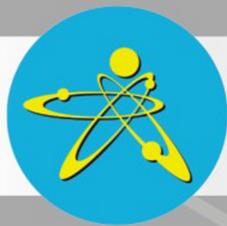


Атом во имя прогресса!



ЧЕЛОВЕК. ЭНЕРГИЯ. АТОМ

Научно-публицистический журнал №1 (21) 2014



- ДВАДЦАТЬ ЛЕТ ВМЕСТЕ
- ДЛЯ БУДУЩЕЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ
- ПОБОЛЬШЕ БЫ ТАКИХ ПАРТНЕРОВ. ВОСПОМИНАНИЯ
- ОТ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДО РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ РЕСУРСОВ



Семинар «XX лет казахстанско-японского научно-технического сотрудничества в области мирного использования атомной энергии»

3-5 июня 2014 года, г. Курчатов, Республика Казахстан

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел «20 лет сотрудничества»

<i>Поздравительный адрес.</i>	
- Б. М. Джаксалиев.....	6
<i>Наша общая цель – безопасность атомной сферы.</i>	
- Батырбеков Э.Г.....	7
<i>Двадцать лет вместе. История и перспективы японско-казахстанского сотрудничества в области мирного использования атомной энергии.</i>	
- Ю. Васильев.....	8
<i>Для будущей цивилизации.</i>	
- Й. Фуджи-е.....	14
<i>Побольше бы таких партнеров.</i>	
- Воспоминания Генеральных директоров НЯЦ РК.....	19
<i>От создания новых технологий до развития человеческих ресурсов.</i>	
- С. Матсуура.....	22
<i>...Плюс водород.</i>	
- А. Колодешников.....	33
<i>Приручение натрия.</i>	
- В. Яковлев.....	37
<i>Сотрудничество НЯЦ и JAPC и его перспективы.</i>	
- Takahiko HIDA.....	39
<i>За наукой на острова.</i>	
- В. Витюк.....	44
<i>Курчатовское эхо «Фукусимы».</i>	
- Shohei Kawano.....	48
<i>Хроника.....</i>	52

Раздел «Атомная отрасль»

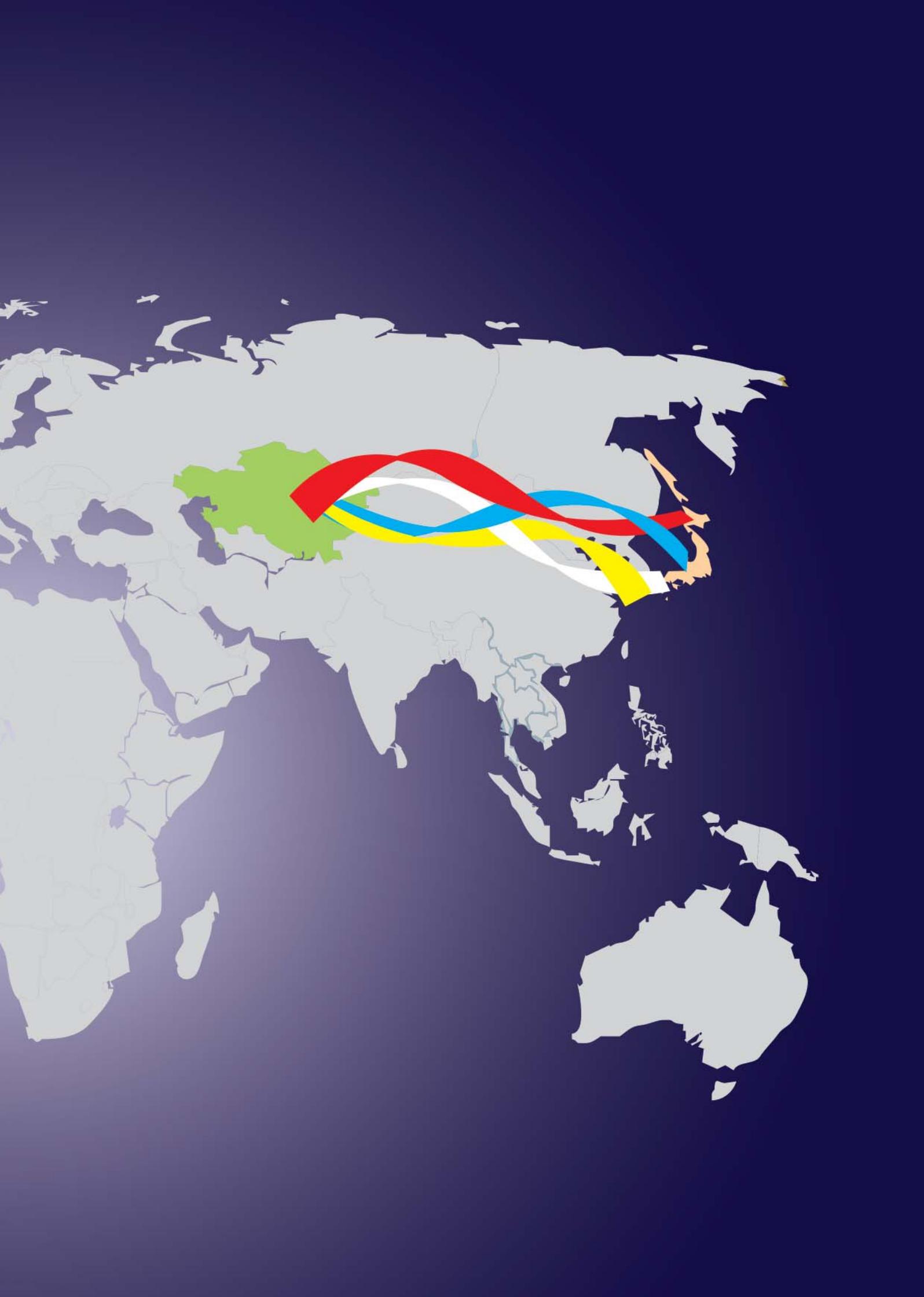
<i>Международное сотрудничество. Вполне конкурентоспособный проект.</i>	
- И. Тажибаева.....	62
<i>Атомная карта мира. Вопрос национальной безопасности.</i>	
- А. Санжар.....	66

Раздел «Верхний уровень»

<i>Дубна-Женева: туда и обратно. Часть II.....</i>	76
<i>Юбилеи. К 80-летию Г. А. Батырбекова.....</i>	81

20 ЛЕТ СОТРУДНИЧЕСТВА





ДВАДЦАТИЛЕТИЕ КАЗАХСТАНСКО-ЯПОНСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В ОБЛАСТИ МИРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ И ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



М.Б. Джаксалиев,
Вице-Министр индустрии и новых технологий
Республики Казахстан

Поздравляю коллектив Национального ядерного центра Республики Казахстан и его давних и надежных партнеров из предприятий и организаций атомной отрасли Японии с 20-летием казахстанско-японского сотрудничества в одной из наиболее прогрессивных и перспективных областей научно-технической деятельности человечества – атомной энергетике. За два десятилетия мы хорошо узнали друг друга, выполняя по совместным программам сложные экспериментальные исследования в области безопасности атомно-энергетических реакторных установок, в области развития и применения технологии высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов, а также исследования в обоснование развития атомной энергетике в Казахстане. Серьезное внимание в нашем сотрудничестве уделяется вопросам сохранения и развития кадрового потенциала атомной отрасли и науки.

Наше сотрудничество направлено на мирное использование атомной энергии и ядерных технологий. Казахстан последовательно выступает за укрепление глобальной ядерной безопасности. За прошедшие несколько лет до Саммита в Гааге в стране уже был осуществлен ряд крупных мероприятий и практических шагов, направленных на обеспечение ядерной безопасности, режима нераспространения. На Саммите по ядерной безопасности в Гааге в марте 2014 года Президент Республики Казахстан Н.А. Назарбаев выступил с новыми инициативами, обозначив ряд направлений, на которых необходимо концентрировать усилия в рамках укрепления глобальной ядерной безопасности. Наша страна поддерживает создание новых зон, свободных от ядерного оружия, вносит свой вклад в противодействие ядерному терроризму и искоренение самих его основ, выступает за дальнейшее повышение роли и авторитета МАГАТЭ.

Казахстан планирует развивать международное сотрудничество по вхождению в производства полного

цикла ядерного топлива для АЭС и строить на своей территории атомные станции. Глава Государства и Правительство страны рассматривают атомную энергетику как обязательную составляющую энергетического комплекса Республики, и её создание признается одной из важных задач в программе реформирования экономики, вообще, и энергетики, в частности.

На сегодняшний день в Казахстане существуют все предпосылки для строительства собственных АЭС. Это наличие в недрах страны около 19% от всех разведанных мировых запасов урана, развитая уранодобывающая и перерабатывающая промышленности, предприятия производства топлива и материалов для ядерных энергетических реакторов, представленные НАК «Казатомпром», наука и технологии в атомной сфере, представленные РГП «Национальный ядерный центр Республики Казахстан», а так же высококвалифицированный кадровый потенциал отрасли.

Создание атомной энергетики является масштабной, дорогостоящей и очень сложной задачей для любого государства вне зависимости от имеющегося в стране научно-технического потенциала. В этой связи не вызывает сомнений целесообразность подхода, при котором странами, начинающими процесс создания атомной энергетики, в максимальной степени должен учитываться предшествующий международный опыт.

Развитие работ по созданию атомной энергетики в Казахстане требует широкого международного сотрудничества в этой области, поэтому опыт Японии и других стран с развитой ядерной инфраструктурой будет весьма ценным для нас.

Казахстан и Япония имеют хорошо налаженные долговременные связи. Это вселяет уверенность, что наше сотрудничество в области развития атомной энергетики будет только укрепляться и расширяться.

НАША ОБЩАЯ ЦЕЛЬ - БЕЗОПАСНОСТЬ АТОМНОЙ СФЕРЫ



Э.Г. Батырбеков,

Генеральный директор РГП «Национальный ядерный центр Республики Казахстан»

В этом году исполнилось 20 лет деловому сотрудничеству между РГП НЯЦ РК и организациями Японии в области мирного использования атомной энергии.

Отправной вехой нашего сотрудничества можно считать первое посещение Казахстана группой японских специалистов международной конференции «Ядерная энергетика в Республике Казахстан: концепция развития, обоснованность, безопасность. ЯЭ-93», которая состоялась в Семипалатинске-21 (ныне Курчатов) на базе Объединенной экспедиции НПО «Луч» Национального ядерного центра РК. В ходе конференции и последующих контактов японских и казахстанских специалистов были проведены переговоры, на которых обсуждались технические требования и условия проведения экспериментов, а также работы по их планированию.

За прошедшее двадцатилетие сотрудниками РГП НЯЦ РК совместно с японскими организациями были выполнены уникальные экспериментальные исследования процессов, характерных для «тяжелой» аварии водоводяного энергетического реактора с плавлением его активной зоны (NUPEC). Проведены сложнейшие эксперименты по проблеме исключения повторной критичности при постулированной аварии с плавлением активной зоны реактора на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем (JAEA). Сегодня, опираясь на полученные результаты и накопленный опыт совместных работ, мы выполняем не менее важные эксперименты, должны показать возможность использования жаростойких материалов для защиты бетонного основания шахты реактора от воздействия кориума. Планируются исследования в обоснование конструкций и технологий переработки застывших фрагментов расплава активной зоны аварийных реакторов АЭС Фукусима-1 (TOSHIBA, Marubeni US Ltd.), ведутся работы по техническому обоснованию экспериментов, намеченных в рамках новой программы исследований по исключению повторной критичности (JAEA).

В результате сотрудничества нами усовершенствована база научных исследований в области безопасности атомной энергетики, разработаны новые экспериментальные установки и устройства, выросли квалифицированные научные и технические

кадры, обладающие опытом проведения сложных изысканий. Этот потенциал необходимо эффективно использовать для безопасного развития атомной энергетики, расширения и укрепления международного сотрудничества в ядерной области.

Начавшись с исследований в обоснование безопасности атомной энергетики, наше сотрудничество охватывает ныне все больший круг проблем в этой области. Совместно с JAPC разработаны требования эксплуатирующих организаций к проекту казахстанской атомной электростанции, проведены технико-экономические исследования в обоснование строительства АЭС в Республике Казахстан. Их результаты послужили основой для выводов межведомственной рабочей группы и правительственной комиссии по определению мест строительства АЭС на территории Республики Казахстан. Планируется актуализация результатов этих исследований в связи с принятием решения по сооружению в стране первых ядерных станций.

Совместно с Японской ассоциацией радиационных эффектов (JREA) были выполнены исследования влияния испытаний, проведенных на Семипалатинском полигоне, на здоровье населения региона.

Создание атомной энергетики в Казахстане требует широкого международного сотрудничества с целью использования опыта стран с развитой ядерной отраслью. В этой связи подписаны Меморандумы о взаимопонимании относительно сотрудничества в атомной сфере между НЯЦ РК и японскими организациями JAEA, JAPC, TOSHIBA и Marubeni US Ltd. Они охватывают большой спектр вопросов, касающихся развития атомной энергетики, таких как участие в разработке ТЭО, сотрудничество при сооружении АЭС, исследования и разработки в сфере создания атомной энергетики будущего, перспективного ядерного топлива и материалов, в области изучения «тяжелых» аварий и ликвидации их последствий.

Серьезное внимание уделяется подготовке кадров для атомной отрасли Казахстана в учебных центрах Японии. Сотрудничество в этой области ведется в рамках нескольких двухсторонних и трехсторонних соглашений между Национальным ядерным центром, университетами Республики Казахстан и Японским агентством по атомной энергии, Японской атомной энергетической компанией, а также в рамках программ Министерства образования Японии и Центра подготовки кадров WERC (Цуруга). Благодаря этим программам и соглашениям ежегодно проходят стажировки и тренинги казахстанские специалисты, магистры и докторанты университетов. За последние три года на этих курсах прошли подготовку более 200 человек.

Одним из главных направлений является наше сотрудничество в рамках Форума ядерной кооперации в Азии (FNCA), членом которого Казахстан является с 2010 года. Как координатор FNCA от Казахстана, не могу не отметить важную роль работы в рамках проектов Форума, которая в значительной мере способствует развитию применения ядерных технологий, обмену опытом в области ядерной безопасности и направлена на разработку общих подходов к решению наиболее актуальных проблем, связанных с ядерной деятельностью.

В заключение хочу выразить глубокое удовлетворение результатами нашего сотрудничества и пожелать ему дальнейшего развития на благо наших стран.

История и перспективы казахстанско-японского сотрудничества в области мирного использования атомной энергии



Юрий Васильев,
первый заместитель директора
Института атомной энергии
Национального ядерного центра
Республики Казахстан

В 2014 году исполняется 20 лет сотрудничеству между НЯЦ РК и организациями, институтами и компаниями Японии в области мирного использования атомной энергии и ядерных технологий. Это сотрудничество, начавшись с исследований в обоснование безопасности атомной энергетики, охватывает ныне все больший круг проблем ядерно-энергетического профиля.

15 мая 1992 года Указом Президента №779 был создан Национальный ядерный центр Республики Казахстан (НЯЦ РК). Одним из главных направлений его деятельности с самого начала было развитие атомной энергетики и ядерных технологий, в том числе благодаря исследованиям в обоснование безопасности АЭС.

Эти исследования ведутся в Казахстане с начала

80-х годов на экспериментальной базе Института атомной энергии, ныне входящего в состав НЯЦ РК. В 1983...1992 годах на стендовом комплексе «Байкал-1» и комплексе реактора ИГР проводились внутриреакторные и вне реакторные экспериментальные исследования по проблемам безопасности ядерных энергетических реакторов типа ВВЭР-1000, ИВВ-2М, БН-800, БРЕСТ-300 с водяным и жидкометаллическим теплоносителями. Именно в это время создавалось экспериментальное оборудование для исследований по проблемам безопасности энергетических реакторов, в том числе для экспериментов по изучению тяжелых аварий с плавлением активной зоны реактора, позволивших приобрести опыт проведения подобных исследований и получить результаты, которые послужили основой для начала японско-казахстанского сотрудничества.

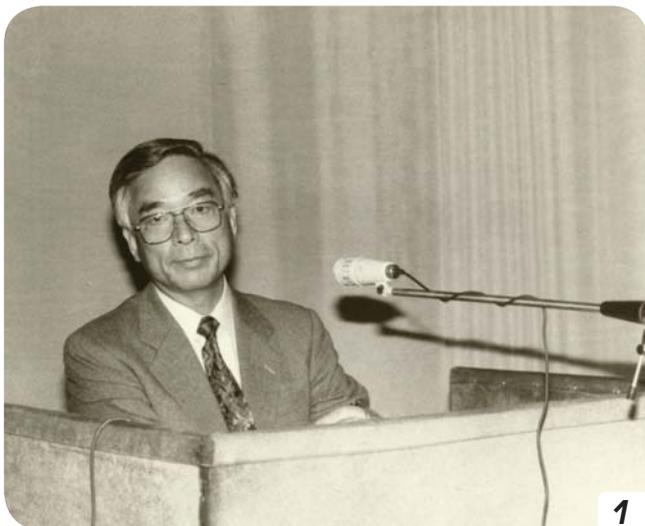
Первые контакты между японскими специалистами и специалистами НЯЦ РК установились на международных форумах в 1993 году, где казахстанцы докладывали о результатах проведенных исследований и существующем экспериментальном оборудовании.

28 июня - 02 июля 1993 года в Нижнем Новгороде проходила Четвертая ежегодная научно-техническая конференция Ядерного общества «ЯЭ-93. Ядерная энергия и безопасность человека». На конференции состоялась встреча представителей ОЭ НПО «Луч» Национального ядерного центра РК с профессором Токийского технологического института Фуджи-е, который получил приглашение принять участие в международной конференции «Ядерная энергетика в Республике Казахстан: концепция развития, обоснованность, безопасность. ЯЭ-93».

Она прошла 13-17 сентября 1993 года в Семипалатинске-21 (ныне Курчатове) на базе Объединенной экспедиции НПО «Луч» Национального ядерного центра РК. В кулуарах состоялись переговоры с профессором Фуджи-е и прибывшими вместе с ним японскими специалистами, в результате которых была достигнута предварительная договоренность о сотрудничестве (фото 1, 2).

В декабре 1993 года по приглашению профессора Фуджи-е Японию посетила первая казахстанская группа специалистов (В.С. Школьник, Г.А. Батырбеков, Ю.С. Васильев).

В итоге последующих переговоров в сентябре 1994 года



Профессор Фуджи-е выступает на конференции «ЯЭ-93» в Курчатове



были заключены первое рамочное Соглашение между NU-РЕС) и НЯЦ РК и первый годовой контракт по проведению экспериментов по программе проекта COTELS, который осуществлялся при посредничестве Marubeni US Ltd.

Последовательность этих событий привела к началу сотрудничества между нашими странами в области атомной энергетики.

Прошло 20 лет. В январе этого года мы отмечаем 80-ти летний юбилей и 55-летие трудовой и научной деятельности Г.А. Батырбекова – первого генерального директора НЯЦ РК, при участии которого было налажено международное сотрудничество НЯЦ РК и его институтов с организациями и институтами Японии (фото 3, 4).

За эти 20 лет в рамках совместных проектов были успешно выполнены «внереакторные» экспериментальные исследования по проблемам безопасности легководных энергетических реакторов АЭС (проекты COTELS и IVR-AM), начаты и продолжаются исследования в обоснование безопасности реакторов на быстрых нейтронах (проект EAGLE).

В результате успешного сотрудничества были

созданы новые экспериментальные установки и устройства, получены результаты, признанные мировой научной общественностью.

Проект COTELS

В рамках работ по проекту COTELS были выполнены:

- методические эксперименты по отработке конструкции высокотемпературной электроплавильной печи, предназначенной для плавления композиции материалов активной зоны водоохлаждаемого реактора с последующим нагревом кориума до температуры 3000°C и его сливом в экспериментальную секцию. В конструкции печи были использованы современные технологии и высокотемпературные материалы. Созданию печи предшествовали маломасштабные эксперименты по отработке режимов плавления и материальной схемы печи. При проведении методических экспериментов определялись характеристики струи расплава.
- три исследовательские программы по изучению процессов, сопровождающих тяжёлую аварию водоохлаждаемого энергетического реактора

с плавлением его активной зоны, включающие в себя эксперименты по исследованию взаимодействия:

- расплава с водой (FCI);
- расплава с водой и бетоном (MCCI), при условиях подачи охлаждающей воды на поверхность расплава (находящегося в бетонной ловушке) и имитации остаточного тепловыделения в расплаве;
- кориума с материалом модели нижнего днища корпуса реактора (LHI) при наличии охлаждения кориума водой.

Результаты этих исследований подтвердили возможность управления тяжелой аварией на разных стадиях ее развития и были признаны мировой научной общественностью.

При выполнении программы COTELS была разработана новая конструкция установки ЛАВА-Б, позволяющая проводить не только вышеперечисленные эксперименты, но и проводить эксперименты по программе следующего за проектом COTELS проекта IVR-AM (фото 5, 6).

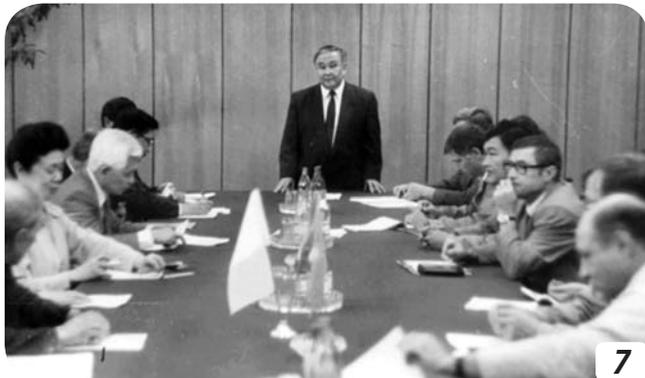
Проект IVR-AM

Программа проекта IVR-AM была направлена на исследование взаимодействия кориума с материалом модели нижнего днища корпуса реактора при имитации остаточного тепловыделения в топливе и имитации работы систем охлаждения, подавляющих это взаимодействие.

Для этой цели был создан нагреватель расплава, позволяющий имитировать остаточное тепловыделение в топливе прямым пропусканием тока через кориум и за счет горения дуги в межэлектродном пространстве. Программа изначально была рассчитана на 5 лет, однако последовавшая вскоре после ее начала реорганизация NUPEC (идеолога этой программы) не позволила реализовать ее в полном объеме, так как сроки выполнения сократились до трех лет. Было проведено только четыре эксперимента, которые показали возможность проведения таких исследований в будущем.

Проект EAGLE

Параллельно с выполнением программ COTELS и IVR-AM изучались возможности проведения исследований на экспериментальной базе ИАЭ НЯЦ РК в обоснование безопасности реакторов на быстрых нейтронах. Цель исследований – решение ключевых проблем безопасности, направленных на смягчение последствий или предотвращение возникновения повторной критичности в течение постулированной аварии с плавлением активной зоны создаваемого в настоящее время коммерческого реактора на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем. Одним из возможных путей решения этой проблемы являлось использование в активной зоне существующих и предлагаемых конструкций, предназначенных для придания импульса



к направленному (контролируемому) перемещению расплавленного топлива за пределы активной зоны реактора.

В июле 1995 года НЯЦ РК посетили японские специалисты из ТИТ¹⁾, JNC²⁾ (ныне японское агентство JAEA³⁾, образовавшееся в конце прошлого года слиянием двух крупных институтов Японии – JAERI⁴⁾ и JNC), а также специалисты из японских фирм-производителей реакторного оборудования. Главным результатом этой встречи стало решение проводить в реакторе ИГР внутриреакторные эксперименты по программе проекта, который впоследствии получил название EAGLE (фото 7, 8).

В декабре 1995 года был заключен первый контракт с JAPC⁵⁾ (японская атомно-энергетическая компания – Japan Atomic Power Company) по обоснованию возможности проведения в реакторе ИГР экспериментов, направленных на исследование вопроса контролируемого перемещения расплава топлива, ознаменовав тем самым официальное начало работ по проекту. До 2000 года их финансирование осуществлялось JAPC, с 2000 года работы выполняются по пятилетнему контракту между JNC и НЯЦ РК.

В 1998 году произошло принципиальное изменение программы работ по проекту EAGLE – она была расширена за счет включения в нее внереакторных экспериментов, а общая длительность ее выполнения работ была оценена в семь лет.

В связи с этим в 1999 году началось строительство стенда внереакторных установок, проектирование и изготовление внереакторных экспериментальных устройств. Открытие стенда, получившего одноименное с проектом EAGLE название, состоялось в мае 2000 года. В церемонии открытия приняли участие министр В.С. Школьник и Председатель

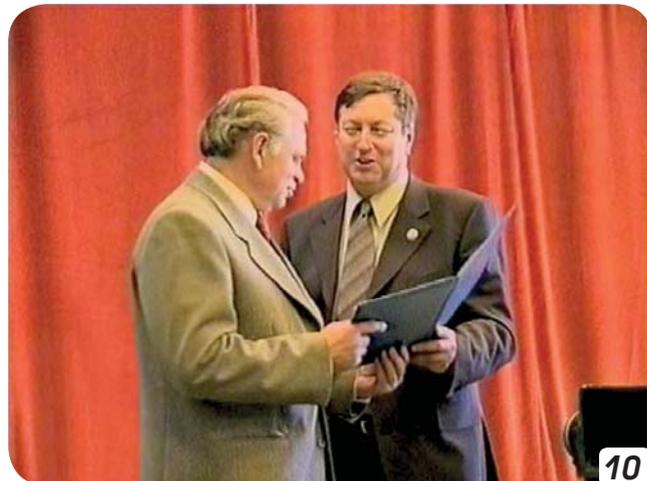
комиссии по атомной энергии Японии проф. Фуджи-е, Генеральный директор РГП НЯЦ РК Ю.С. Черепнин, представители местной и областной администрации (фото 9). За успешное выполнение работ по созданию стенда ряд сотрудников предприятия был награжден грамотами Министерства (фото 10).

С момента сдачи в эксплуатацию стенда EAGLE было проведено в общей сложности 45 экспериментов, направленных на подтверждение возможности контролируемого перемещения расплава. В качестве исходных материалов для его получения использовались UO_2 и Al_2O_3 , как основные компоненты, имитирующие материалы MOX топлива.

Основная роль в программе проекта EAGLE отводилась подготовке и проведению внутриреакторных экспериментов. В соответствии с программой проекта EAGLE с 2001 года по настоящее время на реакторном комплексе ИГР было проведено восемь внутриреакторных экспериментов (WF-1,2; FD, SFD, ID -1,2,3,4), и кроме того – более 100 методических реакторных экспериментов, направленных на отработку средств и методик измерения параметров, обоснование конструкции экспериментальных каналов, экспериментальную отработку диаграмм изменения мощности реактора (фото 11, 12).

Результаты экспериментов подтвердили возможность контролируемого перемещения расплава, поставили перед исследователями новые задачи, заинтересовали специалистов СЕА (Франция), которые планируют участвовать в новой совместной с JAEA и НЯЦ РК программе работ.

Сейчас формируется новая программа работ,



¹⁾ Tokyo Institute of Technology – Токийский Технологический Институт

²⁾ Japan Nuclear Cycle Development Institute – Японский институт развития ядерного топливного цикла

³⁾ Japan Atomic Energy Agency – Агентство по Атомной Энергии Японии

⁴⁾ Japan Atomic Energy Research Institute – Японский институт атомной энергии

⁵⁾ Japan Atomic Power Corporation – Японская атомная энергетическая компания

предусматривающая продолжение исследований в обоснование безопасности реакторов на быстрых нейтронах. Выполняется техническое обоснование планируемых экспериментов на 2015-2019 гг.

Проект CORMIT

С 2011 года по настоящее время по заказу TOSHI-VA при посредничестве Marubeni US Ltd. выполняется обширная программа экспериментальных маломасштабных (стенд ВЧГ135) и полномасштабных (установка ЛАВА-Б) исследований процесса взаимодействия расплава активной зоны водоохлаждаемого реактора с бетонной ловушкой, покрытой внутри высокотемпературным защитным материалом при имитации остаточного тепловыделения в расплаве. Получены первые результаты исследований (фото 13, 14).

Проект Post-Accident Examination Fukushima Corium

Программа направлена на моделирование и последующее изучение свойств застывших фрагментов расплава активной зоны реакторов АЭС «Фукусима-1».

6-7 ноября 2013 года состоялись переговоры с представителями Toshiba о планировании таких исследований на вне реакторных стендах ИАЭ НЯЦ РК. Работы предполагается выполнить при посредничестве Marubeni US Ltd. в 2014-2015 гг.

Следует заметить, что перечисленные работы, выполняемые в рамках сотрудничества между нашими странами, не являлись единственными, где используются реакторные установки НЯЦ РК.

- С 1995 по 1998 гг. был выполнен проект № К-012 Международного научно-технического центра «Изучение проблем безопасности реакторной установки ВВР-К в обоснование ее дальнейшей эксплуатации в условиях повышенной сейсмичности» при поддержке Японского исследовательского института атомной энергии (JAERI ныне JAEA). Проект уделял внимание техническим средствам, которые будут минимизировать вероятность аварии на реакторе ВВР-К ИЯФ при воздействии окружающей среды.

- 01 сентября 1996 года в ИАЭ НЯЦ РК проводились «Экспериментальные исследования рассеяния в атмосфере излучения реакторов ИВГ.1М и РА», выполненные совместно с НИКИЭТ в рамках проекта №517



Международного научно-технического центра при поддержке **JAERI** (ныне **JAEA**). Получены экспериментальные данные о характеристиках нейтронного и гамма-излучения на высоте 1 м над поверхностью земли на расстоянии до 1 км от реакторов, которые будут использованы для верификации программ расчета радиационных полей от ядерных источников излучения.

