *атомный номер* химического элемента, его порядковый номер в периодической системе. Число протонов и число нейтронов в сумме определяют *массовое число*, традиционно обозначаемое буквой *A*. Масса ядра в тысячи раз больше, чем масса электронов на внешних оболочках, т. е. почти вся масса А. сосредоточена в его ядре. Если число протонов в ядре постоянно и характеризует данный элемент как таковой, то число нейтронов, а вместе с ним и атомное число, может варьироваться (*см. Изотопы*).

Если с электронной оболочки А. утрачивается один или несколько электронов, то баланс положительных и отрицательных зарядов А. смещается в положительную сторону на величину одного или нескольких элементарных зарядов; А. в целом перестает быть электрически нейтральным и становится носителем положительного электрического заряда. А., утративший один или несколько электронов с внешних оболочек, называется *ионом*. Явление преобразования обычных А. в ионы называется *ионизацией*. Вещество, подвергшееся ей, приобретает физические и химические свойства, не характерные для вещества, состоящего из нейтральных А. (*см. Ионизирующее излучение*).

АЭС «Три-Майл-Айленд» – атомная электростанция на северо-востоке США (шт. Пенсильвания, близ г. Гаррисберг) в составе 2-х энергоблоков с реакторами водо-водяного типа (*см. ВВЭР*) с установленной электрической мощностью 880 и 950 МВт, введенных в эксплуатацию в 1974 и 1978 гг. соответственно. Получила известность благодаря аварии 28.03.1979 г. на энергоблоке № 2, в результате которой энергоблок был выведен из строя (*См. Авария на АЭС «Три-Майл-Айленд»*). С остановом энергоблока № 1, состоявшимся 20.09.2019 г., производство электроэнергии на АЭС прекращено.

Барботёр – емкость (бак, бассейн), частично заполненная водой, где осуществляется *барботаж* – прохождение потока пара через слой воды. Используется для охлаждения пара, выполняет функцию *пароприемного устройства*. На атомных станциях Б. применяется для приема радиоактивного пара, который не может быть выброшен в атмосферу. На энергоблоках с реакторами *РБМК* предусмотрено наличие т. н. *бассейна* – Б., ББ, – комплекса помещений, куда при аварии сбрасываются потоки горячей воды и пара. ББ является частью *системы локализации аварий* – СЛА.

Бассейн-барботёр как часть системы локализации аварий энергоблока АЭС РБМК-1000. Поз. 1, 2 – трубы, подающие пар из аварийных помещений под слой воды. Маргулова Т. Х. Атомные электрические станции – М.: Высш. школа, 1978.

Характерным эпизодом в работах по ЛПА на ЧАЭС явилось изучение возможности падения горячих остатков реактора в бассейн-барботер с последующим паровым взрывом. Для предотвращения подобного исхода была организована связанная с большим риском откачка воды из помещений ББ.

БЭР, биологический эквивалент рентгена – внесистемная единица эквивалентной дозы (*см. Доза эквивалентная*) **ионизирующего излучения**.

ВВЭР, водо-водяной энергетический реактор – ядерный реактор на *тепловых нейтронах*, в котором в качестве *замедлителя нейтронов* и одновременно *теплоносителя* используется обычная вода. Благодаря тому, что вода является наиболее эффективным замедлителем нейтронов, полный объем *активной зоны* такого реактора (топливо + замедлитель + теплоноситель) оказывается минимальным по сравнению с объемами активных зон с другими замедлителями. Компактность активной зоны дает реактору такого типа целый ряд преимуществ, в том числе – возможность использования на морских судах. Малый объем активной зоны упрощает контроль и управление, сокращает строительные объемы.

Реактор ВВЭР-1000: Разрез (а) со схемой движения теплоносителя и общий вид (б). 1. Патрубки с приводами органов регулирования 2. Шпильки крепления верхнего блока к корпусу. 3. Верхний блок с крышкой 4. Корпус реактора. 5. Внутрикорпусная шахта 6. Разделитель входящего и выходящего потоков теплоносителя 7. Выгородка активной зоны 8, 9 Тепловыделяющие сборки активной зоны. Из открытых источников

Поскольку вода как замедлитель эффективна лишь в плотном, т.е. в жидком состоянии, то необходимым условием поддержания *цепной ядерной реакции* является предотвращение кипения воды. Это достигается созданием в реакторе высокого давления (отсюда англоязычное название для реакторов такого типа – реактор с водой под давлением, *Pressurized Water Reactor, PWR*). Удержание высокого давления приводит к необходимости применения массивного *прочно-плотного корпуса*, сложного в изготовлении и транспортировке.

Тепловая схема АЭС с ВВЭР является *двухконтурной*. Первый контур – реакторный, предназначен для съема тепла в активной зоне. После выхода из активной зоны теплоноситель направляется в парогенераторы, где через теплопередающую поверхность, образованную множеством теплообменных

труб, отдает тепло кипящей котловой воде второго контура. Второй контур – паросиловой, образован потоками пара и турбинного конденсата.

ВВЭР/PWR – самый распространенный тип реакторов в современной атомной энергетике.

Лит.: Денисов В. П., Драгунов Ю. Г. Реакторные установки ВВЭР для атомных электростанций. М.: ИздАТ, 2002; История атомной энергетики Советского Союза и России. Вып. 2. История ВВЭР. М.: ИздАТ, 2002; АЭС с реактором типа ВВЭР-1000: от физических основ эксплуатации до эволюции проекта / С. А. Андрущенко, А. М. Афронов, Б. Ю. Васильев [и др.]. Логос, 2010.

ВНИПИЭТ, Всесоюзный научно-исследовательский и проектный институт энергетической технологии – предприятие-разработчик проектов предприятий ядерного оружейного комплекса и атомной энергетики и промышленности, подведомственных *Министерству среднего машиностроения СССР*. Проект предприятия (промышленного объекта) отличается от проекта отдельного сколь угодно сложного технического устройства (в частности, ядерного реактора) тем, что должен содержать проектные решения по всему производственному циклу, включая выбор серийно выпускаемого оборудования, по размещению оборудования, прокладке трубопроводов и кабелей, а также помимо технологических решений должен содержать архитектурно-строительные решения.

ВНИПИЭТ явился разработчиком проектов Первой в мире АЭС в г. Обнинске, Ленинградской АЭС, а также проектов реакторных отделений энергоблоков №№ 1 и 2 Чернобыльской АЭС.

В 2014 г. был объединен с Санкт-Петербургским «Атомэнергопроектом», занимавшимся разработкой проектов гражданских объектов – тепловых и атомных электростанций. Объединенное предприятие получило наименование АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт энергетических технологий “АТОМПРОЕКТ”».

Водоносные слои, водоносные горизонты – геологические образования, пласты из осадочных горных пород с пористой водопроницаемой структурой (песок, гравий и т. п.) и с горизонтальным или с близким к горизонтальному расположением. Обычно ограничены снизу и сверху водоупорными пластами – глиной и т. п. Служат накопителями *подземных вод*, которые могут быть извлечены на поверхность посредством скважин. Наличие ВС рассматривается как желательное условие при размещении объектов использования атомной энергии в качестве основных или резервных источников водоснабжения; при этом размещение объектов непосредственно над ВС не допускается.

ВТГР, высокотемпературный газоохлаждаемый (гелиевый) реактор – энергетический ядерный реактор, где в качестве *теплоносителя* применяется *гелий*. Применение гелия в качестве теплоносителя позволяет получить на выходе из реактора высокие температуры – до 1 тыс. °С – при относительно низких для таких температур значениях давления. При использовании такого реактора на АЭС могут быть получены высокие значения *коэффициента полезного действия*. ВТГР перспективен в качестве источника высокопотенциального тепла в химических – в т. ч. металлургических – производствах. Ядерное топливо в современных проектах ВТГР оформлено в виде малоразмерных – менее 1 мм – капсул,

инкорпорированных в *тепловыделяющих элементах (ТВЭЛ)*, выполненных из графита и имеющих сферическую форму. *Активная зона* ВТГР представляет собой свободную засыпку шаровых ТВЭЛ в бетонном бункере (шахте). Объем активной зоны продувается потоком гелия, подаваемым вертикально снизу вверх. Структура и материальный состав активной зоны исключают возникновение аварий, связанных как с неуправляемым разгоном мощности, так и с ухудшением теплоотвода.

В настоящее время реакторы типа ВТГР существуют в единичных экземплярах в качестве опытных образцов.

Лит.: Гребенник В. Н., Кухаркин Н. Е., Пономарев-Степной Н. Н. Высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы – инновационное направление развития атомной энергетики. М.: Энергоатомиздат, 2008.

Выбег (турбогенератора) – режим работы электрического генератора переменного тока, приводимого в действие паровой турбиной, когда подача пара на турбину прекращена, генератор отключен от внешней электрической сети, и вращение турбины вместе со связанным с ней генератором происходит по инерции. Частота вращения при этом непрерывно уменьшается вплоть до останова. Турбогенератор, работающий в режиме В., некоторыми специалистами рассматривался как источник электроснабжения собственных нужд энергоблока АЭС при аварийной потере внешнего электроснабжения, в т. ч. для организации *расхолаживания*. На энергоблоке № 4 ЧАЭС в ночь на 26 апреля 1986 года выполнялся электротехнический эксперимент с В. турбогенератора с *нагрузкой собственных нужд*. В записях Легасова про этот эксперимент неверно указано, что это был *свободный В.* Свободным В. турбогенератора является тогда, когда тот отключен не только от внешней энергосистемы, но и от потребителей на самой станции.

Газофазный ядерный реактор – гипотетический ядерный реактор, в котором ядерное топливо находится в распыленном состоянии в газовой среде. Рассматривается как часть *ядерного ракетного двигателя, ЯРД*. Разработка таких реакторов находится на стадии научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Лит.: Кузнецов В. А. Ядерные реакторы космических энергетических установок. М.: Атомиздат, 1977; Паневин И. Г., Прищепа В. И., Хазов В. Н. Космические ядерные ракетные двигатели. М.: Знание, 1978.

