

# Затраты на снятие атомных электростанций с эксплуатации

Анализ последних международных оценок

Пабитра Л. Ди

**З**а последние несколько лет накоплен значительный опыт снятия с эксплуатации различных ядерных установок. К их числу относятся прототипы энергетических реакторов, исследовательские реакторы, установки ядерного топливного цикла и лаборатории. Согласно списку проектов снятия с

эксплуатации МАГАТЭ в 17 странах мира насчитывается около 150 ядерных установок, находящихся на различных стадиях снятия с эксплуатации: завершенной, осуществляемой или запланированной.\* (См. карту.)



Г-н Ди является старшим сотрудником Отдела ядерного топливного цикла и обращения с отходами МАГАТЭ.

\*Методология и технология снятия с эксплуатации ядерных установок. Серия технических отчетов МАГАТЭ, № 267, Вена (1986 г.).

**Атомные электростанции, которые, вероятно, будут сняты с эксплуатации**



**Ядерные исследовательские реакторы, которые, вероятно, будут сняты с эксплуатации**



**Этапы снятия с эксплуатации**

В соответствии с определением МАГАТЭ существуют три этапа снятия с эксплуатации:

- Этап 1 (иногда его называют хранением под наблюдением).
- Этап 2 (иногда его называют ограниченным использованием площадки).
- Этап 3 (иногда его называют неограниченным использованием площадки).

Термин „этап“ подразумевает ряд условий на установке и необязательно обозначает непрерывную, выполняемую шаг за шагом процедуру. Несмотря на то, что Этап 1 и Этап 2 являются отдельными вариантами процесса снятия с эксплуатации, большинство стран рассматривает их как промежуточные режимы, ведущие, в конечном счете, к Этапу 3.

К концу этого столетия кандидатами на снятие с эксплуатации, вероятно, станут свыше 60 АЭС и 250 исследовательских реакторов в различных странах мира. (См. соответствующие рисунки.)

Термин „снятие с эксплуатации“, как он употребляется в ядерной промышленности, означает меры, предпринимаемые в конце срока полезной службы установки для вывода ее из эксплуатации. Эти действия могут варьироваться от простого закрытия установки и удаления минимального количества радиоактивного материала в совокупности с непрерывным техническим обслуживанием и наблюдением (Этап 1) до удаления всего неприемлемого радиоактивного материала с установки сразу же после ее останова (Этап 3). Все мероприятия по снятию с эксплуатации могут проводиться с обеспечением адекватной защиты и безопасности рабочих, принимающих участие в этих работах, населения и окружающей среды.

Конечной целью всей работы по снятию с эксплуатации является удаление любых радиоактивных материалов с площадки, чтобы ее можно было в последующем использовать без каких-либо радиологических ограничений. В этой связи МАГАТЭ определило три этапа процесса снятия с эксплуатации, которые были признаны на международном уровне. (См. текст в рамке.)

На выбор стратегии снятия с эксплуатации в какой-либо стране влияют несколько факторов. Основным фактором является общая программа ядерно-энергетического развития. Однако индивидуальные подходы к этой проблеме, применяемые в различных странах, сильно отличаются друг от друга и могут характеризоваться следующими особенностями:

- В некоторых странах рассматривается безопасный период хранения (Этап 1) от 5 до 10 лет до начала Этапа 3 снятия с эксплуатации.
- В других странах стратегия основывается на реализации Этапа 1 с возможным принятием соответствующих шагов по направлению к Этапу 2, при этом выполнение Этапа 3 задерживается на несколько десятилетий (до 100 лет).
- В некоторых государствах стратегия снятия с эксплуатации заключается в переходе к Этапу 3, как только это станет практически возможно, для повторного использования площадки в других целях.

**Затраты на снятие с эксплуатации**

Несмотря на то, что до настоящего времени крупные коммерческие энергетические реакторы пока еще не снимались с эксплуатации, калькуляции издержек, основанные на опыте, полученном на менее крупных установках, а также в результате проведения работ по техническому обслуживанию крупных ядерных установок, носят достаточно представительный характер. Некоторые факторы непосредственно влияют на затраты по снятию с эксплуатации: тип ядерной установки, вариант или выбранный этап снятия с эксплуатации, продолжительность проекта, процедуры захоронения отходов, темпы инфляции, ставки дисконта и т.д. В силу

этих переменных величины затраты на снятие с эксплуатации будут отличаться в зависимости от страны, а также установки.