- С 2003 года в НЯЦ РК выполнялись работы по **Проекту № К-578** Международного научно-технического центра «**Радиационные испытания литевой керамики для blankets термоядерного реактора**» при поддержке **JAERI** (ныне **JAEA**). Цель проекта радиационные испытания литевой керамики Li_2TiO_3 , обогащенной изотопом Li_6 с уровнем выгорания по литию 20%, регистрацией «in situ» выделяющегося трития при различных температурах с последующим пострadiационным исследованием физико-химических свойств. Исследования проводились на реакторах ИВГ.1М НЯЦ РК и ВВР-К ИЯФ. Работа выполнялась в поддержку проекта ИТЭР.

- С 2009 года по настоящее время в НЯЦ РК выполняются работы по **проекту № К-1797** Международного научно-технического центра «**Исследование характеристик топлива реактора ВТГР на исследовательском реакторе ВВР-К**» при поддержке **JAERI** (ныне **JAEA**). В рамках проекта осуществляется исследование выделения газообразных продуктов деления из образцов топлива реактора ВТГР при длительном облучении на исследовательском реакторе ВВР-К.

Одним из важных направлений деятельности НЯЦ РК, где развивается сотрудничество с японскими институтами и организациями, является развитие атомной энергетики в Казахстане.

В 2006-2008 годах НЯЦ РК совместно с JAPC выполнил работу по разработке требований эксплуатирующих организаций к проекту Казахстанской АЭС.

В 2008-2009 годах НЯЦ РК завершил первый этап технико-экономических исследований (ТЭИ) в обоснование строительства АЭС в Республике Казахстан. Исследования

проводились совместно с Казахстанскими институтами и JAPC. В настоящее время для актуализации результатов этих исследований планируется продолжение работ.

С целью развития атомной энергетики 18 февраля 2013 года Национальный ядерный центр и японская атомно-энергетическая компания (JAPC) подписали Меморандум о взаимопонимании между РГП НЯЦ РК и JAPC относительно сотрудничества в комплексной оценке ядерно-энергетической системы Казахстана по методологии ИНПРО (МАГАТЭ) и других вопросов развития атомной энергетики, таких как подготовка кадров, участие в разработке ТЭО, сотрудничество при строительстве и запуске АЭС (фото 15).

С целью развития атомной и водородной энергетики будущего 18 февраля 2013 года Национальный ядерный центр и Агентство по атомной энергии Японии (JAEA) подписали Меморандум относительно сотрудничества в области исследований и развития атомной энергетики будущего и создания новых производств (фото 16), направленный на детализацию возможных совместных исследований в таких направлениях, как:

I. Исследования в сфере создания атомной энергетики будущего, в частности высокотемпературного газоохлаждаемого реактора с внутренней безопасностью и его применение в новых отраслях промышленности,

II. Исследования и разработки в сфере перспективного ядерного топлива и материалов,

III. Исследования и разработки в сфере технологии изготовления радиоизотопов на исследовательских реакторах для усовершенствованного медицинского лечения,

IV. Исследования в области изучения тяжелых аварий для повышения безопасности легководных реакторов.

В будущем планируются совместные работы по созданию и внедрению инновационных ядерно-энергетических технологий в РК. Среди прочего возможна разработка и реализация проекта инновационного опытно-промышленного энергоблока малой мощности в г. Курчатове.



15



16

ДЛЯ БУДУЩЕЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ

К 20-летию сотрудничества в сфере атомной энергии между Японией и Казахстаном

Йочи Фуджи-е,

бывший председатель Японской комиссии по атомной энергии,
почетный профессор Токийского технологического института

Сотрудничество в сфере атомной энергии между Японией и Казахстаном началось в 1992 году. Тогда я получил приглашение участвовать в первой международной ядерной конференции в Алматы.

Незадолго до этого, в июне 1992 года на российской конференции в Нижнем Новгороде я познакомился с доктором Пивоваровым из Казахстана. Он рассказал мне, что японские делегации уже посещали Курчатова. Как сообщил г-н Пивоваров, после этих визитов ничего не происходило, никаких действий, даже незначительных не предпринималось, так что они с нетерпением ожидают продолжения контактов и начала сотрудничества с Японией на любом уровне и в любой форме. Его слова произвели на меня большое впечатление.

Теперь Республика Казахстан широко известна в мире, но в 1992 году это была действительно неизвестная для меня страна. Тем не менее, я решил участвовать в первой Международной алматинской ядерной конференции. На ней я узнал много полезной информации относительно нашего двустороннего сотрудничества, предоставил доклад и участвовал в дискуссиях, проводимых после завершения встречи. В докладе я осветил основной принцип исследования и сообщил о разработках, касающихся основного закона по атомной энергетике Японии, который был дополнен в 1955 году.

Вот основные пункты моей презентации:

1) помощь жертвам атомной бомбардировки в Нагасаки профессором Такаши Нагаи, выдержки из материалов которого я представлял несколько раз;

2) ядерная безопасность в качестве первостепенной задачи;

3) режим нераспространения;

4) обсуждение и обоснование с научной точки зрения исходного состояния ядерной энергетической системы, которая может быть принята в обществе как система, удовлетворяющая социальным требованиям.

После моей презентации в отношении мирного использования ядерной энергии, науки и техники мне поступило много вопросов. Например: «Как вы

добились успехов в сфере ядерных исследований и разработок, а также ее коммерциализации?». Или: «Как в Японии относятся к использованию реакторов малого и среднего размера?» Но самым сложным вопросом, на который мне пришлось ответить, был такой вопрос: «Если вы признаете безопасными подземные ядерные испытания, то почему думаете, что так же безопасны ядерные энергетические реакторы, которые находятся на поверхности земли?» Думаю, что предпосылкой их высокой безопасности является не что иное, как нацеленность на исключительно мирное использование атомной энергии.

Именно на такое использование с самого начала было направлено сотрудничество Японии и Казахстана в ядерной сфере. Об этом было ясно заявлено в первом моем докладе, который я читал в Курчатове при моем первом визите сюда в 1993 году. Оно развивается интенсивно, во многом благодаря тому, что Казахстан ратифицировал договор о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО) в 1993 году.

Сотрудничество между нашими странами включает такие проекты как: COTELS (исследование тяжелых аварий легководных реакторов), EAGLE (исследование повторной критичности в реакторах на быстрых нейтронах), медицинские исследования и лечение жертв испытаний атомного оружия и т.д. Их реализация позволила получить прекрасные результаты. Недавно партнеры вступили во второй этап, расширяя области сотрудничества в направлении современных ядерно-энергетических систем, таких как усовершенствованные легководные (ЛВР), высокотемпературные (ВТР), а также быстрые (БР) реакторы.

В декабре 1994 года я пригласил специалистов НЯЦ Республики Казахстан в ТТИ (Токийский технологический институт), где я работал директором исследовательской лаборатории ядерных реакторов. На момент их визита в Японию Казахстан уже принял решение действовать в рамках ДНЯО (как я и рекомендовал во время моего первого визита в



Посёлок Акжары





Памятное фото встречи по проекту EAGLE



На объекте с В.С. Школьником и Ю.С. Черепниным



Официальный ужин в рамках проекта EAGLE



Атомное озеро



Технический тур на реактор ИГР



Технический тур на реактор ИГР



Технический тур на реактор ИГР

Казахстан). Я представил доктора Школьника, доктора Батырбекова и доктора Васильева правительственным чиновникам Министерств иностранных дел, международной торговли и промышленности, Агентства по науке и технике, а также уполномоченным лицам как комиссии по атомной энергии, так и комиссии по ядерной безопасности. Все они приветствовали присоединение Казахстана к ДНЯО. Таким образом, наше сотрудничество было ускорено.

Итак, фактическим началом тесного сотрудничества Японии и Республики Казахстан в атомной сфере стал момент присоединения Казахстана к Договору о нераспространении ядерного оружия в 1994 году, в рамках базовой политики нераспространения ядерного оружия. Я представляю его направления и результаты следующим образом:

- эпидемические исследования радиационного облучения граждан, проживающих вблизи бывшего Семипалатинского полигона;

- экспериментальные исследования тяжелых аварий на ЛВР (COTELS) – вне реакторные исследования, проведенные на установках «Лава» и «Слава» в Курчатове;

- экспериментальные исследования по разработке конструкции активной зоны реактора на быстрых нейтронах, которая исключает возможность возникновения повторной критичности (проект EAGLE), имеющие принципиальную важность для безопасной эксплуатации такого реактора, поскольку она достигается благодаря работе при низком давлении с натрием в качестве теплоносителя.

Все эти проекты либо завершены с хорошими

результатами, либо продолжаются. Они, как и было заявлено, в основном направлены на повышение ядерной и радиологической безопасности.

Совместные работы, направленные на проведение экспериментальных исследований, связанные с возникновением тяжелых аварий на ЛВР, проводятся и будут проводиться в будущем. В проектах COTELS и IVR-AM, которые были выполнены в рамках сотрудничества между NUPEC (Япония) и НЯЦ РК (Казахстан) проводилось изучение взаимодействия кориума с теплоносителем и материалами элементов конструкции реактора во время возникновения тяжелых аварий на легководных ядерных реакторах. Данные проекты успешно завершились в 2004 году.

В качестве экспериментального исследования по тяжёлым авариям реакторов на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем (НБР), JAEA (Японское агентство по атомной энергии) совместно с НЯЦ РК при поддержке JAPC реализовало программу EAGLE-1. Она началась в 1998 году и включала исследование поведения материала активной зоны реактора при начальной фазе возникновения аварии. Изучение проводилось с помощью граничных условий, характеристики которых увеличивались при начальном сливе топлива. Результатом этой программы является базовая информация для подтверждения реализуемости концепции активной зоны, исключающей возникновение повторной критичности. Основываясь на успешной реализации программы EAGLE-1 (2000-2005), а затем и EAGLE-2 (2006-2011) JAEA совместно с НЯЦ РК начало подготовку новой программы, назначение которой – дать основную информацию о возможности длительного послеварийного охлаждения, с одной стороны, а с другой – предоставить дополнительные сведения о поведении топлива при его сливе на ранней стадии аварии в зависимости от конструктивных аспектов.

Соглашение между Японией и Казахстаном о сотрудничестве в области мирного использования ядерной энергии было заключено в мае 2011 года. Тогда же было начато совместное исследование и обмен информацией по высокотемпературному газоохлаждаемому реактору (ВТГР).

Меморандум о взаимопонимании между JAEA и НЯЦ для будущего сотрудничества и развития в области ядерной энергетики был подписан 30 апреля 2007 года, а конкретизирующая его Исполнительная договоренность была заключена 2 февраля 2009 года.

Области сотрудничества:

- высокотемпературный газоохлаждаемый реактор и технология его применения;

- ядерная технология экспериментальных/исследовательских реакторов;

- другие области, которые могут быть взаимно согласованы НЯЦ и JAEA.

Сферы сотрудничества:

- обмен научно-технической информацией;
- обмен учеными и т.д.

Меморандум о взаимопонимании между Комитетом по атомной энергетике Министерства энергетики и минеральных ресурсов Казахстана (КАЭ) и JAEA для обмена информацией по исследованиям в области безопасности в отношении ВТГР был подписан 9 июня 2008 года. Соглашение между JAEA и Центром безопасности ядерных технологий Казахстана (ЦБЯТ) относительно сотрудничества в области исследований безопасности на ВТГР – 8 июня 2012 года. КАЭ, ЦБЯТ и JAEA изучили возможность сотрудничества в области безопасности ВТГР путем практического использования полученных данных от высокотемпературного экспериментального реактора (HTTR).

Ассоциация воздействия радиации Японии (REA) при сотрудничестве НЯЦ РК, а также Центра по изучению



и защите от радиационного воздействия РК с 2001 года оказывает содействие «Исследованиям в области воздействия радиации на здоровье лиц, проживающие вблизи бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП)». Это совместное исследование было начато в 2001 году в ответ на резолюцию 53-й Генеральной Ассамблеи ООН 1998 года для предоставления медицинской, экологической, экономической и гуманитарной помощи населению Казахстана, проживающему вблизи СИП. Цель исследования - получение научных данных о последствиях воздействия радиации на здоровье людей при хроническом и повторном долгосрочном облучении (внутреннем и внешнем) при низком уровне излучения по всему СИП или вблизи территории СИП. Разумеется, изучался и возможный вклад в разработку мер радиационной защиты для улучшения условий жизни пострадавшего населения. Кроме него, на контроль ставились лица, проживающие на территории Павлодарской области. К

концу марта 2008 года личные данные (дата рождения, пол, национальность и т.д.) были собраны на 113 000 человек. Среди них постоянно проживавшими на данной территории и испытывавшими воздействие радиации с 1949 по 1963 были 17500 человек. Информация о том, жив человек или нет, имеется по 14400 лицам (живых – 6900; умерших – 7500). В качестве предварительного статистического анализа были предложены позитивные тенденции между эффективной дозой излучения и смертностью от новообразований, которые, в свою очередь, приводят к нарушениям кровообращения. Поскольку дальнейшее накопление данных необходимо для статистического анализа, изучение ретроспективных данных о состоянии здоровья населения должно перейти к перспективной оценке состояния здоровья из 20000 облученных лиц и 15000 контрольных лиц в ближайшем будущем.

Подведу некоторые итоги. Перечисленные исследования:

- эпидемиологические обследования радиационного облучения граждан, проживающих вблизи Семипалатинска;
- исследование тяжелой аварии на ЛВР (COTELS), включающее проведение вне реакторных экспериментов на установках «Лава» и «Слава», которые расположены в Курчатове;
- экспериментальные исследования и разработка концепции активной зоны для БР (EAGLE), принципиально важные для безопасной эксплуатации реактора на быстрых нейтронах;

- технико-экономическое обоснование создания ЛВР в Казахстане, проводившиеся и проводящиеся в НЯЦ РК совместно с японской стороной, безусловно, интересны и перспективны для молодых ученых. Я уже приглашал их поступить в аспирантуру на факультет ядерной физики и техники ТТИ. Здесь, при финансовой поддержке Министерства образования, уже учились несколько блестящих аспирантов. Почти все они вернулись обратно и работают в организациях ядерного профиля в Казахстане.

...В сентябре 2007 года мы были приглашены на празднование 15-летия НЯЦ РК, где я читал доклад на тему: «Тенденции и направления развития атомной сферы для будущей цивилизации». Японские специалисты провели приятные дни в Алматы, Курчатове, а также посетили село Акжары. Я тогда захотел пообщаться с людьми, живущими в селах вблизи Курчатова. Меня повезли в поселок, где нас радушно встретили местные жители. Потом я не раз хотел вновь побывать в Акжарах, зайти в понравившуюся школу. Её преподавателей и учеников я тепло вспоминаю, глядя на фотографии.

Я приезжал в Казахстан много раз. Уверен, что ещё не раз посетю эту страну. Я надеюсь, что совместные исследования Японии и Казахстана будут продолжаться, а работа, проводимая в рамках этих исследований, принесет свои плоды.

ПОБОЛЬШЕ БЫ ТАКИХ ПАРТНЕРОВ!

Строго говоря, с первых казахстанско-японских контактов в сфере атомной энергетики и ядерных технологий прошло не 20 лет, а 21 год. Это с очевидностью следует из воспоминаний тех, кто стоял у самых их истоков. Вот, что пишет, например, первый Генеральный директор НЯЦ РК Г.А. Батырбеков: «В сентябре 1993 года, в первый год своего образования, в соответствии с Постановлением Кабинета министров РК от 21 января 1993 года, Национальный ядерный центр РК провёл свою первую Международную Конференцию в Курчатове. Участие в Конференции приняли учёные и специалисты из Японии во главе с профессором Токийского Университета Йоши Фуджи-е».

А пригласил Фуджи-е сотоварищи на Курчатовскую конференцию О.С. Пивоваров, в то время ведущий специалист Института атомной энергии НЯЦ РК. Произошло это на другой конференции в том же 1993 году в Нижнем Новгороде. Главной целью командировки туда Олега Сергеевича было напомнить о том, что в Курчатове теплится жизнь и попытаться восстановить прежние советские связи. И в самом деле, 93-й для оставшихся на Полигоне ученых и специалистов был очень трудным – ни денег, ни перспектив, приходилось хвататься за всякую подвернувшуюся работу. Поэтому приглашение Российского ядерного общества, наследовавшего ЯО СССР и объявившего себя международным, оказалось очень кстати. Пивоваров привез на конференцию доклад с описанием возможностей экспериментальной базы ИАЭ НЯЦ РК в области исследований безопасности атомной энергетики. К этому времени здесь уже начали переориентироваться с ядерных ракетных двигателей на эти проблемы. Вообще говоря, тема возникала еще в 80-е годы. К 93-му в ИАЭ успели провести многие серьезные эксперименты – уникальные установки это позволяли, был накоплен опыт испытаний в экстремальных условиях – при высоких температурах, быстром наборе мощности, давления. Изучение «тяжелых» аварий с помощью реактора ИГР дало интересные результаты.

Их-то и презентовал в своем докладе О.С. Пивоваров. И это, особенно эксперименты с разрушением топлива, вызвало живой интерес участвовавшей в конференции японской команды во главе с профессором Фуджи-е. Японцы поспешили познакомиться с представителями Казахстана и приняли приглашение посетить заявленную Курчатовскую конференцию. Так на долю Пивоварова выпала важная миссия первого контакта с будущими многолетними партнерами. В Курчатове им можно было многое показать. Полуторатысячный профессиональный и амбициозный коллектив ИАЭ, средний возраст которого

составлял 38 лет, готов был свернуть горы.

Японцы в количестве 12 человек во главе с профессором Фуджи-е приехали. И не пожалели. Конференция, как вспоминают сегодня ее участники, удалась. На нее съехались ведущие специалисты из России, из Казахстана – из Актау, из Усть-Каменогорска. Содержательный диспут по перспективам атомной энергетики, хорошие доклады.... В том числе и доклад профессора Фуджи-е. Руководитель японской делегации обращал на себя всеобщее внимание – и содержанием своих выступлений, и речью, и вообще – значительностью своего облика, своей личности.

Для участников конференции были организованы поездки на объекты Объединённой Экспедиции НПО «Луч» (ныне ИАЭ НЯЦ РК) с осмотром экспериментальных площадок и знакомством с исследовательским оборудованием. Во время этих экскурсий японцы, проявившие большой интерес к реакторным и вне реакторным экспериментальным установкам, по-видимому, пришли к выводу о возможности совместной работы, поделились своими первыми впечатлениями и высказали желание провести совместные исследования. Заинтересованность в сотрудничестве была взаимной, однако инициатива исходила от японской стороны, поскольку гости из страны восходящего Солнца точно знали, чего они хотят.

С той поры завязалась переписка, подготовка предложений, обсуждение различных аспектов возможного сотрудничества. Главный интерес японцев заключался в исследовании тяжелых аварий с расплавлением активной зоны реактора. В Институте атомной энергии НЯЦ РК шла интенсивная подготовка к экспериментам в этой области, тем более, что многое было сделано в 1989-1992 годах. В декабре этого же 1993 года делегация от Казахстана в составе В.С. Школьника, Г.А. Батырбекова и Ю.С. Васильева отправилась в Японию, где обсудила совместно с японскими представителями возможность проведения в НЯЦ РК планируемых экспериментов и программу сотрудничества.

Конкретная совместная экспериментальная работа началась жарким летом 1995 года после полугодового планирования и подготовки намечаемых экспериментов по программе проекта COTELS. В июле 2005 года большая команда японцев посетила НЯЦ РК, познакомила специалистов ИАЭ и подключившегося на тот момент к сотрудничеству алматинского ИЯФ со своими наработками и атаковала их вопросами. Впоследствии обсуждения вылились в другие совместные исследовательские проекты по проблемам безопасности атомной энергетики,

в том числе в известную всем программу проекта EAGLE. Позднее начались – при активной поддержке НЯЦ РК – японские эпидемиологические обследования населения, проживающего в районе СИП.

После первых контактов и последующего успешного начала работ у сторон укрепилась уверенность в том, что сотрудничество будет долгим и плодотворным. И – взаимовыгодным. В то время интерес японских специалистов был понятен и очевиден, а интерес только что созданного НЯЦ РК, научная программа которого еще не была окончательно сформирована, заключался в приобщении, благодаря контактам с японскими организациями, к самым передовым научным исследованиям мирового уровня, к участию в самых актуальных экспериментах в области атомной энергетики.

Доверительные рабочие отношения с японцами установились у специалистов НЯЦ РК с самого начала работы. Никакой взаимной притирки не потребовалось. Японцы продемонстрировали лучшие качества деловых партнеров: пунктуальность, планомерность, развитое чувство ответственности. Работа проходила в обстановке взаимной благожелательности. Правилом был постоянный обмен мнениями, что позволяло в зародыше гасить всякое непонимание, не говоря уж о каких-либо недоразумениях. К тому же, с японскими специалистами оказалось просто интересно работать. Курчатовцы учились сотрудничеству с партнерами, приверженными западному подходу. Будучи представителями восточной цивилизации, японцы многое переняли за годы тесного взаимодействия в лабораториях США, Франции и Германии, впитали привычку к тщательности проработки задач, точности постановки целей, обязательности расчетных обоснований, что позволяло им исключать неожиданности и выходить на эксперименты с полной уверенностью в результате. Да и в целом, контакт с образованными и подготовленными людьми, представляющими мощную отрасль, нацеленными на созидание и успех, не мог не быть полезным для специалистов ИАЭ. Десятки молодых сотрудников НЯЦ РК, побывавших на ядерных объектах Японии, участвовавших в образовательных программах, прошли замечательную школу, получили неоценимый опыт.

В свою очередь, японские специалисты, сосредоточенные на своих служебных обязанностях и профессиональных задачах, приобщались к культуре степи. Им старались показать окружающую Полигон обыкновенную жизнь. Например, соседнего с Курчатовым маленького бедного села с подшефной школой НЯЦ. Там побывали и Фуджи-е, и его коллеги. Для ребят это был праздник: они впервые увидели своими глазами иностранного профессора, большого ученого! Перед ним выступал детский хор, его угощали национальными блюдами... А спустя какое-то время в школу пришла из Японии посылка: коробка с бумагой, фломастерами, карандашами. По этому поводу в школе провели торжественную линейку и дали

концерт художественной самодеятельности. Чуть попозже Фуджи-е сделал детям еще один подарок – компьютер! Такой, каких в то время не было даже в НЯЦ РК. И вообще, это был первый школьный компьютер в Павлодарской области. Наконец, Фуджи-е пригласил в Японию на две недели главу села с женой!.. Получив приглашение, тот впал чуть ли не в проstration: у них не то что зарубежных паспортов, приличной одежды не было.... Но эти трудности с помощью НЯЦ РК, конечно преодолели. И паспорта сделали, и экипировали, и денег доехать до Алма-Аты дали, где в японском посольстве уже ждали билеты до Токио...

Казахстанско-японское сотрудничество охватывает ныне все больший круг проблем в области развития атомной энергетики, где Япония имеет богатый практический опыт, который уже был востребован при проработке вопросов, связанных с планируемым сооружением в Казахстане первых АЭС. В 2006-2009 годах в НЯЦ РК совместно с институтами и организациями Казахстана и Японии выполнены предварительные технико-экономические исследования в обоснование строительства атомных электростанций в Казахстане: определены необходимая мощность новых крупных базовых источников, единичная мощность энергоблоков АЭС, возможные места размещения АЭС по регионам.

Участие экспертов JAPC в ТЭИ обеспечило применение современных инструментов исследований энергетической системы, признанных странами-экспортерами технологий атомной энергетики и широко применяемых странами-членами проекта ИНПРО (МАГАТЭ) в оценках вариантов устойчивого развития энергетических систем с учетом развития атомной энергетики. Несмотря на критику оппонентов, выполненные ТЭИ все еще остаются единственным и наиболее полным исследованием в обоснование возможности внедрения атомной энергетики в Казахстане. Результаты совместных исследований послужили основой для работы комиссии по определению мест строительства АЭС на территории Казахстана. Планируется актуализация результатов этих исследований в связи принятием решения по сооружению в стране первых АЭС.

Это всего лишь один, хотя и весьма значимый эпизод из большого перечня наших совместных дел. Эта работа имеет особую ценность, являясь одним из краеугольных камней, которые будут положены в фундамент будущей атомной энергетики страны.

Создание атомной энергетики в Казахстане потребует широкого международного сотрудничества, в котором участие Японии предопределено двадцатилетним опытом совместной с РГП НЯЦ РК работы в атомной сфере.

*Подготовлено по воспоминаниям бывших
Генеральных директоров НЯЦ РК Г.А. Батырбекова,
Ю.С. Черепнина, Ш.Т. Тухватулина и К.К. Кадыржанова.*



Гостеприимная Япония встречает казахстанцев цветущей сакурой



На международной конференции «XXI век – навстречу миру, свободному от ядерного оружия» в Алматы



Совещание в Японии по проекту EAGLE



На конференции «ЯЭ-2007» в Курчатове



На конференции «ЯЭ-2007» проф. Фуджи-е в президиуме с проф. К.К.Кадыржановым

ОТ СОЗДАНИЯ
НОВЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ
ДО РАЗВИТИЯ
ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ
РЕСУРСОВ



Соджиро Матсуура,
президент Японского агентства по атомной энергии (JAEA)



JAEA, единственный многопрофильный институт, занятый научными исследованиями и опытно-конструкторскими разработками (НИОКР) в области ядерной энергетики в Японии, был создан в октябре 2005 года путем слияния Японского научно-исследовательского института по атомной энергии и Японского института развития ядерного цикла.

JAEA осуществляет разработку соответствующих технологий в связи с аварией на АЭС Фукусима Dai-ichi TEPCO, выполняет НИОКР в области технологий реакторов на быстрых нейтронах и технологий утилизации высокоактивных радиоактивных отходов с целью решение проблем обеспечения долгосрочной энергетической безопасности при условии глобального сохранения окружающей среды.

В сфере деятельности JAEA – НИОКР в областях ядерного синтеза (проект ИТЭР и работы в рамках соглашения «Broader Approach») и квантовой физики, что обеспечивает высокую конкурентоспособность научных и технологических разработок на международном уровне. Следует отметить также исследования в области безопасности и технологий нераспространения в для обеспечения мирного использования ядерной энергии, развития атомной науки и широкого спектра технологий.

В ответ на аварию на АЭС Фукусима, мы приложили огромные усилия по выводу из эксплуатации реакторов и восстановления окружающей среды, задействовав наши лучшие экспериментальные возможности и использовав опыт наших лучших специалистов.

В частности, в рамках задачи вывода реакторов из эксплуатации мы начали изучение ситуации с утечкой радиоактивно-загрязненной воды, требующей быстрого решения. С другой стороны, мы продолжаем НИОКР по среднесрочным и долгосрочным вопросам, таким как технологии удаления фрагментов топлива (затвердевшего расплава с конструкционными реакторными материалами и регулирующими стержнями), включая оценку ситуации внутри здания и корпуса реактора, анализ свойств застывших фрагментов топлива и технологии контроля за их повторной критичностью. Оценивается долгосрочное поведение сборок выгоревшего топлива, которые, возможно, повреждены и подвергались воздействию морской воды. Изучаются и вопросы обращения с радиоактивными отходами.

Что касается восстановления окружающей среды, мы используем Центр создания окружающей среды префектуры Фукусима (предварительно) в качестве базы для выполнения НИОКР и продвижения их результатов по радиационному мониторингу с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и передовых технологий радиационного контроля для изучения поведения радионуклидов в окружающей среде, включая разработку моделей переноса цезия для улучшения возможности предсказывать его распространение и оценивать воздействие на здоровье человека и окружающую среду, а также по оценке дозы облучения и улучшения техники

дезактивации.

JAEA активно ищет партнеров для совместных исследований среди отечественных и зарубежных научно-исследовательских институтов. JAEA и НЯЦ РК наращивают сотрудничество в области безопасности реакторов на быстрых нейтронах, высокотемпературных реакторов с газовым охлаждением, технологий внутриреакторных экспериментов и исследований, развития человеческих ресурсов и ядерной безопасности.

В частности, в области создания перспективного реактора-размножителя на быстрых нейтронах мы выполняем НИОКР, направленные на коммерциализацию этого реактора на основе результатов совместных исследований с НЯЦ РК в области безопасности данных реакторов. Продолжается поиск ответов на вопросы, связанные с реактором Monju, работа которого теперь приостановлена. Не оставляем усилия по перезапуску Monju для демонстрации надежности электростанции и создания технологии обращения с натрием на основе опыта, полученного в процессе эксплуатации станции.

Что касается технологии высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов, то планируем продолжение НИОКР в 2014 году. Результаты исследований будут использованы для развития этих технологий и передовых технологий производства водорода.

Продолжаются радиационные материаловедческие исследования по облучению нейтронами топлива и материалов в целях обоснования мер по улучшению безопасности реакторов на легкой воде. На Японском материаловедческом реакторе (JMTR) выполняются НИОКР по Mo-99 для производства препаратов медицинской диагностики Tc-99m.

Столкновения мирного использования атомной энергии, планируются и продолжаются стратегические исследования и технологические разработки с учетом неукоснительной поддержки режима ядерного нераспространения и деятельности ОДВЗЯИ (СТВТО) и ядерной безопасности. Мы поддерживаем японскую государственную политику в области ядерного нераспространения и обеспечиваем эффективное управление ядерными материалами JAEA.

Мы стремимся содействовать развитию человеческих ресурсов в области ядерной науки и техники, уделяя большое внимание обучению инженеров-атомщиков, призванных участвовать в НИОКР, проводя семинары по атомной промышленности и энергетике для общественности, обеспечивая международные тренинги в азиатских странах.