Гамма-излучение, гамма – лучи, гамма-кванты – вид *электромагнитного излучения* с высокой частотой и энергией. Вследствие высокой частоты в ГИ сильно выражены *корпускулярные свойства*, т. е. ГИ рассматривается как поток частиц, *гамма-квантов (фотонов)*. Относится к *ионизирующим излучениям*. ГИ образуется при ядерных превращениях, в т. ч. при *радиоактивном распаде*. Практически все продукты *ядерного деления*, образующиеся при работе ядерного реактора, являются гамма-излучателями, поэтому дозиметры, предназначенные для контроля радиационной обстановки вокруг атомных станций, настроены на регистрацию ГИ. Обладает высокой проникающей способностью. Воздействие ГИ на живую ткань вызывает поражения различной степени тяжести (*см. Лучевое поражение*), но в то же время используется в *ядерной медицине*. Для защиты от ГИ применяются материалы с высокой плотностью – свинец, сталь, бетон.

Гамма-дефектоскопия – способ контроля качества металлических изделий, основанный на просвечивании металла направленным *гамма-излучением*. С одной стороны проверяемого изделия устанавливается источник гамма-излучения, с другой – регистрирующая фотопленка. После экспонирования и проявления фотопленки внутренние дефекты – раковины, трещины – отображаются как темные образования на светлом фоне. Широко применяется в ряде отраслей промышленности, в т. ч. в атомном машиностроении для контроля качества элементов ответственного оборудования.

Гамма-поле — пространство (поверхность, объем), где наблюдается *гамма – излучение*. Характеризуется пространственным распределением плотности потока *гамма-квантов*, или, что практически то же самое, распределением мощности экспозиционной дозы (*см. Доза экспозиционная*), традиционно измеряемой в *микрорентгенах* в час (мкР/ч). Примером описания ГП может служить план местности (план помещения), на который нанесены значения мощности экспозиционной дозы в различных местах.

Госприемка – в СССР начиная с 1986 г. служба контроля качества промышленной продукции гражданского назначения на государственных предприятиях, независимая от администрации предприятий. Введение Г. представляло собой попытку применить в гражданских отраслях методы контроля качества на предприятиях военно-промышленного комплекса. В целом себя не оправдала, после 1989 г. была свернута.

Градирня – сооружение в составе *оборточной системы технического водоснабжения* на тепловых и атомных электростанциях. Наиболее распространенным типом Г. является *испарительная башенная Г.* В состав такой Г. входят вытяжная башня с водораспределительным устройством и водосборный бассейн, расположенный в основании башни. Вода из бассейна отбирается *циркуляционными насосами* и по водоводам подается к охлаждаемому оборудованию. На ТЭС и АЭС наиболее значительными источниками тепла и потребителями охлаждающей воды являются конденсаторы паровых турбин. Нагретая вода обратным ходом подается на водораспределительное устройство, представляющее собой сеть труб малого диаметра, расположенных на некоторой высоте внутри башни. Из водораспределительного устройства вода проливается вниз каплями и струями.

Схема действия испарительной башенной градирни. 1. Вытяжная башня 2. Выход нагретого воздуха и пара 3. Вход охлаждающего воздуха. 3. Слив воды с водораспределительного устройства 4. Циркуляционные насосы. 5. Конденсатор турбины. Маргулова Т. Х. Указ. соч.

Падая с высоты, она охлаждается за счет контакта с воздухом, частично испаряясь. Охлажденная вода попадает в водосборный бассейн, откуда вновь подается на охлаждаемые устройства. Воздух, нагревшись при контакте с водой, движется вверх и выбрасывается через верхний срез башни. Вместе с теплым воздухом уходит пар, образовавшийся при охлаждении воды. Потери воды с испарением и капельным уносом возмещаются подпиткой водосборного бассейна от внешнего источника (реки, озера). Свежий (холодный) – воздух поступает в башню через *входные окна*.

Гражданская оборона, ГО – система мероприятий по подготовке к защите и по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, а также при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера^[83]. В СССР ГО как государственный институт была образована в 1932 г. В число мероприятий ГО входит сооружение и содержание убежищ, планирование и проведение аварийно-спасательных работ, эвакуации населения из пораженных местностей, содержание техники, подготовка технического и медицинского персонала и т. п.

Хотя работы по *ЛПА* на ЧАЭС явились примером мероприятий ГО, их основной объем был выполнен не формированиями ГО, а силами *Министерства среднего машиностроения* и армии.

В современной России система ГО включена в МЧС. Соблюдение требований ГО является одним из основных принципов гражданского и промышленного строительства. В состав проектов объектов капитального строительства, в первую очередь объектов использования атомной энергии, должен входить раздел, посвященный *инженерно-техническим мероприятиям гражданской обороны и предупреждению чрезвычайных ситуаций – ИТМ ГО ЧС*.

Днепровское море, Днепровское водохранилище – одно из водохранилищ на р. Днепр в его нижнем течении; образовано плотиной Днепровской гидроэлектростанции (ДнепроГЭС). Протяженность – ок. 130 км, максимальная ширина – 7 км.

Доза, доза облучения – в физике, радиобиологии, радиационной гигиене величина, используемая для количественной оценки воздействия *ионизирующего излучения* на любое вещество, в т. ч. на биологическую ткань.

Доза поглощенная – основная дозиметрическая величина, мера воздействия *ионизирующего излучения* на вещество; определяется как отношение энергии, переданной излучением веществу, к массе вещества. Современная единица измерения ДП – Грэй. 1 Грэй = 1 Джоуль/кг. Внесистемная единица ДП – рад, 1 рад = 0,01 Гр. ДП не зависит от вида ионизирующего излучения.

Доза эквивалентная, или *биологическая* – мера повреждающего воздействия *ионизирующего излучения* на живую ткань с учетом вида излучения – *альфа-, бета-, гамма-, нейтронного*. Поскольку для разных видов излучения характерны разные механизмы взаимодействия с веществом, то разные виды излучения при одной и той же поглощенной дозе (см. *Доза поглощенная*) вызывают разное биологическое действие. ДЭ как мера действия того или иного вида излучения определяется умножением поглощенной дозы на безразмерный *коэффициент качества* данного излучения. Для рентгеновского, гамма- и бета-излучений коэффициент качества принят за единицу, т. е. эти виды излучения примерно равнозначны по своему повреждающему действию. Для альфа-излучения коэффициент качества равен 20, т. е. при равной с гамма-излучением поглощенной дозе повреждающий биологический эффект альфа-излучения в 20 раз больше, альфа-излучение опаснее гамма-излучения в 20 раз. Для нейтронного излучения, в зависимости от энергии нейтронов, коэффициент качества находится в диапазоне 5÷20. Размерность ДЭ такая же, как и у поглощенной дозы – Дж/кг. Единица ДЭ в метрической системе – *зиверт* (Зв), внесистемная – *бэр*. 1 бэр = 0.01 Зв. ДЭ в 1 бэр для рентгеновского или гамма-излучения создается поглощенной дозой в 1 рад, а поглощенная доза в 1 рад в *мягких тканях* по энергетическому эффекту примерно равна *экспозиционной дозе* (см. *Доза экспозиционная*) в 1 *рентген*, отсюда и название бэр (*биологический эквивалент*).

Доза экспозиционная – количественная характеристика воздействия рентгеновского или *гамма-*излучения на воздух. *Ионизирующая способность* (см. *Ионизирующее излучение*) рентгеновского и гамма-излучения в воздухе и в мягкой биологической ткани примерно одинаковы. Для оценки воздействия на вещество других видов излучения используется понятие *поглощенной дозы* (см. *Доза поглощенная*).

Дозовая нагрузка, *лучевая нагрузка* – фактически синоним понятия *доза*. ДН – значение дозы, полученной при конкретных обстоятельствах – напр., при медицинских обследованиях – и за определенный промежуток времени.

Жидкосольевой реактор, ЖСР, реактор на расплавах солей – энергетический ядерный реактор, в котором *теплоносителем* является смесь солей (фторидов и хлоридов) металлов – бериллия, лития, калия, натрия – в расплавленном состоянии, а ядерным топливом – также соли (фториды) урана, плутония; теплоноситель и топливо в ЖСР образуют однородную смесь. К преимуществам такого реактора относится возможность достижения высоких температур (700 °С и выше); это обеспечивает высокие значения *коэффициента полезного действия* в производстве электроэнергии при практическом отсутствии избыточного давления, – что исключает необходимость в *прочно-плотном корпусе*. Препятствием к массовому созданию ЖСР являются проблемы технологического характера – обеспечение коррозионной стойкости конструкционных материалов и т. п.

Лит.: В. Л. Блинкин, В. М. Новиков. Жидкосольевые ядерные реакторы. М.: Атомиздат, 1978; Новиков В. М., Игнатъев В. В., Федулов В. И., Чередников В. Н. Жидкосольевые ЯЭУ: перспективы и проблемы. М.: Энергоатомиздат, 1990.

Замедлитель нейтронов, замедлитель – материал, применяемый в ядерных реакторах для замедления нейтронов деления. Нейтроны, образовавшиеся в результате деления ядер урана, обладают высокой кинетической энергией, соответствующей скоростям порядка 20 тыс. км/с. При таких скоростях вероятность нейтрона провзаимодействовать со следующим ядром урана и вызвать его деление крайне мала. С уменьшением скорости нейтрона вероятность его взаимодействия с ядром увеличивается. Т. е. снижение скорости нейтронов деления является одним из условий осуществления *самоподдерживающейся цепной ядерной реакции* в природном или в слабообогащенном уране. Снижение скорости может быть достигнуто, если организовать прохождение нейтронов через вещество, соударяясь с ядрами атомов которого нейтроны теряют свою энергию и скорость. Вещества, специально выбираемые для подобного взаимодействия с нейтронами, и являются ЗН. Наиболее распространенные в атомной энергетике ЗН – вода и графит.

При выборе в качестве ЗН графита реактор по конструктивной схеме создается как *канальный реактор*, при выборе воды – как реактор *корпусного типа* (см. *Корпусной реактор*), чаще всего – как ВВЭР. В последнем случае вода одновременно выполняет и роль *теплоносителя*.

