



Школьникам об атомной энергетике

Выпуск 9-10
2012

Серия: **Хочу все знать!**



Здравствуйте, ребята! XX столетие вошло в историю человечества как эра освоения энергии деления и синтеза ядер, и ядерная энергетика прочно заняла свою нишу на мировом энергетическом пространстве. Вы уже узнали о развитии ядерных программ в Германии и США. Мы продолжим тему «Военные корни ядерной энергетики» и рассмотрим ядерные программы Франции и Великобритании.

Военные корни ядерной энергетики

(продолжение)

Ядерное оружие возникло в результате развития фундаментальных исследований свойств материи и проникновения человека в тайны ядра атома. Его разработка базировалась на достижениях нейтронной физики, газодинамики, термодинамики и многих других наук. Таким образом, к возможности создания ядерного оружия неотвратимо вел бурный научно-технический прогресс, начавшийся с блестящих фундаментальных открытий физики XX века, ибо «ничто не может быть сильнее идей, время которых пришло» (В. Гюго). С другой стороны, все это создало предпосылки для применения энергии ядра в мирных целях и привело к развитию ядерной энергетики.

Ядерная программа Франции

13 февраля 2010 года исполнилось 50 лет с того дня, как Франция стала ядерной державой. В этот день в 1960 году состоялось первое испытание французской атомной бомбы в Сахаре.

До начала 1950-х годов французское военно-политическое руководство не имело планов создания собственного ядерного оружия и полностью полагалось на гарантии США. Вплоть до 1954 года ядерная программа Франции находилась в фазе мирных научно-исследовательских работ.

Работы по ядерной физике велись во Франции уже в 30–40 годах двадцатого века. Ф. Жолио-Кюри (о котором было рассказано в выпусках 1–2 буклета для школьников серии «Хочу все знать» в 2011 году) вместе с Х. Хальбаном и Л. Коварски в 1939–1940 годах первыми в мире начали работы по проектированию ядерного реактора на основе природного урана с тяжелой водой в качестве замедлителя.

В связи с оккупацией немцами Франции в 1940 году Х. Хальбан и Л. Коварски вместе с оборудованием и запасами тяжелой воды (185 кг) переезжают в Англию, и уже в конце 1940 года они продемонстрировали практическую возможность получения атомной энергии непосредственно из природного урана с использованием тяжелой воды.

После окончания Второй мировой войны Франция, имея в багаже зрелую научную школу и неплохую техническую базу, была способна относительно быстро возобновить работы по атомной энергии. Уже **18 октября 1945 года** по распоряжению президента Франции Шарля де Голля был создан Комиссариат по атомной энергии (Commissariat à l'Énergie Atomique, CEA), во главе которого был поставлен нобелевский лауреат Ф. Жолио-Кюри. А через три года, **15 декабря 1948**



года, под его руководством в Шатийоне был осуществлен физический пуск ZOE – первого тяжеловодного реактора нулевой мощности.

В 1950 году руководителем CEA был назначен сын нобелевского лауреата по физике (1926 год) Жана Батиста Перрена – Франсуа Перрен (в 1951–1970 годах он занимал должность верховного комиссара по атомной энергии Франции).

Несмотря на глубокие внутренние проблемы, связанные с послевоенной разрухой, коалиционные правительства Французской Республики принимают ряд важных политических и организационно-технических решений, направленных на развитие национального атомного научно-промышленного комплекса.

Первый пятилетний план развития французской атомной индустрии, принятый Национальным собранием в **1952** году, носил подчеркнуто мирный характер, хотя и предполагал строительство предприятия по промышленному производству плутония. Развитию атомной отрасли способствовало также обнаружение вблизи Лиможа месторождения, содержащего значительные запасы урана. К началу 1954 года Франция имела два тяжеловодных реактора. Планировалось построить еще два уран-графитовых реактора.