(1) Проект EAGLE

Директорат исследований и развития передовых ядерных систем

Принцип безопасности атомной электростанции в том, чтобы остановить реактор, охладить его и удержать радиоактивные материалы в случае чрезвычайной ситуации. В целях повышения безопасности реакторов на быстрых нейтронах важно удержать радиоактивные материалы, даже если авария с плавлением активной зоны

произойдет из-за отказа систем останова и охлаждения реактора, поскольку поведение расплавленных материалов активной зоны определяет последствия аварии. Поэтому экспериментальные исследования для изучения поведения расплавленной активной зоны являются чрезвычайно важными, а Импульсный графитовый реактор (ИГР) в Национальном ядерном центре Республики Казахстан является единственной экспериментальной установкой в мире, которая может обеспечить моделирование последовательности процессов, сопровождающих аварии с плавлением активной зоны. Основываясь на этом, был начат экспериментальный проект EAGLE (Experimental

Acquisition of Generalized Logic to Eliminate re-criticalities), который выполнялся в сотрудничестве Казахстана и Японии. В 1998 году было подписано соглашение между НЯЦ РК и Японской атомной энергетической компанией (JAEC), положившее официальное начало проекту EAGLE. В 2000 году Японский институт развития ядерного цикла (JNC), позже преобразованный в Японское агентство по атомной энергии (JAEA), возглавил работы по проекту EAGLE от JAEA. Решение проблем повышения безопасности реакторов на быстрых нейтронах с натриевым охлаждением продолжается при сотрудничестве НЯЦ РК и JAEA, как показано на рис.1.

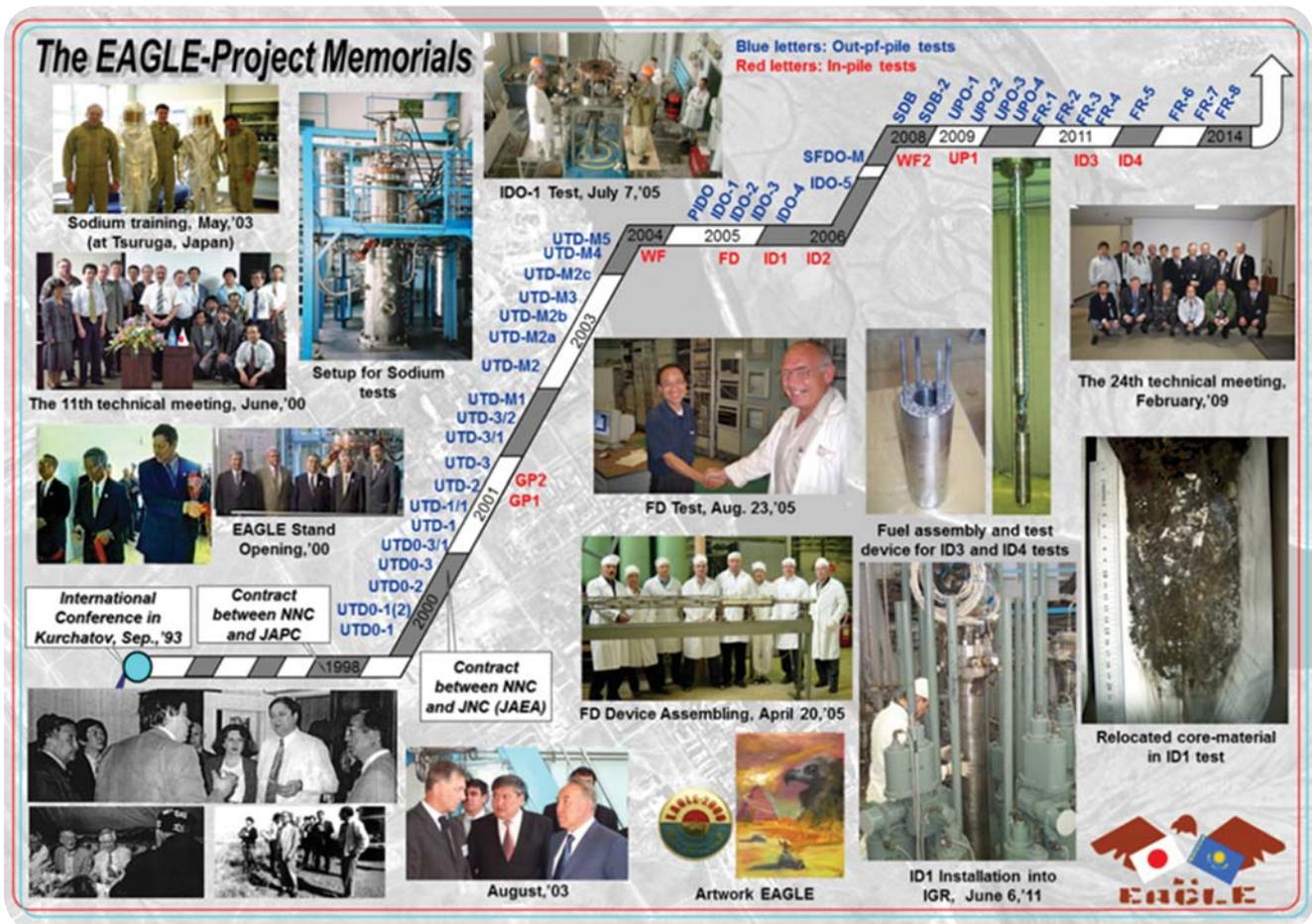


Рисунок 1 – Этапы выполнения проекта EAGLE

Проект EAGLE состоит как из вне реакторных, так реакторных испытаний. В предыдущих испытаниях использовалась установка под названием «стенд EAGLE», заново разработанный для этого проекта, технические возможности которого были использованы при исследованиях поведения материалов активной зоны. В последующих испытаниях использовался исследовательский реактор ИГР, на котором были проведены эксперименты, демонстрирующие последовательность развития аварии с расплавом активной зоны.

Во вне реакторных испытаниях, как показано на рис. 2,

имитатор активной зоны нагревается и расплавляется путем индукционного нагрева в электромагнитной печи (ЭМП), а состояние расплавленной активной зоны моделируется путем слива имитатора расплава активной зоны в имитатор корпуса реактора. Вне реакторные испытания имеют два преимущества по сравнению с реакторными испытаниями: первое – гибкость в пространственной геометрии, которая делает возможным использование достаточного количества натрия, а второе – выполнение достаточного количества экспериментов с широким диапазоном условий испытаний. Как показано на рис. 1, было проведено примерно

двадцать подготовительных экспериментов, которые позволили отработать технологии проведения экспериментов с моделированием условий тяжелой аварии с разогревом материалов до температуры более 2500 К, и более 20 экспериментов было проведено для того, чтобы понять природу поведения материалов активной зоны.

В реакторных опытах имитационное устройство с испытательными топливными элементами загружается в центральный экспериментальный канал ИГР, как показано на рис. 3, где экспериментальные топливные элементы расплавляются нейтронами реактора ИГР. Преимущество реакторных испытаний над вне реакторными испытаниями в том, что в них последовательность аварии с плавлением активной зоны имитируется более реалистично за счет использования ядерной тепловой энергии и материалов реальных реакторов. Как показано на рис. 1, до сегодняшнего дня было выполнено десять экспериментов, в том числе экспериментов с плавлением 8 кг двуоксида урана, которые имитировали аварию с расплавом активной зоны.

Взаимодополняющая комбинация из вне реакторных

и реакторных испытаний в проекте EAGLE предоставила достаточные данные для того чтобы понять поведение расплавленной активной зоны и показать возможность обеспечения контролируемого перемещения в ней материалов, а именно, что материал расплавленной активной зоны формирует сливной тракт, проплавляя конструкции активной зоны из нержавеющей стали, и сливается через внутреннее пространство тракта. Это внутренне присущее качество поведения расплава эффективно уменьшает реактивность активной зоны, в результате чего реактор останавливается. Экспериментальные результаты EAGLE являются новаторскими в демонстрации того, что перемещением расплавленного материала активной зоны можно управлять, чтобы остановить реактор при аварии с расплавом активной зоны.

Проект EAGLE продвигается в следующую стадию, которая заключается в экспериментальном обосновании возможности удержания радиоактивных материалов при авариях с расплавом активной зоны внутри корпуса реактора за счет эффективного охлаждения расплава зоны теплоносителем.

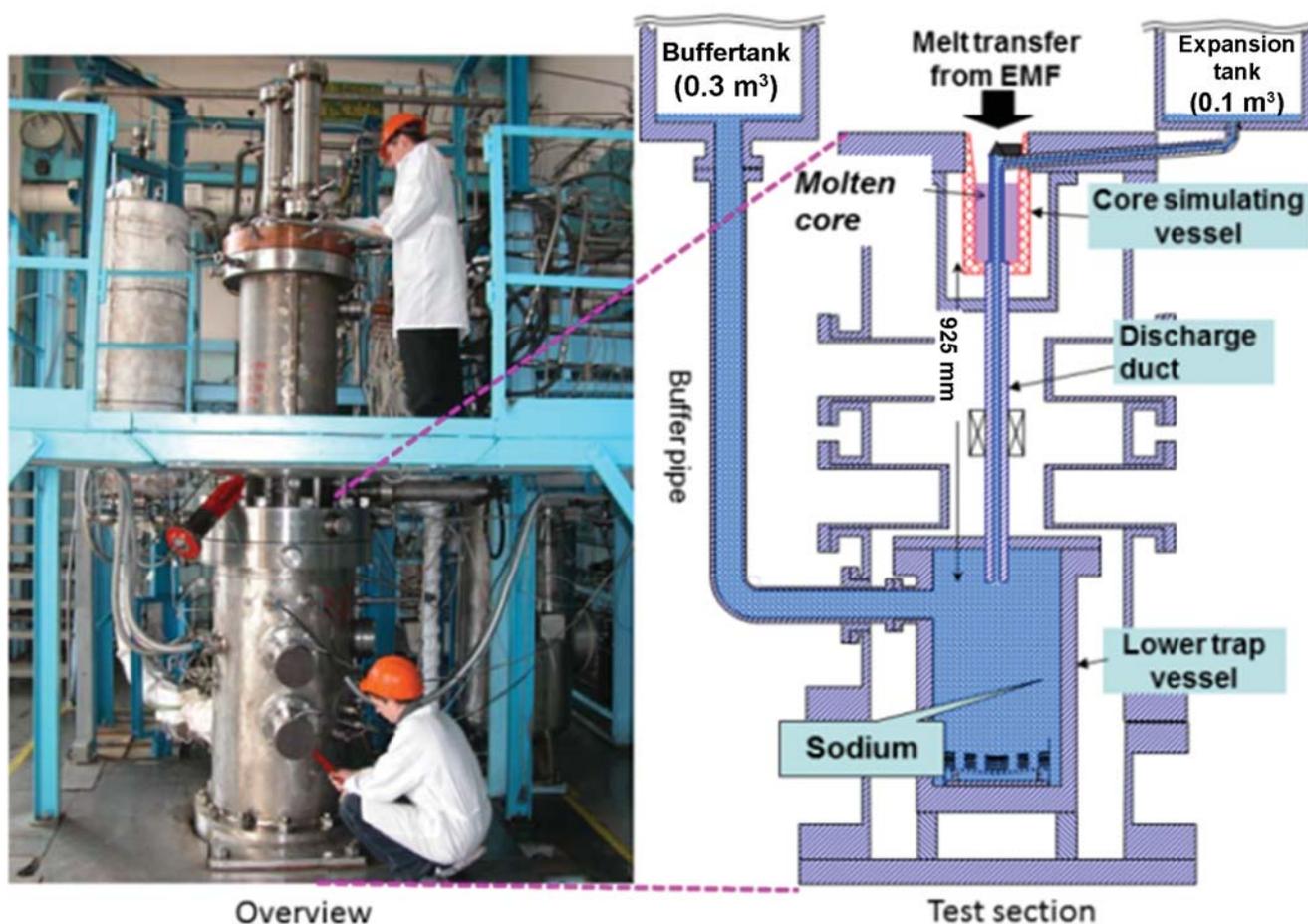
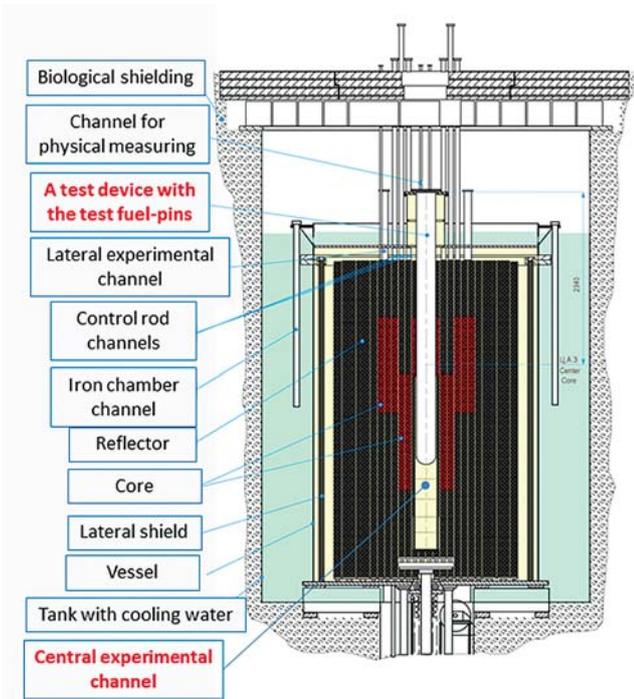


Рисунок 2 – Общий вид испытательного стенда EAGLE



(а) вид верхней части



(б) разрез вертикальной проекции
Рисунок 3 – Импульсный графитовый реактор

(2) Разработка КВТГР (Казахстанский высокотемпературный газовый реактор) Ядерный исследовательский центр по применению водорода и тепла

КВТГР, реактор с гелиевым охлаждением с графитовым замедлителем имеет привлекательные, внутренне присущие ему свойства безопасности. Он может использоваться для электроснабжения районов, удаленных от крупных объединенных энергосистем. Теплоноситель КВТГР с выходной температурой около 1000°C может применяться в различных целях, таких как производство водорода, производство электроэнергии с

помощью газовой или паровой турбины, теплоснабжение, прямой нагрев материалов, опреснение морской воды и т.д. Такие вновь развивающиеся применения КВТГР приведут к созданию новых отраслей промышленности в Казахстане.

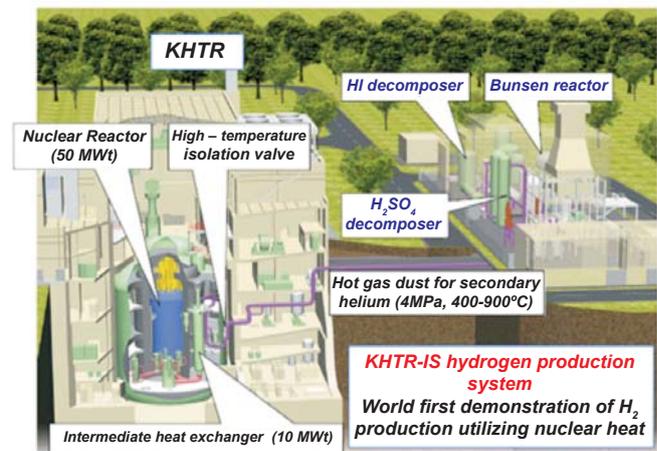
Сотрудничество с Японским агентством по атомной энергии (ЯАЭА) в области проектирования КВТГР было начато в 2007 году, а Исполнительное соглашение по сотрудничеству в области научных исследований и развития было подписано в 2009 году.

Предварительное технико-экономическое обоснование (ПредТЭО) КВТГР было завершено НЯЦ в 2008 году. В нем были предложены основные характеристики, состав оборудования и т.д. Кроме того, цель проекта и этапы его создания, экономическая оценка, содержание НИОКР, коммерческие перспективы, спрос промышленного водорода, рынок водорода в Казахстане и другие важные параметры были оценены в сотрудничестве с ЯАЭА. Предварительное ТЭО содержало вывод, что КВТГР является экономически конкурентоспособным для условий Казахстана.

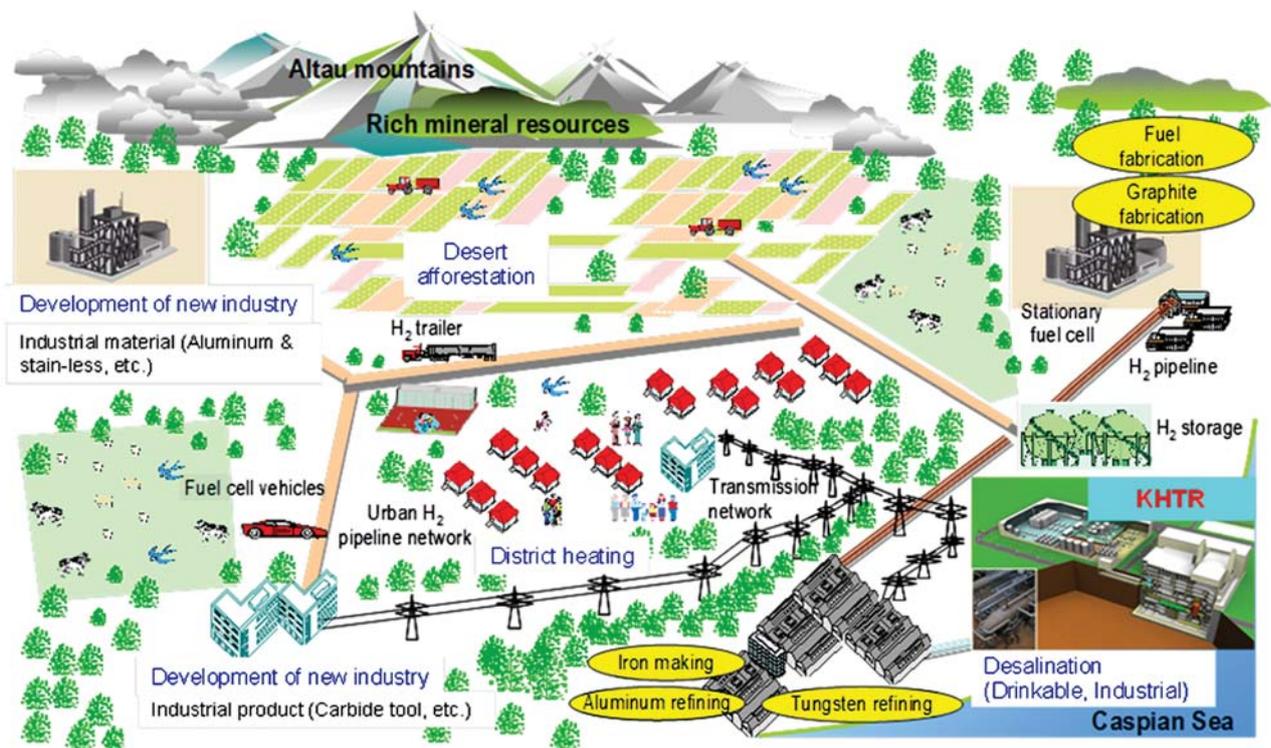
Доклад по предварительному ТЭО оценен Японским банком международного сотрудничества (JBIC), заключившим договор с Marubeni Utility Service, Japanese industries, и ЯАЭА в 2009 году.

«Программа развития атомной отрасли в Республике Казахстан на 2011 - 2014 годы с перспективой развития до 2020 года» была утверждена в июне 2011 года и включала в себя план строительства КВТГР. С началом работы, планируемым в 2020-х годах, КВТГР, как ожидается, внесет свой вклад в развитие технологических возможностей и смежных отраслей поставкой электроэнергии и технологического тепла для централизованного теплоснабжения.

НТТР является первым высокотемпературным газоохлаждаемым реактором в Японии. Он достиг критичности в 1998 году, а в 2004 году температура теплоносителя на выходе из реактора достигла 950 °С, что является мировым рекордом для реакторов данного типа. Недавнее испытание с потерей принудительного охлаждения, проведенное на НТТР, продемонстрировало, что реактор обладает внутренне присущими свойствами безопасности.



Снимок системы производства водорода КВТГР-IS



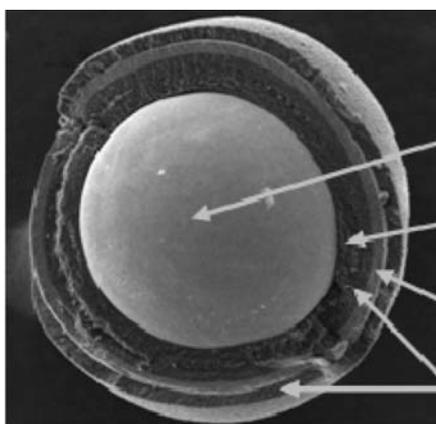
Усовершенствованная ядерная система КВТГР предположительно будет способствовать созданию новых производств в Казахстане

JAEA разработало передовые технологии для HTTR, в том числе технологии нанесения керамического покрытия на частицы топлива, технологии производства изотропного графита для активной зоны, жаростойких металлических материалов, технологии обращения с гелием, технологии создания сейсмостойких конструкций, высокотемпературной конструкции для теплообменника и трубопроводов и т.д. Например, в реакторе используются частицы топлива, покрытые термостойким TRISO (TRi-structural ISOtropic, структурный изотропный материал), что позволяет удерживать продукты деления при высокой температуре активной зоны. Топливная частица, покрытая TRISO, разработанная для HTTR, показана на фото. В ходе эксплуатации HTTR измеренный фракционный выброс

газообразных продуктов деления от топлива был меньше 1.2×10^8 . Это значение ниже предела 1×10^4 , определенного как предел безопасности. Топливо HTTR является самым передовым в мире.

В компонентах графита для HTTR используется японский мелкозернистый изотропный графит. Он производится методом холодного изостатического прессования. Графит имеет высокую прочность и высокую устойчивость к нейтронному облучению. Эти свойства обеспечивают длительный срок эксплуатации графитовых компонентов активной зоны.

Эти технологии HTTR, разработанные JAEA и компанией Japanese industries будут применены в строительстве КВТГР.



Coated fuel particle

Fuel kernel / UO_2

1st buffer layer / Low-dense PyC

3rd layer / SiC

2nd & 4th layers / High-dense PyC

Производство используемого в HTTR топлива TRISO осуществляется компанией Nuclear Fuel Industries



Д-р. Джаксалиев – вице-министр МИНТ, д-р. Шарипов – председатель Комитета по атомной энергии, и д-р. Батырбеков – генеральный директор НЯЦ РК посетили HTTR в г. О-арай, Япония, чтобы обсудить сотрудничество по КВТГР в феврале 2013 года. На данный момент реактор HTTR восстановлен после большого землетрясения в Японии в марте 2011 года и готов к эксплуатации, как только будет получено одобрение органов ядерного надзора Японии.

(3) НИОКР по технологиям нейтронного излучения Центр реакторных испытаний и нейтронного излучения

JMTR (Японский материаловедческий реактор – легководный корпусный реактор тепловой мощностью 50 МВт) был построен для экспериментальных исследований топлива легководных реакторов (LWR) и материалов для создания отечественных атомных электростанций. Кроме того, JMTR используется для производства радиоизотопов, а также в образовательных и учебных целях.

JMTR является одним из материаловедческих реакторов с самым высоким нейтронным потоком. Он имеет большую площадь облучения в области активной зоны для проведения различных радиационных испытаний. Гибкая конфигурация активной зоны реактора

позволяет устанавливать в нее различные объекты. Здание реактора соединено с «горячей» лабораторией водным каналом для постэкспериментальных исследований топлива и материалов.

Тем не менее, работа реактора была прекращена в августе 2006 года. Начался вывод реактора из эксплуатации. Однако, по настоятельному запросу эксплуатирующих организаций, было решено отреставрировать JMTR. Ремонтные работы проводились с 2007 по 2011 год, были заменены устаревшие компоненты и установлены современные средства облучения. Вид JMTR сверху показан на рис. 4.

Новый JMTR предназначен для решения четырех главных задач, в том числе: 1) повышение уровня безопасности LWR на основе уроков, извлеченных из аварии на «Фукусиме», 2) обеспечение расширенного

промышленного использования, 3) развитие науки и техники и 4) использование в целях образования и профессиональной подготовки. Некоторые из осуществляемых работ описаны ниже. Ожидается совместная работа с НЯЦ РК.

1) НИОКР для обеспечения безопасности на основе уроков, извлеченных из аварии на «Фукусиме».

Разработка методов для измерения: а) концентрации водорода, б) температуры и в) дозы облучения реактора в случае тяжелой аварии являются тремя из тридцати контрактов, санкционированных правительством Японии для обеспечения безопасности АЭС на основе уроков, извлеченных из аварии на «Фукусиме».

JAEA разрабатывает твердый электролитный датчик водорода, многоточечную термопару, водяной манометр, детектор гамма-излучения с автономным питанием и детектор нейтронов.

2) НИОКР для производства Tc-99m для медицинской диагностики.

Доля Японии в потреблении Mo-99 в качестве сырья Tc-99m (необходимого для радионуклидной медицины) - около 15% мирового спроса. В настоящее время все потребление Mo-99 в Японии происходит за счет импорта. JAEA осуществляет исследования и разработку нейтронного гамма-метода для производства Mo-99.

3) Испытание с облучением графита для ВТГР.

JMTR способствует разработке материалов и комплектующих термоядерного реактора. Сейчас мы проводим облучение и пос-экспериментальные исследования графита для ВТГР.

4) Образование и обучение.

Обучение на площадке JMTR для иностранных молодых ученых и инженеров началось в 2011 году. В 2013 финансовом году были проведены три учебных курса с использованием JMTR. В общей сложности обучение прошли 18 стажеров из семи стран, включая Казахстан.

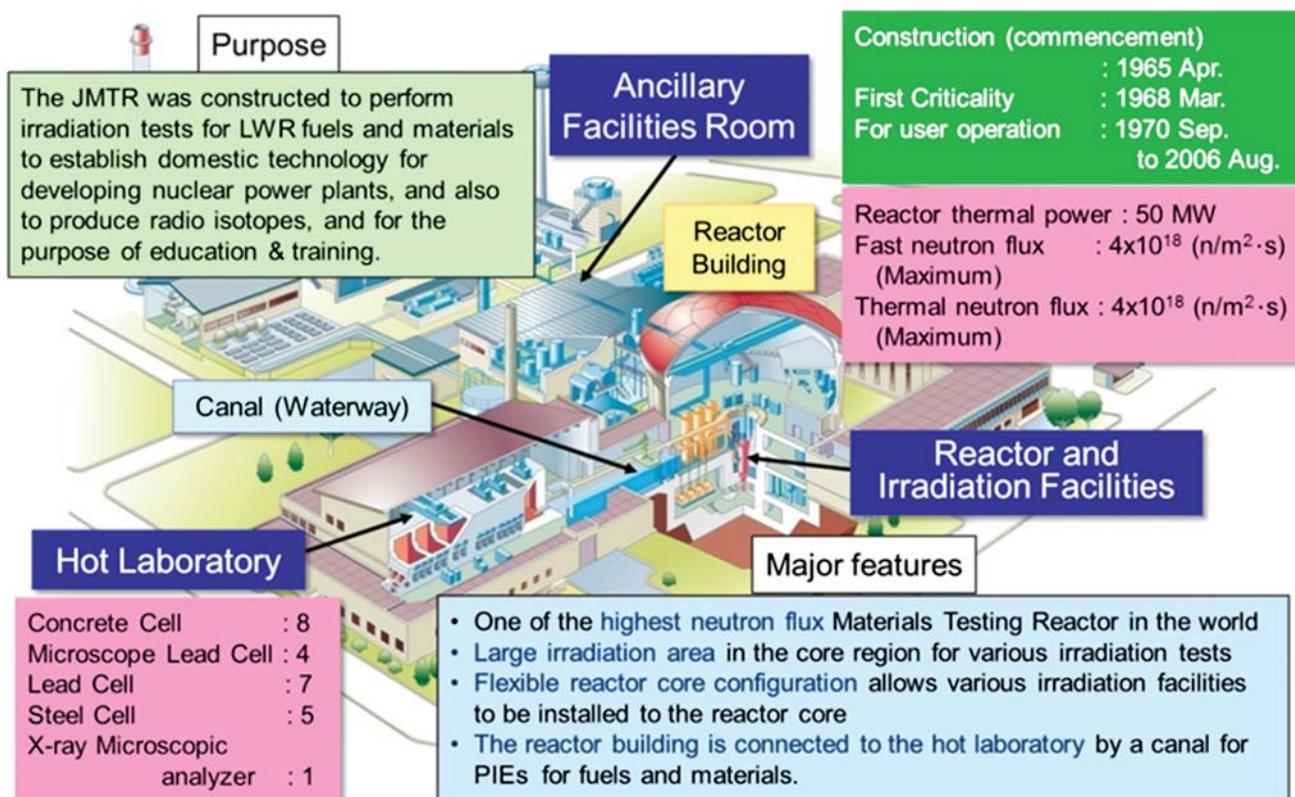


Рисунок 4 – Вид сверху на JMTR



Рисунок 5 – Работа по моделированию на JMTR с иностранными стажерами

(4) Нераспространение ядерного оружия и ядерная безопасность

Интегрированный Центр поддержки нераспространения ядерного оружия и ядерной безопасности – Integrated Support Center for Nuclear Nonproliferation and Nuclear Security

Этот Центр (ISCN), тесно сотрудничая с Казахстаном в области нераспространения ядерного оружия и ядерной безопасности, провел два семинара в Астане в сотрудничестве с Комитетом Республики Казахстан по атомной энергии (КАЭК) и принял участников из Казахстана на учебные курсы, проводимые в Токай-мура, Ибараки, Японии. Можно отметить следующие обобщенные результаты этих семинаров и учебных курсов

а) Семинары

- 7-8 июня 2011 г. в Астане

Семинар по мирному использованию атомной энергии и ядерному нераспространению. От Казахстана приняли участие: г-н Тимур Жанткин, председатель Комиссии по атомной энергии Казахстана (в то время) и представители из Департамента новых отраслей промышленности и технологии и Центра ядерной технологии. Общее число участников, включая японскую сторону: около 40 человек.

- 25-26 сентября 2012 г. в Астане

Семинар по ядерной безопасности. От Казахстана приняли участие: г-н Тимур Жанткин, председатель Комиссии по атомной энергии Казахстана (в то время) и представители из Департамента новых отраслей промышленности и технологии и Центра ядерной технологии. Общее число участников, включая японскую сторону: около 40 человек.

б) Участники учебных курсов по обеспечению безопасности (один человек на каждый курс)

- 28 ноября - 9 декабря 2011 г., 26 ноября - 7 декабря 2012 г.