Изотопы – разновидности атомов одного и того же химического элемента, отличающиеся друг от друга по массе и по ядерно-физическим свойствам. Признаком, делающим каждый данный химический элемент самим собой и отличающим его от других элементов, является значение электрического заряда атомного ядра, *зарядовое число* ядра, обычно обозначаемое как Z . Так, заряд ядра химического элемента № 1, водорода, равен единице ($Z=1$), заряд ядра гелия – 2 ($Z=2$), лития – 3 ($Z=3$) и т. д. Зарядовые числа образуют последовательность, где каждое последующее число больше предыдущего на единицу. Последний в последовательности из наблюдаемых в природе химических элементов – уран с зарядовым числом, равным 92. Зарядовое число определяет место каждого данного элемента в периодической системе, т. е. его порядковый, *атомный номер*. Для каждого химического элемента атомный номер равен зарядовому числу. Для каждого из И. данного химического элемента зарядовое число и атомный номер одинаковы. Зарядовое число, в свою очередь, определяется количеством находящихся в ядре *протонов* – носителей единичного элементарного электрического заряда. Суммарный электрический заряд ядра, т. е. зарядовое число и атомный номер, таким образом, равен числу находящихся в ядре протонов.

Наряду с положительно заряженными протонами в ядре присутствуют электрически нейтральные частицы – *нейтроны*. Сумма числа протонов и нейтронов определяет *массовое число* ядра, обычно обозначаемое как A . Если обозначить число нейтронов в ядре как N , то $A=Z+N$. Для большей части химических элементов, каждый из которых однозначно определяется числом протонов и тем самым – номером в периодической системе, – возможно разнообразие массовых чисел, т. к. в ядре атома данного элемента может быть разное число нейтронов.

Так, для водорода число протонов равно единице, а число нейтронов может быть равно либо нулю, либо одному, либо двум. Соответственно, массовые числа ядер водорода могут быть равны единице (один протон), двум (протон плюс нейтрон) или трем (один протон плюс два нейтрона). Эти разновидности атомов водорода, отличающиеся по массе, но имеющие одинаковый электрический заряд, и называются *И. водорода*. Тот или иной И. принято именовать названием рассматриваемого элемента с добавлением

значения массового числа: водород-1 (легкий водород), водород-2 (тяжелый водород, он же *дейтерий*), водород-3 (сверхтяжелый водород, он же *третий*).

Из открытых источников

От массовых чисел зависят ядерно-физические свойства И.: ядра легкого водорода и дейтерия стабильны, ядра трития подвержены *радиоактивному распаду*.

Для урана при зарядовом числе U , соответственно, при числе протонов в ядре, равным 92, число нейтронов может быть равно 142, 143 и 146; т. е. массовые числа могут быть равны 234 (уран-234), 235 (уран-235) и 238 (уран-238). И. уран-235 является единственным в природе материалом, в массе которого возможна *самоддерживающаяся цепная реакция деления*. Из урана-238 при облучении его нейтронами может быть получен не наблюдаемый в природе химический элемент – плутоний.

Примеры первых восьми химических элементов и урана с их природными изотопами приведены в таблице.

Таблица 1. Природные изотопы некоторых химических элементов.

Близким по значению к понятию И. является понятие *нуклид*. В записях В. А. Легасова это фактически синонимы.

Изотопный спектр — в записях В. А. Легасова понятие ИС употребляется как синоним понятия «изотопный состав». В общенаучном смысле «спектр» означает «распределение». При ЛПА на ЧАЭС задача определения ИС гамма-фона состояла в определении состава радиоактивного выброса по отдельным видам изотопов – йод, *цезий* и т. п. – с целью оценки состояния ядерного топлива, оставшегося в развале реактора, и прогноза радиационной обстановки.

Институт атомной энергии (ИАЭ) им. И. В. Курчатова — научно-исследовательский институт, многопрофильный научный центр, занимающийся исследованиями в области ядерной физики и в других областях науки. Стал первой специализированной научной организацией, созданной в рамках советского *атомного проекта*. На основе фундаментальных исследований, выполненных в ИАЭ, был осуществлен полный цикл работ по созданию в СССР атомного оружия.

Институт выполнял роль организации – научного руководителя целого ряда проектов ядерных реакторов гражданского назначения различного типа, в т. ч. реактора *РБМК-1000*. Здесь в большом объеме проделаны исследования по *управляемому термоядерному синтезу*. В советское время ИАЭ возглавляли *Игорь Васильевич Курчатов* (в 1943–1960), *Анатолий Петрович Александров* (1980–1989), *Евгений Павлович Велихов* (1989–1992). Имя И. В. Курчатова присвоено ИАЭ в 1960 г.

В работах по *ЛПА* на *ЧАЭС* приняли участие 672 специалиста ИАЭ. При Правительственной комиссии работала сформированная в ИАЭ экспертная группа, первым председателем которой был первый заместитель директора ИАЭ *Валерий Алексеевич Легасов*.

В 1991 ИАЭ был преобразован в Российский научный центр «Курчатовский институт» – РНЦ КИ; с 2010 г. – Национальный научный центр «Курчатовский институт».

Ионизирующее излучение, ИИ – излучение, способное при прохождении через вещество вызвать *ионизацию* его атомов (*об атомах и ионах см. Атом*). Именно оно называется *радиацией* в узком смысле. Основными видами ИИ, учитываемыми при обеспечении радиационной безопасности, считаются *альфа-, бета-, нейтронное, рентгеновское и гамма-излучение*.

Альфа-излучение – поток *альфа-частиц*, представляющих собой ядра атомов гелия, состоящие из двух протонов и двух нейтронов и несущие положительный электрический заряд. Образуется при *радиоактивном распаде* тяжелых ядер. *Бета-излучение* – поток бета-частиц, т. е. свободных электронов, несущих отрицательный заряд. Образуется при радиоактивном распаде. *Нейтронное излучение* – поток свободных нейтронов – частиц, имеющих *внутриядерную природу* и электрически нейтральных. Образуется в *реакции деления* тяжелых ядер в *активной зоне* ядерного реактора. *Рентгеновское излучение* – поток *фотонов (квантов)*. Образуется при торможении в веществе потока электронов, имеющих высокую энергию. *Гамма-излучение* – тоже электромагнитное, поток квантов-фотонов, образующихся при ядерных превращениях – делении тяжелых ядер и радиоактивном распаде.

ИИ находит широкое применение в различных сферах человеческой деятельности. Первым видом ИИ, нашедшим применение на практике, оказалось рентгеновское. (См. также *Гамма-дефектоскопия*).

Взаимодействуя с веществом, ИИ, выбивая электроны из электронных оболочек атомов, превращает электрически нейтральные атомы в положительно заряженные *ионы*. Вещество, в составе которого присутствуют ионизированные атомы, приобретает свойства, нехарактерные для его исходного состояния: напр., непроводящие материалы становятся проводниками электричества.

Биологическое действие ИИ выражается в ионизации молекул воды, присутствующей в живой ткани и составляющей до 70 % ее массы. При этом образуются агрессивные водородосодержащие соединения – свободные радикалы и перекись водорода, – нарушающие биохимические процессы и приводящие к массовой гибели клеток (*см. Лучевое поражение*). Количественной мерой воздействия ИИ на вещество является *доза*.

Канальный реактор, реактор канального типа – ядерный реактор, в *активной зоне* которого движение *теплоносителя* осуществляется, в отличие от реакторов *корпусного типа* (*см. Корпусной реактор*), не единым потоком, а через множество *технологических каналов*. Технологический канал в простейшем случае представляет собой трубу цилиндрической формы. В технологических каналах

расположено ядерное топливо, для съема тепла с которого и организована циркуляция теплоносителя. В части каналов расположены *органы регулирования*.

Активная зона КР выглядит как массив *замедлителя*, который пронизан множеством каналов. Каналы образуют регулярную структуру – *решетку*. Расстояние между каналами – *шаг решетки* – является характерным конструктивным параметром канального реактора.

Схема канального реактора. 1 – отражатель нейтронов, 2 – биологическая защита, 3 – замедлитель нейтронов, 4 – ядерное топливо (тепловыделяющие сборки), 5 – органы регулирования (управляющие стержни), 6 – труба технологического канала (собственно канал). Из открытых источников

Одним из основных преимуществ КР является отсутствие массивного *прочно-плотного корпуса*, сложного в изготовлении и транспортировке (см. *Корпусной реактор, ВВЭР, ВТГР*).

Также преимуществом КР является возможность доступа в активную зону при работе на мощности – например, для перегрузки ядерного топлива без останова реактора. Благодаря возможности доступа в активную зону на КР осуществляются *радиационные технологии*, в частности – получение *изотопов для ядерной медицины*.

Лит.: Гл. 1 «Некоторые этапы развития канального направления в атомном реакторостроении» в кн.: Канальный ядерный энергетический реактор РБМК. Под общ. редакцией Ю. М. Черкашова. М.: ГУП НИКИЭТ, 2006; Гл.1. «Взгляд в историю. Создание отечественных уран-графитовых ядерных реакторов. Безопасность и опыт эксплуатации» в кн.: Неизвестный Чернобыль: история, события, факты, уроки, М.: МНЭПУ, 2006.

Киевское море, Киевское водохранилище – одно из водохранилищ на р. Днепр; расположено севернее Киева и образовано плотиной Киевской ГЭС. Протяженность – 110 км, наибольшая ширина – до 12 км. В ~30 км к северо-западу от места впадения в КМ р. Припять расположена Чернобыльская АЭС. Предотвращение попадания радиоактивности в Припять и КМ было одной из задач при планировании работ по ЛПА на ЧАЭС.

«Китайский синдром» — гипотетическая *ядерная авария*, сопровождающаяся расплавлением ядерного топлива и выходом расплава за пределы здания реактора. Понятие «КС» возникло как обозначение ситуации, когда расплав *активной зоны*, образовавшийся в западном полушарии, движется под действием силы тяжести, проходит сквозь земной шар и выходит на поверхность в восточном полушарии – условно, в Китае.

Причиной возникновения аварии типа «КС» является ухудшение теплоотвода от ядерного топлива при наличии в топливе *остаточного тепловыделения*. Тепловыделение при недостаточном теплоотводе приводит к росту температуры топлива до температуры плавления (~2700 °С). Перейдя в жидкую фазу, ядерное топливо приобретает подвижность и стекает вниз, подвергая тепловому разрушению строительные конструкции. Если масса расплава достаточно велика, то он способен пройти через фундамент здания реактора и уйти в грунт. Для предотвращения перегрева ядерного топлива в проектах АЭС предусматриваются *системы отвода остаточных тепловыделений* (см. *Расхолаживание*). Вплоть до конца 80-х годов в мире отсутствовали материалы и технологии, позволяющие удерживать расплав ядерного топлива, поэтому сценарий «КС» рассматривался как явление непреодолимой силы.

