

Атом и индустриализация науки

Переплетение военной и гражданской ядерной энергетики

«Если сияние тысячи солнц вспыхнуло бы в небе, это было бы подобно блеску Всемогущего. [...] Я стал смертью, разрушителем миров», – считается, что этими словами из священного индуистского текста Роберт Оппенгеймер (1904–1967) отреагировал на испытательный взрыв первой атомной бомбы 16 июля 1945 года в Аламогордо, штат Нью-Мексико (Jungk R., *“Brighter than a Thousand Suns”*, 1958).

Слово двум учёным

В таком сложном с научной, технологической и политической точек зрения вопросе, как ядерное оружие, одним из наших источников стала книга *“Megawatts and Megatons”* (2002), написанная двумя авторитетами в этой области – Ричардом Л. Гарвином и Жоржем Шарпаком.

Гарвин родился в Кливленде, штат Огайо, в 1928 году и до сих пор здравствует. Он получил степень бакалавра по физике в Технологическом институте Кейса в Кливленде в 1947 году и докторскую степень в Чикагском университете в 1949-м. После окончания университета устроился преподавателем на факультет физики, а каждое лето в качестве консультанта участвовал в работе Лос-Аламосской национальной лаборатории. В 1952 году Эдвард Теллер (1908–2003) поручил ему разработку проекта создания первой водородной бомбы. В декабре 1952 года Гарвин перешёл в лабораторию Уотсона компании IBM, где проработал до выхода на пенсию в 1993 году. Гарвин входил в состав Консультативного совета по науке при президенте США с 1962 по 1965 год и с 1969 по 1972 год при Кеннеди, Джонсоне и Никсоне.

Шарпак (1924–2010) – французский физик польского происхождения, получивший в 1992 году Нобелевскую премию по физике. В 1948 году он окончил одну из самых престижных инженерных школ Франции – Горную школу Парижа. Во время второй мировой войны Шарпак участвовал в движении Сопротивления, и в 1943 году вишистская администрация бросила его в тюрьму. В 1944 году был депортирован в нацистский концлагерь Дахау, где оставался до поражения Германии. В 1949 году он стал студентом Фредерика Жолио-Кюри в Коллеж-де-Франс. В том же году Жолио-Кюри руководил строительством первого французского ядерного реактора. Шарпак работал в Национальном центре научных исследований (CNRS). В 1959 году он стал сотрудником Европейской организации ядерных исследований (ЦЕРН) в Женеве, откуда ушёл на пенсию в 1991-м.

В книге представлены взгляды двух учёных – американца и француза, – которые принимали участие в разработке как гражданских, так и военных ядерных технологий. Значительная часть этого текста посвящена переработке ядерных отходов – важнейшему элементу создания атомного оружия.

Мировой запас плутония

Сегодня в мире имеется 13,4 тыс. ядерных боеголовок (данные ISPI), причём чтобы уничтожить человечество, согласно докладу ООН о народонаселении 2023 года, достаточно было бы взорвать примерно 400 атомных бомб.

Для создания бомбы необходимо 6 кг плутония. По данным отчёта *“INFCIRC/549”* Международного агентства по атомной энергии, по состоянию на 31 декабря 2022 г. мировое количество плутония, заявленного как гражданский, составляло около 370 тонн (т). Лишь 140 т этого материала находятся под международной защитой (МАГАТЭ или Евратома). Остальные 230 т не находятся под охраной, но на них распространяются различные обязательства не использовать материал в военных целях. Потенциально, если оставить эти обязательства в стороне, мир имел бы запасы плутония, достаточные для создания 62 тыс. атомных бомб.

Япония сообщила, что располагает в общей сложности 45,1 т плутония, из которых 9,2 т находятся в стране, что потенциально эквивалентно 1,5 тыс. атомным бомбам. Остальные 35,9 т находятся во Франции, где перерабатываются все японские отходы. Другими странами, заявившими о наличии у них запасов плутония, являются Франция (106,2 т), США

(49,2 т), Великобритания (116,4 т) и Россия (64,5 т). Этот плутоний является результатом переработки отходов АЭС.

Топливный цикл

Ядерный топливный цикл – это совокупность промышленных процессов, связанных с производством электроэнергии за счёт деления урана на электростанциях. Прежде чем использовать уран, добытый в шахтах, его необходимо переработать. Топливо, отслужившее свой срок, извлекается и может быть переработано для получения нового топлива для других электростанций – так называемого МОКС-топлива (Mixed-Oxide fuel). Последнее представляет собой смесь оксида природного урана и оксида плутония (World Nuclear Association, декабрь 2020).