Таким образом, ISCN и КАЭК формируют отношения сотрудничества друг с другом, а доктор Жанткин принял участие в семинаре по нераспространению ядерного оружия, который был проведен JAEA в Токио.

В будущем, ISCN и Казахстан могут сотрудничать друг с другом в нижеследующих областях:

(а) проведение семинаров по мирному использованию атомной энергии и нераспространению ядерного оружия / ядерной безопасности по взаимному сотрудничеству,

(б) предоставление обучения в SSAC и т.д., проводимых ISCN, в основном посредством участия Казахстана в ISCN обучении,

(в) оказание помощи ISCN в разработке необходимой

правовой системы и правил Казахстана,

(г) Сотрудничество в области подготовки плана по ядерной безопасности.

(5) Инструкторская обучающая программа с JAEA и НЯЦ РК

Ядерный центр развития человеческих ресурсов

Во многих азиатских странах существуют планы по созданию АЭС для улучшения своей энергетической безопасности. Тем не менее, для этих стран может быть затруднительным строительство и эксплуатация АЭС в связи с нехваткой человеческих ресурсов, например, операторов АЭС. С этой точки зрения, японское правительство в 1996 году решило вопрос об образовательной программе для поддержки таких стран. Целью этой образовательной программы является создание самодостаточной системы образования в этих странах. При финансовой поддержке японского правительства, JAEA провело инструкторскую учебную программу для азиатских стран - участниц Форума по ядерному сотрудничеству (FNCA). Индонезия и Таиланд участвовали в ней в качестве изначально участвующих стран, а Вьетнам присоединился к обучающей программе

ИТР в 2001 году. Казахстан стал одной из стран-участниц наряду с тремя другими странами в 2010 году.

ИТР включает в себя три основных направления деятельности: инструкторский учебный курс (ИТС), последующий учебный курс (ФТС) и семинары по ядерной безопасности. Основной подход при осуществлении учебной программы показан на рис. 6. JAEA приглашает стажеров из стран FNCA для обучения ИТС в течение 6-8 недель. После ИТС стажеры вернутся в свои страны и начнут там подготовку к ФТС. Через 2 года последние стажеры закончат подготовку и станут новыми главными инструкторами для ФТС. JAEA пошлет экспертов из Японии, чтобы помочь ФТС. На рис. 7 представлено групповое фото участников реакторной программы обучения ФТС в Алматы. Каждый из участников получил сертификат ФТС. На рис. 8 представлены достижения ИТС и ФТС. Общее количество участников в ИТС достигло 17-ти, а общее число обучаемых ФТС достигает 85 человек к 4-му году ИТР. Как JAEA, так и НЯЦ РК признают, что эта программа является очень плодотворной для развития человеческих ресурсов в атомной отрасли Казахстана.

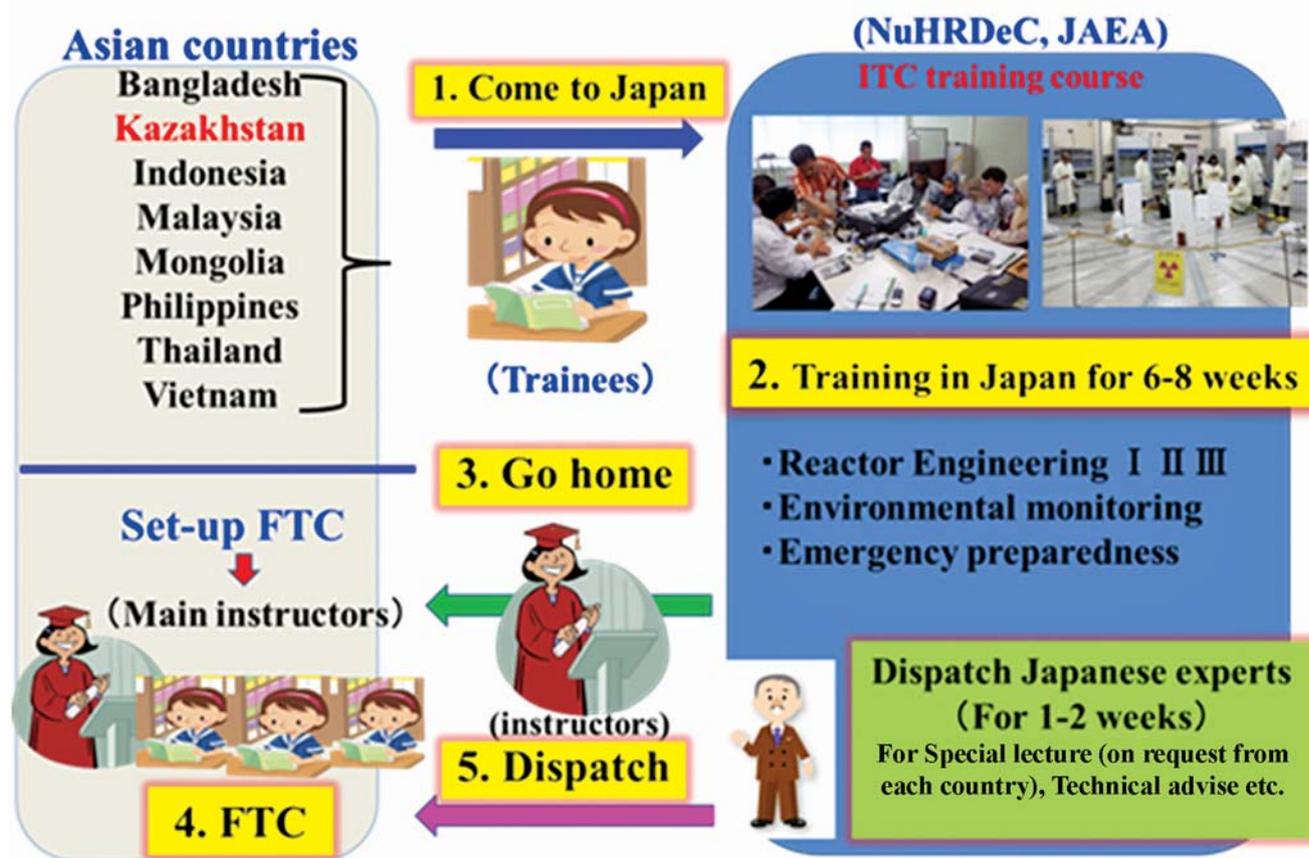


Рисунок 6 – Схематическое осуществление учебной программы (ИТР)



Рисунок 7 – Групповое фото с обучающего курса по реакторной технике FTC в Алматы

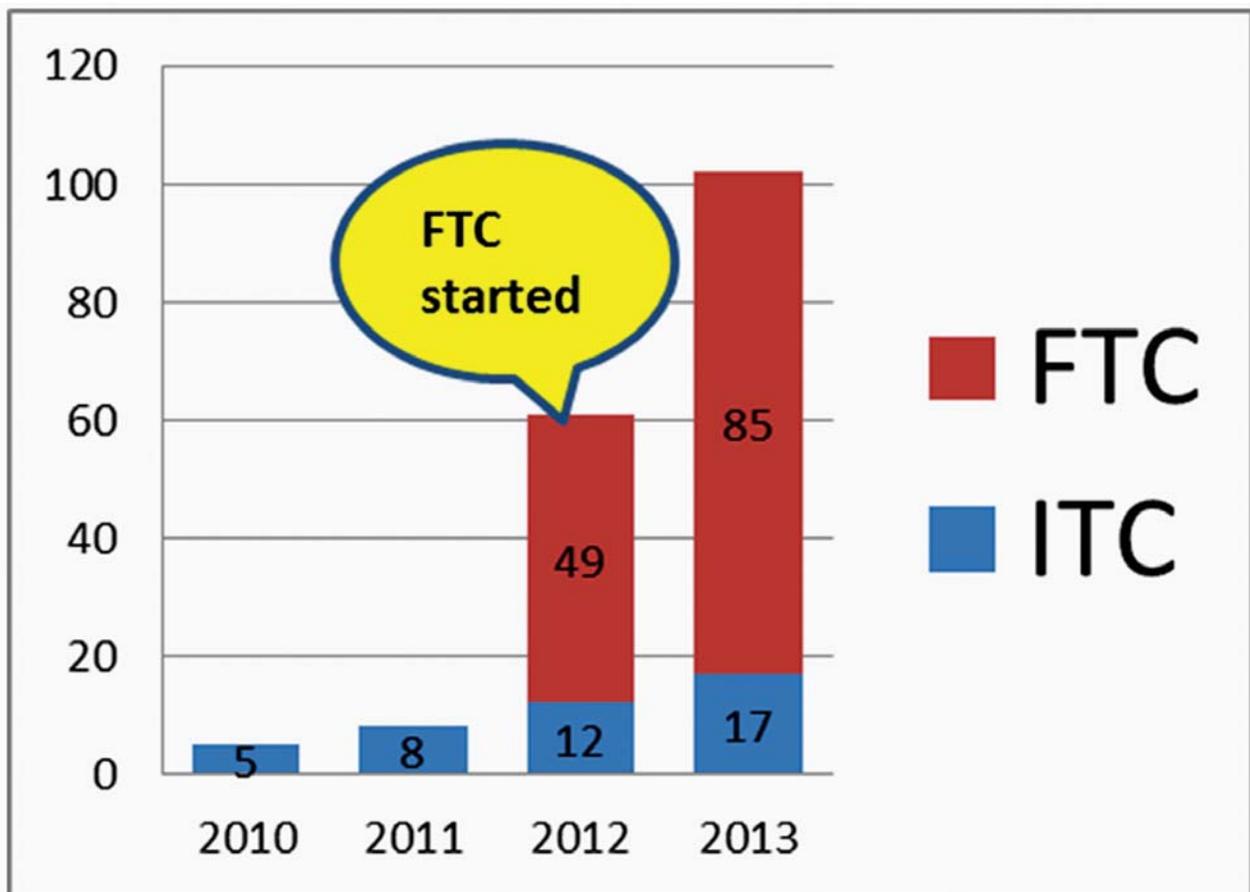


Рисунок 8 – Достижение ITC и FTC за 4 года

... ПЛЮС ВОДОРОД



А.А. Колодешников,
заместитель директора Института атомной энергии
НЯЦ РК по ядерным технологиям

В XXI веке ожидается резкое увеличение спроса на водород энергоёмкими отраслями промышленности. Потребность в нем будет расти в связи с увеличением глубины переработки нефти, наращиванием производства аммиака и метанола, освоением производства обогащенного (например, из сланцев или битуминозных песков) или синтетического (в первую очередь – из угля) жидкого топлива, развитием процессов прямого получения качественного железа и др.

Однако наибольший вклад в рост мирового спроса на водород ожидается от автотранспорта и систем локального бытового энергоснабжения. Транспорт расходует около половины мировой добычи нефти, а в США – даже 65% всей потребляемой нефти. Новые перспективы применения водорода в качестве топлива в локальной энергетике и на

транспорте открываются на базе прямого преобразования химической энергии водорода в электрическую с КПД до 70-80% без загрязнения окружающей среды.

Предполагается, что после 2020 года водород будет широко использоваться в топливных элементах. Здесь его потребление будет стремительно расти и, по имеющимся прогнозам, к 2050 году превысит потребление в химической и нефтеперерабатывающей промышленности. Общее потребление водорода в 2050 году оценивается в 2 036 400 млн. м³/год, что в четыре раза больше текущего потребления.

В XXI веке в мире активно развивается атомная энергетика, которая прочно утвердилась в сфере производства электроэнергии и доля которой в этом сегменте промышленности будет нарастать. Хотя атомная энергия не относится к возобновляемым ресурсам, ее способность воспроизводить ядерное топливо из сырья, объемы которого во много раз превышают количество исходного топлива, переводит атомную энергию в ранг практически возобновляемых источников энергии. Однако даже крупномасштабное использование ядерной энергетики в сфере производства электроэнергии не решает проблему растущего спроса на моторное топливо, промышленное и бытовое тепло. Поэтому перспективным является развитие нового направления – внедрение атомных энергетических мощностей в производство водорода, энергоёмкие отрасли промышленности и коммунальное хозяйство.

Энергетика, основанная на широком использовании производимого с помощью ядерного реактора водорода, как энергоносителя, в промышленности, электро- и теплоснабжении, на транспорте и в быту получила название атомно-водородной энергетике. Её преимуществами являются:

- практически неограниченные запасы ядерного топлива;
- наименьшее воздействие на окружающую среду по сравнению с использованием углеводородных ресурсов (т.е. практически исключены вредные выбросы в атмосферу);
- неограниченное количество сырья (воды) для получения водорода;
- удобство энергоносителя (водорода) для использования и транспортировки;
- большая потребность в водороде как химическом реагенте для промышленности;
- возможность аккумулирования энергии.

Концепция атомно-водородной энергетике может быть проиллюстрирована схемой, показанной на рисунке.

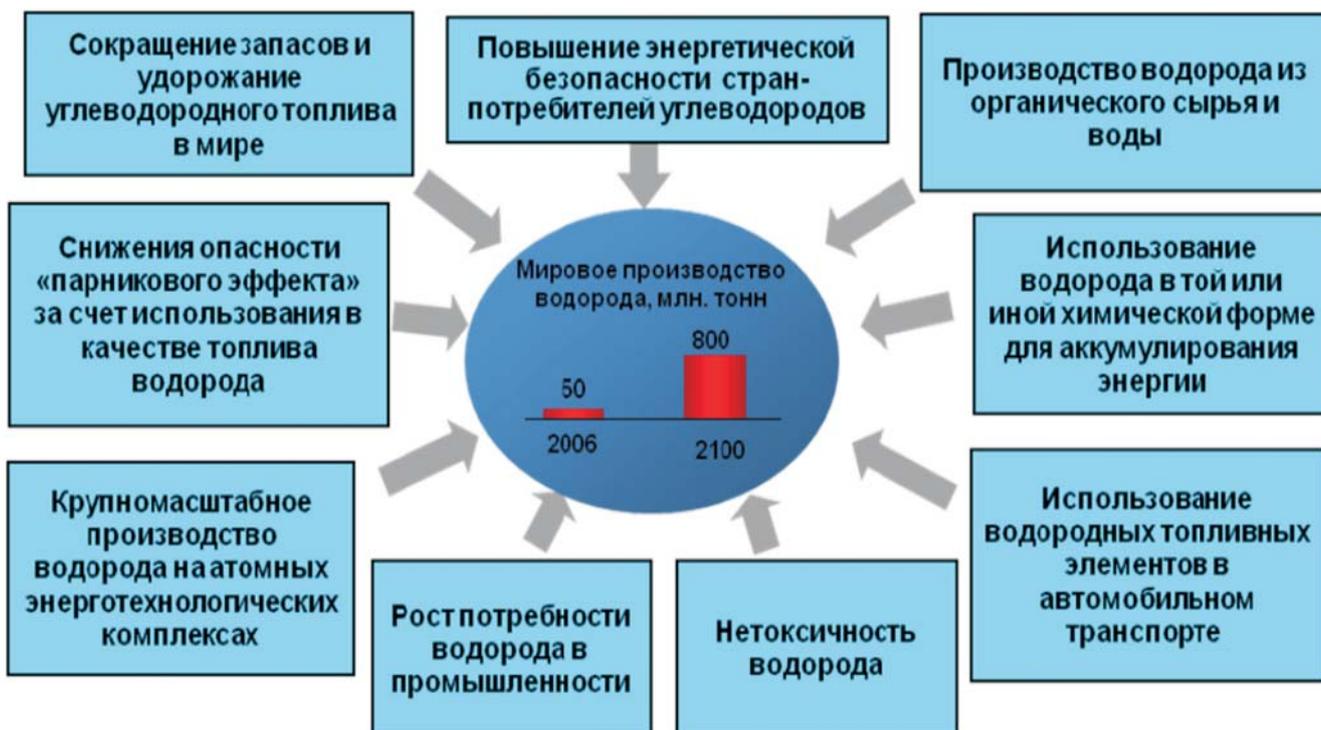


Концепция атомно-водородной энергетике

Атомно-водородная энергетика предусматривает расширение использования атомной энергии для энергоемких отраслей химической, металлургической, нефтехимической и строительной промышленности; для теплоснабжения различных потребителей. Появляется возможность крупномасштабного производства пресной воды.

Все это должно привести к появлению «водородной

экономики» - альтернативной экологически чистой энергетике ближайшего будущего, основанной на использовании водорода в качестве энергоносителя, которая будет обеспечивать устойчивое развитие и энергетическую безопасность мирового сообщества при решении экономических, социальных и экологических проблем. Факторы, формирующие «водородную экономику», показаны на рисунке.



Факторы, формирующие «водородную экономику»

Наиболее перспективным решением проблемы получения достаточного количества водорода для нужд промышленности является создание его производств с использованием высокотемпературного реакторного тепла и электроэнергии, вырабатываемых с помощью высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов (ВТГР). ВТГР относятся к инновационным реакторам IV поколения и вследствие присущих им особенностей являются реакторами с предельно-достижимым уровнем безопасности. Ожидается, что эти реакторы будут более экономически эффективными, чем реакторы других типов.

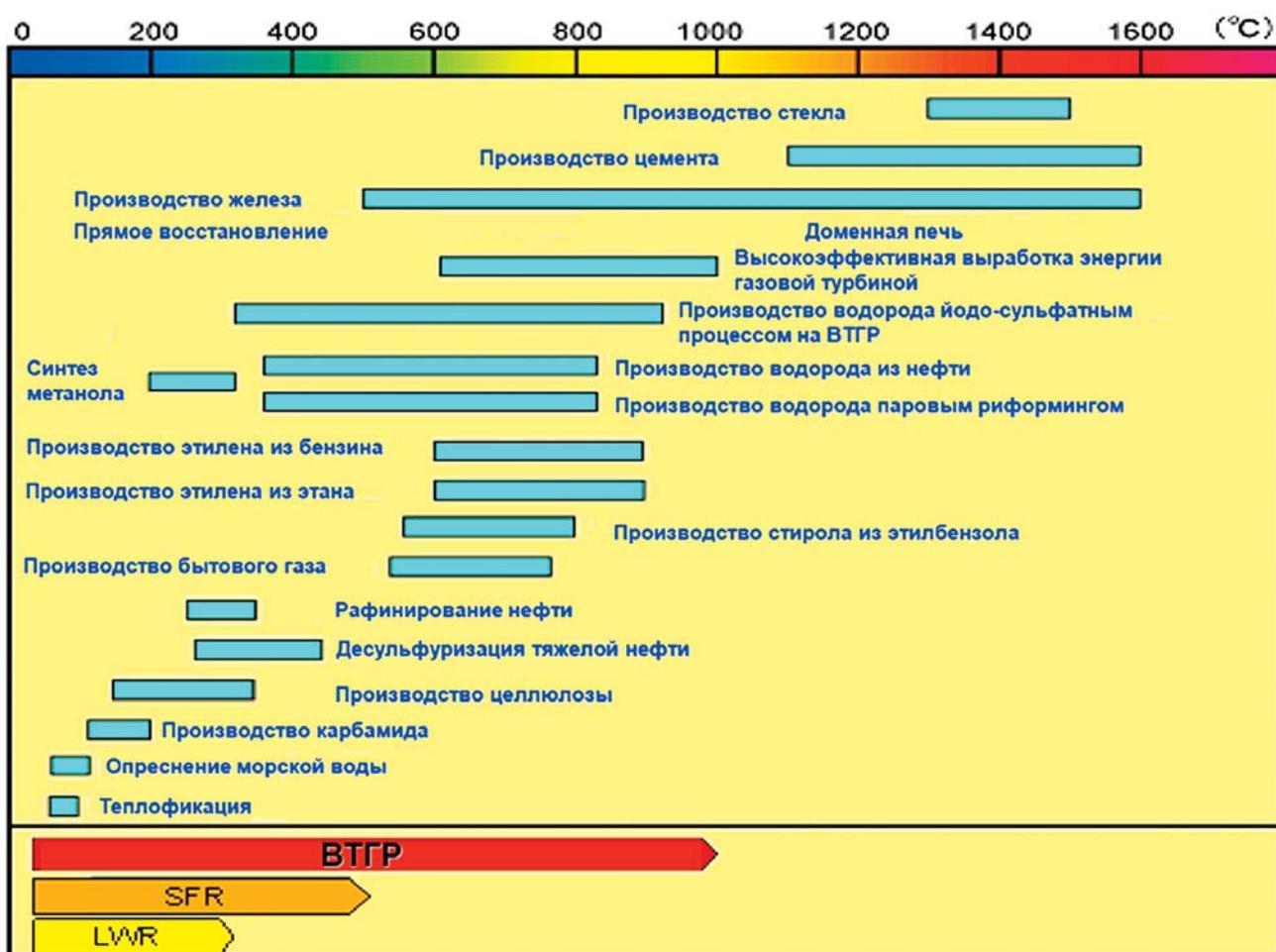
Основные преимущества газоохлаждаемых высокотемпературных (гелиевых) реакторов, которые могут определить перспективу их будущего широкого использования, заключаются в следующем:

- ВТГР может поставлять не только электричество, но и теплоноситель (с температурой до 950°C), необходимый для развития высокотемпературных технологий в различных отраслях промышленности (в производстве железа и стали, нефтепродуктов, водорода, газификации угля);
- возможно достижение высоких КПД (до 50%)

при использовании прямого газотурбинного цикла и, следовательно, снижение себестоимости электроэнергии;

- возможно достижения глубокого выгорания топлива;
- возможен переход ВТГР с одного топливного цикла на другие с использованием разных типов топлива (U, Pu, Th, MOX) без изменения конструкции активной зоны и основных компонентов установки;
- возможно эффективное «выжигание» высокоактивных отходов, образующихся при переработке отработанного ядерного топлива;
- возможно модульное исполнение блока с широким диапазоном мощности модуля (от малого до среднего уровня) и варьированием мощности АЭС набором модуле.

На рисунке показаны промышленные технологические процессы, которые могут быть эффективно реализованы с использованием высокотемпературного тепла и/или водорода, производимых с помощью ВТГР. Видно, что потенциальные области применения у ВТГР в энергетике и промышленности существенно шире, чем у водоохлаждаемых (легководных) реакторов и реакторов на быстрых нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем.



Высокотемпературные процессы в промышленности (реализуемые с использованием высокотемпературного тепла ВТГР)

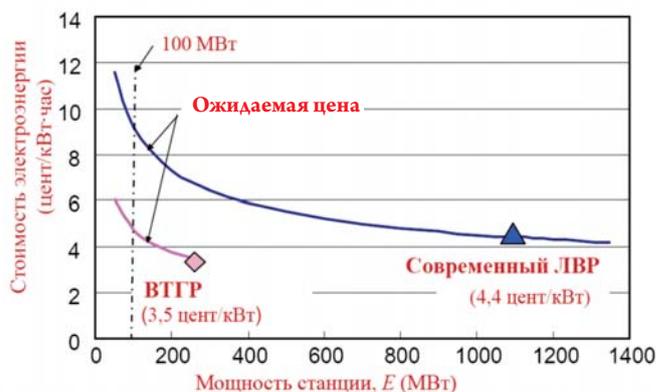
Проведенные предварительные оценки показали, что производство электроэнергии на АЭС с ВТГР окажется дешевле, чем на АЭС с легководным реактором (ЛВР), причем наиболее существенное снижение себестоимости электроэнергии при использовании ВТГР ожидается для АЭС с реакторами малой мощности.

Прогнозируется, что развитие мировой атомной энергетики приведет в 2040-50 гг. к постепенному переходу от современных водоохлаждаемых энергетических реакторов к реакторам, работающим на быстрых нейтронах, к высокотемпературным газоохлаждаемым реакторам.

В качестве первого шага по развитию будущей атомно-водородной энергетики в Казахстане НЯЦ РК предложил построить АЭС с ВТГР в наиболее подходящем для этого регионе страны. Реализовать этот проект предполагается в два этапа:

- этап 1 – создание в Курчатове опытно-промышленного энергоблока малой мощности с реактором типа ВТГР с паротурбинным и газотурбинным производством электроэнергии и опытным производством водорода;
- этап 2 – разработка на основе опыта, полученного в результате создания и эксплуатации опытно-промышленного

энергоблока с ВТГР малой мощности в Курчатове, коммерческих АЭС четвертого поколения в составе промышленно-технологических комплексов в качестве источников высокотемпературного тепла для производства водорода, очистки нефти, производства полиэтилена, аммиака, стали, газификации угля и производства электроэнергии в газотурбинном цикле.



Стоимость электроэнергии, произведенной на АЭС с ВТГР и ЛВР

Концептуальный план создания и внедрения атомных энергоисточников с ВТГР в энергетику и промышленность Казахстана может быть представлен в виде последовательного решения следующих основных задач:

- создание опытно-промышленного энергоблока с ВТГР малой мощности в Курчатове;
- проведение научно-исследовательских работ в обоснование проектных решений и технологий, связанных с ВТГР;
- разработка и реализация проекта ВТГР средней мощности;
- создание производств материалов, топлива и оборудования для ВТГР и связанных с ним технологических процессов;
- создание инновационных технологий и производств, основанных на использовании высокотемпературной тепловой энергии ВТГР.

Ожидается, что в результате реализации этого проекта казахстанские специалисты приобретут практический опыт в проектировании, строительстве и эксплуатации энергоблоков с ВТГР малой и средней мощности, а в стране будут созданы коммерческие АЭС с высокотемпературными газоохлаждаемыми реакторами различного мощностного диапазона для нужд энергетики и промышленности и внедрены современные технологические процессы (основанные на использовании высокотемпературной тепловой энергии, производимой ВТГР) в химической, нефтеперерабатывающей, металлургической и других отраслях промышленности.

В целом, реализация проекта приведет к созданию научно-производственной базы для развития атомной и водородной энергетики в Казахстане.

По предложению специалистов НЯЦ РК работы, связанные с созданием в Курчатове опытно-промышленного энергоблока малой мощности с реактором типа ВТГР были включены в отраслевую программу «Развитие атомной отрасли в Республике Казахстан на 2011-2014 годы с перспективой расширения до 2020 года» (утвержденную постановлением Правительства РК №728 от 29.06.2011 г.). Это предложение имело под собой серьезное основание. НЯЦ РК располагает двумя исследовательскими реакторами и экспериментальными стендами, пригодными для испытания и отработки топлива, ТВС и элементов конструкции ВТГР, исследования конструкционных материалов реактора и газотурбинного блока. В НЯЦ РК сосредоточен квалифицированный персонал, имеющий опыт испытаний реакторного топлива, материаловедческих исследований, разработки радиационных и ядерных технологий. Существует также принципиальная возможность организации производства топлива ВТГР в Казахстане (на базе АО УМЗ).

Проект опытно-промышленного энергоблока с высокотемпературным газоохлаждаемым реактором ВТГР в Курчатове планируется реализовывать в тесном

сотрудничестве со специалистами Агентства по атомной энергии Японии – JAEA (Japan Atomic Energy Agency). Соглашение о сотрудничестве между НЯЦ РК и JAEA в создании ВТГР было подписано в феврале 2009 года, хотя реальные контакты между казахстанскими и японскими специалистами для обсуждения проекта начались еще в 2007 году.

В качестве прототипа проекта ВТГР для Курчатова предполагается использовать проект реактора HTR50C, разработанный JAEA. Для получения водорода предполагается использовать термохимический процесс с серно-йодным циклом (IS-процесс). Этот процесс позволяет создать наиболее эффективную технологию производства водорода из воды с помощью ВТГР.

Если реализация проекта начнется в 2015 году, то ввод в опытную эксплуатацию опытно-промышленного энергоблока с ВТГР мощностью 50 МВт и электрогенерирующим блоком на основе паровой турбины в Курчатове будет возможен к 2025 году. До 2029 года энергоблок может быть оборудован блоком для производства водорода и оснащен газотурбинным блоком для производства электроэнергии. Японские специалисты из JAEA, компании Marubeny Utility Services Ltd. (MUS) и ряда других японских компаний уже выразили готовность принять участие в разработке ТЭО и проектной документации энергоблока с ВТГР для Курчатова.

Для изучения возможности реализации проекта Институт атомной энергии НЯЦ РК еще в 2008 году выполнил предварительные исследования. В качестве исходных данных использовались технические и экономические показатели проекта реактора HTR50C, полученные от японских специалистов из JAEA. В 2009 году специалистами JAEA и компании MUS провели предварительные технико-экономические исследования «Строительство ВТГР малой мощности для теплоснабжения в Республике Казахстан». Отдельные материалы, включенные в отчет по этой работе, были подготовлены ИАЭ. Финансирование работы осуществлялось Японским банком международного сотрудничества (JBIC). Специалистами ИЯФ и ИАЭ НЯЦ РК были подготовлены и проведены исследования поведения топлива ВТГР в процессе его облучения в реакторе ВВР-К. Эти исследования проводились в рамках проекта МНТЦ, который был поддержан японскими коллабораторами.

С учетом результатов проведенных предварительных технико-экономических исследований ИАЭ подал заявку на бюджетный инвестиционный проект «Создание опытно-промышленного энергоблока на базе инновационного высокотемпературного газоохлаждаемого реактора ВТГР в г. Курчатове».

В случае положительного решения этот проект станет первым шагом на пути создания атомно-водородной энергетики в Казахстане и будет еще одним примером плодотворного казахстанско-японского сотрудничества в сфере инновационного развития атомной науки и техники.

ПРИРУЧЕНИЕ НАТРИЯ



В.В. Яковлев,
 Главный инженер Института атомной энергии
 НЯЦ РК

С 1995 года параллельно с выполнением исследований по проекту COTELS в ИАЭ РГП НЯЦ РК начались работы по подготовке и проведению экспериментальных исследований, направленных на смягчение последствий или предотвращение возникновения повторной критичности при аварии с плавлением активной зоны создаваемого коммерческого реактора на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем.