На ЧАЭС для предотвращения возможного выхода расплава в грунт было предусмотрено сооружение бетонной защиты под фундаментной плитой здания реактора с принудительным охлаждением, для чего сооружался котлован и ведущая к нему штольня. Опасения не подтвердились – образовавшиеся массы расплава ядерного топлива не прошли дальше бассейна-барботёра (см. *Барботёр*).

Лит.: Коллиер Дж., Хьюитт Дж. Введение в ядерную энергетику. М.: Энергоатомиздат, 1989. См. 6.5., «Китайский синдром: что происходит на самом деле».

Коллиматор — устройство для формирования однонаправленных параллельных или близких к параллельным пучков излучений; в ядерной физике и в физике элементарных частиц – совокупность преграды, поглощающей данный вид излучения (для *рентгеновских* и *гамма-квантов* (см. *Гамма-излучение*) – из свинца, для нейтронов – из соединений бора или кадмия и т. д.), и пропускающего канала.

Из открытых источников

Комптоновский эффект, Комптон-рассеяние – см. *Эффект Комптона*.

Короткоживущие изотопы (нуклиды) – радиоактивные *изотопы (нуклиды)* (см. также *Радиоактивный распад*, *Радионуклиды*) с малыми периодами полураспада и, соответственно, с малыми временами жизни. Понятие КИ употребляется как противопоставление понятию *долгоживущих* изотопов (нуклидов). Разделение изотопов на коротко- и долгоживущие достаточно условно и не может быть сделано однозначно. В радиационной гигиене короткоживущими считаются изотопы, периоды полураспада которых измеряются часами и сутками (например, йод-131 с периодом полураспада 8 сут.), долгоживущими – с периодами полураспада, измеряемыми годами (стронций-90, 28 лет; цезий-137, 30 лет). Факт устойчивого снижения концентрации КИ вокруг аварийного энергоблока ЧАЭС послужил основанием для вывода о том, что эти изотопы больше не образуются и что, следовательно, *цепной реакции* нет.

Корпусной реактор, реактор корпусного типа – ядерный реактор, характерным конструктивным элементом которого является *прочно-плотный корпус*, удерживающий высокие – от нескольких десятков атмосфер – давления. Понятие КР обычно употребляется в противопоставление *реактору канального типа* (см. *Канальный реактор*). К КР относятся *водо-водяные* (см. *ВВЭР*) и *водяные кипящие* (они же – *корпусные кипящие*) реакторы. К КР может быть отнесен и высокотемпературный газоохлаждаемый реактор – *ВТГР*.

Курчатовский институт – см. *Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова*.

Кюри – внесистемная единица измерения *активности радионуклидов*. Русскоязычное обозначение – Ки. Активность вещества равна 1 Ки, если в нем происходит $3.7 \cdot 10^{10}$ радиоактивных распадов в секунду. Первоначально активность в 1 Ки определялась как активность радона-222, генерируемого 1 граммом радия-226. Системная единица измерения активности – беккерель (Бк), соответствующий 1 распаду в секунду. $1 \text{ Ки} = 3.7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$; $1 \text{ Бк} \approx 2.7 \cdot 10^{-11} \text{ Ки}$.

ЛПА – аббревиатура от «*ликвидация последствий аварии*».

Лучевое поражение – повреждение живой ткани, отдельных органов и всего организма, вызванное воздействием *ионизирующего излучения (радиации)*. ЛП классифицируются прежде всего как острые и хронические. Острые ЛП – *острая лучевая болезнь* (ОЛБ) и острые местные лучевые поражения (напр., ожоги). Хронические – хроническая лучевая болезнь и хронические лучевые поражения кожи (дерматиты и дерматозы). Острая лучевая болезнь как наиболее тяжелое клиническое проявление ЛП может наступить при получении *поглощенной дозы* (см. *Доза поглощенная*) в 1 Гр (100 рад). Дозы от 10 Гр считаются смертельными.

На ЧАЭС в первые часы и дни после аварии работниками станции и ликвидаторами, общее число которых на тот период составило ок. 1 тыс. чел., были получены дозы от 2 до 20 Гр. Официально подтверждено 134 случая ОЛБ; 28 человек из этого числа умерли до конца 1986 г.

Миллирентген, микрорентген – единицы измерения *экспозиционной дозы* (см. *Доза экспозиционная*) *гамма-* и рентгеновского излучения, равные 1/1000 и 1/1 000 000 *рентгена* соответственно, обозначаются как мР и мкР; мР и мкР в час (мР/ч и мкР/ч) – величины *мощности дозы*. Упомянутое В. А. Легасовым значение мощности дозы на улицах Припяти, достигавшее к вечеру 26.04.1986 десятков мР/ч, не представляло непосредственной угрозы жизни людей, но тысячекратно превышало величину естественного радиационного фона, составляющего обычно $10 \div 15 \text{ мкР/ч}$.

Министерство среднего машиностроения СССР, Минсредмаш, МСМ – орган государственного управления атомной отраслью промышленности. Образовано в 1953 г., явилось преемником *Первого главного управления при Совете Министров СССР*, руководившего советским атомным проектом. В составе МСМ находились предприятия, где осуществлялся полный технологический цикл создания атомного оружия – от разведки и добычи урана до научного руководства ядерными испытаниями; научно-исследовательские и проектно-конструкторские организации – *ВНИПИЭТ, Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова, НИКИМТ, НИКИЭТ, СНИИП, Радиевый институт* и др. Предприятия и организации МСМ располагались как в крупных промышленных и культурных центрах (Москва, Ленинград, Новосибирск), так и в закрытых «атомных» городах (Арзамас-16 и т. п.).

МСМ располагало собственной строительной индустрией и значительным контингентом строителей, в т. ч. военных строителей. Это обстоятельство позволило в сжатые сроки выполнить проектирование и сооружение объекта «Укрытие» («саркофага») – вокруг аварийного 4-го энергоблока ЧАЭС. В организациях МСМ выполнялись все научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы по ядерным реакторам гражданского назначения. Первым Министром среднего машиностроения СССР был Вячеслав Александрович Малышев. В 1957–1986 гг. – Ефим Павлович Славский.

В 1989 г. МСМ было объединено с образованным после аварии на ЧАЭС Министерством атомной энергетики, сформировав Министерство атомной энергетики и промышленности СССР.

Лит.: Атомная отрасль России: События. Взгляд в будущее. Сост. Михайлов В. Н. и др. М.: ИздАТ, 1998; Андрюшин И. А., Чернышев А. К., Юдин Ю. А. Укрощение ядра. Страницы истории ядерного оружия и ядерной инфраструктуры СССР. Саров, 2003 г.; Губарев В. С. Белый архипелаг Сталина. М.: Молодая гвардия, 2004. Губарев В. С. Агония Средмаша: от Чернобыля до Чубайса. М.: Академкнига, 2006.

Нейтронное излучение – *ионизирующее излучение*, носителем которого являются *нейтроны*. Естественные источники НИ на Земле отсутствуют; образуется при *ядерном взрыве* или в *активной зоне* работающего ядерного реактора. Измерение величины плотности нейтронного потока от активной зоны реактора используется для оценки мощности реактора и для регистрации наличия *цепной ядерной реакции* как таковой. В записях В. А. Легасова о НИ упоминается в эпизоде радиационной разведки у здания реактора, когда наличие сигнала датчиков НИ вызвало предположение, что реактор работает. В действительности НИ от реактора отсутствовало, а сигнал формировался мощным *гамма-излучением*, исходящим от радиоактивных продуктов деления.

НИ обладает большой проникающей способностью, по биологическому воздействию оно опаснее, чем гамма-излучение (см. *Доза эквивалентная*). Защита от НИ осуществляется комбинированными барьерами, в которых сочетаются материалы, замедляющие нейтроны (см. *Замедлитель нейтронов*) и поглощающие их (см. *Нейтронный поглотитель*).

Нейтронный поглотитель, поглотитель нейтронов – вещество, содержащее в своем составе химические элементы с высокой способностью к поглощению *нейтронов*. Способностью к поглощению нейтронов обладают любые материалы – т. е. в общем смысле любые материалы являются НП, но в

техническом смысле под НП понимаются вещества, чья поглощающая способность выше, чем у урана-235. Такими элементами являются кадмий, гадолиний, гафний, бор. НП используются для регулирования *самоподдерживающейся цепной ядерной реакции (СЦР)* или для предотвращения ее возникновения. В частности, НП вводятся в *активную зону* ядерного реактора для перевода его в *подкритическое состояние*. На первом этапе работ на аварийном энергоблоке ЧАЭС в шахту реактора было сброшено значительное количество НП в виде карбида бора для предотвращения возникновения СЦР в массивах оставшегося ядерного топлива.

НИКИМТ, Научно-исследовательский и конструкторский институт монтажной технологии – предприятие по разработке технологий, материалов, оснастки и оборудования для монтажа, демонтажа, реконструкции и ремонта атомных объектов, для обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом. Образован в 1961 г. в составе *Министерства среднего машиностроения*.

В ходе ЛПА на ЧАЭС специалистами НИКИМТ был выполненны проекты производства работ по монтажу «саркофага» (объект «Укрытие») вокруг аварийного 4-го энергоблока, по очистке и дезактивации комплекса ЧАЭС и г. Припять. В работах на ЧАЭС приняли участие 260 специалистов НИКИМТ. Ныне – АО «НИКИМТ-Атомстрой».