По сути, момент принятия официального решения о создании атомной бомбы откладывался. Несмотря на то, что решение о запуске программы по разработке ядерного оружия было принято правительством еще в декабре 1954 года,

окончательный консенсус по вопросу о необходимости создания ядерного оружия был достигнут лишь к середине 1957 года.

К концу 1956 года во Франции сформировались все необходимые органы и структуры для проведения в жизнь атомного военно-политического проекта, и была принята государственная программа на 1957–1961 годы, предусматривавшая бесперебойное финансирование всех работ.

За решение проблемы ядерного оружия отвечали гражданский Комиссариат по атомной энергии (СЕА) и Министерство обороны. На первый (департамент новой техники, с 1958 года – отделение военных программ) возлагались научная сторона, производство и испытания, а на военных – обеспечение испытаний, охрана и т.п.

5 декабря 1956 года в составе Комиссариата по атомной энергии был создан Комитет по разработке атомной бомбы, а **19 декабря 1956 года** утверждена программа ядерных сил Франции.

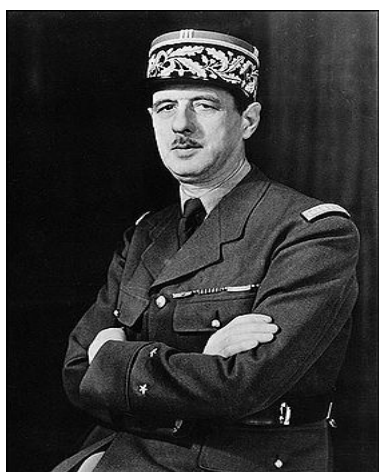
В 1957 году было выбрано место строительства полигона для атомных испытаний. В оазисе Регган (территория Алжира) за три года вырос целый городок на 10 тысяч жителей и научно-исследовательский комплекс. Строительство обошлось в 100 млрд. франков.

Второй пятилетний план развития французской атомной индустрии предполагал возможность того, что военная составляющая станет главенствующим компонентом национальной ядерной программы.

В начале 1958 года с разрешения председателя Комиссии по атомной энергии США Л. Страуса группа французских специалистов посетила Невадский испытательный полигон и закупила оборудование, которое было использовано при проведении первых французских ядерных испытаний.

11 апреля 1958 года премьер-министр Феликс Гайяр отдал распоряжение об обеспечении проведения первой серии испытаний.

Вновь придя к власти 1 июня 1958 года, Шарль де Голль унаследовал от



предшественников развивающуюся активными темпами ядерную программу, которой недоставало лишь концептуальной стратегической основы. В данном случае роль личности в истории французской ядерной программы бесспорна. В тот момент для успешного завершения начатого требовался не только одаренный администратор и опытный политик, но и грамотный стратег. Именно Шарль де Голль смог объединить военные и политические круги для того, чтобы создать все условия для успешного продолжения работ по ядерной программе.

Для Шарля де Голля принципиально важно было то, чтобы французские ядерные силы были независимы ни от американских, ни от европейских партнеров.

Для французского общества ядерное оружие было символом возрождения Франции как великой державы.

На заседании Совета обороны Франции **17 июня 1958 года** Шарль де Голль утвердил решение о проведении ядерных испытаний. Первое ядерное взрывное устройство (ЯВУ) было испытано в районе Регган на территории Алжира в пустыне Сахара **13 февраля 1960 года**. Мощность ЯВУ была значительна, до 70 килотонн. За первым взрывом последовали еще три, что окончательно утвердило положение Франции как ядерной державы.

В южной части Алжира, на гранитном плато Хоггар (в 560 км от Реггана), был построен второй полигон для проведения подземных ядерных испытаний, который использовался до 1966 года (проведено 13 взрывов).



Получение в июле 1962 года Алжиром независимости делало неизбежным перенос полигона на новое место. В связи с этим были выбраны два незаселенных атолла Муруроа и Фангатауфа, находящихся примерно в 1200 км от острова Таити в южной части Тихого океана.