Для проведения экспериментов с максимальным приближением к реальным условиям эксплуатации реакторов на быстрых нейтронах, в которых в качестве теплоносителя применяется щелочной металл – натрий, были спроектированы и смонтированы: экспериментальная установка, системы хранения, заполнения, подачи и утилизации натрия. Необходимо отметить, что эксперименты предстояло проводить с разогревом натрия до температур более 400 °С и последующим сливом в натрий окиси алюминия, а в реакторных экспериментах – расплавленного диоксида урана. Работа со щелочными металлами, как радиоактивными, так и нерадиоактивными представляет определенную опасность вследствие их высокой химической активности. Щелочные металлы при определенной температуре на воздухе самовозгораются, они бурно реагируют при соприкосновении с водой.

Чтобы успешно выполнить поставленные задачи, потребовалось обеспечить ряд организационных мероприятий, а самое главное – в кратчайшие сроки подготовить специалистов различных направлений для проектирования и эксплуатации натриевых систем экспериментальных стендов. Кроме того, возникла необходимость в обучении на предприятии сотрудников научных и вспомогательных подразделений методам работы с натрием. В 2003 году





японская сторона предоставила возможность пройти такое обучение группе сотрудников ИАЭ в Международном объединённом центре развития технологий, расположенном в городе Цуруга, префектура Фукуи, и посетить инженерный центр О-Арай с экспериментальными установками, в которых исследовались аварийные ситуации с использованием натрия (фото 1).

Программой обучения были предусмотрены: теоретическая подготовка (фото 2), тренинг на действующем натриевом контуре, имитирующем работу первого контура реактора на быстрых нейтронах (фото 3, 4), тренинги в огневых боксах по ликвидации аварий, вызванных разгерметизацией натриевого контура, и ликвидации пожара, возникшего вследствие возгорания натрия, отмычке загрязненного оборудования и утилизации натрия (фото 5).

Впоследствии в Институте атомной энергии Национального ядерного центра были организованы группы по обучению обращению с натрием различных направлений, таких как общая организация опасных работ, проектирование и конструирование сооружений и оборудования, эксплуатация экспериментальных стендов и устройств.

В результате были подготовлены квалифицированные технические кадры, обладающие необходимыми навыками и опытом при разработке и проведении сложных исследований. Все эти мероприятия являются определенным вкладом в развитие атомной энергетики Казахстана, кирпичиком в основании инновационного направления в исследованиях.



The Japan Atomic Power Company

Сотрудничество НЯЦ РК и JAPC и его перспективы

Takahiko HIDA

Senior General Manager

International Cooperation & Engineering Consulting Department
Japan Atomic Power Company

Предыстория

Как известно, по разведанным запасам урана Казахстан занимает второе место в мире после Австралии, а по объемам его добычи в 2009 году страна вышла на первое место в мире. Со второй половины 2000-х годов в проектах по освоению месторождений урана в Казахстане активно участвуют и японские компании – в том числе, электроэнергетические, торговые и компании-производители оборудования. Япония оказывает также содействие Казахстану в проведении эпидемиологического исследования в отношении лиц, подвергшихся воздействию радиации в районе Семипалатинского ядерного полигона, в формировании системы контроля и учета ядерных материалов, в сфере ядерной безопасности и защитных материалов и оборудования и в прочих вопросах, связанных с обеспечением безъядерного статуса Казахстана. Между странами установились отношения глубокого сотрудничества.

Связи между Казахстаном и Японией в области атомной энергетики начались в начале 1990-х годов с верификационных испытаний безопасности реакторов в случае аварии с расплавлением активной зоны. Они проводились на экспериментальной установке Национального ядерного центра Республики Казахстан. Затем были начаты несколько проектов: эпидемиологическое исследование облученных в районе Семипалатинского полигона, эксперимент по изучению поведения легководного реактора во время тяжелой аварии, эксперимент в рамках проекта EAGLE на реакторе на быстрых нейтронах. Для обмена мнениями по вопросам, связанным с этими исследованиями, в период с 1997 года по 2004 год состоялось пять «Казахстанско-японских семинаров по сотрудничеству в области мирного использования атомной энергии», на которых обсуждались направления дальнейшего сотрудничества между Казахстаном и Японией.

Японская атомно-энергетическая компания (JAPC) с самого начала участвовала – в качестве

электроэнергетической компании – в проекте EAGLE. После того, как казахстанская сторона обратилась к JAPC с просьбой о техническом содействии в проработке вопроса создания атомной энергетики в Казахстане, в 2005 году между НЯЦ РК и JAPC был, во-первых, подписан Меморандум «О сотрудничестве в области мирного использования атомной энергии и атомно-энергетических технологий» и, во-вторых, был составлен документ



«Требования эксплуатирующей организации», содержащий основные требования, предъявляемые к производителям и поставщикам атомных электростанций.

Затем – в 2007 году – был подписан «Меморандум о техническом сотрудничестве в деле создания атомной энергетики в Казахстане» между НЯЦ РК и JAPC. В соответствии с ним и на основе имеющихся у казахстанской стороны материалов было проведено технико-экономическое исследование (ТЭИ), направленное на изучение возможностей строительства АЭС в Казахстане. По сей день продолжается обучение в Японии, в учебном центре JAPC, казахстанских специалистов, направленное

на подготовку кадров для атомной энергетики Казахстана (подробнее об этом см. в статье В.Витюка. – Ред.).

Сотрудничеству способствовали договоренности на межгосударственном уровне. В 2006 году на встрече Президента Казахстана Н.А. Назарбаева и (тогдашнего) премьер-министра Японии Коидзуми было подписано «Совместное заявление о дальнейшем развитии дружбы, партнерства и сотрудничества между Казахстаном и Японией», в котором главы двух государств были едины в стремлении развивать сотрудничество в области мирного использования атомной энергии. Были также подписаны «Меморандум о продвижении сотрудничества в области использования атомной энергии» и «Меморандум о сотрудничестве Министерства энергетики и минеральных ресурсов Республики Казахстан и Управления по ресурсам и энергетики Министерства экономики и промышленности Японии о сотрудничестве в деле подготовки кадров для внедрения в Казахстане легководных реакторов». Именно на основе этого Меморандума и проводится в Японии упомянутая подготовка кадров для атомной энергетики Казахстана.

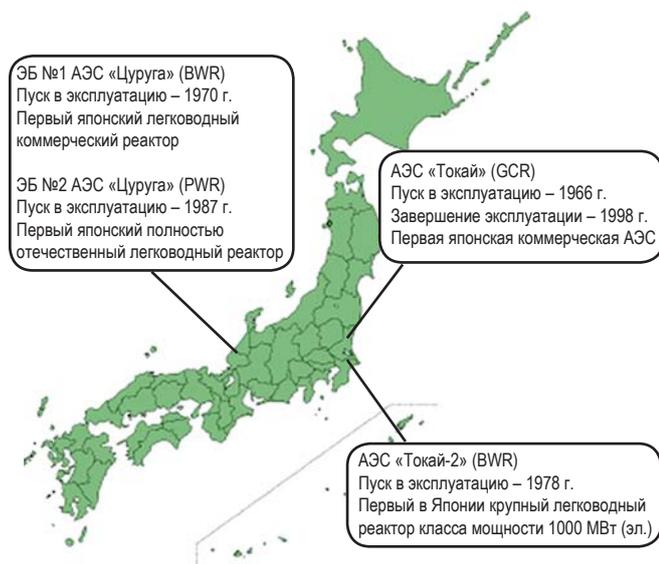
Дружеские отношения между Казахстаном и Японией становятся все более глубокими. Так, в 2008 году министром энергетики и минеральных ресурсов Казахстана и парламентским заместителем министра экономики и промышленности Японии был подписан Меморандум о сотрудничестве в освоении месторождений урана, в атомной



На исследовательском объекте в г. Курчатов, 2004 г.

энергетике, производстве ядерного топлива, совместных исследованиях в области передовых атомно-энергетических технологий и т.д. В 2010 году между двумя странами было заключено межправительственное «Соглашение о сотрудничестве в области мирного использования атомной энергии, а в 2012 году министром индустрии и новых технологий Казахстана и министром экономики и промышленности Японии подписан «Меморандум об укреплении экономических связей между Казахстаном и Японией».

Что такое JAPC?



Атомные электростанции JAPC

В начале 1950-х годов в Японии было признано необходимым в короткие сроки перенять технологии атомных реакторов из-за рубежа, где реакторы уже

использовались на коммерческой основе, повысить технологический уровень атомной энергетики и обеспечить подготовку кадров, необходимых для отрасли. На будущую атомную энергетику возлагались большие надежды. Для того, чтобы знания и технологии, необходимые в коммерческом использовании атомных реакторов, могли найти себе широкое применение в других областях, в 1957 году была создана компания JAPC, на которую была возложена миссия первопроходца в японской атомной энергетике: она должна была выполнить строительство АЭС, организовать ее эксплуатацию и продемонстрировать коммерческую состоятельность атомной энергетики.

В 1966 году JAPC начала эксплуатацию АЭС «Токай» (реактор с графитовым замедлителем и углекислым газом в качестве теплоносителя), ставшую первой в Японии коммерческой атомной электростанцией. После этого в 1970 году JAPC пустила в эксплуатацию энергоблок №1 АЭС «Цуруга» – первый японский коммерческий легководный (водо-водяной) реактор (типа BWR-2), в 1978 году – первый в Японии крупный легководный реактор класса мощности 1000 МВт (эл.) на АЭС «Токай-2» (типа BWR-5), а в 1987 году – энергоблок №2 АЭС «Цуруга» – первый японский реактор, использующий только отечественные технологии. В 1998 году реактор на АЭС «Токай», бывший единственным

в Японии реактором с графитовым замедлителем, по соображениям экономичности был выведен из эксплуатации, и в настоящее время наша компания проводит работы по его декомиссии.

Как показывают эти факты, JAPC имеет более чем пятидесятилетний опыт эксплуатационной деятельности в качестве электроэнергетической компании, специализирующейся исключительно на атомной энергетике, и является компанией с глубокими знаниями вопросов атомной энергетики – от пионерного внедрения до декомиссии реакторов. Мы считаем, что этот опыт JAPC будет полезен в Казахстане при строительстве и эксплуатации здесь атомных электростанций и что мы можем оказать содействие Казахстану в разнообразных аспектах деятельности по управлению АЭС.

Кроме того, в последние годы наша компания, опираясь на свой богатый опыт и знания, активизировала международное сотрудничество. Мы можем оказывать техническое содействие и проводить подготовку кадров как специализированная атомно-энергетическая компания, т.е., с позиции, отличной от, например, позиции производителей и поставщиков оборудования для АЭС. JAPC обладает также богатым опытом технического содействия в проведении широкого спектра работ, необходимых для принятия решения о реализуемости и целесообразности строительства АЭС. Это составление графика строи-

тельства АЭС, проведение метеорологических, океано-логических, рельефных, геологических и прочих исследований и оценка на их основе кандидатных площадок для АЭС, выбор наиболее оптимальных типов реакторов, экономический и финансовый анализ и т.д. Кроме того, в качестве консультанта, выступающего с позиций эксплуатирующей организации, JAPC оказывает содействие тем странам, которые впервые создают у себя атомную энергетику. Мы располагаем собственным учебным центром, предназначенным для подготовки кадров – от операторов АЭС до инженеров, в котором имеются тренажеры, имитирующие блочные щиты управления реальных АЭС, оборудование и макеты для занятий работников, отвечающих за обслуживание оборудования АЭС, а также учебные залы, оборудование и инвентарь для занятий и упражнений по радиационному контролю и дозиметрии. В этом учебном центре мы принимаем на обучение стажеров из разных стран мира.

Ожидается, что Казахстан будет создавать свою атомную энергетику: заниматься строительством и эксплуатацией АЭС и управлять их хозяйственной деятельностью. Мы надеемся, что и здесь нам удастся сохранить и развить те добрые отношения, которые установились между JAPC и казахстанскими организациями, и намерены в дальнейшем прилагать все силы для развития разнообразных форм сотрудничества с Казахстаном.

Сотрудничество JAPC с НЯЦ РК



Совещание JAPC и НЯЦ по вопросам RKURD, 2005 г.

JAPC с самого начала играла одну из ведущих ролей в реализации проекта EAGLE. С этого проекта фактически начались наши связи с НЯЦ РК, которые сегодня реализуются в двух направлениях – в техническом сотрудничестве по созданию атомной энергетики в Казахстане и в подготовке кадров для будущей атомной энергетики Казахстана.

В рамках технического сотрудничества на основании Меморандума 2005 года был создан документ под названием «Требования эксплуатирующей организации республики

Казахстан» (RKURD). RKURD представляет собой перечень требований, выполнение которых является необходимым для успешной реализации планов по строительству атомных электростанций. В RKURD, который состоит из трех томов – тома 1 «Основной подход и цели» (2005 г.), тома 2 «Требования к атомной части АЭС» (2006 г.) и тома 3 «Требования к электрогенерирующей части АЭС» (2007 г.) – собраны основные положения, которые должны быть учтены при проектировании АЭС. Плюс к тому, в этом документе с учетом специфических особенностей Казахстана приведены конкретные примеры проектных решений наиболее современных атомных электростанций. Мы уверены, что RKURD будет полезным материалом при дальнейшем рассмотрении и оценке в Казахстане кандидатных типов реакторов.

Кроме того, в 2008-2009 годах было проведено Технико-экономическое исследование (ТЭИ) по оценке возможности строительства АЭС в Казахстане, в котором были рассмотрены и изучены такие вопросы, как выбор оптимальной мощности АЭС, выбор кандидатных регионов и выбор кандидатных типов реакторов. Далее, в 2009-2010 годах нами были сделаны предложения по полноценной проработке плана строительства АЭС, включавшие изучение вопроса мощности АЭС, выбора и оценки типа реактора, возможности транспортировки оборудования АЭС, оценку экономичности проекта строительства АЭС, проработку графика проекта и



Подписание Меморандума о техническом сотрудничестве с НЯЦ РК, 2013 г.

т. д. В феврале 2013 года был подписан новый Меморандум о сотрудничестве, в котором было заявлено о дальнейшем продолжении сотрудничества в проведении ТЭО для строительства АЭС, в строительстве АЭС, в оказании помощи по эксплуатации АЭС, в подготовке кадров и т. д.

В области подготовки кадров с 2007 года реализуются учебные программы для стажеров из Казахстана, составленные с учетом потребностей казахстанской стороны и направленные на подготовку таких кадров, которые будут необходимы в Казахстане при создании им своей атомной энергетики. На этих учебных курсах обучались сотрудники НЯЦ РК, Института атомной энергии (ИАЭ НЯЦ РК), Комитета по атомной энергии (КАЭ), Министерства индустрии и новых технологий (МИНТ) и других организаций, связанных с атомной энергетикой. В последние годы к ним также добавились и казахстанские студенты, изучающие атомную энергетику. До сих пор в лекциях, проводившихся в Казахстане, приняло участие в общей сложности 106 человек, а в курсах обучения

в Японии – 58 человек.

В учебных курсах, охватывающих широкий круг вопросов от основ атомной энергетики до конкретных проектных решений при строительстве АЭС, учащимся даются знания по общему устройству атомных реакторов, прежде всего – легководных, по планам строительства АЭС, по безопасному проектированию атомных реакторов, по проектированию активных зон реакторов и прочим вопросам, а также по вопросам радиационной защиты и радиационного контроля. На учебных тренажерах выполняются упражнения по управлению атомными электростанциями. Рассматриваются вопросы создания атомной энергетики, включая основные принципы проведения ТЭО и т. д. Учебные программы сочетают теоретические занятия, упражнения и посещения объектов атомной энергетики – электростанций, заводов по производству оборудования для АЭС и т. д., что позволяет учащимся под разными углами зрения посмотреть на вопросы атомной энергетики и выработать комплексное ее понимание.

Дальнейшие перспективы сотрудничества

Мы видим, что Казахстан последовательно продвигается вперед по пути строительства АЭС. Мы убеждены, что в деле внедрения атомной энергетики в стране важную роль играет НЯЦ РК, обладающий богатыми знаниями и опытом в области

атомной энергетики и высокопрофессиональными кадрами. Мы считаем, что именно НЯЦ РК является той организацией, которая может успешно выполнить функцию по созданию атомной энергетики в Казахстане.

Мы гордимся тем, что НЯЦ высоко ценит отношения сотрудничества между НЯЦ и JAPC, охарактеризовав их как «очень хорошие и полезные». JAPC намерена и в дальнейшем прилагать все силы для того, чтобы обеспечивать дальнейшее развитие этого сотрудничества и чтобы оказать, с позиций электроэнергетической компании, всестороннюю поддержку Казахстану в деле создания им своей атомной энергетики. Мы полагаем, что подготовка кадров и проработка технических вопросов будут иметь важное значение в дальнейшем продвижении Казахстана по пути создания своей атомной энергетики.

Подготовка кадров, т.е., специалистов в области атомной энергетики, является одним из обязательных и необходимых базовых условий успеха для страны, собирающейся строить у себя АЭС. В случае конкретизации планов создания атомной энергетики в Казахстане содержание наших курсов будет в соответствии с этими планами качественно развиваться и расширяться, и на их основе удастся подготовить большое число специалистов.

Для успешности подготовки кадров мы хотели бы порекомендовать, чтобы кроме участия казахстанских стажеров в учебных курсах в Японии, был бы также создан и учебный центр на территории самого Казахстана. Так как JAPC является компанией, специально созданной в Японии именно для развития в ней своей атомной энергетики, мы считаем, что имеющийся у нас опыт может оказаться полезным для НЯЦ РК и в полной мере найти себе применение в его деятельности по созданию атомной энергетики в Казахстане.

Особенно полезной является подготовка специалистов с использованием тренажера, позволяющего моделировать в режиме реального времени поведение реального энергоблока АЭС. Такой тренажер служит для отработки действий операторов при пуске и останове реактора и при его работе в штатном режиме эксплуатации, изучать поведение оборудования АЭС при различных переходных процессах и авариях (аварии полного обесточивания станции /аварии SBO/, аварии потери теплоносителя /аварии LOCA/ и т. п.), а также при тяжелых авариях (аналогичных авариям на АЭС «Три-Майл-Айленд», АЭС «Фукусима-1» и т. д.). При этом на тренажере можно визуализировать и представлять в графическом виде такие характеристики и параметры работы реактора, которые обычно невозможно визуализировать на БЩУ самого реактора. Это помогает обучающимся в простой форме составить представление о состоянии реактора и происходящих в нем процессах и углубить свое понимание принципов работы реакторов и их особенностей. Занятия на тренажере позволяют связать в единое целое теоретические знания, полученные в лекционных занятиях, с реальным поведением атомных реакторов, что улучшает понимание принципов работы реактора. Такая форма обучения и тренинга является очень полезной для тех стран, которые собираются создавать свою атомную энергетику.

Мы также считаем, что эффективным средством для



Учебные курсы 2013 г. в Учебном центре JAPC

технической проработки проекта строительства АЭС и для развития технологий атомной энергетики Казахстана может стать синтез тех знаний, опыта и технологий, которыми располагает в области атомной энергетики НЯЦ РК, и того опыта строительства и эксплуатации разнообразных реакторов, которыми обладает JAPC.

Ближайшей задачей при проведении технико-экономического обоснования (ТЭО) строительства АЭС будет, как нам представляется, изучение и оценка кандидатной площадки. JAPC в нескольких странах участвовала в проведении таких ТЭО в соответствии с нормативами МАГАТЭ, а также нормативами западных стран и Японии. Поэтому мы считаем, что наше сотрудничество с НЯЦ РК, в котором будут использоваться полученные при этом нами знания и опыт проведения ТЭО, будет чрезвычайно полезным для Казахстана.

Компания JAPC, будучи электроэнергетической компанией, специализирующейся на атомной энергетике, и учитывая аварию, произошедшую на АЭС «Фукусима-1», больше всего надеется на то, что эксплуатация атомных электростанций, которые в дальнейшем станут работать в мире, будет безопасной и стабильной. Для нас очень важно и почетно сотрудничать с НЯЦ РК, как с одним из важнейших участников проекта по созданию атомной энергетики в Казахстане. Мы намерены и в дальнейшем прилагать все силы для установления и развития длительных и прочных отношений сотрудничества между JAPC и НЯЦ РК.

ЗА НАУКОЙ НА ОСТРОВА

Подготовка казахстанских атомщиков в учебном центре JAPC

В. Витюк

Начальник группы лаборатории испытаний реакторного топлива



Территория учебного центра

Подготовка специалистов-атомщиков Казахстана ведется японской атомно-энергетической компанией JAPC (Japan Atomic Power Company) при поддержке правительства Японии в рамках развития казахстанско-японского сотрудничества в области мирного использования атомной энергии.

Одним из направлений деятельности JAPC является техническая поддержка развивающихся стран, планирующих внедрение атомной энергетики, в том числе в такой важной составляющей как развитие человеческих ресурсов. Для этого в компании существует специализированный учебный

центр с командой высококлассных преподавателей. Здесь проводится теоретическое и практическое обучение персонала АЭС. За время существования центра в его стенах подготовлены тысячи японских и сотни иностранных стажеров из более, чем двадцати стран мира.

Первая группа казахстанских специалистов была направлена в учебный центр JAPC в 2008 году. Куратором группы был назначен г-н Нобуоши Такахаши (Nobuoshi Takahashi), замечательный преподаватель, специалист, имеющий огромный практический опыт работы на атомных электростанциях.

На протяжении четырех недель преподаватели учебного центра и приглашенные лекторы передавали стажерам свои знания и опыт. Обучение было построено на чередовании теоретических и практических занятий, что существенно облегчало усваивание материала. Особый интерес казахстанцев вызвали занятия на тренажере, имитирующем рабочее место оператора пультной АЭС и позволяющем моделировать различные эксплуатационные ситуации. Организовывались выезды на ближайшую АЭС и заводы по производству топлива и оборудования атомных станций.

Хорошему пониманию учебного материала в большой степени способствовала высококлассная работа переводчика, г-на Игоря Ежелева, который всегда был готов разъяснить все интересующие детали и с которым у всех участников обучения сложились добрые отношения.

Множество новых знаний и впечатлений принес технический тур по объектам атомной энергетики. Маршрут был спланирован так, что удалось посетить уникальные производства, например, сталелитейный завод Муроран (Muroran) компании JSW (Japan Steel Works), на котором, помимо прочего, отливаются заготовки корпусов для ядерных реакторов большой мощности.

Во время визита на АЭС «Томари» стажеры своими глазами увидели процесс сооружения нового энергоблока

и, что называется, своими руками пощупали уже смонтированное основное оборудование.

Впечатлило и посещение крупнейшей в мире по установленной мощности АЭС «Кашивазаки-Карива», состоящей из семи энергоблоков, а также учебно-тренировочного центра, осуществляющего подготовку персонала для этой станции.

И, конечно же, впечатления от поездки в Японию были бы неполными без знакомства с культурой и традициями этой страны. Для этого в выходные дни организовывались совместные с сотрудниками JAPC экскурсии с посещением достопримечательностей и исторических мест.

Участники курса обучения постоянно чувствовали опеку со стороны сотрудников приглашающей компании, которые во всем шли навстречу. Любые вопросы – организационные, учебные, бытовые – решались, в буквальном смысле, молниеносно. Созданные условия позволили, с одной стороны – сосредоточиться на учебе и приобрести необходимые знания по рабочей тематике, а с другой – получить удовольствие от пребывания в такой интересной стране как Япония.

Сегодня курсы обучения в компании JAPC стали уже традиционными. Ежегодно новые группы казахстанских специалистов прибывают в учебный центр, который постоянно модернизируется и расширяется.



Занятия на тренажере

Построен новый полномасштабный учебный тренажер, предназначенный для детальной отработки действий операторов АЭС при эксплуатации энергоблока, пополняется стендовая база. Совершенствуется и программа обучения, организуются выездные занятия в головном офисе компании, расширяется география посещаемых в рамках экскурсий производственных объектов.

Для встречи и общения с казахстанскими стажерами находят время и первые руководители компании JAPC,

которые всегда интересуются тем, как проходит обучение, какие имеются вопросы и пожелания по тематике курсов. Вообще организаторы очень внимательно относятся к мнению стажеров, стараясь учесть все замечания при разработке программы обучения для последующих групп. Благодаря этому курс обучения постоянно совершенствуется и дополняется направлениями, которые наиболее интересны и актуальны для казахстанских специалистов на текущем этапе развития собственной атомной энергетики.



Новый полномасштабный тренажер в учебном центре JAPC



Занятия в головном офисе компании JAPC



Встреча президента компании JAPC г-на Yasuo Hamada с участниками курса обучения



На строящемся энергоблоке АЭС «Томари»



Экскурсии по историческим местам



Посещение учебно-тренировочного центра при АЭС «Кашивазаки-Карива»

КУРЧАТОВСКОЕ ЭХО «ФУКУСИМЫ»

Shohei Kawano, Senior Specialist

Power and Industrial Systems Research and Development Center
Metals Technology R&D Department, Environmental Materials and Structural Analysis Group



Ситуация

11 марта 2011 года в результате землетрясения, эпицентр которого находился в акватории Тихого океана у побережья японского региона Тохоку, а также последовавшего за этим цунами пострадали реакторы

и бассейны выдержки отработанного ядерного топлива (ОЯТ) четырех энергоблоков (ЭБ) на АЭС «Фукусима-1». Из-за полной потери источников электропитания вышло из строя оборудование для охлаждения реакторов,

в результате чего под действием остаточного тепловыделения произошло расплавление ядерного топлива в активных зонах ЭБ №1-3, то есть во всех энергоблоках, кроме ЭБ №4, в котором производилась плановая инспекция с выгрузкой топлива в бассейн ОЯТ. Считается, что часть расплавов активных зон реакторов упала в донные части защитных оболочек (контейментов) реакторов и достигла их опорных пьедесталов, расположенных в нижних частях контейментов. В результате повреждения активных зон реакторов произошла утечка радиоактивных веществ, вызвавшая загрязнение в зданиях АЭС, на ее территории, а также в местностях за пределами АЭС. Эта авария стала первой тяжелой аварией в Японии, и в настоящее время осуществляются мероприятия по декомиссии реакторов АЭС, а также по восстановлению окружающей среды в местах радиоактивного загрязнения. Конкретно говоря, производится извлечение топлива из бассейнов ОЯТ, прорабатываются методы изучения состояния застывших расплавов активных зон и их извлечения, проводятся работы по дезактивации зданий АЭС и разбору завалов на ее территории, а также дезактивационные мероприятия за пределами станции, направленные на восстановление окружающей среды.

Компания Toshiba, будучи производителем реакторов типа BWR, на протяжении многих лет работала над энергоблоками №2, №3, №5 и №6 АЭС «Фукусима-1», – занималась их строительством, периодическими инспекциями, модернизацией и в полном объеме владела технической информацией по ним. По этой причине мы, получив обращение от правительства Японии и компании ТЕРСО, вошли в состав Группы по вопросам НИОКР при «Комиссии правительства и ТЕРСО по выработке средне- и долгосрочных мер на АЭС «Фукусима-1», а также в состав «Международного исследовательского института по декомиссии атомных реакторов» (IRID) и занимаемся научной и исследовательской деятельностью, направленной на разработку технологий, необходимых

для декомиссии АЭС «Фукусима-1».

Компания Toshiba с 1994 года участвовала в исследованиях по обоснованию безопасности реакторов в случае возникновения на них аварий с расплавлением активной зоны (Проект COTELS), проводившихся Корпорацией инжиниринга в атомной энергетике (NUPEC) с использованием установок для экспериментов с расплавом топлива (установок ЛАВА-Б и ВЧГ-135) Национального ядерного центра Республики Казахстан (НЯЦ РК). Этот проект стал первым совместным исследовательским проектом Японии и Казахстана в области атомной энергетики. А с 2011 года с использованием установок ЛАВА-Б и ВЧГ-135 НЯЦ осуществляются исследования по вопросам пассивного охлаждения расплава активной зоны (проект CORMIT) в рамках разработки технологий легководных реакторов следующего поколения.

Таким образом, имеющиеся у НЯЦ РК уникальные технологии и богатый опыт проведения экспериментов с расплавом топлива помогают в деле изучения поведения расплава и в разработке связанных с этим технологий, то есть, в проведении исследований, которые затруднительно осуществлять в самой Японии. Начавшееся в 1990-е годы сотрудничество между НЯЦ РК и японскими организациями рассматривается в Японии как очень полезное. В Японии надежды возлагаются и на то, что экспериментальные установки и технические возможности НЯЦ РК окажутся полезными в разработке технологий извлечения застывших расплавов активных зон аварийных реакторов «Фукусимы-1».

В этой статье мы вкратце рассмотрим особенности аварии на АЭС «Фукусима-1» и остановимся на сотрудничестве между НЯЦ РК и Toshiba по вопросам ликвидации последствий этой аварии. Прежде всего, мы расскажем о состоянии, в котором, как предполагается, находятся застывшие расплавы активных зон ЭБ №1-3, о задачах по отработке технологий их извлечения, а затем – о техническом сотрудничестве в этих вопросах между НЯЦ РК и Toshiba.

Особенности аварии на АЭС «Фукусима-1»: состояние активных зон

Так как прямое наблюдение за ситуацией внутри силовых корпусов реакторов АЭС «Фукусима-1» не ведется, оценка состояния активных зон производится на основании расчетных кодов МААР (Modular Accident Analysis Program), предназначенных для анализов тяжелых аварий, а также по оценкам теплового баланса на основе фактических данных по подаче воды в аварийные реакторы.

На рис. 1 показано состояние, в котором, как считается, находятся активные зоны ЭБ №2 и ЭБ №3 АЭС «Фукусима-1» (изображено реакторное здание в сечении с указанным расположением силового корпуса в контейменте).