Оставшаяся часть, как объясняется в вышеупомянутом отчёте “*INFCIRC/549*”, захоранивается. Потенциально, если не будут соблюдаться действующие международные договоры о нераспространении ядерного оружия, эти отходы могут быть использованы для производства атомных бомб.

Большая часть отходов, образующихся на выходе из электростанций, – около 96 % – это уран, из которого менее 1 % приходится на расщепляющийся U-235, и ещё 1 % составляет плутоний. И U-235, и плутоний могут быть переработаны в новое топливо. На сегодняшний день с гражданских атомных электростанций было выгружено около 400 тыс. т отработавшего ядерного топлива, из которых было переработано около 30 %. В настоящее время мировые мощности по переработке гражданских отходов составляют около 3 тыс. т в год. С вводом в эксплуатацию завода The Rokkasho Nuclear Fuel в японской деревне Роккасё мощность переработки увеличится на 800 т (см. таблицу).

Трудности энергетического перехода, связанные с ограничением выбросов CO₂, вновь открыли дискуссию о возрождении гражданской ядерной энергетики с помощью электростанций на реакторах поколения IV. Война на Украине и международные конфликты, связанные с кризисом мирового порядка, вновь подняли дискуссию о военном использовании ядерной энергии.

Существует взаимосвязь между энергетическим переходом, возрождением ядерной энергетики, производством ядерных материалов и отходами.

Атомные бомбы

В апреле 1943 года в рамках проекта “Манхэттен” в США с целью разработки и создания ядерного оружия была основана Лос-Аламосская национальная лаборатория (шифр “Site Y”). Эксперимент в Аламогордо по проведению первого плутониевого ядерного взрыва состоялся в июле 1945 года – через 26 месяцев после создания лаборатории. За столь короткий срок американскому промышленному аппарату удалось создать самую мощную взрывчатку в истории. С учётом технологического развития, произошедшего с 1945 года, страны, имеющие гражданские атомные электростанции, также располагают учёными, инженерами и промышленным потенциалом, позволяющими создать атомную бомбу в течение нескольких месяцев. Помимо стран, уже обладающих этим оружием, можно назвать Германию, Южную Корею и Японию.

Основой ядерного оружия, уничтожившего Хиросиму в августе 1945 года, был обогащённый уран, а второй бомбы, сброшенной на Нагасаки, – плутоний. После разрушения Нагасаки история гонки ядерных вооружений – это, по сути, история плутония. С 1952 года, когда США взорвали первую термоядерную бомбу, история ядерного оружия стала также историей реакции деления и синтеза изотопов плутония и водорода. Чтобы запустить термоядерную реакцию, подобную той, что происходит в недрах Солнца, температуру водорода необходимо довести до примерно 100 млн градусов Цельсия, что в 17 раз выше средней температуры Солнца, и это достигается за счёт реакции деления плутония. Из количества плутония, который нужен для создания простой ядерной бомбы, можно создать около 333 плутониево-водородных бомб той же мощности с термоядерным синтезом.

Самая мощная термоядерная бомба была испытана СССР в 1961 году, её мощность в 4,6 тыс. раз превышала мощность ядерной бомбы, сброшенной на Хиросиму. Сколько реальных и потенциальных Хиросим находится в арсеналах ядерных держав или стран с запасами

плутония, таких как Япония? В глобальном контексте кризиса мирового порядка мы слышим эхо слов Оппенгеймера: «Я стал смертью, разрушителем миров».

Апрель 2024 г.

ГОДОВОЙ ОБЪЕМ ПЕРЕРАБОТКИ ЯДЕРНЫХ ОТХОДОВ

Объекты по переработке ядерных отходов с указанием рабочей мощности в тоннах отработавшего топлива, которые могут быть переработаны за один год.

Франция, коммуна Ла-Аг (La Hague)	1.700
Великобритания, деревня Сискейл (Magnox Reprocessing plant, Sellafield)	1.500
Япония, деревня Роккасё (The Rokkasho Nuclear Fuel)	800
Россия, город Озёрск (ФГУП "ПО "Маяк")	400
Индия (4 тяжеловодных ядерных реактора (PHWR))	260
Другие страны (оценочно)	1.760
<i>из которых гражданские мощности</i>	<i>3.860</i>