Начиная с 1963 года, здесь была создана необходимая инфраструктура для подготовки и проведения испытаний, а также жизнедеятельности персонала. Вплоть до 1975 года на Тихоокеанском полигоне проводились только воздушные взрывы. Затем их пришлось перенести под землю, а с 1981

года – и в центральную зону атолла Муруроа под дно лагуны.

В 1976 году была официально принята концепция «реалистического сдерживания на всех уровнях», подразумевавшая более гибкий подход к использованию ядерного оружия и акцент на развитие тактических сил.

Мораторий на ядерные взрывы, которого СССР, США и Великобритания придерживались с 1990–1992 годов, был поддержан Францией лишь в 1996 году.

Всего в период с 1960 по 1996 годы в Сахаре и на островах Французской Полинезии в Океании Францией было осуществлено 210 ядерных испытаний.



Атолл Фангатауфа

Место проведения испытаний	Год проведения испытаний	Вид испытания		Общее количество испытаний
		атмосферное	подземное (подводное)	
Район Регган	1960-1961	4		4
Район Хоггар	1961-1966	13		13
Атолл Муруроа	1966-1996	42	137	179
Атолл Фангатауфа	1966-1996	4	10	14

После прекращения ядерных испытаний Франция способствовала бессрочному продлению Договора о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО), подписала и ратифицировала Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ), а также три протокола к Договору о безъядерной зоне в южной части Тихого океана (Договор Раротонга). В 1997 году были ратифицированы три протокола к Договору о создании в Африке зоны, свободной от ядерного оружия (Договор Пелиндаба).

В настоящее время Франция является сторонницей мирного атома, и ядерная энергетика стала национальным приоритетом. Франция – мировой лидер по доле в общей выработке электроэнергии на АЭС – 77,71%, занимает второе место по установленной мощности АЭС после США. Электроэнергию производят 19 АЭС, на которых в настоящее время эксплуатируется 58 ядерных энергоблоков.



На фотографии показана одна из них – АЭС «Гравелин» с 6 энергоблоками с реакторами типа PWR (аналог ВВЭР российского дизайна). Всего во Франции было построено 70 ядерных энергоблоков, 12 из них в настоящее время остановлены.

Для справки. Обычные теплоэлектростанции обеспечивают лишь около 11% всего производства электроэнергии во Франции. Гидроэлектростанции, расположенные в

Альпах, Пиренеях и в Центральном массиве, обеспечивают теперь менее 13% всей выработки электроэнергии против 55,7% в 1960 году.

Компания "Электриситэ де Франс" (EDF) стала одной из крупнейших компаний в мире по производству электроэнергии.

В распоряжении EDF находятся 57 реакторов, суммарная мощность которых составляет более 60 тыс. МВт (мегаватт). Атомные электростанции расположены на реках Луаре и Роне. Сверхмощный реактор на быстрых нейтронах "Супер-Феникс" в Крей-Мальвиле, работающий на плутонии, в настоящее время остановлен.



На АЭС «Фламанвиль» начато строительство реактора третьего поколения EPR – европейский реактор с водой под давлением, который разработан французской компанией Aegva на основе франко-германских технических проектов. По сравнению с реакторами предыдущих поколений у EPR уменьшена вероятность возникновения аварий, увеличена рентабельность реактора за счет повышения мощности до 1600 МВт и более экономичного использования топлива.

Ядерная программа Великобритании

В Великобритании работы по урановой проблеме начались значительно раньше, чем в США. История британской ядерной программы берет свое начало в 1940 году. В марте 1940 года ведущие ученые и руководители высшего звена Англии были



ознакомлены с содержанием меморандума «О создании «супербомбы», основанной на ядерной цепной реакции в уране», подготовленного двумя физиками-эмигрантами Рудольфом Эрнстом Пайерлсом (слева) и Отто Робертом Фришем, в котором авторы показали, что создание атомной бомбы практически возможно уже в ближайшее

время. В меморандуме также был описан процесс работы завода по производству урана-235 методом газовой диффузии.

По ядерной программе независимо друг от друга, но координируя свои усилия, работали четыре исследовательские группы из различных университетов.