Предполагается, что хотя в ЭБ №2-3 произошло повреждение и расплавление топлива, часть его остается в месте активной зоны реактора, а остальная часть стекла в свободное пространство нижней части силового корпуса и на опорный пьедестал контеймента. В настоящее время подача воды в реакторы производится через трубопроводы питательных контуров, а также через трубопроводы системы впрыска воды в активную зону (системы CS). За счет этого температура в соответствующих местах в контейменте стабильно остается ниже 100 °С. Предполагается, что топливо в тех местах, куда оно попало из активной зоны, в принципе, находится в контакте

с водой и охлаждается за счет этого. С другой стороны, в реактор ЭБ №1 подача воды не производилась дольше, чем в реакторы ЭБ №2 и №3, поэтому можно предположить, что в ЭБ №1 произошел перенос в нижнюю часть силового корпуса реактора всего топлива из того места, в котором оно находилось до землетрясения, и что значительная его часть вытекла в донную часть контеймента. Впрочем, и в отношении ЭБ №1 считается, что благодаря вливу воды топливо, попавшее в контеймент, в принципе находится в контакте с водой и охлаждается за счет этого.

Как уже было сказано, специалисты полагают, что расплавленное топливо вызвало повреждение нижних частей аварийных реакторов АЭС «Фукусима-1» и стекло вниз, достигнув опорных пьедесталов. Таким образом, ситуация на этих реакторах значительно отличается от той ситуации, которая в свое время возникла в результате аварии на ЭБ №2 АЭС «Три-Майл-Айленд» (ТМА-2) в США. Кроме того, реакторы АЭС «Фукусима-1» являются реакторами типа BWR (реакторами кипящего типа), а реакторы АЭС ТМА-2 – реакторами типа PWR (реакторами с водой под давлением). Их конструктивные характеристики (формы, размеры, материалы) отличаются друг от друга, поэтому велика вероятность того, что и состояния застывших расплавов активных зон тоже являются разными.

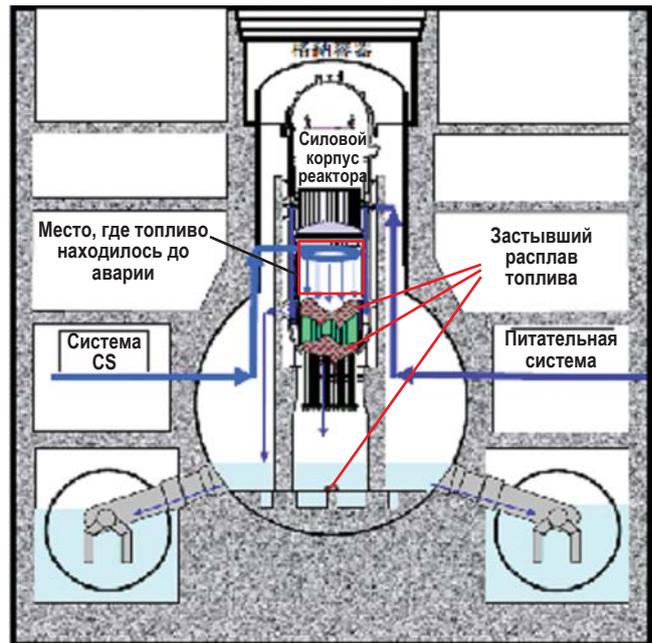


Рисунок 1 – Предположительное состояние активных зон энергоблоков №2 и №3 АЭС «Фукусима-1» после аварии. Составлено Toshiba с учетом материалов, опубликованных TEPCO. Голубые стрелочки показывают линии влива воды в активную зону реактора.

Предложения по извлечению застывшего расплава

В Японии разрабатываются различные технологии скорейшей ликвидации последствий аварии на АЭС «Фукусима-1». Среди них надо назвать технологии извлечения поврежденного топлива из силовых корпусов и контейментов реакторов, контроля за его состоянием и хранением, технологии демонтажа зданий и конструкций АЭС, захоронения низкоактивных отходов и восстановления нормального состояния площадки АЭС. Следует отметить, что, хотя расплавление активной зоны и рассматривалось ранее как одно из предполагаемых последствий тяжелой аварии в реакторе, конкретные методы извлечения застывшего расплава и концепции необходимого для этого оборудования до сих пор не прорабатывались. Поэтому после аварии на «Фукусиме-1» исследования извлечения в этом направлении были начаты в качестве государственного проекта.

В проектировании оборудования для извлечения застывшего расплава топлива (ЗРТ) и емкостей, куда он будет помещаться, большое значение будет иметь информация о формах и характеристиках ЗРТ, а также местах его расположения. Так, например, выяснение веса и плотности ЗРТ, его форм и физических свойств окажет влияние на проектирование устройств транспортировки ЗРТ из реактора в контейнеры для его хранения. В свою очередь, такие характеристики ЗРТ, как твердость, хрупкость и т. д. будут определять

эффективность тех или иных методов его резки и дробления.

При прогнозировании форм и характеристик ЗРТ необходимо учесть знания, полученные при ликвидации последствий на ЭБ №2 АЭС «Три-Майл-Айленд» (ТМА-2) в США. После аварии на там были взяты пробы ЗРТ из активной зоны и проведен их анализ, результаты которого оказались полезны для определения характера расплавления активной зоны и проектирования оборудования для извлечения ЗРТ. Было спроектировано большое число устройств, которые использовались на практике. Следует, однако, иметь в виду, что реакторы АЭС «Фукусима-1» являются реакторами типа BWR, конструктивные характеристики (формы, размеры, материалы) которых отличаются от характеристик реакторов типа PWR ТМА-2.

Исходя из этого, можно предположить, что химический состав и физические свойства ЗРТ на «Фукусиме-1» будут отличаться от ТМА-2. Кроме того, как уже было сказано, есть еще одно существенное отличие. Если на «Фукусиме-1», как считается, расплав активной зоны повредил нижние части силовых корпусов реакторов и часть его стекла вниз, достигнув опорного пьедестала, то в случае ТМА-2 топливо осталось внутри силового корпуса. По этой причине в Японии были начаты исследования, в рамках которых создаются экспериментальные композиции из урана

и циркония, являющиеся имитаторами слитков ЗРТ небольшого размера, и оцениваются их различные свойства, такие как твердость, температура плавления, теплопроводность и прочие.

Для определения мест расположения ЗРТ и его форм компания Toshiba занята разработкой технологий «просвечивания» с использованием элемен-

тарных частиц (мюонов). Мюоны, прилетающие из космоса, при пролете в районе ЗРТ меняют траекторию своего движения. Поэтому, если поставить два детектора мюонов с двух противоположных сторон реактора и проанализировать характер изменения траектории их движения, можно будет сделать предположения относительно мест расположения ЗРТ.

Сотрудничество с НЯЦ РК

Компания Toshiba развивает взаимодействие с НЯЦ РК, направленное на то, чтобы имеющиеся у НЯЦ РК прекрасные технологии и богатый опыт нашли свое применение в разработке технологий, необходимых для ликвидации последствий аварии на АЭС «Фукусима-1».



1
Генеральный директор НЯЦ и один из руководителей Тошибы договариваются о сотрудничестве.

Во время визита в Казахстан в мае 2012 года министра экономики и промышленности Японии Эдано по предложению этого министерства был заключен Меморандум о сотрудничестве НЯЦ РК с Toshiba и Marubeni US Ltd. по «изучению технологий обращения с радиоактивными отходами» и при участии Генерального директора НЯЦ РК и руководства нашей компании была начата работа по конкретизации технологий, подлежащих дальнейшему развитию (см. фото 1, 2).

В ноябре 2012 года в результате изучения подробной информации о технологиях обращения с радиоактивными отходами между двумя сторонами была достигнута договоренность «о производстве полномасштабного имитатора ЗРТ с использованием уранового топлива и о проведении экспериментов, направленных на разработку устройств для извлечения ЗРТ». А в декабре 2013 года в НЯЦ РК состоялось совещание специалистов двух стран, после которого активизировалась подготовка к исследованию физических и механических свойств ЗРТ, направленному на создание технологий его извлечения и, в итоге, на ликвидацию последствий аварии на «Фукусиме-1».

Можно предположить, что в результате сложных процессов в ЗРТ (и вокруг него) в аварийных реакторах «Фукусимы-1», таких как его охлаждение и седиментация под действием вливавшейся воды, а также повторного плавления под действием остаточного тепловыделения, произошло образование неомогенных по своему составу смесей веществ. В самой Японии есть возможности для проведения исследований с использованием только малых количеств ЗРТ, а крупномасштабные эксперименты с такими смесями невозможны. А вот в НЯЦ РК уже проводились эксперименты по сливу расплава топлива, имитировавшие тяжелые аварии в реакторах BWR прежнего типа, накоплен богатый опыт в проведении подобных исследований.

Правительство Японии и компания TEPCO планируют начать извлечение застывшего расплава топлива, самое раннее, с 2020 года. Пока остается немало связанных с этим технических задач, требующих своего разрешения. Надеемся, что техническое сотрудничество между Японией и Казахстаном в области атомной энергетики внесет свой значительный вклад в дело ликвидации последствий аварии на АЭС «Фукусима-1».



2
Подписание Меморандума о сотрудничестве между НЯЦ РК и Toshiba по «изучению технологий обращения с радиоактивными отходами» (май 2012 г.)

Завершился третий саммит по ядерной безопасности

25 марта 2014 г. в Гааге завершился саммит по ядерной безопасности. В его работе приняли участие лидеры более 50 стран и главы пяти международных организаций. Среди них – Президент США Барак Обама, Председатель КНР Си Цзиньпин, Канцлер ФРГ Ангела Меркель, Премьер-Министр Великобритании Дэвид Кэмерон, Генеральный Секретарь ООН Пан Ги Мун.

В течение двух дней предполагалось обсудить вопросы ядерной безопасности однако обсуждение украинского кризиса заслонила проблему ядерного терроризма.

Казахстан стал активным участником третьего Саммита по ядерной безопасности и ответственным членом мирового сообщества как государство, которое закрыло крупнейший в мире Семипалатинский ядерный полигон и отказалось от ракетно-ядерного арсенала. В своем выступлении Глава государства отметил, что инициатива



Президента США Барака Обамы по проведению Глобальных саммитов по ядерной безопасности сыграла историческую роль в укреплении мира и безопасности на планете.

Нурсултан Назарбаев сообщил, что наша страна продолжает последовательно выступать за укрепление глобальной ядерной безопасности, и в этой связи обозначил ряд направлений, на которые необходимо направить усилия. В качестве одного из них отмечено полное и всеобщее ядерное разоружение, которое является единственной гарантией ядерной безопасности. Еще одной неотложной задачей Президент Казахстана назвал противодействие ядерному терроризму и искоренение его основ.

– Вместе с тем, антитеррористическая кампания не должна ограничивать право государств на мирные ядерные программы, обмен технологиями и оборудованием, знаниями и опытом. Казахстан планирует развивать производство полного цикла ядерного топлива для АЭС и строить атомные станции, – сказал Нурсултан Назарбаев. Кроме того, Глава государства подчеркнул, что Казахстан выступает за дальнейшее повышение роли и авторитета МАГАТЭ. Казахстан поддерживает создание новых зон, свободных от ядерного оружия, в том числе и на Ближнем Востоке.

Напомним, что Саммит по ядерной безопасности в Гааге стал третьим по счету, первая встреча в подобном формате прошла в Вашингтоне в 2010 г., а вторая – в Сеуле в 2012 г. Следующий саммит пройдет в 2016 г. вновь в американской столице.

Из-за смога в Китае торопятся с разработкой безуранового ядерного реактора

Пекин сократил срок, отведенный ученым на создание первой атомной электростанции на ториевом топливном цикле. Стремясь снизить зависимость от отравляющих воздух угольных электростанций, власти Китая дали Академии наук десять лет на разработку проекта АЭС, в основе которой будет лежать реактор на расплавах солей, сообщает Guardian.

Сейчас в КНР действует 20 АЭС и строится еще 28. Все они будут использовать в качестве топлива привычный уран. Китай импортирует его в огромных количествах в надежде постепенно сократить количество используемых в энергетическом комплексе страны углеводородов: экологическая обстановка КНР стремительно ухудшается, и местные ученые уже предрекают коллапс сельского хозяйства из-за смога, препятствующего фотосинтезу.



С учетом строящихся урановых реакторов, власти КНР рассчитывают, что к 2020 году АЭС страны суммарно будут вырабатывать 60 гигаватт электроэнергии, а к 2030 году — уже 150 гигаватт. Но урановый топливный цикл сравнительно дорог и вызывает опасения у населения после недавних событий на электростанции Фукусима-1 в соседней Японии. Торий встречается в природе значительно чаще, а его ядерный цикл по ряду причин безопасней — вот только в мире насчитывается меньше десятка экспериментальных реакторов на этой технологии и до промышленного применения пока далеко.

В начале 2011 года стало известно, что специальная лаборатория Китайской академии наук работает над экспериментальными ториевыми ядерными реакторами. В 2015 и 2017 годах должны были появиться первые два — оба 2-мегаваттные, с разными механизмами охлаждения. Далее были запланированы 10- и 100-мегаваттные демонстрационные реакторы.

Ториевые реакторы — это перспективный подвид реакторов на расплавах солей. В качестве топлива используется жидкая смесь фторидов тория-232 и урана-233. Уран испускает медленные нейтроны, торий их

захватывает, происходит бета-распад – и в итоге торий становится ураном-233, так что тот, по сути, не расходуется. В качестве теплового носителя используется расплав солей с точкой кипения около 1400 °С. Реактор при этом работает при температуре 600 - 700 °С и сравнительно низком давлении, что позволяет сэкономить на корпусе и исключает аварии, связанные с разрывами.

На случай аварийной ситуации под установкой размещается резервное хранилище с холодным раствором соли – при перегреве жидкость внутри реактора сама будет сливаться туда под силой тяжести, расплавив пробку из более тугоплавкой соли. 83% высокорadioактивных отходов стабилизируется за десять лет.

В начале XXI века сразу несколько исследовательских групп вспомнили о ториевом цикле. Сейчас помимо Китая над реакторами работают лаборатории в Японии, США, Австралии, Чехии и Великобритании. Известные запасы тория в мире насчитывают более 2 миллионов тонн, во столько же оцениваются неразведанные. На год работы 1-гигаваттного реактора понадобится не более шести тонн

В Южной Корее из-за технического сбоя отключили один из реакторов на АЭС Ханбит

Инцидент произошел в 350 км от столицы страны. По словам компании-оператора, система отключения реактора срабатывает автоматически, опасности утечки радиации нет. Теперь эксперты будут искать причину возникновения неполадки.

Реакторы АЭС Ханбит находятся в коммерческой эксплуатации с конца 1980-х г. Мощность установки составляет 950 тыс кВт.

Сейчас в Южной Корее не работают шесть из 23 атомных реакторов. Все АЭС должны обеспечивать около 30% потребностей страны в электричестве. Один из реакторов остановили из-за необходимости продлить лицензию на работу. 4 реактора не работают в связи со скандалом, связанным с предполагаемым нарушением техники безопасности при их обслуживании. В частности, были вскрыты многочисленные факты подделки сертификатов качества на детали ядерных реакторов.



Росатом готов к стратегическому партнерству с ЮАР в атомной энергетике

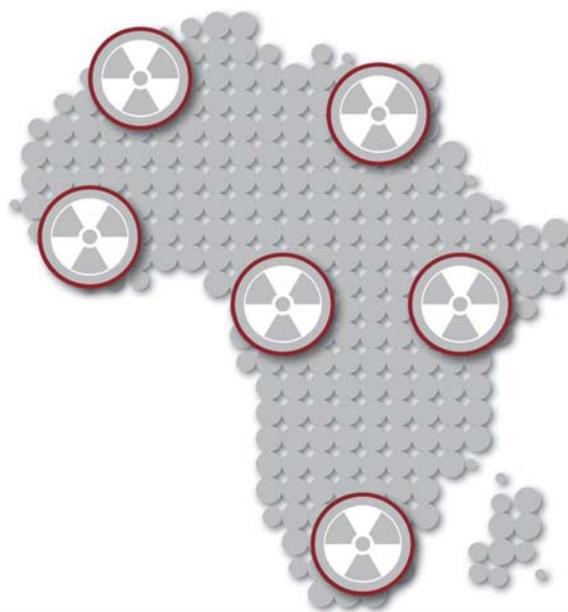
Росатом готов выстраивать стратегическое партнерство с ЮАР в атомной энергетике, заявил директор департамента международного бизнеса Росатома Николай Дроздов на конференции Nuclear Africa 2014 в Мидранде (ЮАР).

«Мы подтверждаем наше намерение выстраивать стратегическое партнерство с ЮАР, которое позволит существенно развить атомный энергопромышленный комплекс страны. Основу этому сотрудничеству может положить программа сооружения около 9,6 ГВт атомных мощностей, которая объявлена руководством страны. Комплексный подход Росатома к строительству АЭС является уникальным. Интегрированное предложение компании включает в себя полный спектр продуктов и услуг в атомной энергетике, включая обеспечение топливом для АЭС и управление ее жизненным циклом, подготовку кадров, различные финансовые решения», — приводятся в сообщении ЗАО «Русатом — Международная сеть» слова Дроздова.

По оценкам экспертов, реализация программы развития атомной генерации ЮАР совместно с Росатомом позволит создать около 15 тысяч дополнительных рабочих мест, задействованных при строительстве, сервисе и эксплуатации новых блоков, увеличить доходы предприятий ЮАР на 16 миллиардов долларов и получить прибыль от налогов в размере 3,4 миллиарда долларов. Российская сторона готова принять в самое ближайшее время южноафриканских студентов для обучения в вузах, готовящих специалистов для атомной энергетики.

Росатом и ЮАР начали взаимодействие в 1995 году с поставок обогащенного урана на АЭС Куберг в Кейптауне. В марте 2012 года ЗАО «Русатом Оверсиз» присоединилось к Ассоциации атомной промышленности ЮАР (NIASA) на правах члена-спонсора, а в июне 2012 года был подписан Меморандум о взаимопонимании между «Русатомом Оверсиз» и Африканской корпорацией по атомной энергии (NECSA). В ноябре 2013 года NECSA, Объединенная компания ОАО «НИАЭП» — ЗАО «АСЭ» и NUKEM Technologies GmbH (Германия, 100% дочернее предприятие ЗАО «Атомстройэкспорт») подписали Меморандум о взаимопонимании.

SECURING AFRICA'S NUCLEAR RESOURCES



Compiled by Amelia Broodryk and Noël Stott

Участникам акции протеста на АЭС во Франции грозит до пяти лет тюрьмы

ПАРИЖ, 20 марта. Экоактивисты, задержанные после акции с требованием закрыть французскую АЭС «Фессенхайм», отпущены на свободу до суда, назначенного на 4 сентября.

По данным агентства «Франс-Пресс» (AFP), каждому участнику грозит до пяти лет лишения свободы. Следствие считает, что они нарушили несколько статей уголовного закона.

Как сообщалось, 40 активистов «Гринпис» проникли на территорию французской АЭС «Фессенхайм», расположенной на границе с Германией. Экологи растянули на куполе реактора транспарант с требованием отказаться от использования атомной энергии в Европе.

Добавим, доля атомной энергетики в общей выработке электроэнергии во Франции составляет около 80%. Вопрос о её будущем начал активно обсуждаться в марте 2011 года после вызванной землетрясением и цунами аварией на японской АЭС «Фукусима-1».



В Британии остановили реактор АЭС, чтобы не допустить «второй Фукусимы»



Оператор атомной электростанции «Дандженесс» на 5 месяцев отключил один из реакторов, чтобы избежать аварии, подобной той, что случилась на АЭС «Фукусима-1». Общественность выразила возмущение тем, что причины отключения реактора как следует не разъяснили населению.

В Британии общественность недовольна действиями энергетического гиганта EDF. Компанию обвинили в замалчивании информации о том, что на АЭС «Дандженесс» могла повториться авария, подобная случившейся на японской АЭС «Фукусима-1», сообщает The Independent. Как стало известно, один из реакторов АЭС в графстве Кент на юго-востоке Англии был отключён в прошлом году в течение пяти месяцев.

EDF отключила реактор, чтобы начать работу по сооружению новой защитной стены. Она должна была снизить угрозу для станции со стороны моря. Реактор, который вырабатывает энергию для 750 тысяч домов, был запущен только к 15 октября.

Причиной остановки стал внутренний отчёт EDF, в котором говорилось о том, что защитная морская стена оказалась «не такой крепкой, как считалось прежде». Она могла быть бесполезна в случае экстремальных

погодных условий. Задуматься об этом британцев заставил печальный опыт «Фукусимы-1».

EDF при этом ограничилась сухими сообщениями об остановке и запуске реактора в местных СМИ. Как отмечает издание, компания не дала чёткого объяснения причин. «EDF должна была объявить об этом шире. Если АЭС закрывается на 5 месяцев, это не пустяки. Это серьёзно, и EDF не должна претворяться, что это не так», - отметил профессор Гринвичского университета Стивен Томас.

«Удивительно, что закрытие реактора EDF не было как следует освещено в прессе. Это ставит вопрос о прозрачности атомной индустрии», - заявил Гай Шрубсол, представитель экологической организации «Друзья Земли». Как заявили в компании, новые защитные сооружения могут противостоять жёстким погодным условиям, которые появляются раз в 10 тысяч лет.

Несмотря на это в конце октября 2013 года компания EDF приняла решение временно остановить работу атомной электростанции Dungeness из-за мощного шторма «Святой Иуда». По одной из версий во время шторма, АЭС отключилась в аварийном режиме, по другой – остановка двух блоков произошла планомерно.

Япония не откажется от атомной энергии

Японское правительство планирует снова сделать упор на атомных электростанциях в обеспечении своей страны электроэнергией. На заседании кабинета министров Японии был представлен «Базовый энергетический план», в котором атомная энергетика названа одним из основных источников электроэнергии.

Между тем, японский министр промышленности Тосимицу Мотэги акцентировал внимание на том, что план предусматривает также «максимально возможное снижение зависимости Японии от атомной энергетики». Он подчеркнул, что важное значение будет придаваться возобновляемым источникам энергии. По всей видимости, японское правительство тем самым пытается нивелировать недовольство граждан Страны восходящего солнца, которое может последовать вслед за новой инициативой политиков. Впрочем, на данный момент не сказано, какую долю в области энергетического потребления займёт атомная энергетика.



Отказ от АЭС усилит зависимость ФРГ от российского газа

Полный отказ от атомной энергии только усилит зависимость Германии от российского газа, предупреждает глава Института экономических исследований ifo Ханс-Вернер Зинн. Он подчеркнул, что энергетическая безопасность ФРГ снизится.

Изменения в энергетической политике Германии только усилят зависимость Германии от российского газа, полагает глава мюнхенского института экономики ifo Ханс-Вернер Зинн. «Если мы выполним свои планы – отключим оставшиеся атомные электростанции и полностью сделаем ставку на ветряную и солнечную энергию, - то зависимость от России только усилится, а энергетическая безопасность Германии – уменьшится», – написал он в статье для еженедельника Wirtschaftswoche, опубликованной в воскресенье.

Известный экономист указывает, что это произойдет из-за необходимости поддерживать запасы энергоносителей в связи с нестабильным притоком ветряной и солнечной энергии. Для того чтобы обеспечить стабильное энергоснабжение в периоды отсутствия ветра и солнца, Германии нужны метановые хранилища и газовые электростанции, пояснил он.

Специалисты ifo считают, что использование российского газа – «единственное решение, экономически приемлемое хотя бы отчасти. Можно идти только этим путем, все остальное – пустые фантазии», – резюмировал Ханс-Вернер Зинн.



Администрация США выделит 6,5 млрд долларов на строительство двух новых атомных реакторов

Администрация США выделит заем в размере 6,5 млрд долларов на строительство двух новых атомных реакторов. Соответствующее соглашение будет подписано в штате Джорджия, сообщил министр энергетики Эрнест Монис.

Речь идет о строительстве двух реакторов на АЭС «Вогтл». Эта станция является первым подобным проектом, который реализуется в США почти за три десятилетия.

«Технологии, применяемые там, представляют новое поколение атомной энергетики», – заявил Монис. Министр также подчеркнул, что «они являются более безопасными».

Американская Комиссия по ядерному регулированию /КЯР/ выдала лицензию на строительство двух новых реакторов на АЭС «Вогтл» в 2012 году. До этого в последний раз аналогичный документ выдавался в США в 1978 году. Это связано с тем, что 28 марта 1979 года в результате взрыва на втором энергоблоке АЭС «Три-Майл-Айленд» в городе Харрисбург /штат Пенсильвания/ произошел выброс в атмосферу радиоактивных продуктов, кроме того, в реку было сброшено 185 кубометров слаборадиоактивной воды. Из района, подвергшегося радиационному воздействию, эвакуировали 200 тыс человек. Работы по очистке разрушенного энергоблока продолжались 12 лет. Этот инцидент считается крупнейшей ядерной аварией в США, после нее атомные реакторы в стране не строились.

Как отмечают американские эксперты, нынешнее решение властей выделить заем показывает их нацеленность на оказание поддержки атомной энергетике.



Турция отправит в Россию 100 студентов для обучения ядерной энергетике

Как ожидается, из их числа будет укомплектован штат работников первой атомной АЭС Турции, которая строится в Мерсине, на побережье Средиземного моря. Турция с 2011 года отправила 190 студентов в российские университеты, как сообщил министр энергетики Танер Йылдыз.

Российская энергетическая компания «Росатом» подписала соглашение в 2011 году по строительству и управлению атомной электростанцией мощностью 1 200 МВт в области Мерсин на Средиземноморском побережье Турции. У студентов, которые проходят обучение в России, есть шанс устроиться на работу в АЭС в Аккую.

В дополнение к пятилетнему образованию по специальности, студенты один год посвятят изучению русского языка. При желании они также смогут продолжить образование в аспирантуре и в рамках профессионального обучения без отрыва от производства.

Всего, как ожидается, обучение ядерной физике в России пройдут 600 турецких студентов. Росатом в настоящее время ведет переговоры с турецкими университетами по разработке программ обучения в области ядерной энергетики совместно с российскими коллегами.

Турция также планирует построить вторую атомную станцию в портовом городе Синоп на Черноморском побережье с помощью франко-японского консорциума, и третью АЭС в районе Кырларели – силами турецких инженеров по результатам строительства двух первых АЭС.

Страна пока только осваивает сферу атомной энергетики. Но ее атомная программа выглядит честолюбиво. К 2023 году Турция планирует удовлетворить 10% своей потребности в электроэнергии за счет АЭС, что поможет уменьшить ее зависимость от импорта нефти и газа.

Электричество, которое будет вырабатываться на АЭС в Аккую, будет продаваться примерно по 12 центов за киловатт. По соглашению, 70% электроэнергии, которую будет вырабатывать электростанция, будет покупать Турция.





АТОМНАЯ ОТРАСЛЬ



ВПОЛНЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫЙ ПРОЕКТ

И.Л. Тажибаева,

заместитель директора ИАЭ НЯЦ РК по термоядерным исследованиям

В Национальном ядерном центре Республики Казахстан успешно продолжается реализация инновационного проекта создания казахстанского материаловедческого токамака КТМ. Это единственный в мире специализированный токамак, который предоставит широкие возможности исследований и испытаний материалов первой стенки и внутрикамерных компонентов будущих реакторов термоядерного синтеза.

5 сентября 2010 года на токамаке КТМ **получена первая плазма**. В настоящее время продолжается монтаж и отладка основных систем установки КТМ в Институте атомной энергии НЯЦ РК в Курчатове. Экспериментально отрабатываются методики запуска токамака, режимы пробоя и получения плазменного разряда пониженных параметров, ведется доводка и тестирование систем сбора данных, систем цифрового управления, СУТП и ПОУ, доводка и тестирование физических диагностик (настройка, отладка, усовершенствование, верификация, калибровка), доводка ПО обработки и визуализации данных с физических диагностик, разработка расчетных кодов моделирования плазмы.

Реализация совместных научных исследований на экспериментальном комплексе КТМ планируется в рамках создаваемой на базе НЯЦ РК международной лаборатории по термоядерному материаловедению и инновационным технологиям управляемого тер-

моядерного синтеза. Все предпосылки для этого в настоящий момент имеются.

Кооперация с Российской Федерацией развивается в соответствии с «Планом-графиком выполнения задач, определенных Совместным заявлением Президента Российской Федерации В.В. Путина и Президента Республики Казахстан Н.А. Назарбаева о сотрудничестве в области использования атомной энергии в мирных целях от 25 января 2006 года», вновь подписанном в 2011 году, и в соответствии с Программой совместных работ, одним из разделов которой является совместная работа по проекту КТМ на стадии монтажа, физического пуска и проведения исследований. Сформированы и утверждены основные этапы совместной программы научных работ на токамаке КТМ между НЯЦ РК и НИЦ «Курчатовский институт». Управление проектом осуществляется совместной российско-казахстанской рабочей группой, созданной приказами Росатома РФ и МЭМР РК (в последствии МИНТ РК).

Сотрудничество с EURATOM

В рамках заключенного в 2002 году и успешно действующего с 2004 года после ратификации Парламентом РК межправительственного «Соглашения о сотрудничестве между Правительством РК и Европейским Сообществом по атомной энергии (EURATOM) в области управляемого термоядерного



Координационный комитет РК-EURATOM, токамак КТМ, 2010



Координационный комитет по сотрудничеству между НЯЦ РК и исследовательским центром CIEMAT, Испания



Визит Генерального директора МАГАТЭ Юкио Амано, Зам. Министра энергетики США Дэна Поннемона, Министра иностранных дел РК Ержана Казыханова, токамак КТМ, 2011



Сотрудничество с Великобританией, посещение делегацией НЯЦ РК токамака JET



синтеза» подписаны меморандумы о сотрудничестве между НЯЦ РК и Ядерным центром Испании CIEMAT, НЯЦ РК и Научным центром ENEA, Фраскати, Италия. Создан и активно работает координационный комитет. Осуществляется техническая и финансовая поддержка работ по созданию макета литиевого дивертора токамака КТМ через проект МНТЦ К-1561, финансируемый Европейским Союзом в кооперации с научными центрами Италии.

Определены области сотрудничества с Великобританией по работам на токамаках JET, MAST и КТМ: взаимодействие плазма-стенка, исследования и испытания конструкционных материалов, новые диагностики и подсистемы, детритизация материалов. По программе помощи закрытым городам (СНСР) проведены: обучение менеджеров, обучение английскому языку, стажировки молодых специалистов.