НИКИЭТ, Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники – предприятие по разработке проектов ядерных реакторов различного типа. В НИКИЭТ выполнены проекты реакторной установки *водо-водяного типа* для первого поколения советских атомных подводных лодок, *двухцелевого* реактора ЭИ (для наработки оружейного плутония и для производства электроэнергии), энергетических реакторов АМБ-100 и АМБ-200 для Белоярской АЭС, ряда исследовательских реакторов. В конце 1960-х гг. в НИКИЭТ был разработан проект водо-графитового реактора канального типа *РБМК-1000*. После аварии на ЧАЭС в НИКИЭТ созданы проекты усовершенствованных энергетических канальных реакторов типа МКЭР, по устройству и принципу работы аналогичных реактору РБМК, но с существенно лучшими показателями безопасности. С момента образования в 1952 г. и до 1986 г. директором и научным руководителем НИИ-8/НИКИЭТ был *Николай Антонович Доллежал* (ныне институт носит его имя). С 1986 г. по 1998 гг. директором НИКИЭТ был *Евгений Олегович Адамов*, впоследствии Министр РФ по атомной энергии.

Лит.: Создано под руководством Н. А. Доллежала: О ядерных реакторах и их творцах. К 100-летию Н. А. Доллежала [Сб. ст / М. И. Абрамов, В. Н. Болтинский, В. П. Борщев и др.]. Под ред. В. К. Уласевича. М.: ГУП НИКИЭТ, 1999; Впереди века. НИИ-8 – НИКИЭТ. Под общ. редакцией Ю. Г. Драгунова. М.: Изд-во ОАО «НИКИЭТ», 2012.

Нуклид — согласно определению, данному автором этого термина Труманом Команом, «*сорт атома, характеризующийся строением его ядра, в частности, числом протонов и нейтронов в его ядре*», – т. е. почти синоним понятия *изотоп*. Согласно официальному определению, рекомендованному Международным союзом теоретической и прикладной химии, Н. – «*вид атомов, характеризующийся определённым массовым числом, атомным номером и энергетическим состоянием ядер и имеющий время жизни, достаточное для наблюдения*». Понятие Н. отличается от понятия изотоп тем, что учитывает

не только состав ядра, но и его *энергетическое состояние* – основное либо одно из возбужденных (метастабильных): один и тот же изотоп в зависимости от энергетического состояния ядра может быть представлен несколькими нуклидами. Переход из более высокого энергетического состояния в более низкое сопровождается испусканием *гамма-кванта* (см. *Гамма-излучение*). В записях В. А. Легасова понятие Н. употребляется как синоним понятия изотоп.

Обоянское месторождение – месторождение нерудных ископаемых в р-не г. Обояни Курской области.

Остаточное тепловыделение, остаточное энергосодержание, остаточное тепло – тепловая энергия, выделяющаяся в ядерном топливе после прекращения *цепной реакции деления* за счет *радиоактивного распада* продуктов деления. Всего в ядерном топливе образуется и накапливается порядка 450 *радионуклидов* с существенно различными *периодами полураспада*. По мере того, как распадаются короткоживущие нуклиды (см. *Короткоживущие изотопы (нуклиды)*), мощность ОТ быстро уменьшается. Если в момент останова реактора мощность ОТ оценивается величиной не более 10 % от номинальной тепловой мощности реактора, то уже через час она составляет порядка 1.5 %. Если ОТ не отводится, то происходит разогрев топлива вплоть до его разрушения или расплавления. Для отвода ОТ организуется *расхолаживание* реактора. В режиме аварийного останова реактора ОТ тепло отводится системами аварийного охлаждения.

Источником тепла ядерное топливо продолжает оставаться и после выгрузки его из реактора. Отработавшее топливо помещается в бассейн выдержки, где хранится под слоем воды. ОТ от топлива в бассейне отводится принудительной циркуляцией воды через теплообменники, охлаждаемые внешней водой. Через год после останова реактора мощность ОТ составляет сотые доли процента от номинальной. Через три года после помещения в бассейн выдержки отработавшее топливо отправляют во внешнее хранилище, где отвод тепла осуществляется естественным рассеиванием в окружающей среде.

Период полураспада – фундаментальная характеристика каждого *радионуклида*, время, за которое количество радиоактивного вещества (*изотопа, нуклида*) уменьшается в два раза. Так, если в некоторый момент количество ядер некоторого нуклида принять за 100 %, то через время, равное одному ПП, оно будет равно 50 %, еще через один ПП – 25 %, еще через один – 12.5 % и т. д. Обозначается как $T_{1/2}$. Значение ПП определяется только видом изотопа и не зависит от условий, в которых протекает *радиоактивный распад* – давления, температуры и т. п., – т. е. скоростью радиоактивного распада управлять невозможно. Поскольку ПП является временем, в течение которого в два раза уменьшается *активность*, то важной задачей при планировании работ в условиях радиационной аварии является определение изотопного состава радиоактивного выброса (см. *Изотопный спектр*).

По значениям ПП радионуклиды условно делятся на *короткоживущие* и *долгоживущие*. Примеры некоторых радионуклидов с периодами полураспада (по возрастанию *массового числа* (см. *Атом*)) приведены в таблице.

Подкритическое состояние ядерного реактора – состояние, при котором *коэффициент размножения* нейтронов меньше единицы, и либо интенсивность *цепной ядерной реакции* находится в процессе уменьшения, либо цепная реакция прекратилась. Понятие ПС употребляется наряду с понятиями *критическое состояние* (коэффициент размножения равен единице, и мощность реактора поддерживается на постоянном уровне) и *надкритическое состояние* (коэффициент размножения больше единицы, и мощность реактора растет). Определение состояния реактора – являлось оно критическим или подкритическим – стало одной из первоочередных задач при планировании работ по ЛПА на ЧАЭС.

Радиевый институт (им. *Георгия Витальевича Хлопина*) – научный центр, специализирующийся на изучении явления радиоактивности и связанных с радиоактивностью процессов и технологий. Образован в 1922 г. в Петрограде по инициативе *Владимира Ивановича Вернадского*, который и стал первым директором РИ. Стал первым в стране и в мире научным центром, где систематически и целенаправленно изучалась радиоактивность. В. Г. Хлопин (1890–1950), имя которого носит РИ – русский и советский радиохимик; в 1921 г. получил первый отечественный препарат радия, в 1936–1946 гг. – директор РИ.

Сотрудниками РИ открыто явление спонтанного деления урана, разработан и внедрен в практику метод *гамма-дефектоскопии*. В РИ как таковая сложилась отечественная радиохимия. РИ сыграл выдающуюся роль в реализации *атомного проекта СССР*, разработав оригинальную технологию выделения плутония. Общая схема производства плутония, разработанная в РИ, была реализована на комбинате «Маяк». Здесь разработана и технология регенерации ядерного топлива – выделение из отработавшего топлива урана и плутония для повторного использования.

В работах по ЛПА на ЧАЭС специалисты РИ участвовали с первого дня, выполнив первые радиометрические и дозиметрические измерения на прилегающей к станции территории.

Радиоактивный распад – физическое явление самопроизвольного (спонтанного) изменения состава атомных ядер путем испускания *альфа-, бета-частиц, нейтронов, гамма-квантов* (см. *Гамма-излучение*). Атомы, ядра которых подвержены радиоактивному распаду, называются *радионуклидами* (*радиоизотопами*).

Радионуклиды – атомы (*нуклиды*), ядра которых подвержены радиоактивному распаду.

Расхолаживание – режим работы ядерного реактора, при котором реактор остановлен, и от него осуществляется отвод тепла. Целью Р. является достижение и поддержание на реакторе температуры, достаточно низкой для вскрытия оборудования и выполнения работ по осмотру, ремонту, перегрузке топлива и т. п., – т. е. существенно меньшей 100 °С. В режиме Р. отводится тепловая энергия, выделяющаяся при *радиоактивном распаде* продуктов деления в ядерном топливе (*т. н. остаточное тепловыделение*). Р. производится за счет организации циркуляции *теплоносителя*, заполняющего

реактор, через дополнительный контур, охлаждаемый внешней водой. Необходимым условием для осуществления режима Р. является наличие электрического питания насосов охлаждающего контура, хотя современные проекты АЭС предусматривают работу охлаждающих контуров за счет *естественной циркуляции*.

Потеря электроснабжения и невозможность провести Р. привела к аварии на АЭС «Фукусима».

РБМК, реактор большой мощности канальный – ядерный энергетический реактор для атомных электростанций, проект которого был разработан и реализован в СССР. По нейтронному спектру относится к реакторам на *тепловых нейтронах*, по конструктивной схеме – к реакторам канального типа (*см. Канальный реактор*). Ядерным топливом является двуокись урана, замедлителем нейтронов – графит, теплоносителем – кипящая вода. Был выполнен в двух вариантах по мощности: РБМК-1000 и РБМК-1500; построено и эксплуатировалось 15 энергоблоков с РБМК-1000 (на Ленинградской АЭС – 4, на Курской – 4, на Чернобыльской – 4, на Смоленской – 3) и 2 энергоблока с РБМК-1500 на Игналинской АЭС в Литве. Номинальная электрическая мощность энергоблока с РБМК-1000 – 1 тыс МВт, или 1 млн кВт, с РБМК-1500 – 1.5 тыс МВт, или 1.5 млн кВт. По тепловой схеме АЭС с РБМК является *одноконтурной*: пар генерируется непосредственно при кипении воды в *активной зоне*.

Проект РБМК был разработан в конце 60-х годов: физический расчет выполнен в *Курчатовском институте*, конструкция – в *НИКИЭТ*. Прототипом реактора РБМК явился реактор АДЭ-2 – *двухцелевой* реактор, предназначенный для наработки плутония и одновременно для теплоснабжения, надежно и эффективно работавший на Красноярском горно-химическом комбинате с 1964 г. РБМК во многом повторяет геометрию и конструкцию АДЭ.

Первый энергоблок с РБМК-1000 был пущен 22.12.1973 г. на Ленинградской АЭС, и до 1980 г. эти реакторы являлись самыми мощными энергетическими реакторами в стране. Стремление сохранить во вновь разрабатываемом реакторе возможность двухцелевого функционала и обеспечить эффективное использование ядерного топлива обусловили выбор такого значения *шага графитовой решетки*, благодаря которому при первоначально выбранном обогащении топлива – 1.8 % по урану-235 – достигается максимальное значение *коэффициента размножения* нейтронов. Однако такое значение шага решетки предопределило неустойчивость реактора в управлении и в конечном счете явилось коренной причиной аварии на ЧАЭС в 1986 г.