Р.Пайерлс и О. Фриш в Бирмингеме в 1940 году сделали первую оценку критической массы урана-235 для атомной бомбы, которая, как оказалось, не столь велика, как считалось ранее. Исследователи в Бирмингеме концентрировали свои усилия на проблеме производства металлического урана.



Фрэнсис Симон (слева) разработал проект газодиффузионного завода. В Кембридже работали эмигрировавшие к тому времени из Франции физики Ханс Хальбан и Лев Коварски, которые продемонстрировали возможность достижения цепной реакции с помощью урана и тяжелой воды.

В Ливерпуле группа, возглавляемая Джеймсом Чэдвиком (справа), изучая поведение таких изотопов, как уран-235 и уран-238, пришла к выводу, что оно точно соответствует предсказаниям Н. Бора.



В апреле 1940 года был создан комитет по разработке урановой бомбы «Мауд Комитти» (англ. M.A.U.D.) или «комитет Томсона» (группа работала под руководством Джорджа П. Томсона, сына великого физика Джозефа Д. Томсона). M.A.U.D. означало «Military Application of Uranium Detonation» («Военное Применение Уранового Взрыва»).

Научно-исследовательская работа группы «Мауд Комитти» завершилась созданием организации «Тьюб Эллойс» (Tube Alloys) для производства ядерного взрывчатого вещества. Это название наводило любопытствующих на мысль о каких-то трубах («тьюб») из каких-то сплавов («эллойз») и меньше всего на мысль об атомной бомбе, впоследствии «Тьюб Эллойс» была поглощена более крупной по размаху работ организацией США Манхэттенский проект (о нем было рассказано в предыдущих выпусках буклета).

В декабре 1940 года Х. Хальбан (справа) и Л. Коварски, после проведения опытов в



Кавендишской лаборатории с первым экспериментальным реактором на окиси урана и тяжелой воде, написали подробный отчет Томсону, где уже тогда было сказано определенно: «...ядерный реактор будет работать...».

К июлю 1941 года ученые смогли доложить английскому правительству, что создание атомной бомбы вполне реально и что «оно, очевидно, повлияет на ход войны». Ученые рекомендовали правительству максимально ускорить работы с тем, чтобы создать атомную бомбу в наикратчайший срок.

Необходимо отметить, что до середины 1941 года атомные исследования в США отставали от атомных исследований в Великобритании. К концу 1941 года американским ученым не удалось даже добиться получения цепной реакции. Для них, несмотря на известные успехи, атомная бомба продолжала оставаться только теоретическим понятием.

11 октября 1941 года Ф. Рузвельт обратился к У. Черчиллю с предложением делать атомную бомбу совместно. Они пришли к следующему соглашению: большие атомные заводы будут строиться в США, где им не угрожают немецкие бомбы, но англичане внесут свой вклад в разработку атомной бомбы. Под этим подразумевалось участие английских ученых в работе по созданию бомбы и предоставление американцам результатов исследований. В 1941–1942 годах состоялся обмен информацией между учеными США, Англии и Канады по атомному проекту.

Но прошло совсем немного времени, и от идеального замысла пришлось отказаться. Английским ученым начали чинить всяческие препятствия, их не допускали к проведению некоторых важных работ.

Во время визита в Вашингтон в мае 1943 года У. Черчиллю удалось добиться у Рузвельта удовлетворения некоторых своих притязаний. Однако письменное соглашение о сотрудничестве между двумя странами по созданию атомной бомбы и об использовании после войны атомной энергии в мирных целях было заключено лишь в **августе 1943 года** в Канаде (**Квебекское соглашение**). Каждая из договаривающихся сторон обязалась никогда не использовать атомную бомбу против другой стороны. Соглашение обеспечивало известные гарантии обмена научной информацией. Взаимное согласие было необходимо и для передачи третьей стороне информации об атомной бомбе. Предусматривалось учредить специальный орган в целях «полного и эффективного сотрудничества» в области создания атомной бомбы. В конце 1943 года несколько ведущих физиков – участников атомного проекта начинают работу в США (Дж. Чедвик, Р. Пайерлс, М. Олифант, К. Фукс и др.). Кроме того, в соглашении предусматривалось, что Соединенные Штаты и Великобритания не будут использовать атомную бомбу против какой-либо другой страны без взаимного согласия.