Сотрудничество с Японией

Развивается сотрудничество с Японским агентством



по атомной энергии, с которым в 2007 году подписан меморандум и создан координационный комитет по его реализации. Выполнены два проекта МНТЦ (К-578 и К-1566).

В рамках достигнутых договоренностей ежегодно, начиная с 2008 года, молодые специалисты ИАЭ НЯЦ РК проходят стажировку в названных международных Центрах.

Сотрудничество с Латвийской Республикой

Успешно выполнен контракт между Латвийским государственным университетом и ИАЭ НЯЦ РК по реакторным исследованиям материала литиевого дивертора токамака КТМ.

О состоянии работ по исследованиям в области термоядерного материаловедения и технологиям в Казахстане, включая работы по проекту создания токамака, ежегодно докладывается на международных конференциях и международном Совете МАГАТЭ по термоядерной энергии.

Сотрудничество в рамках Рамочной Программы Комиссии СНГ по использованию атомной энергии в мирных целях – АТОМ-СНГ

На Комиссии АТОМ-СНГ в мае 2012 года одобрено предложение о разработке и совместной реализации программы материаловедческих исследований с целью создания материалов вакуумной камеры и внутрикамерных компонентов будущих термоядерных реакторов с использованием возможности экспериментальной базы комплекса КТМ в рамках создаваемой международной рабочей группы.

Задачи – продвижение исследований по термоядерному синтезу и технологиям при опоре на международное сотрудничество и совместном использовании установок термоядерного синтеза стран СНГ.

Основные страны СНГ – участники программы:

Республика Казахстан – НЯЦ РК, ИАЭ отделение НЯЦ РК, ИЯФ РК, КазНУ им. аль-Фараби, НИИЭТФ КазНУ, ТОО Промэнергопроект, ТОО Казэлектромаш.

Российская Федерация – РНЦ «Курчатовский институт», Институт физики токамаков РНЦ КИ, ОАО «НИИЭФА им. Д.В. Ефремова», «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», ОАО «ВНИИНМ», ОАО «Красная Звезда», ОАО НИКИЭТ, Томский политехнический университет, ТОО ТОМИУС, НЯУ (МИФИ), ВНИИ ТВЧ, ФТИ РАН, МВТУ им. Баумана.

Украина – Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт», Институт физики плазмы ННЦ ХФТИ, Институт физики твердого тела ННЦ ХФТИ, Львовский политехнический университет.

Республика Беларусь – ГНУ «ОИЭЯИ-Сосны» НАН Белоруссии, НИУ «Институт ядерных проблем» Белгосуниверситета.

В соответствии с принятым на 13-ом заседании Комиссии АТОМ-СНГ Протокольным решением от 30 мая 2012 года (Астана) также создана международная рабочая группа для разработки и совместной реализации программы научных исследований на токамаке КТМ (п.9 Протокола).

Первое заседание РГ КТМ состоялось 13-15 ноября 2012 года в Алматы. Проведено обсуждение и рассмотрен проект плана деятельности РГ на 2013 год. Рассмотрен проект программы совместных исследований на токамаке КТМ, внесены рекомендации по его доработке, предложено поддержать создание коалиции государств участников СНГ – пользователей КТМ.

Второе заседание РГ КТМ состоялось 25-26 апреля 2013 года в Москве, в Институте физики токамаков НИЦ «Курчатовский институт». На нем было сделано предложение о рассмотрении совместно с представителями Исполкома СНГ и Секретариата Комиссии вопроса со-финансирования на правах долевого участия со стороны государств – участников СНГ, подготовки и реализации программы исследований на токамаке КТМ в рамках двухсторонних соглашений и договоров.

Результатом второго заседания стала разработка и подписание **совместной программы работ казахстанских и российских специалистов на 2013-2014 гг. казахстанских и российских специалистов по подготовке и реализации физического пуска токамака КТМ, осуществления научных работ в поддержку проекта ИТЭР и исследований по УТС.** Программа согласована с основными организациями РК и РФ и утверждена Министерством индустрии и новых технологий РК и Госкорпорацией Росатом 22 июля 2013 года с со-финансированием РК и РФ. **Ожидаемый вклад российской стороны** – порядка 20 млн. рублей в год. Он будет заключаться в расходах на командировки, изготовление физических диагностик в соответствии с программой работ, расчеты сценариев горения плазмы, отладку методик исследования, проведение и анализ совместных НИР.

Третье заседание РГ КТМ состоялось 3-4 октября 2013 года в Национальном научном центре «Харьковский физико-технический институт», Украина.

Проект документа «**Основные положения и нап-**



Первое заседание рабочей группы КТМ (АТОМ-СНГ) 13-15 ноября 2012 года в Алматы





Визит специалистов Российской Федерации в г.Курчатов для реализации программы совместных работ, токамак КТМ



равления деятельности международной программы исследований с использованием токамака КТМ в рамках Программы сотрудничества АТОМ-СНГ» принят за основу и рассмотрен на 14-ом заседании Комиссии АТОМ-СНГ 8-9 октября 2013 года (Электросталь, Московская область).

В рамках подписанной программы совместных исследований между Росатомом и МИНТ РК 23- 30 октября 2013 года состоялся визит делегации специалистов РФ, возглавляемой директором Института физики токамаков НИЦ «Курчатовский институт» профессором А.Э.Азизовым, в ИАЭ НЯЦ РК в Курчатове. В ходе визита определены реальные задачи и этапы совместных работ с использованием экспериментальной базы ИАЭ и по подготовке и реализации физического пуска токамака КТМ, подписан протокол совместных действий.

Своевременный ввод в эксплуатацию токамака КТМ крайне необходим мировому термоядерному сообществу, особенно для реализации проекта создания международного экспериментального термоядерного реактора ИТЭР. В настоящий момент токамак признан сателлитной установкой для проекта ИТЭР, на которой могут проводиться испытания конструкционных материалов, имитирующие тепловые нагрузки на диверторные пластины реактора ИТЭР.

Будущее термоядерной энергетики – это гибридные реакторы, создание нейтронного источника мегаваттного уровня для управления работой активных зон быстрых реакторов в подкритическом состоянии с использованием подкритического гибридного blankets с отрицательной реактивностью. Это будет способствовать развитию инновационных технологий замкнутого топливного цикла АЭС и повышению безопасности. КТМ будет служить прототипом такого нейтронного источника. На нем можно будет обрабатывать и решать проблемы управления плазмой и работоспособности материалов и конструкций. Поэтому токамак является вполне



Визит специалистов Российской Федерации в г. Курчатов для реализации программы совместных работ, реактор ИВГ.1М

конкурентоспособным проектом, который обеспечит в дальнейшем участие в высокотехнологичных проектах создания АЭС нового поколения.

Успешная реализация проекта КТМ должна способствовать созданию научно-технологической базы для реализации **конкурентоспособной инновационной атомной энергетики** на основе управляемого термоядерного синтеза.



ВОПРОС НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Драматические события 2014 года на Украине показали, насколько экономика и промышленность этой дружественной страны уязвимы перед глобальными вызовами. Одной из наиважнейших отраслей экономики Украины – атомной промышленности предстоит в ближайшие годы решить множество проблем, связанных с модернизацией отрасли. Это неудивительно, так как страна занимает восьмое место в мире и пятое в Европе по показателю установленной мощности АЭС.



Для Украины атомная энергетика является стратегически важным элементом энергообеспечения: сегодняшний и прогнозируемый вклад её составляет около половины электроэнергии, вырабатываемой в стране. Успешное функционирование атомной энергетике – одно из необходимых условий обеспечения национальной безопасности страны. Сегодня с этим постулатом согласно всё общество.

Структура энергетической базы Украины формировалась на протяжении нескольких десятилетий и определялась энергетической политикой бывшего СССР, а также использованием единой энергетической системы. Во времена СССР Украина принадлежала к энергодефицитным республикам, имея возможность покрыть свои потребности в угле лишь на 50%, в нефти – на 10-12%, в природном газе – на 20-25%. Поэтому был взят курс на развитие атомной энергетике. В 70-80-е годы 20-го

столетия в республике развернулось строительство сети АЭС. На инфографике 1 приведены данные о действующих АЭС Украины.

Первой из них была Чернобыльская (ЧАЭС), первый энергоблок которой был введен в эксплуатацию в 1977 г. В последующие годы развернулось строительство Ровенской, Южно-Украинской, Запорожской и Хмельницкой станций.

Двенадцать энергоблоков Украина унаследовала от СССР, ещё три были запущены после распада Союза – в 1995 и 2004 годах. Все энергоблоки с реакторами РБМК, работавшие на Украине, входили в состав Чернобыльской АЭС. В результате Чернобыльской аварии четвертый энергоблок был разрушен, остальные были поочерёдно закрыты в период с 1991 по 2000 год. Таким образом, все оставшиеся на территории страны реакторы относятся к типу ВВЭР: два – ВВЭР-440 и 13 – ВВЭР-1000.



ПРОЕКТЫ НОВЫХ АТОМНЫХ ЭНЕРГОБЛОКОВ, РАССМАТРИВАЕМЫЕ В УКРАИНЕ

- ★ **ВВЭР-1000**
Российский 'Росатом'
- ★ **SWR-1000, ERP-1600**
Французская AREVA
- ★ **AP1000**
Американский Westinghouse
- ★ **APR-1400**
Корейская KEPCO
- ★ **APWR**
Японская Mitsubishi Heavy
- ★ **CPR-1000**
Китайская GNPC Hongyanhe
- ★ **EC6**
Канадская AECL

Примечание: Все типы реакторов, разработанные этими производителями (кроме AECL), являются легко-водными. С точки зрения ядерно-топливного цикла, тяжеловодная реакторная установка технологии CANDU имеет преимущества – можно использовать природный уран (без обогащения); есть возможность использовать в перспективе отработанное топливо легко-водных реакторов.

Атомные станции

ЗАПОРОВСКАЯ АЭС

Начало строительства — 1979 г.
Пуск первого энергоблока — 1984 г.
Количество энергоблоков — 6
Тип реактора — ВВЭР-1000
Суммарная мощность — 6000 МВт
Город-спутник АЭС — Энергодар, Запорожская область

Запорожская АЭС (ЗАЭС) расположена в степной зоне Украины на берегу Каховского водохранилища. Это крупнейшая в Европе и на Украине атомная электростанция. Решение о строительстве было принято в 1978 г. В 1981-ом началось поэтапное сооружение блоков станции. На протяжении 1984-1987 гг. введено в эксплуатацию четыре энергоблока.

В 1989 г. начал функционировать пятый энергоблок, в 1995 году – шестой. Он стал первым крупным промышленным и энергетическим объектом, построенным в независимой Украине. В настоящее время ЗАЭС – современное высо-

котехнологическое предприятие, мощный поставщик электроэнергии. Ежегодно станция генерирует 40-42 млрд. кВт·ч электроэнергии, что составляет пятую часть общегодового производства электроэнергии в стране и половину ее производства на украинских атомных станциях. В 2000 году Запорожская АЭС признана одной из трех лучших атомных станций мира, полностью отвечающих требованиям МАГАТЭ.

На Запорожской АЭС, первой среди атомных станций Украины с реакторами типа ВВЭР, сооружено сухое хранилище отработанного ядерного топлива (СХОЯТ). Технология запорожского СХОЯТ базируется на сохранении отработанных топливных сборок в вентилируемых бетонных контейнерах, расположенных на площадке в пределах атомной станции. Промышленная эксплуатация СХОЯТ началась 10 августа 2004 г. Его проектный объем – 380 контейнеров, что обеспечит хранение топливных сборок



за весь срок эксплуатации станции. В настоящее время на площадке хранилища уже установлено 80 контейнеров. Избавившись от необходимости вывозить ОЯТ, станция ежегодно экономит десятки миллионов долларов. СХОЯТ — первый ядерный объект, проект которого прошел все стадии рассмотрения, предусмотренные ядерным законодательством

Украины.

Также на ЗАЭС впервые в СНГ введена в строй информационно-измерительная система «Кольцо», предназначенная для постоянного контроля за радиационным обстановкой на промплощадке атомной станции, в санитарно-защитной и 30-километровой зонах наблюдения.

РОВНЕНСКАЯ АЭС

Начало строительства — 1973 г.
Пуск первого энергоблока — 1980 г.
Количество энергоблоков — 4
Тип реактора — ВВЭР-440 (первый и второй блоки), ВВЭР-1000 (третий и четвертый)
Суммарная мощность — 2835 МВт
Город-спутник АЭС — Кузнецовск, Ровненская область

Проектирование станции, которая сначала называлась Западно-Украинской АЭС, началось в 1971 г. Впоследствии её

переименовали в Ровненскую АЭС.

РАЭС — первая на Украине атомная электростанция с энергетическими водо-водяными реакторами типа ВВЭР-440. Два энергоблока с такими реакторами введены в эксплуатацию в 1980 и 1981 годах, а третий, с реактором ВВЭР-1000, — в 1986-м.

В 1990 г. сооружение энергоблоков станции прекращено постановлением Верховной Рады Украины «О моратории на строительство новых АЭС...». Работы возобновлены в 1993-м, а пуск четвертого энергоблока состоялся в октябре 2004 г. В апреле 2006-го блок принят



в промышленную эксплуатацию. После пуска четвертого реактора ежегодное производство электроэнергии на РАЭС превышает 17 млрд. кВт·ч

Миссии OSART МАГАТЭ проверяли уровень эксплуатационной безопасности станции в 1988-м, 1996-м, 2003-м и 2008-м годах. Эксперты МАГАТЭ высоко оценили уровень безопасности станции и квалификацию её персонала, а Европейский Союз выбрал её базовой для выполнения ряда международных проектов.

На РАЭС действует автоматизированная система энергоблоков №1 и №2 ОП «Ровненская АЭС» на 20 лет.

ЮЖНО-УКРАИНСКАЯ АЭС

Начало строительства — 1975 г.

Пуск первого энергоблока — 1982 г.

Количество энергоблоков — 3

Тип реактора — ВВЭР-1000

Суммарная мощность — 3000 МВт

Город-спутник АЭС — Южноукраинск, Николаевская область

Южно-Украинская АЭС входит в состав Южно-Украинского энергокомплекса наряду с Александровской гидроэлектростанцией на реке Южный Буг и Ташлыкской гидроаккумулирующей электростанции. Южно-Украинский энергокомплекс по объемам производства обеспечивает потребности в электроэнергии и нормальные условия для жизнедеятельности южного региона Украины с населением более 5 млн. человек. За четверть столетия предприятием

контроля радиационной обстановки. Наблюдение проводится непрерывно в автоматическом режиме, что позволяет оперативно получать необходимую для систематического анализа и прогноза информацию. Комплекс АСКРО по количеству, частоте и точности параметров и характеристик является уникальным не только на Украине, но и одним из лучших в мире.

10 декабря 2010 года на заседании коллегии Государственный комитет ядерного регулирования Украины в Кузнецовске принял решение о продлении срока эксплуатации

произведено свыше 460 млрд кВт·ч электрической энергии.

На ЮУАЭС работают три энергоблока ВВЭР-1000, которые составляют две технологические очереди. В 2012 г. станция отметила свое 30-летие. Отсчет своей истории она ведет с декабря 1982 г., когда состоялся пуск первого энергоблока. Второй и третий блоки-миллионники введены в эксплуатацию в 1985-м и 1989-м годах.

В настоящее время на первом энергоблоке Южно-Украинской АЭС продолжают работы по обоснованию продления эксплуатации основного оборудования, в состав которого входят все основные элементы блока, включая корпус реактора, здания и строения.

Эксперты МАГАТЭ оценили эксплуатационную и проектную безопасность трех блоков-миллионников, проинспектировали процесс обращения с радиоактивными отходами и программу вывода энергоблоков из эксплуатации, признав их соответствие всем мировым требованиям.



Александровская гидроэлектростанция была введена в промышленную эксплуатацию в 1999 г., состоит из двух гидроагрегатов суммарной мощностью 11,5 МВт. После пуска Ташлыкской ГАЭС и повышения уровня Александровского водохранилища, Александровская ГЭС начала производить более 45 млн. кВт·ч электроэнергии ежегодно. Александровское водохранилище, расположенное в каньоне Южного Буга, в составе гидротехнических объектов Южно-Украинского энергокомплекса обеспечивает производство электроэнергии на ГЭС и служит нижним водоемом для Ташлыкской гидроаккумулирующей станции. Александровский гидроузел имеет важное значение для защиты населенных пунктов, расположенных ниже по течению Южного Буга, от весенних паводков.

Строительство Ташлыкской гидроаккумулирующей электростанции начато в 1981 г. Первый гидроагрегат введен в эксплуатацию в конце 2006 года, а пуск второго состоялся в июле 2007-го. ТГАЭС предназначена для покрытия пиковых нагрузок в юго-западной части объединенной энергосистемы Украины, а также для обеспечения надежного базисного режима работы Южно-Украинской АЭС. За более чем двадцатилетнюю историю строительства проект Ташлыкской ГАЭС претерпел значительные изменения. Современный его вариант прошел все предусмотренные законодательством Украины экспертизы. В ходе реализации проекта соблюдаются все требования природоохранного законодательства.

ХМЕЛЬНИЦКАЯ АЭС

Начало строительства — 1981 г.

Пуск первого энергоблока — 1987 г.

Количество энергоблоков — 2

Тип реактора — ВВЭР-1000

Суммарная мощность — 2000 МВт

Город-спутник АЭС — Нетешин, Хмельницкая область

Хмельницкая АЭС расположена в центральной части Западной Украины на границе трех областей – Хмельницкой, Ровненской и Тернопольской. По проекту станция должна была стать четырехблочной. В 1981 г. началось её строительство, в конце 1987-го в промышленную эксплуатацию введен первый энергоблок. Подготовлены площадки ещё для трех блоков. Строительство второго энергоблока началось в 1983-м и в конце 1991-го планировался его энергопуск. На время введения мора-

тория на строительство новых АЭС были смонтированы основные технологические узлы и подготовлен персонал.

Сооружение второго энергоблока возобновлено в 1993 г., а 8 августа 2004-го он подключен к объединенной энергосистеме Украины. В сентябре 2005-го блок принят в промышленную эксплуатацию. После его пуска станция ежегодно генерирует около 15 млрд. кВт·ч электроэнергии.

Сегодня среди приоритетов деятельности Хмельницкой АЭС — достройка третьего и четвертого блоков.

В 2008-м, руководствуясь утвержденными техническими критериями, проведен международный конкурс по выбору реакторной установки для них. Победителем конкурса стала российская компания «Атомстройэкспорт», которая предложила реакторную установку типа ВВЭР-1000, проект В-392. 9 июня 2010 года подписано Межправительственное украинско-российское соглашение о сотрудни-



честве в строительстве третьего и четвертого энергоблоков Хмельницкой АЭС. Этот документ предусматривает, что российская сторона обеспечит финансирование проекта в объеме, необходимом для проектирования, строительства и ввода в эксплуатацию двух блоков ХАЭС.

9 февраля 2011 года подписано контрактное соглашение между НАЭК «Энергоатом» и ЗАО «Атомстройэкспорт» на разработку технического проекта реакторных установок типа ВВЭР-1000 проекта В-392 и поставку оборудования реакторных установок для энергоблоков №3 и №4 ХАЭС.

Оператор и управленец

Национальная атомная энергогенерирующая компания «Энергоатом» является оператором всех действующих атомных электростанций Украины. На сегодня «Энергоатом» — крупнейший производитель электроэнергии на Украине с долей совокупного производства свыше 50% в общем объеме. Основная цель компании — увеличение выработки электроэнергии и повышение коэффициента установленной мощности АЭС при условии постоянного повышения уровня безопасности эксплуатации.

Помимо 4-х атомных станций в структуру «Энергоатома» входят «Атомпроектинжиниринг», «Атомремонтсервис», «Научно-технический центр», «Аварийно-технический центр», «Атомэнергомаш», «Атомкомплект» и «Управление делами», которые являются обособленными подразделениями НАЭК. Они имеют свои расчётные счета и платят налоги в местные бюджеты в соответствии с действующим законодательством.

Сейчас в компании реализуется 10 инвестиционных проектов общей утвержденной стоимостью 63 млрд. гривен, главными из которых являются реконструкция открытых распределительных сооружений 750 кВ Ровенской, Хмельницкой и Запорожской АЭС; реконструкция системы технического водоснабжения Южно-Украинской АЭС, строительство энергоблоков №3 и 4 Хмельницкой АЭС; создание комплексов по переработке твердых радиоактивных отходов,

строительство централизованного хранилища отработанного ядерного топлива и строительство учебно-тренировочного центра. Кроме того, специалисты компании работают над продлением срока эксплуатации украинских энергоблоков. Определяющим в этом отношении стал 2010 год, когда впервые на Украине после реконструкции и модернизации был продлен на 20 лет срок эксплуатации действующих энергоблоков №1 и №2 Ровенской АЭС.

28 ноября 2013 на заседании Коллегии Государственной инспекции ядерного регулирования Украины принято решение о продлении эксплуатации энергоблока № 1 Южно-Украинской АЭС на 10 лет (до 02.12.2023) сверх проектного срока. Сейчас в сотрудничестве с Госатомрегулированием и Минэнергоуглем предстоит выполнить значительный объем работ, направленный на повышение безопасности, реконструкцию и модернизацию энергоблоков № 2 ОП ЮУАЭС и №1 , 2 ОП ЗАЭС, срок эксплуатации которых будет продлен в 2014-2015 годах.

Компания также работает над сооружением централизованного хранилища отработанного ядерного топлива для Ровенской, Южно-Украинской и Хмельницкой АЭС, выбором нового типа реактора, поиском вариантов альтернативного ядерного топлива и над другими важными вопросами (см. инфографику 2 на 68 стр.).

Выводить, продлевать и строить

Сегодня атомных мощностей в Украине достаточно, но в ближайшей перспективе ситуация может измениться с точностью до наоборот. Построенные в советские времена АЭС почти исчерпали свой ресурс, и пришло время подумать, что можно предложить взамен.

В Энергетической стратегии Украины на период до 2030 года подчеркивается приоритетность атомной энергетики. В ней упоминается, что атомные блоки уже приближаются к окончанию сроков проектной эксплуатации – более 70% их будут нуждаться в продлении сроков в ближайшие 10 лет. Однако продлевать срок их работы, согласно Стратегии, будут на 20 лет. Кроме того, в 2022 году хотят начать строительство новых блоков на замену старым, которые выведут из эксплуатации в 2031-2037 гг., а также обеспечить АЭС топливом.

Продление сроков эксплуатации энергоблоков – не единственное намерение государства. В Энергетической стратегии сказано, что планируется также строительство двух новых блоков на Хмельницкой АЭС. Один из них будет запущен в 2018 году, второй – в 2020. Проектная мощность блоков – по 3012 МВт каждый, при том, что на атомных станциях Украины нет ни единого энергоблока, мощностью более 1000 МВт. Кстати, кредит на строительство новых энергоблоков выдает российская энергетическая компания «Росатом». Ориентировочный размер инвестиций в строительство – 42 млрд гривен.

Однако все гладко только на бумаге. Несмотря на то, что украинский Кабмин одобрил, а парламент ратифицировал соглашение Украины и России о сотрудничестве в этом проекте, строительство блоков пока не начиналось. В-первых, Украина намерена добиться от России более

выгодных условий кредитования, а Госатомрегулирование еще не выдало разрешение на строительство дополнительных энергоблоков на Хмельницкой АЭС. При этом ни Украина, ни Россия не отказывались продолжать сотрудничество в проекте.

В чем же причина сложившейся ситуации? Чтобы ответить на этот вопрос, вначале стоит вспомнить об имеющемся мировом опыте. А он гласит: в любой стране создаваемые и действующие АЭС должны опираться на собственный инжиниринг и собственное атомное машиностроение. При сооружении новых АЭС до 70% используемого для этих целей оборудования должно производиться в своей стране. Украина же полностью зависима от россиян, и, похоже, останется зависимой очень долго.

В Национальной академии наук Украины также уверяют – выводить энергоблоки из эксплуатации неправильно и невыгодно, лучше продлевать срок их работы. «Конечно, в Украине стоит продолжать эксплуатацию энергоблоков», – считает ученый секретарь отделения ядерной физики и энергетики Сергей Данько. Президент НАН Украины Борис Патон в интервью «The Times» также отмечал, что, несмотря на мировую тенденцию отказа от ядерной энергетики, для Украины такая стратегия грозит энергетической зависимостью и падением уровня производства.

С точки зрения безопасности продлевать срок эксплуатации можно. Однако большинство элементов ядерного реактора рассчитаны на не более чем 20-летний период работы – потом наступает износ оборудования. Для того, чтобы продлить работу энергоблока, необходимо заменить все элементы, которые уже устарели или могут износиться в течение ближайшего времени. А это крайне дорогостоящие мероприятия – кредиты компании «Энергоатом» на продление сроков эксплуатации уже достигли 6,8 млрд гривен.

Оборудование изнашивается, срок эксплуатации атомных реакторов подходит к концу, нужно что-то делать в любом случае. Продлевать срок работы энергоблоков – оптимальный вариант на сегодняшний день. Вывод реактора из эксплуатации – слишком дорогостоящее мероприятие.

Такие проекты стоят миллионы, а то и миллиарды долларов – для вывода энергоблока из эксплуатации необходимо не только демонтировать все оборудование, но еще очистить территорию и захоронить радиоактивные отходы. По данным Национального экологического центра Украины, минимальная стоимость вывода энергоблока из эксплуатации достигает более 660 млн долларов. Стоит отметить, что по данным НАН Украины продление срока эксплуатации энергоблока требует меньших средств – около 375 млн долларов.

Вряд ли Украина в ближайшие годы откажется от ядерной энергетики. Но ее развитию могут помешать не только в отсутствии средств для модернизации, но и социально-экономические проблемы.

Айтуяр Санжар

(по материалам «Энергоатома» и зарубежных СМИ)





ВЕРХНИЙ УРОВЕНЬ



ДУБНА - ЖЕНЕВА: ТУДА И ОБРАТНО

(Продолжение. Начало в № 2 (20) за 2013 год)
Евгений Панов

4

Куда уйдешь от сравнений? Так что физики из ОИЯИ, приезжая проводить в ЦЕРН эксперименты, обязательно начинают сравнивать. Заместитель директора ЛФВЭ Ю.К. Потребеников говорит, что в свой первый визит дубненская команда сопоставляла всё. Например, уровень техники. Ну, тут ясно, в чью пользу было сравнение. Уровень финансирования. И тут тоже ясно. В то время бюджет ЦЕРН составлял миллиард швейцарских франков. Бюджет ОИЯИ – 32 миллиона долларов при наполнении примерно на 50-60 процентов. Отсюда и разница в технике, в оснащении.

А вот уровень подготовки, квалификации, интеллекта, как оказалось, не зависел ни от технической, ни от финансовой оснащённости. Яркие люди были и в дубненской группе (она насчитывала около 30 человек), и в сложившейся вокруг эксперимента коллаборации. У нас, скажем, был

Петр Христов, теперь штатный сотрудник ЦЕРН, как говорят, «получивший позицию», что не так просто, в ЦЕРН всего 2,5 тысячи сотрудников. Причем, это «пожизненная позиция»: если уж вошел в штат, то навсегда. Что ж, Христов очень талантлив. Защитил диссертацию в ОИЯИ, попал в выездную команду... Был и остался у нас и такой сильный лидер как Дмитрий Мадигожин, продолжает Потребеников. Отвечал за моделирование эксперимента NA-48, за анализ данных (сейчас он в команде эксперимента NA-62). А в коллаборации, на фоне группы крепких профессионалов из ЦЕРН, из других стран заметно выделялся француз Гийом Унал, на котором фактически держалась вся координация анализа данных эксперимента.

Еще в первый визит Потребеников убедился, что наши – не хуже и не лучше, наверно, такие же. Чего им чаще всего не хватает на Родине, так это места, где можно приложить свои знания. Если у ученого нет базы, то он не способен это





сделать. Дубненцы и стремились в ЦЕРН во многом потому, что здесь всегда существовали условия для самореализации, тогда как в России разваливалось даже то несравненно меньшее, что было во времена СССР. Серьезный ученый вообще стремится туда, где можно себя реализовать. В ЦЕРН это оказалось возможно, хотя и не просто. Из-за серьезной конкуренции.

Пожалуй, одно только заметно отличало западных специалистов от наших: те, по наблюдениям Потребеникова, дисциплинированно работают в той области, где нужно команде или коллаборации и занимаются тем делом, которое им поручают, не очень считаясь с их желаниями. Скажем, человек может долго трудиться над анализом данных, но если его попросят сделать какой-нибудь прибор, он окунется в электронику, криогенику, оптику, изучит необходимые вопросы и выдаст то, что требуется. Этот специалист, говоря на западный манер, очень эффективен. Он усидчив, организован и работоспособен. Он никогда не скажет, например, – «я обработчик данных, аналитик, поэтому я хочу заниматься обработкой и анализом и не хочу конструировать приборы». Что нередко наблюдается у нас: человек всю свою профессиональную жизнь специализируется на одной узкой теме и ничего другого делать уже не может. И заглядывать в смежные области его уже совсем не тянет.

Возможно, размышляет Ю.К. Потребеников, узкая специализация – это благо. В самом деле, человек знает все о какой-то стороне эксперимента. Но наши западные коллеги, которые в курсе разных его особенностей, знают все не об одной стороне, а обо всем эксперименте, целиком. Причем, досконально. И когда что-то происходит, очень четко понимают, где и что случилось и могут скорректировать программу, исправить ошибку, короче – быстро сделать единственно необходимое. Наши же, по наблюдениям Потребеникова, в отличие от европейцев, с большим трудом отходят от своей основной специализации. И это явно противоречит

распространенному у нас стереотипу об «узости» западного человека и «широте» его русского антипода, о которой писал еще Достоевский («Широк человек, надо бы обуздить»). Мы, мол, универсалы, а они на Западе только и знают одну операцию, которой занимаются всю жизнь и ничего дальше своего носа не видят. Делает он, скажем, шариковые ручки по евро штука и доволен. Вроде бы и Болонский процесс нацелен на то, чтобы привить узкому специалисту только доведенные до автоматизма трудовые навыки, равно пригодные в любой стране Евросоюза. А на деле оказывается несколько иначе: там, где креативная атмосфера на базе высокой концентрации интеллекта – там все наоборот!