После аварии на ЧАЭС на реакторах РБМК были выполнены масштабные работы по модернизации, как на собственно реакторе, так и технологических системах, влияющих на его безопасность, – и эксплуатация реакторов такого типа была продолжена. После аварии были достроены и введены в эксплуатацию энергоблок № 2 на Игналинской АЭС и энергоблок № 3 на Смоленской, строительство же энергоблоков № 3 Игналинской и № 4 Смоленской было остановлено; находившийся в высокой степени готовности энергоблок № 5 Курской АЭС в эксплуатацию не ввели. 21 декабря 2018 г. после 45 лет работы был остановлен первый энергоблок с реактором РБМК на ЛАЭС.

Лит.: Доллежалъ Н. А., Емельянов И. Я. Канальный ядерный энергетический реактор. М.: Атомиздат, 1980; Вопросы безопасности АЭС с реакторами РБМК-1000 (Учеб. пособие) / А. Н. Ананьев, Л. А. Белянин, А. П. Еперин и др. Сосновый Бор: ЛАЭС, 1994; Доллежалъ Н. А. Об энергетическом уран-графитовом канальном реакторе и об одной из версий аварии 26 апреля 1986 г. на четвертом энергоблоке Чернобыльской атомной электростанции (К истории зарождения уран-графитовых канальных реакторов – РБМК). М.: НИКИЭТ, 1995; История атомной энергетики Советского Союза и России. Вып. 3. История РБМК.

М.: ИздАТ, 2003; Канальный ядерный энергетический реактор РБМК. Под общ. редакцией Ю. М. Черкашова. М.: ГУП НИКИЭТ, 2006.

«Рыжий лес» – участок в составе лесного урочища Янов в 2 км к северо-западу от комплекса ЧАЭС. Лес на этом участке погиб при прохождении выброса от взрыва реактора. Название обусловлено характерным красно-бурым цветом погибшей хвои. При проведении дезактивации деревья на данном участке были снесены и захоронены под слой земли.

Скрепер – землеройно-транспортная машина, прицепная либо самоходная, предназначенная для горизонтальной резки грунта, его перемещения и отсыпки в земляные сооружения (отвалы).

СНИИП, Специализированный научно-исследовательский институт приборостроения – исследовательская и проектно-конструкторская организация в области ядерного приборостроения, разработчик систем контроля и управления для предприятий ядерного оружейного комплекса, атомной энергетики и промышленности, в т. ч. дозиметрической и радиометрической аппаратуры, обеспечивающей радиационную безопасность. Образован в 1952 году по инициативе И. В. Курчатова.

Более 200 сотрудников СНИИП приняли участие в ЛПА на ЧАЭС. На основе опыта радиационной разведки на ЧАЭС в СНИИП была разработана современная концепция *автоматизированных систем контроля радиационной обстановки – АСКРО*.

Лит.: Фертман Д. Е., Чебышов С. Б. Радиометрия сред. М.: АО ФИД «Деловой экспресс», 2017.

СУЗ, система управления и защиты ядерного реактора – техническая система, предназначенная для пуска ядерного реактора, поддержания заданной мощности, переходов с одного уровня мощности на другой, планового или аварийного останова реактора, удержания его в *подкритическом состоянии*. Важнейшей функцией СУЗ является измерение *плотности потока нейтронов (нейтронной мощности)* в активной зоне реактора, а также технологических параметров энергоблока, влияющих на состояние реактора, – в частности, давления пара. Непосредственное управляющее воздействие на мощность реактора осуществляется перемещением в объеме активной зоны *органов регулирования (ОР)*, выполненных из поглощающих нейтроны материалов (как правило, на основе соединений бора; см. *Нейтронный поглотитель*) и конструктивно оформленных в виде стержневых элементов, перемещаемых вертикально. Для увеличения мощности стержни движутся из активной зоны, для уменьшения мощности – в активную зону.

Тепловизор – прибор для дистанционного наблюдения распределения температур на поверхностях удаленных объектов. Действие Т. основано на способности всякого тела, температура которого больше

абсолютного нуля, излучать электромагнитные волны (инфракрасное излучение, ИК); т. е. Т. – прибор, который видит объекты в ИК-диапазоне. На мониторе Т. формируется многоцветное изображение объекта, где распределение цветов соответствует распределению температур. Применяются в военном и в пожарном деле, в промышленности, при проведении спасательных операций и аварийно-восстановительных работ.

Тепловые нейтроны – *свободные*, т. е. находящиеся вне атомных ядер (см. *Атом*) нейтроны в состоянии теплового равновесия с замедляющей средой (см. *Замедлитель*). Тепловое равновесие подразумевает, что значение кинетической энергии нейтронов в среднем равно кинетической энергии молекул среды. Температура среды при этом полагается не ниже 20 °С. При более низких температурах нейтроны считаются *холодными* и *ультрахолодными*. В тепловой области скорость движения нейтронов составляет несколько км/с.

ТН – это *нейтроны деления*, которые при вылете из ядер имели скорости порядка 20 тыс. км/с, т. е. относились к *быстрым* нейтронам, и которые потеряли свою кинетическую энергию при прохождении через замедлитель. ТН обладают в сотни раз более высокой вероятностью провозаимодействовать с ядром урана и вызвать его деление, нежели быстрые нейтроны. Это позволяет осуществить *самоподдерживающуюся цепную реакцию деления* в природном и в слабообогащенном уране. За единичными исключениями энергетические ядерные реакторы на атомных станциях – реакторы на ТН. Все варианты реакторов, физика которых основывается на ТН, являются, по сути, вариантами выбора материала замедлителя.

Теплоноситель – подвижная среда (газ, жидкость), применяемая для переноса в пространстве тепловой энергии. Традиционная схема применения Т.: 1) нагрев от источника тепла – 2) перенос в пространстве по трубам или каналам – 3) охлаждение с передачей тепла приемнику (поглотителю) тепла. В энергетических ядерных реакторах в качестве Т. используются: вода, в т. ч. кипящая вода; газы (углекислый газ, гелий; см. *ВТГР*); жидкие металлы – натрий, свинец и сплавы на их основе; в перспективе – расплавы солей (см. *Жидкосолевой реактор*).

Реакторы, где в качестве Т. применяется вода, обозначаются как *водоохлаждаемые*. К водоохлаждаемым относятся реакторы *РБМК*, установленные на ЧАЭС; в качестве Т. в них выступает кипящая вода. Наиболее распространенным типом водоохлаждаемых реакторов являются реакторы типа *ВВЭР*; в них вода одновременно выполняет роль эффективного *замедлителя нейтронов*.

Туф – горная порода, обладающая пористой структурой и сравнительно малой плотностью. По химическому составу представляет собой соединения кальция и кремния. Широко применяется в качестве отделочного материала в строительстве, для тепло- и звукоизоляции. Может быть использован как *сорбент*.

Управляемый термоядерный синтез, УТС – управляемая *ядерная реакция*, в ходе которой происходит соединение (*синтез*) легких ядер (*изотопов* водорода, гелия, лития) в более тяжелые, и при этом выделяется энергия. Считается, что освоение УТС позволит обеспечить человечество энергией на неопределенно долгую перспективу. По сравнению с любыми другими энергетическими технологиями обладает практически неисчерпаемой ресурсной базой – водой мирового океана как источником водорода. В отличие от традиционной ядерной энергетики, основанной на *реакции деления* тяжелых ядер, в реакции УТС не образуются радиоактивные отходы.

Практическому освоению УТС препятствует целый ряд обстоятельств. Одним из условий протекания реакции синтеза легких ядер является температура, достигающая миллионов градусов, поэтому такая реакция и получила обозначение как *термо-ядерная*. Работы по УТС в настоящее время не вышли за рамки расчетно-теоретических исследований и экспериментов. В СССР и России работами по УТС занимался и занимается *Курчатовский институт*, где было создано несколько экспериментальных термоядерных реакторов – т. н. *токамаков*. На основе технологии токамака в исследовательском центре Кадараш во Франции в рамках международного проекта сооружается экспериментальный термоядерный реактор ITER.

Лит.: Арцимович Л. А. Управляемые термоядерные реакции. М.: Физматлит, 1961; Семенов И. Энергетика будущего: управляемый термоядерный синтез. Что такое термоядерный реактор ИТЭР и почему так важно его создание? Научно-популярная лекция, прочитанная в 2008 году в ФИАНе (https://elementy.ru/video/114/Energetika_budushchego_upravlyaemyy_termoyadernyy_sintez_chno_takoe_termoyadernyy_reaktor_ITER_i_pochemu_tak_vazhno_ego_sozdanie).

Цезиевое пятно – локальное скопление на местности радиоактивного *цезия*.

Цезий-137 – один из *изотопов* химического элемента цезия с атомным номером 55 и массовым числом 137. В естественном виде в природе отсутствует, образуется в результате работы ядерных реакторов. Бета-радиоактивен (см. *Радиоактивный распад*) с *периодом полураспада* свыше 30 лет. Продукт распада – барий-137 – является *гамма-излучателем* (см. *Гамма-излучение*), поэтому наличие цезия-137 порождает как бета-, так и гамма-излучение с высокой проникающей способностью. Применяется в *гамма-дефектоскопах* (см. *Гамма-дефектоскопия*), *ядерной медицине* и т. п. При авариях ядерных реакторов становится одним из основных загрязнителей биосферы, активно мигрирует в природной среде и по пищевым цепочкам, накапливается в водорослях, лишайниках, грибах. Способность накапливаться в организме человека делает его одним из наиболее опасных *радионуклидов*.

Цеолиты – природные и искусственные минералы, соединения кальция и натрия, обладающие свойством избирательно поглощать и отдавать различные вещества, прежде всего воду. Применяются как *сорбенты* в системах жизнеобеспечения, водоочистки, ликвидации разливов нефти, дезактивации объектов и территорий при радиоактивном заражении и т. п.

Эндотермические процессы (реакции) – процессы, протекающие с поглощением тепловой энергии. К ЭП относятся восстановление металлов из окислов, электролиз и электролитическая диссоциация, фотосинтез, ионизация. Понятие ЭП употребляется для противопоставления *экзотермическим процессам*, идущим с выделением тепла (окисление, в т. ч. горение, *радиоактивный распад, деление ядер*).