Для справки. В июле 1945 года английское правительство дало согласие на применение атомной бомбы против Японии.

А в 1946 году после успешного завершения Манхэттенского проекта английские физики возвращаются в Англию.

Летом 1946 года Конгресс США принял закон Макмагона, запрещающий передачу атомной информации кому бы то ни было, включая и Великобританию.

Окончательное решение о создании ядерного оружия английское правительство приняло в **январе 1947 года**. Организационная часть проекта была поручена маршалу авиации лорду Порталу, научная часть – доктору Пинни. Лорд Портал нес полную ответственность за реализацию атомного проекта перед правительством.

Английские ученые и специалисты начинали не с нуля. В годы войны у них была создана собственная научная и технологическая база. Кроме того, значимый опыт и знания английские специалисты приобрели в США и Канаде в рамках работы над Манхэттенским проектом.

На основе наработок по атомному проекту и его дальнейшего развития Великобритания осуществила успешный проект по созданию собственного ядерного оружия, став в 1952 году третьей ядерной державой.

США отказало Великобритании в использовании американского полигона для



испытания атомной бомбы. Англичанам пришлось оборудовать собственный полигон. **В марте 1951 года** Правительство Австралии дало согласие Лондону на использование архипелага Монте-Белло в качестве полигона для проведения ядерных испытаний.

3 октября 1952 года в 9 часов 15 минут была взорвана первая английская плутониевая атомная бомба мощностью 25 килотонн –

кодовое название Харрикейн (Hurricane). Создание атомной бомбы обошлось Англии в 150 млн. фунтов стерлингов.

Для закрепления материала приведем краткую хронологию создания ядерной бомбы в Великобритании:

- Январь 1947 года – Решение о производстве британской атомной бомбы.
- 12 Мая 1948 года – Об этом решении объявлено в Палате общин британского парламента.
- Март 1951 года – Правительство Австралии дает согласие Лондону на использование архипелага Монте-Белло в качестве полигона для проведения ядерных испытаний.
- 3 октября 1952 года – Первое ядерное испытание – кодовое название Харрикейн (Hurricane).
- Ноябрь 1953 года – На вооружение Королевских военно-воздушных сил принята первая плутониевая бомба Блю Дэньюб, она была разработана по типу ядерного взрывного устройства Харрикейн.

- 1954–1958 годы – Время действия Акта Соединенных Штатов по атомной энергии (табу на сотрудничество в ядерной сфере).

Всего в период с 1952 по 1991 годы в Австралии, в Полинезии и на Невадском испытательном полигоне США Великобританией было осуществлено 45 ядерных испытаний.

Место проведения испытаний	Год проведения испытаний	Вид испытания		Общее количество испытаний
		атмосферное	подземное (подводное)	
О-ва Монте-Белло	1952-1956	3		3
Район Эму	1953	2		2
Район Маралинга	1956-1957	7		7
о. Молден	1957	3		3
о. Рождества	1957	6		6
Невадский испытательный полигон (США)	1962-1991		24	24

Великобритания первая из капиталистических стран вслед за Советским Союзом стала использовать расщепление атома для энергетических целей. В 1954 году организована Британская корпорация атомной энергии, финансируемая и руководимая государством. Ей передана вся исследовательская и практическая работа по производству атомной энергии.

Первыми двумя реакторами в ядерном центре в г. Селлафильде (Великобритания) были реакторы «Виндскейл Пайл», представляющие собой реактор с графитовым замедлителем и воздушным теплоносителем. Эти реакторы использовались для наработки оружейного плутония. Оба реактора «Виндскейл Пайл» были в эксплуатации с 1950 по 1957 годы, когда случился пожар в реакторе №1. Эта авария продемонстрировала серьезные недостатки в конструкции этих реакторов с воздушным охлаждением, как с точки зрения техники, так и с точки зрения безопасности.