Но это так, любопытный штришок, говорит Ю.К. Потребеников. И никак не абсолютная истина. У нас тоже есть универсалы. Дело – в человеке. Точнее, в его умении и желании учиться, впитывать новое... Сейчас, в эксперименте NA-62, понадобилось, чтобы Дубна взялась за строу-детектор, работающий в вакууме – очень серьезный прибор. Это дело поручили Юрию Константиновичу. Плохо ли, хорошо ли, но уже организован производственный участок в ОИЯИ, на котором собран и оттестирован один из восьми модулей детектора и запланировано изготовление еще трех. Параллельно на сборочном участке в ЦЕРН совместными усилиями группы ЦЕРН и группы Дубны завершается работа по сборке и проверке 4-х таких модулей.

Гийом Унал, тот замечательный французский физик, вообще вёл в эксперименте NA-48 несколько направлений и каждый месяц делал на семинаре коллаборации до трех основополагающих докладов по полученным за это время результатам, без которых достижение основной цели эксперимента могло затянуться. В 2003 году за эти работы он был признан лучшим молодым физиком Европы. Он, конечно, уникал, утверждает Потребеников, но вообще многостаночников в ЦЕРН много, они, пожалуй, даже преобладают. Если что-то засбило, не бегут за помощью, а разбираются и исправляют сами.

Итак, уровень подготовки и квалификации зрелых дубненских и черновских специалистов, в целом, одинаков. Различия же между молодежью связаны, скорее всего, с нюансами систем образования. Из-за этого, полагает А.Г. Ольшевский, на разных этапах обучения люди умеют делать несколько разные вещи. Но и те, и эти – представители лучшей, верхней половины студенческой братии. И те, и эти, приезжая на летние черновские школы после 3, 4 и 5 курсов своих университетов, производят приличное впечатление.

Существующий паритет очень помогает в формировании коллабораций, постановке и ведении экспериментов, которое можно уподобить совместной игре за одну команду на одном поле по общим для всех правилам. Они в ЦЕРН установлены давно, рассказывает заместитель директора Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ А.С. Водопьянов. Как, например, распорядок дня. Для физиков присутствие начинается не позднее 10 часов утра, инженеры и техники приходят на два часа раньше. Подтянувшись на рабочие места, ученые сначала отправляются пить кофе, затем расходятся по комнатам и работают усидчиво и долго. Перекуров практически не бывает, к тому же курение в помещениях запрещено уже лет пять. Расслабляются прямо на рабочих местах, не отрываясь от компьютеров, например, за большой «американской» кружкой того же кофе. В кафетерий идут, если надо что-то обсудить.

Сеансы ускорителя проводятся в соответствии с тем планом, который был определен при подготовке проекта эксперимента. Его надо спланировать, защитить план на экспертном комитете, куда подается документ примерно такого содержания: мы, такие-то и такие-то, собираемся решать такую-то задачу, для чего нам необходимо столько-то дней

набора такой-то статистики, при условии, что интенсивность пучка будет такой-то. Соответствующие службы сводят заявки в общий план, стараясь никого не ущемить.

Обычно эксперимент на фиксированных мишенях длится три года. Получив доступ к пучкам, ученые привозят свою аппаратуру и начинают работу согласно расписанию. Она ведется под неусыпным строгим контролем соответствующего интернационального научного комитета и назначенных им экспертов, которые сначала оппонировали проекту, а потом ведут его на протяжении всего срока. Они вместе с участниками дают оценку хода работ, предлагают те или иные коррективы и вообще всячески способствуют успеху дела. Перед комитетом дважды в год отчитывается споксмен коллаборации. По результатам этих обсуждений выносятся письменные решения.

Так продолжается, допустим, три года. А выработали выделенное ускорительное время – всё, до свидания. Освобождайте место, увозите аппаратуру. Ещё вчера тут работали вы, уже завтра будут работать другие. В этом смысле ЦЕРН – этаким научным конвейером. Правда, в последнее время, с вводом БАК, он несколько притормозил, замечает Водопьянов. Ситуация изменилась: установки обошлись очень дорого (хотя дирекция ЦЕРН поставила еще до их создания ограничения по стоимости, на «Алисе» она превысила первоначальную на 10, на «Атласе» – на 20 процентов), поэтому было бы неразумно требовать быстрой сменяемости экспериментов, команд, оборудования.

Не освободить кабинеты для следующей научной смены нельзя: дисциплина жесткая, да и вообще такое никому не придет в голову. Точно так же никто не подумает не подчиниться распоряжениям руководства, которое дает задания исходя, так сказать, из производственной необходимости. Будь ты хоть нобелевский лауреат,



займешься тем, что нужно ЦЕРН. Штатному сотруднику любого ранга по собственной инициативе нельзя вступить в коллаборацию, в которую зовут – у института на него свои планы, а они абсолютно святы. Если ты в чем-то, несмотря на все заслуги и признанный вклад в результаты коллаборации, погрешил против дисциплины и распорядка, например, пренебрег дежурством, твое имя не включают в число авторов эксперимента.

Интерьер рабочих помещений ЦЕРН лишен излишеств. Обстановка предельно скромная. Например, рабочие столы – металлические. Им лет по двадцать, ну и что с того? Они ведь надежны и вполне функциональны. Медленно меняются офисные компьютеры, да никто из физиков и не стремится часто их менять.

6

В каждый момент времени в ЦЕРН работает около 10 тысяч человек. Этакая большая научная семья. В коллаборации ALICE – 1000 человек из 30 организаций. В ATLAS – 3, 5 тысячи. Коллаборация – еще более сплоченная семья. Да, по большому счету, действительно сплоченная, иначе откуда такая эффективность работы, такие впечатляющие результаты? Но одной сплоченности тут недостаточно. Нужен диалектический противовес – конкуренция. Банальное соперничество.

Так что внутри коллабораций никакой идиллии нет и в помине. Нет её, стоит отметить, и внутри мирового научного фронта. По большому счету он един и ведет согласованное наступление по согласованным направлениям, однако трения в интернациональных коллективах обычны. А.С. Водопьянов столкнулся с ними давно, еще в начале своей международной карьеры, и в Протвино, и в «Фермилабе». Разногласия с американцами возникали из-за того, что заокеанские коллеги и партнеры уж очень спешили получить какой-нибудь сенсационный результат (или, на худой конец, просто объявить его таковым), а советские стояли за научную добросовестность. И в церновской коллаборации ALICE сосуществование представителей разных стран и народов далеко не безоблачно: идет битва за место под солнцем, соревнование интеллектов и профессионализма. Что ж, дискомфорт конкуренции есть продолжение комфортной атмосферы сотрудничества. Существование коллабораций ЦЕРН определяется и регулируется двумя этими равно необходимыми для дела началами.

Вся тысяча членов «Алисы» одновременно в ЦЕРН, конечно, не присутствует. Общий сбор трубят на время коллаборационных совещаний. Они проводятся трижды в год, каждое продолжительностью две недели. Одна неделя тратится на обсуждения общего характера, встречи, совещания. Вторая – более специфическая, она нацелена на обсуждение программного обеспечения и результатов. Работают, скажем так, группы по научным интересам. Во главе их стоят «конвинеры» – люди, организующие встречи и дискуссии по конкретным вопросам. Кроме того, проводятся

два совещания в год исключительно по физическим результатам. И еще – Интернет-совещания, видеоконференции продолжительностью два часа.

Чтобы опубликовать статью, люди, ее готовившие, представляют текст для обсуждения на нескольких уровнях. Это занимает некоторое время, потому что замечаний и предложений бывает много. Основные авторы не могут оставить без ответа ни одно из них, даже маловразумительное. Например, встречаются требования переделать весь анализ, и тогда приходится доказывать, что это нецелесообразно, что из экспериментальных данных уже выжато все, что можно... Короче, процесс весьма сложен, говорит Водопьянов.

Для российской команды «Алисы» он особенно непрост.



В команде 10 человек практически постоянного состава, сил не хватает, надо бы больше, но... дело в том, что для экспериментов на БАК дирекция ЦЕРН ввела финансовые ограничения. Предложено оплачивать эксплуатационные расходы своих установок – электроэнергию, воду, платить за содержание секретариата. Этой данью обложили каждую коллаборацию, привязав размер взноса к списочному составу авторов общих коллаборационных публикаций. И сумма, надо сказать, получилась немаленькая. Для дубненцев оброк чувствителен – около 10 тысяч швейцарских франков на человека в год. 10 человек – 100 тысяч франков. А 100 тысяч – это заметный ограничительный фактор, мешающий расширению группы, участию в коллаборации, удержанию завоеванных позиций. И это, как уже сказано, в условиях жестокой внутренней конкуренции!..

Прежде всего, очевидно острое соперничество за выбор физической задачи, определяет А.С. Водопьянов. И соперники, по его мнению, лучше приспособлены к борьбе, чем россияне. В первых рядах конкурентов – молодые итальянцы, толковые и активные. Они брызжут инициативами, выступают с сообщениями, стараются быть на виду, рвутся на авансцену. Они создают себе имидж основных работников.



И если ты занимаешься своим делом ни шатко, ни валко, тебя очень быстро отодвинут на задворки коллаборации... К итальянскому натиску со временем добавился натиск хватких американцев. А недавно поднялась китайская волна. Китай – не член ЦЕРН, поэтому китайцы проникают в Женеву не напрямую, а через различные международные организации, или, например, через университеты северных стран – Швеции, Норвегии, где поступают в аспирантуру. Их много. Они везде. Поэтому мало захватить в коллаборации какую-то позицию, нужно еще уметь ее защитить. В фемтоскопии нашим это удастся. Группа ОИЯИ сумела взять на себя анализ данных и сделать его для столкновения протон-протон. Раньше этого никто не делал. Подготовили публикацию, прошли через все фильтры, через все коллаборационные рогаки, напечатали. Сейчас занимаются анализом пар мюонов в столкновениях свинец-свинец. Это тоже «фирменная тема», «визитная карточка» дубненцев. Им есть, что терять.

Споксмен «Алисы» Паоло Джубеллино из университета в Турине на этом посту два года. Скорее всего, полагает Водопьянов, его переизберут на второй срок. До него обязанности споксмана долго исполнял штатный сотрудник ЦЕРН, один из организаторов коллаборации Юрген Шукрафт. Теперь он эксперт и специалист по анализу данных. При всех конкурентных противоречиях фигуры старого и нового споксменов всех устраивали и устраивают. Их фигуры – объединительные. Диалектическое единство противоположностей сохраняется. Сплоченность не означает благодатной бесконфликтности, она в науке вряд ли возможна. А соревновательность не означает чьей-либо дискриминации. Например, представителей Дубны, хотя не все же, в самом деле, обязаны любить Россию.

– Нет, ЦЕРН радушен, – соглашается Ю.К. Потребеников – Там с распростертыми объятьями встречают специалистов, приехавших для выполнения технических работ. А если еще они приехали за свой счет, так вообще будут на руках носить. А если еще ты дашь свои ресурсы, скажем, командируешь инженеров и техников монтировать детектор, который нужен ЦЕРН, отношение к тебе будет фантастическим... Но как только начинаешь конкурировать с ними в физике, получать

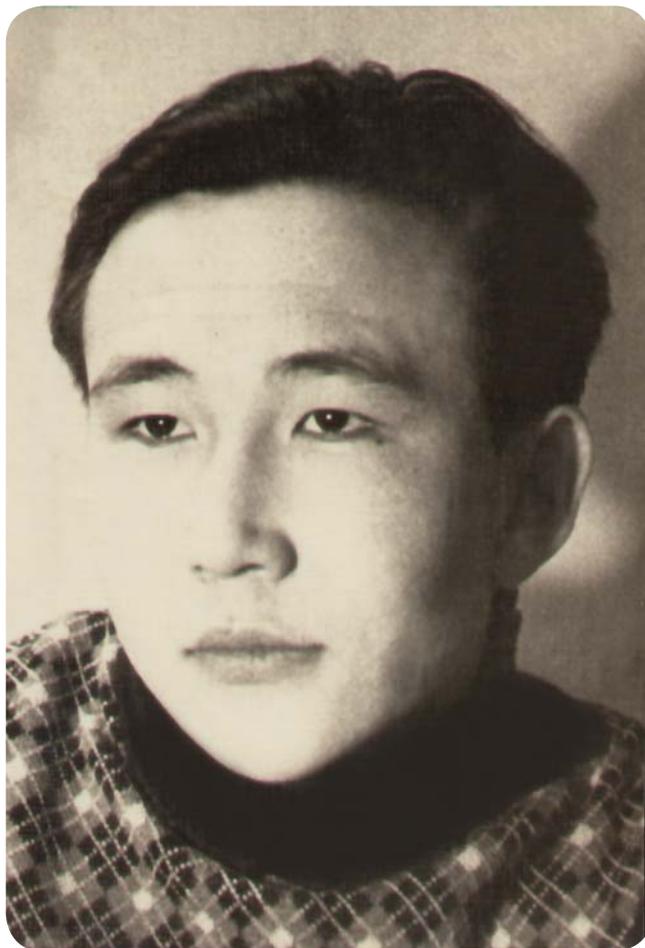
результаты, которые они долго не могли получить, радушие уступает место практически неприкрытому соперничеству. Дискриминации нет, но и поддержки тоже нет. Ресурсы предоставляют, как и положено, но на объективную оценку не рассчитывай. Если твой результат очевидно хорош, его, скрепя сердце, признают... не исключено, выразив при этом недовольство. И то: не будь тебя, конкурент спокойно шел бы к своей цели, а тут тебя принесла нелегкая. Что же, прикажете радоваться?..

– В ОИЯИ можно десятилетиями заниматься одной и той же проблемой, и никто тебе не мешает, – продолжает Юрий Константинович. – А в ЦЕРН все нужно делать быстро. И качественно. Стимулирует ли это? Способствует это результативности исследований? Наверно, да. Подстегивает? Нервирует? Держит в напряжении? Безусловно. Но не только тебя, а всех. В конце концов справедливость торжествует, всем воздается по трудам – в коллаборации вклад каждого оценивают достаточно объективно. В год, например, по твоей теме проходит 50 конференций в разных городах и странах, а твой вклад в результат определен в 10 процентов. Значит, на 5 конференций тебя обязательно пошлют. За счет коллаборации... то есть, фактически за твой собственный. Может помочь и ЦЕРН – за счет специальных фондов для стран-неучастниц. Для ОИЯИ такие фонды тоже выделялись. Есть также специальный комитет ОИЯИ – ЦЕРН, который определяет, сколько и кому выделить помощи. Правда, теперь это уже не принципиально, потому что доля этих денег в общем объеме затрат совсем не так велика, как было когда-то...

Действительно. В 1995 году два часа работы в ЦЕРН давали Потребеникову столько же, сколько месяц работы в ОИЯИ. Сейчас суточные в ЦЕРН в 1,5 раза меньше, чем его дневной заработок в ОИЯИ. Поддержка ЦЕРН сегодня желательна и важна, но уже далеко не критична. Зависимость специалистов ОИЯИ от финансовых стимулов ЦЕРН значительно снизилась. Если раньше при собственных средствах на эксперимент в 5-10 тысяч долларов ЦЕРН давал 12-20 тысяч долларов, то теперь эти 12-20 тысяч лишь дополняют 80-100 тысяч собственных средств.

ЭТАПЫ ТВОРЧЕСКОГО ПУТИ

10 января 2014 года исполнилось 80 лет со дня рождения и 55 лет с начала научной деятельности крупного ученого-физика, доктора технических наук, профессора, лауреата государственной премии РК, первого генерального директора Национального ядерного центра РК, руководителя лаборатории физических и технологических проблем атомной энергетики Института ядерной физики ГАДЛЕТА АНДИЯНОВИЧА БАТЫРБЕКОВА.



Гадлет Андиянович Батырбеков родился 10 января 1934 г. в Алматы. В 1957 г. окончил Московский энергетический институт.

В марте 1958 года он был зачислен на работу во вновь созданный Институт ядерной физики АН КазССР на должность младшего научного сотрудника и направлен в Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова для прохождения специализации по ядерным реакторам.

С 1960 г. по 1963 г. учился в аспирантуре Физико-энергетического института в Обнинске. После защиты кандидатской диссертации на тему «Экспериментальные исследования на быстром реакторе с ториевым экраном» в 1965 г. Батырбеков включился в работу по подготовке и осуществлению физического и энергетического пуска реактора ВВР-К. Он был первым главным инженером реактора ВВР-К в 1968-1970 гг.

В 1970 г. Гадлет Андиянович возглавил вновь организованную лабораторию преобразования энергии, впоследствии преобразованную в лабораторию физики ядерно-энергетических установок, которой руководил до 1993 г.

В 1980 - 1993 гг. работал заместителем директора по науке Института ядерной физики АН КазССР, одновременно руководил научной лабораторией.

В 1987 г. в Физико-энергетическом институте он

защищает докторскую диссертацию на тему: «Физические проблемы создания лазеров и реактора космической ядерно-энергетической установки, генерирующей электрическую энергию и лазерное излучение». В 1990 г. ВАК СССР присваивает Батырбекову звание профессора по специальности «Ядерные энергетические установки».

15 января 1993 г. Г.А. Батырбеков Постановлением Кабинета Министров РК был назначен первым Генеральным директором Национального ядерного центра РК (НЯЦ РК).

Вся научная деятельность Г.А. Батырбекова связана с проблемами физики и техники реакторов и ядерной энергетики. В аспирантуре ФЭИ им был создан и исследован первый реактор на быстрых нейтронах с ториевым экраном, в ходе эксплуатации которого была обоснована возможность развития ядерной энергетики с расширенным воспроизводством ядерного горючего в уран-ториевом цикле. Результаты этих исследований, совместно с результатами других советских авторов были доложены от СССР на 3-й Международной Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии в 1964 г.

Большой вклад внес Батырбеков в разработку, совершенствование и обеспечение безопасности казахстанского исследовательского ядерного реактора ВВР-К. Будучи в 1958 г. на стажировке в Москве в Институте атомной



энергии им. И.В. Курчатова, он участвовал в разработке проектного задания, а затем, в 1959-60 гг. - в разработке проекта реактора ВВР-К в Государственном специализированном проектном институте в Москве.

Под его руководством был выполнен цикл экспериментов по усовершенствованию реактора ВВР-К. В результате была создана активная зона со сквозным центральным экспериментальным каналом большого диаметра, оптимизировано расположение органов СУЗ в активной зоне. Это значительно расширило экспериментальные возможности реактора и позволило развернуть на нем принципиально новые направления экспериментальных исследований, в частности, в области создания термоэмиссионной космической ядерной энергетической установки, лазеров с ядерным возбуждением и радиационного материаловедения.

После остановки в 1986 г. реактора ВВР-К под руководством и при участии Гадлета Андияновича был выполнен комплекс исследований и мероприятий по обоснованию и обеспечению безопасности реактора ВВР-К в условиях высокой сейсмичности, что позволило получить разрешение Госатомнадзора СССР на работу реактора ещё до 1990 года.

В 1968-72 гг. под руководством Батырбекова в лаборатории физики ядерно-энергетических установок был разработан и создан критический стенд – реактор малой мощности, позволивший моделировать и исследовать различные активные зоны с разными экспериментальными установками.

После пуска на модернизированном реакторе ВВР-К совместно с НПО «Энергия» разворачиваются работы по внутриреакторным исследованиям и испытаниям узлов активной зоны термоэмиссионного реактора - преобразователя на быстрых нейтронах космической ядерно-энергетической установки. В этой комплексной работе под руководством Г.А. Батырбекова проводятся исследования нейтронно-физических характеристик электрогенерирующих каналов и их сборок, физики и безопасности термоэмиссионного реактора космической ЯЭУ. Здесь следует отметить получившие широкую известность в стране исследования Батырбекова по созданию и обоснованию безопасной работы газовых



регуляторов нейтронного поля в реакторе, оригинальные методические разработки систем контроля и мониторингования реакторной установки и экспериментальных устройств.

Начиная с 1970 г., круг научных интересов Гадлета Андияновича расширился. Под его руководством начаты пионерные исследования ядерно-возбуждаемой плазмы различных газовых сред и лазеров с ядерной и комбинированной накачкой в ядерном реакторе. Им предложен ряд теоретических моделей, описывающих элементарные процессы в плазме, которые впоследствии были подтверждены многочисленными внутриреакторными экспериментами. В процессе исследований профессором Батырбековым совместно с учениками были разработаны оригинальные экспериментальные установки для внутриреакторных исследований плазмы зондовым и спектральным методом, лазеров с несамостоятельным разрядом и впервые проведены циклы соответствующих экспериментов на реакторе ВВР-К. Экспериментально и теоретически были исследованы физические и оптические характеристики ядерно-возбуждаемой плазмы большого количества газовых сред.

В 1975 г. Г.А. Батырбековым впервые получена генерация лазерного излучения на молекулярных переходах электроионизационного CO_2 -лазера в активной зоне стационарного ядерного реактора, а дальнейшем – генерация лазеров с несамостоятельным разрядом в ядерном реакторе на других рабочих средах в инфракрасном и ультрафиолетовом диапазоне длин волн.

В 1979 году Гадлет Андиянович выдвигает концепцию создания ядерно-энергетической установки космического назначения, генерирующей электрическую энергию и лазерное излучение на базе термоэмиссионного реактора-преобразователя на быстрых нейтронах и лазеров с несамостоятельным разрядом.

Идея нашла поддержку в Министерствах общего и среднего машиностроения СССР, и с 1983 г. по 1990 г. в Физико-энергетическом институте под руководством Г.А. Батырбекова на одном из физических прототипов термоэмиссионного реактора-преобразователя космической Ядерно-энергетической установки (ЯЭУ) были выполнены



полномасштабные эксперименты, подтвердившие практическую осуществимость проекта. Наибольший практический задел и конкретные результаты при реализации именно этой схемы ядерно-энергетической установки (ЯЭУ) обеспечили большой интерес на международных и всесоюзных семинарах и конференциях по ядерно-возбуждаемой плазме и лазерам с ядерным возбуждением.

Значительные результаты получены Батырбековым по обоснованию безопасности космической ядерно-энергетической установки с реактором на быстрых нейтронах в аварийных и нештатных ситуациях (в частности, при аварийном падении реактора на быстрых нейтронах в воду и развале его активной зоны с образованием различных урановодных решеток). Экспериментально-расчетные исследования показали, что применение резонансных поглотителей нейтронов на основе редкоземельных элементов (гадолиний, гафний и европий) и их комбинаций в определенных концентрациях в составе ядерного топлива активной зоны полностью решает проблему безопасности на всех этапах работы реактора космической ЯЭУ. С использованием полученных результатов в выше указанных исследованиях совместно с Российскими специалистами была разработана

концепция безопасности космической ЯЭУ на всех стадиях ее существования и работы, включая нештатные и аварийные ситуации.

Г.А. Батырбеков участвует также в создании предельно безопасного для атомной энергетики газофазного реактора с циркулирующим ядерным топливом на гексафториде урана (UF_6). Им совместно с учениками выполнены исследования по изучению физических и оптических характеристик ядерно-возбуждаемой плазмы с UF_6 . До развала СССР совместно с московскими учеными из НИИ тепловых процессов был разработан и создан лабораторный стенд газофазного ТВЭЛа и велись работы по подготовке экспериментов на реакторе ВВР-К по созданию и исследованию газофазного твэла с прокачиваемым ядерным топливом на UF_6 .

Гадлет Андиянович входит в состав комиссий, работавших на Семипалатинском испытательном ядерном полигоне в связи с его закрытием и последующей организацией на его базе научного центра. В феврале 1989 г. он участвует в авторитетной комиссии, возглавлявшейся заместителем председателя Совета Министров Казахской ССР Э.М. Асанбаевым, выехавшей на Семипалатинский полигон после злополучного подземного ядерного взрыва 12 февраля 1989 г., который стал последним ядерным взрывом на Полигоне. В 1990 г. Батырбеков возглавил рабочую комиссию ИЯФ АН КазССР, которая одновременно с Союзной комиссией, руководимой академиком Цыбом, изучала радиационную обстановку на Семипалатинском полигоне.

В октябре 1991 года (после закрытия Полигона Указом Президента РК) Г.А. Батырбеков был назначен членом Государственной комиссии, в задачу которой входил анализ состояния научного, производственного и кадрового потенциала предприятий Семипалатинского полигона, целесообразности проведения оборонных и народно-хозяйственных программ, определение направления конверсии производств в интересах науки и народного хозяйства. Комиссия разработала предложение «Об основных направлениях преобразования Семипалатинского испытательного ядерного полигона в Союзно-Республиканский научно-исследовательский центр», что стало предвестником создания Национального ядерного центра РК.





Много сделано Батырбековым на посту Генерального директора Национального ядерного центра РК. Одним из главных достижений того периода является сохранение в тяжелейших условиях научного потенциала Минобороны и Минсредмаша СССР на Семипалатинском полигоне и создание на их базе Институтов Национального ядерного центра РК. Так на полигоне, в бытность Генеральным директором Г.А. Батырбекова были созданы в составе НЯЦ РК четыре научно-исследовательских учреждения: Институты Атомной энергии, Радиационной безопасности и экологии, Геофизических исследований и Лечебно-диагностический центр, развернута их научная и международная деятельность. Разработана структура НЯЦ РК и его институтов, Республиканская целевая научно-техническая программа «Развитие атомной энергетики в Казахстане».

При участии Гадлета Андияновича было налажено широкое международное сотрудничество НЯЦ РК и его институтов с Национальными лабораториями США, с ведомствами и институтами России, Японии, Франции, ФРГ и др., с Международными организациями МАГАТЭ и МНТЦ. Были заключены контракты на проведение работ с организациями

США и Японии, получены финансовые средства по первым проектам МНТЦ и развернуты работы в области изучения радиоэкологической обстановки Семипалатинского и других ядерных полигонов, исследования безопасности энергетических ядерных реакторов, переоборудованию и налаживанию сети сейсмических станций по контролю за испытаниями ядерного оружия на полигонах мира и т.д. НЯЦ РК стал центром сотрудничества Казахстана со многими странами в области атомной энергетики, радиационной экологии и контроля за испытаниями ядерного оружия на полигонах мира.

С 2008 г. по настоящее время Г.А. Батырбеков возглавляет лабораторию физических и технологических проблем ядерной энергетики Института ядерной физики и проводит исследования, имеющие непосредственное отношение к развитию атомной энергетики, к разработке реакторной стратегии и путей развития ядерного топливного цикла Казахстана.

В 2007 г. Гадлет Андиянович Батырбеков был назначен советником генерального директора НЯЦ РК.

Г.А. Батырбеков является известным специалистом в области ядерно-энергетических установок. Его труды по физике и технике ядерных реакторов, физике и химии ядерно-возбуждаемой плазмы, лазеров с ядерной и комбинированной накачкой и ядерно-энергетических установок, генерирующих электрическую энергию и лазерное излучение широко известны у нас в стране и за рубежом.

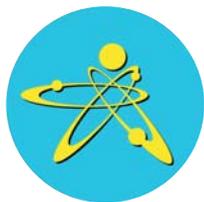
Результаты научных исследований нашли отражение в более 250 опубликованных научных работах, большая часть которых издана в рейтинговых журналах СССР и за рубежом и докладывались Гадлетом Андияновичем на международных конференциях и совещаниях: в США, Канаде, Японии, ФРГ, Турции, Египте, Швеции и многих других международных конференциях, проводившихся в бывшем СССР, в России и Казахстане.

Г.А. Батырбеков уделяет большое внимание подготовке научных кадров, под его руководством и консультациями подготовлены и защищены девять кандидатских и две докторские диссертации.

Г.А. Батырбекова отличает энциклопедическая эрудиция, компетентность и требовательность в сочетании с добрыми человеческими качествами, простотой и демократичностью.

За большие заслуги в развитии физической науки, подготовку высококвалифицированных научных кадров Батырбеков отмечен Государственными наградами. Он является лауреатом Госпремии РК в области науки и техники (2009 г.), в 2007 г. Указом Президента РК Батырбеков награжден Орденом Парасат, золотым знаком отличия «Заслуженный работник атомной отрасли РК», в 1976 году он занесен в «Золотую книгу Почета Казахской ССР», в 1982 и 1986 годах награжден двумя медалями СССР «За трудовую доблесть» и «За доблестный труд». Награжден Почетными Грамотами Национальной Академии Наук РК, Министра образования, Министра энергетики и сырьевых ресурсов РК.





Атом во имя прогресса!

ЧЕЛОВЕК. ЭНЕРГИЯ. АТОМ

Научно-публицистический журнал

Собственник:

РГП «Национальный Ядерный Центр
Республики Казахстан»

Адрес редакции:

071100, Республика Казахстан,
г. Курчатов, ул. Красноармейская, 2,
зд. 054 Б
тел.: +7 722 51 2 33 33,
факс: +7 722-51 2 38 58
E-mail: energy_atom@mail.ru;
nnc@nnc.kz
Web-сайт: www.nnc.kz

Главный редактор:

Эрлан Батырбеков

Заместитель Главного редактора:

Сергей Березин

Шеф корпункта в г. Москве:

Евгений Панов

Медиасопровождение:

Морис Абдуллин («Центр медиапроектов»)

Фотограф:

Александр Хотынец

Дизайн и вёрстка:

Алия Касенова

Журнал зарегистрирован в Министерстве культуры и информации РК. Свидетельство №8764 от 12.11.2007г.

Мнение авторов не обязательно совпадает с мнением редакции. Любое воспроизведение материалов или их частичное использование возможны с согласия редакции.

Выходит один раз в квартал.

Тираж – 1000 экз.

Отпечатано в полиграфической компании «СЕМЕЙ - ПЕЧАТЬ»

Адрес: г. Семей, ул. Гагарина, 122

тел.: +7 (7222) 56 62 18, 56 84 08