Эффект Комптона – рассеяние *квантов электромагнитного излучения (фотонов)*, в частности, гамма-квантов (см. *Гамма-излучение*), на свободных электронах в веществе. ЭК подтверждает положение о *корпускулярно-волновом дуализме* элементарных частиц, т. е. об обладании ими свойствами и частиц, и волн, и подтверждает существование фотонов. Назван по имени *Артура Комптона* — американского физика, открывшего эффект в 1923 г.

В записях В. А. Легасова отмечено, что в помещениях 3-го энергоблока ЧАЭС, несмотря на проведенную там дезактивацию, наблюдался сильный *гамма-фон*, не позволявший вести подготовку энергоблока к пуску. Этот гамма-фон, согласно первоначальному предположению, создавался гамма-излучением от аварийного 4-го энергоблока; предполагалось, что гамма-кванты согласно механизму ЭК рассеивались на материалах строительных конструкций и в атмосферном воздухе, облучая 3-й энергоблок. Мысль оказалась ошибочной: радиационный фон в помещениях 3-го энергоблока создавался загрязнением на крыше объединенного машинного зала. С целью удаления этого загрязнения была заменена кровля машзала.

Об авторах и составителях

КУДРЯКОВ Николай Николаевич (1956) – В 1980 г. окончил Московский инженерно-физический институт (МИФИ) по специальности «Атомные электростанции и установки». Участвовал в создании Смоленского учебно-тренировочного центра подготовки операторов АЭС и полномасштабного тренажера энергоблока РБМК-1000, в проектных работах и в подготовке к строительству головного энергоблока АЭС с ВВЭР-640, в подготовке к строительству и строительстве Ленинградской АЭС-2. Кандидат технических наук. Преподаватель Института ядерной энергетики Санкт-Петербургского политехнического университета в г. Сосновый Бор.

СОЛОВЬЁВ Сергей Михайлович (1979) – историк. Окончил исторический факультет Московского педагогического государственного университета; кандидат философских наук; 2000–2019 – доцент МГППУ; главный специалист Российского государственного архива социально-политической истории; старший научный сотрудник факультета политологии МГУ; редактор журнала «Скепсис».

СУББОТИН Дмитрий Владимирович (1979) – переводчик. Редактор журнала «Скепсис», окончил исторический факультет Московского педагогического государственного университета.

КАРРАСК Михаил Павлович (1941). По окончании Московского областного политехникума с 1963 по 1973 г. работал старшим инженером управления на реакторах Сибирского химического комбината (Томск-7). В 1970 г. окончил Томский политехнический институт по специальности «Физико-энергетические установки». С 1973 г. работает на Ленинградской АЭС, участник пуска головного энергоблока РБМК-1000 в

1973 г. 30 ноября 1975 года, управляя реактором, предотвратил самопроизвольный разгон и заглушил реактор. Участник ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники. В 2011 г. занесен в Книгу славы города Сосновый Бор.

АХЛАМОВ Александр Григорьевич (1947) – окончил Ленинградский монтажный техникум; по первой специальности – техник-электрик. Работал в Северном управлении строительства (СУС) Министерства среднего машиностроения СССР; участник строительства Ленинградской АЭС. Получил вторую специальность фотокорреспондента при Ленинградском Доме союза журналистов; выполнил большой объем технической, документальной и художественной фотосъемки в интересах СУС, ЛАЭС и г. Сосновый Бор. Был командирован на ЧАЭС в качестве официального фотографа Управления строительства-605, привлекался к выполнению заданий Государственной комиссии по расследованию причин аварии и ликвидации ее последствий. Указом Президента РФ от 06.01.1999 за участие в работах по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС награжден орденом Мужества. **Фотографии**

Общий вид разрушенного 4-го блока Чернобыльской АЭС. Май 1986 г. РГАСПИ. Фонд Н. И. Рыжкова.

Радиационная обстановка загрязнения местности по результатам вертолетной съемки 10 мая 1986 г. РГАСПИ. Фонд Н. И. Рыжкова. Ф.653. Оп.1. Д.152. Л.71–72.

Дезактивация местности в зоне аварии на Чернобыльской АЭС с помощью вертолѐта. Май 1986 г. РГАСПИ. Фонд Н. И. Рыжкова.

Рыжков Н. И. (2-й слева), Лигачѐв Е. К. (3-й слева) и сопровождающие их лица во время посещения села в Иванковском районе Киевской области, куда были переселены жители г. Припять. 2 мая 1986 г. РГАСПИ. Фонд Н. И. Рыжкова.

Погрузка в самосвал загрязнѐнного грунта в зоне аварии на Чернобыльской АЭС. Май 1986 г. РГАСПИ. Фонд Н. И. Рыжкова.

Начальник диспетчерского отдела (Главный диспетчер) УС-605 подполковник Александр Константинович Ефремов (Желтые воды). Фото А. Г. Ахламова.

Листы из рабочего блокнота Н. И. Рыжкова от 29 апреля и 6 мая 1986 г. РГАСПИ. Фонд Н. И. Рыжкова. Ф.653. Оп.1. Д.149. Л.5, 12.

На кровле объединенного машзала. Фото А. Г. Ахламова.

На кровле машзала. Радиоактивные обломки собираются в пластиковые мешки, мешки – в металлические контейнеры, контейнеры снимаются подъемным краном. Фото А. Г. Ахламова.

Беловодский Лев Федорович, зам. Главного инженера УС-605 по радиационной безопасности (Арзамас-16) и Ахламов Александр Григорьевич, фотограф (г. Сосновый Бор, Северное управления строительства). Управление строительства № 605 было образовано в Министерстве среднего машиностроения для работ на площадке Чернобыльской АЭС, были привлечены гражданские и военные специалисты отрасли из разных мест Союза. Фото из архива А. Г. Ахламова.

Прибытие академика А. П. Александрова. Справа от него, в гражданской одежде – начальник УС-605 генерал Владимир Павлович Дроздов. Фото А. Г. Ахламова.

Экипаж вертолета Ми-8. Перед облетом площадки АЭС с заместителем министра среднего машиностроения Усановым Александром Николаевичем. Фото А. Г. Ахламова.

Работа на кровле. Затаривание радиоактивного мусора в пластиковые мешки. Фото А. Г. Ахламова.

Дозиметристы. Основание вентиляционной трубы оказалось одним из самых загрязненных мест. Мешки с песком по периметру уложены в качестве опалубки для последующей заливки площадки слоем бетона. Фото А. Г. Ахламова.

На площадке венттрубы. На первом плане – Лев Беловодский. Фото А. Г. Ахламова.

Лев Беловодский, зам ГИ УС-605 по РБ, и Владимир Хренов, нач. дозиметрической группы – на балконе «батискафа». Фото А. Г. Ахламова.

Дозиметрический пост на выезде в сторону районного центра – города Чернобыль. Фото А. Г. Ахламова.

«Батискаф» – металлобетонная 30-тонная обитаемая кабина для дозиметрической разведки, фотосъемки, визуального наблюдения. Доставляется в нужное место башенным краном. Многие снимки сделаны из «батискафа». Фото А. Г. Ахламова.

Группа ликвидаторов в пути из пионерлагеря «Голубые озера» на площадку АЭС. Подъем – в 05–00 утра. Фото А. Г. Ахламова.

Главный диспетчерский пульт в здании вспомогательных систем реакторного отделения (ВСПО). Фото А. Г. Ахламова

8 мая 1987 года. Построение в канун Дня Победы. Фото А. Г. Ахламова.

Помещение вспомогательных систем реакторного отделения – ВСПО. А. К. Ефремов докладывает заместителю министра МСМ А. Н. Усанову. Фото А. Г. Ахламова.

Академик Валерий Алексеевич Легасов

Примечания

1

В официальных советских документах использовалось слово «авария», в том числе, для «борьбы с паническими настроениями». Академик Легасов в своих воспоминаниях один раз использует слово «катастрофа» и десятки раз – «авария». В этой книге эти слова используются как синонимы без малейшей попытки недооценить последствия взрыва на 4-м энергоблоке Чернобыльской АЭС.

Вернуться

2

Пожалуй, можно вспомнить еще ликвидацию последствий землетрясения в армянском Спитаке в 1988 г., но там сложность задачи и количество затраченных ресурсов были все-таки значительно меньше.

Вернуться

3

Легасова М. М. Академик Валерий Алексеевич Легасов. М.: Издательский дом «Спектр», 2010. – 400 с.

Вернуться

4

Доклад Комиссии Государственного комитета СССР по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и атомной энергетике «О причинах и обстоятельствах аварии на 4 блоке Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 года», М., 1991 г. См. в кн.: Чернобыльская авария: дополнение к INSAG-1. INSAG-7. Доклад международной консультативной группы по ядерной безопасности. – Международное агентство по атомной энергии. Вена, 1993. С. 38.

Вернуться

5

Там же.

Вернуться

6

Там же.

Вернуться

7

Климов А. Н. Ядерная физика и ядерные реакторы: Учебник для вузов. 3-е изд., М.: Энергоатомиздат, 2002. СС. 422–423.

Вернуться

8

Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. IV. М.: Наука, 1967. С. 151.

Вернуться

9

Доклад ГПАН, с. 102.

Вернуться

10

По кн.: Карпан Н. В. От Чернобыля до Фукусимы. Киев.: С. Подгорнов, 2013. Сс. 149–152.

Вернуться

11

Так в источнике. Или ошибка в нем, или это оговорка Горбачева, или описка в стенограмме.

Вернуться

12

Карпан Н. В. Указ. соч. С.248.

Вернуться

13

Мякишев Г. Я., Синяков А. З. Физика: Оптика. Квантовая физика. Углубленный уровень. 11 класс: учебник. М.: Дрофа, 2019. С. 390.

Вернуться

14

Мякишев Г. Я., Синяков А. З. Указ. соч., с. 391.

Вернуться

15

Уставка в данном случае – граничное значение какого-либо технологического параметра, по достижении которого формируется сигнал на выдачу управляющего воздействия, уводящего параметр в разрешенную область значений.

Вернуться

16

Источник: Карраск М. П. Сибиряки и атомная энергетика. Электронная библиотека «История Росатома», http://memory.biblioatom.ru/persona/karrask_m_p/karrask/

Вернуться

17

«Ввиду отсутствия связи и обмена информацией между различными эксплуатирующими организациями эксплуатационному персоналу Чернобыльской АЭС не было известно о характере и причинах аварии на 1 блоке Ленинградской АЭС». См.: Чернобыльская авария: дополнение к INSAG-1. INSAG-7. Доклад Международной консультативной группы по ядерной безопасности. Международное агентство по атомной энергии. Вена, 1993. С. 29.