Вторым поколением британских реакторов были четыре реактора на АЭС Колдерхолл (пуск первого состоялся в 1956 году, последнего – в 1959 году). Все они были реакторами типа «Магнокс», активная зона которых состояла из нескольких графитовых стрижней, внутри каждого из которых имелся канал охлаждения. Магноксовый реактор (Magnox reactor) – газоохлаждаемый реактор с графитовым замедлителем, в котором теплоносителем является углекислый газ, а в качестве ядерного топлива используется природный уран. Наименование «магноксовый» произошло от названия материала топливной оболочки – сплава магния.

Реакторы строились для производства оружейного плутония, но именно реакторы этого типа стали первыми в мире реакторами, производящими и подающими потребителю электричество. Мощность АЭС с реактором «Магнокс» – всего около 50 МВт.

Строительство первого реактора AGR (advanced gas-cooled reactor, усовершенствованный реактор с газовым охлаждением) началось в Виндскейле/Селлафильде в 1958 году, а в 1962 году произошел его запуск. Этот

реактор представлял собой дальнейшее развитие реакторов типа «Магнокс». Но было и отличие: оболочка ядерного топлива была сделана из нержавеющей стали, а в качестве топлива использовался не металлический природный уран, а керамический сплав, обогащенный на 2% по урану-235.

Следующие модели реакторов типа AGR достигли широкого распространения в 70–80 годах. По сравнению с реакторами типа «Магнокс» новое поколение имело большую мощность – до 600 МВт.

Необходимо отметить, что в силу исторических причин Великобритания – единственная в мире страна, которая в ядерной энергетике сделала ставку на газографитовые реакторы, и в настоящее время она остается единственной в мире страной, до сих пор использующей на АЭС реакторы с газовым охлаждением.

Однако, в конце 20-го века, в рамках борьбы с потеплением климата, британское правительство приняло решение о сокращении использования в промышленности углекислого газа, и строительство подобного типа реакторов было прекращено.

Последний и единственный реактор типа PWR (Sizewell-B) мощностью 1188 МВт был подключен к энергосети в феврале 1995 года. Разработчиком реактора является компания Westinghouse. Для снижения риска отказов существенных элементов АЭС были использованы разнотипные системы защиты реактора и системы безопасности, аналогичные британским системам защиты газоохлаждаемых реакторов.

Всего в Великобритании было построено 45 энергетических реакторов, 28 из них уже остановлены и находятся в процессе вывода из эксплуатации.

В настоящее время около шестой части всей электроэнергии Соединенного Королевства (17,82%) генерируется 8 АЭС, эксплуатирующих 17 реакторов.

В октябре 2010 года правительство Великобритании дало добро на строительство 8 АЭС нового поколения. Британский оператор атомных электростанций British Energy ведет переговоры с крупнейшими лондонскими банками о финансировании строительства новых станций.

Материал подготовлен на основе информации открытых источников:

<http://www.scribd.com/dimmesh/d/5260223-nuc-weap-iss>

<http://pircenter.org/index.php>

<http://ria.ru/spravka/20100213/208867767.html>

<http://pris.iaea.org/Public/CountryStatistics/>

<http://pratom.ru/indust/sozid117.html>

Материал подготовили: Брылева В.А., Комаровская Л.В.

Адреса для контактов:

ГНУ «ОИЭЯИ-Сосны» НАН Беларуси, 220109, Минск, ул. академика А.К. Красина, 99

тел.: 299-47-61, 299-45-56, факс: 299-43-55, E-mail: <http://www.sosny.bas-net.by>

E-mail: valentina.bryliova@yandex.by

Для получения данного информационного бюллетеня просим подать заявку в электронном виде с указанием своего электронного адреса

©При перепечатке ссылка обязательна

По заказу Министерства энергетики Республики Беларусь