Вернуться

18

«Практически разработанная межведомственная система обмена опытом была категорически заблокирована руководством НИКИЭТ (конкретно – И. Я. Емельяновым) исходя из невозможности передачи в другое ведомство (Минэнерго СССР. – Н.К.) сведений о повреждениях и авариях... Руководство Минсредмаша, согласовавшее создание этой системы обмена, не смогло (или не посчитало важным) преодолеть эти возражения... Результатом явилось слабое понимание эксплуатационным персоналом Чернобыльской АЭС важных характеристик реакторной установки... Об имевших место событиях на Ленинградской АЭС многие специалисты атомной энергетики с удивлением узнавали после чернобыльской аварии». См.: В. Сидоренко. Управление атомной энергетикой // «Ядерное общество», № 3–4 2001 г., сс. 62–63.

Вернуться

19

Атомная стратегия», № 11, апрель 2016 г. СС. 16–17. URL: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=6715> (дата обращения: 01.11.2019)

Вернуться

20

Горбачев М. С. Коренной вопрос экономической политики перестройки: Доклад на совещании в ЦК КПСС по вопросам ускорения научно-технического прогресса 11 июня 1985 г. М., 1985. С.14.

Вернуться

21

Полынов М. Ф. Исторические предпосылки перестройки в СССР. Вторая половина 1940 – первая половина 1980-х. СПб.: Алетейя, 2010. СС. 446–447.

Вернуться

22

Гришмановский В. И. II конференция по обеспечению радиационной безопасности в связи с эксплуатацией АЭС // Атомная энергия. Том 53, вып. 3. М., 1982. С. 200. URL: http://elib.biblioatom.ru/text/atomnaya-energiya_t53-3_1982/go,72/ (дата обращения: 01.11.2019).

Вернуться

23

Один энергоблок полностью вышел из строя, однако утечка радиации была сравнительно небольшой, человеческих жертв не было. Второй энергоблок этой станции был остановлен в сентябре 2019 г.

Вернуться

24

Губарев В. С. Окна из будущего. М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. С. 419.

Вернуться

25

См. статьи словаря в настоящем издании: «Авария на АЭС “Три-Майл-Айленд”» и «Китайский синдром».

Вернуться

26

Там же. С. 427.

Вернуться

27

Там же. СС. 461–462. Из интервью В. С. Губарева с украинским гидрогеологом, академиком НАН Украины В. С. Шестопаловым.

Вернуться

28

Сидоренко В. А. Об атомной энергетике, атомных станциях, учителях, коллегах и о себе. М.: ИздАт, 2010. С. 322–323.

Вернуться

29

Губарев В. С. Указ. соч. С. 450. Из интервью с А. К. Гуськовой

Вернуться

30

Воробьев А. И., Воробьев П. А. До и после Чернобыля. Взгляд врача. М.: Ньюдиамед, 1996. СС. 48–49.

Вернуться

31

Легасов В. А., Демин В. Ф., Шепелев Я. В. Основы анализа безопасности в ядерной энергетике // Атомно-водородная энергетика. Сб. статей. Вып. 7. М.: Энергоатомиздат, 1986. Сс. 61–104.

Вернуться

32

РГАСПИ. Ф. 653. Оп.1. Д.152. Л. 4.

Вернуться

33

Губарев В. С. Указ. соч. Сс. 450–451.

Вернуться

34

См. вклейку настоящего издания.

Вернуться

35

Губарев В. С. Страсти по Чернобылю. М.: Алгоритм, 2011. С. 85–89.

Вернуться

36

См. схемы на вклейке в настоящем издании.

Вернуться

37

Протокол Политбюро ЦК Компартии УССР от 8 мая 1986 г. РГАСПИ. Ф. 17. Оп.155. Д.2650. Лл. 1–6.

Вернуться

38

Там же. Л.5.

Вернуться

39

Настоящее издание. С.53–59.

Вернуться

40

Воробьев А. И., Воробьев П. А. Ук. соч. С. 48.

Вернуться

41

РГАСПИ. Ф. 17. Оп. 155. Д.2652. Л.2.

Вернуться

42

Там же. Л.3.

Вернуться

43

РГАСПИ. Ф. 17. Оп. 155. Д. 2653. Лл. 1–4.

Вернуться

44

Губарев В. С. Ук. соч. С. 90.

Вернуться

45

РГАСПИ. Ф. 17. Оп. 155. Д. 2653. Л. 7.

Вернуться

46

РГАСПИ. Ф. 17. Оп. 155. Д. 2654. Лл. 26–32.

Вернуться

47

РГАСПИ. Ф. 17. Оп. 155. Д. 2656. Л. 5; РГАСПИ. Ф. 17. Оп. 155. Д. 2658. Лл. 1–3.

Вернуться

48

РГАСПИ. Ф. 17. Оп. 155. Д. 2657. Лл. 7–12.

Вернуться

49

Там же. Лл. 7–8.

Вернуться

50

Подробно суд и показания подсудимых описаны в книге Н. В. Карпана «Месть мирного атома» // URL: <http://www.physiciansofchernobyl.org.ua/rus/books/Karpan.html> (дата обращения: 01.11.2019)

Вернуться

51

Указ. соч. // URL: <http://www.physiciansofchernobyl.org.ua/rus/books/Karpan/52.pdf> (дата обращения: 01.11.2019)

Вернуться

52

РГАСПИ. Ф. 653. Оп. 1. Д. 152. Лл. 18–19.

Вернуться

53

Там же. Л. 20.

Вернуться

54

Губарев В. С. Саркофаг // Губарев В. С. Ядерный век. Чернобыль. М.: Некос, 1996. С. 221. Пьесу В. С. Губарева составители настоящего издания очень рекомендуют к прочтению.

Вернуться

55

РГАСПИ. Ф. 17. Оп.155. Д.2859. Лл. 186–187.

Вернуться

56

РГАСПИ. Ф. 653. Оп. 1. Д. 152. Лл. 11–12.

Вернуться

57

Этот город также назывался в 1948–1966 г. – Челябинском-40, а в 1966–1994 гг. – Челябинском-65.

Вернуться

58

См. об этом воспоминания выдающегося врача, доктора медицинских наук Ангелины Константиновны Гуськовой, участника и организатора лечения пострадавших от аварий на атомных объектах с 1940-х по 2000-е годы: Гуськова А. К. Атомная отрасль страны глазами врача. М.: Реальное время, 2004.

Вернуться

59

Боффа Дж. От СССР к России. История неоконченного кризиса. М.: Междунар. отношения, 1996. С. 149.

Вернуться

60

Это исчезновение прежнего оптимизма в руководстве зафиксировал, в частности, внимательный наблюдатель и аналитик испанский журналист Пок де Фелиу: Пок де Фелиу Р. Эпоха перемен. Россия глазами испанского корреспондента. М.: Время, 2005. С. 98.

Вернуться

61

Там же. С. 99.

Вернуться

62

РГАСПИ. Ф. 653. Оп. 1. Д. 152. Л. 66а

Вернуться

63

Народное хозяйство СССР в 1990 г. М., 1991. С. 17.

Вернуться

64

Адамович А. М. Имя сей звезде Чернобыль // URL: [https://www.rulit.me/books/imya-sej-zvezde-
chernobyl-read-387704-53.html](https://www.rulit.me/books/imya-sej-zvezde-chernobyl-read-387704-53.html) (дата обращения 01.11.2019)

Вернуться

65

Шушкевич С. С. Моя жизнь, крушение и воскрешение СССР. М: РОССПЭН, 2012. С. 107, 112.

Вернуться

66

Гуляев А. Вокруг беды // Сельская жизнь. 25 апреля 1990 г.

Вернуться

67

Егорова О. Жизнь под радиацией // Комсомольская правда. 24 апреля 1990 г.

Вернуться

68

Пример такой объективной научно-популярной статьи о последствиях аварии: Израэль Ю. А. Чернобыль-90 // Правда. 17 апреля 1990 г.

Вернуться

69

Чернобыль: надо сказать всю правду // Союз. № 17. Апрель 1990 г.

Вернуться

70

Губарев В. С. Ядерный век. Чернобыль. М.: Некос, 1996. С. 397.

Вернуться

71

Усиченко И. Кому нужна полуправда. Размышление о том, куда идут «чернобыльские» деньги и почему их не хватает // Труд. 14 апреля 1990 г. Автор – председатель ЦК общества Красного креста УССР, народный депутат УССР.

Вернуться

72

Чешко С. В. Распад Советского Союза: этнополитический анализ. М., 1996. С. 230–231.

Вернуться

73

Губарев В. С. Указ. соч. С. 397.

Вернуться

74

Стенограмма встречи Н. И. Рыжкова с представителями Брянской области по вопросам, связанным с ликвидацией последствий аварии на Чернобыльской АЭС 11 июля 1990 г. // Личный архив помощника Н. И. Рыжкова экономиста и журналиста Л. А. Вознесенского.

Вернуться

75

Губарев В. С. Окна из будущего. М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. С. 465.

Вернуться

76

Там же. С.457.

Вернуться

77

См. статью словаря.

Вернуться

78

Чернобыль: истинные масштабы аварии // URL: <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2005/pr38/ru/> (дата обращения: 01.11.2019)

Вернуться

79

Выживаемость больных раком щитовидной железы по опыту Беларуси согласно данным ВОЗ составляет 99 %. См. там же.

Вернуться

80

Последствия Чернобыльской катастрофы в республике Беларусь. Национальный доклад. Минск, 1996. Сс.42–45.

Вернуться

81

Острецов И. Н. Чернобыль, 1986 = Фукусима, 2011? // URL: http://scepsis.net/library/id_3003.html (дата обращения: 01.11.2019).

Вернуться

82

Понятие «останов» применяется в технике, в т. ч. в энергетике, как синоним понятия «остановка»; имеет смысл – прекращение функционирования технического устройства.

Вернуться

83

В ред. Федерального закона от 29.06.2015 № 171-ФЗ.

Вернуться