Во многих странах расходы на переработку отработавшего топлива и захоронение получающихся в результате этого высокоактивных отходов или захоронение отработавшего топлива рассматриваются как часть затрат на производство топлива. Аналогично этому, расходы на захоронение эксплуатационных отходов считаются частью затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание (Э/Т) установки. Поэтому для этих стран такие расходы не включаются в оценки затрат на снятие с эксплуатации.

Наиболее надежные оценки затрат на снятие с эксплуатации можно получить в результате проведения технико-экономического анализа конкретной установки в определенной стране. Однако общие оценки издержек могут стать хорошей основой для первоначального планирования. Следует отметить, что в силу того, что для проведения работ по снятию с эксплуатации необходима минимальная организационная и техническая инфраструктура, абсолютные затраты на снятие с эксплуатации небольших установок не могут значительно отличаться от аналогичных затрат, связанных с крупными установками. Себестоимость небольших установок в пересчете на киловатт-час электроэнергии высока, и ее не следует линейно экстраполировать на крупные установки; вместо этого нужно принимать во внимание экономию, обусловленную ростом масштаба производства.

Группа экспертов, созданная Агентством по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития (АЯЭ/ОЭСР) для изучения проблемы снятия с эксплуатации, пришла к выводу, что снятие с эксплуатации технически осуществимо, объемы отходов поддаются обработке, а затраты на снятие с эксплуатации очень незначительно влияют на издержки производства электроэнергии.\*

На годовой основе финансы (затраты), необходимые для снятия с эксплуатации крупного коммерческого реактора, составят 2–5 % от затрат на производство электроэнергии. Данный вывод основывается на оценках затрат на снятие с эксплуатации, проводившихся в Канаде, Соединенных Штатах, Финляндии, ФРГ и Швеции.

Маловероятно, что неопределенности в оценках затрат на снятие с эксплуатации, применяемых реальных ставок дисконта или сроках эксплуатации реакторов могут повлиять на вышеупомянутые выводы.

В последнем исследовании, проводившемся Международным союзом производителей и распределителей электроэнергии (UNIPED), полученные затраты на снятие с эксплуатации основывались скорее на „издержках строительства”, чем на „издержках производства электроэнергии”, при-

веденных в исследовании АЯЭ.\* В нем делается вывод, что затраты на снятие с эксплуатации составляют 10–20 % от стоимости строительства станции или капитала. Необходимо отметить, что затраты на строительство станции являются лишь одной из составляющих издержек производства электроэнергии, которые также включают в себя затраты на эксплуатацию, техническое обслуживание станции и топливо. Выводы исследования UNIPED совпадают, таким образом, с результатами исследования АЯЭ.

Стоимость электроэнергии, произведенной на атомной (или на обычной) электростанции, является важным параметром для принятия решений о поставках электроэнергии в будущем. С этой целью МАГАТЭ провело исследования, в основном предназначенные для развивающихся стран, а АЯЭ/ОЭСР и Международное энергетическое агентство – для государств-членов ОЭСР.\*\* Результаты оценок издержек производства лежат в широком диапазоне – от 130 до 477 млн. долл. США.

Затраты на снятие с эксплуатации в развивающихся странах, оценки которых были получены в результате исследования МАГАТЭ, показывают, что в Индии, Индонезии, Польше, Республике Корея, Чехо-Словакии и Югославии предполагаемые недисконтированные затраты на снятие с эксплуатации составят от 60 до 163 млн. долл. США. В данном исследовании не были приведены подробности

**Затраты на снятие ядерных установок с эксплуатации в государствах-членах ОЭСР**

	Конкретная установка, тип и мощность, МВт(эл.)	Затраты, январь 1988 г. (млн. долл. США)
Бельгия	PWR 1390	207
Великобритания	PWR 1175	380
Испания	PWR 950	268
Италия	PWR 945	477
Канада	HWR 881	196
	HWR 400	164
Нидерланды	PWR 1300	320
США	PWR 1144	130
Финляндия	PWR 1000	189
Франция	PWR 1390	208
ФРГ	PWR 1256	280
Япония	LWR 1100	221

Примечание. Результаты взяты из совместного исследования АЯЭ/МЭА 1988 г. Оценки затрат основывались на ответах на анкетные вопросы.

\*„Мнение операторов по ключевым проблемам ядерной энергетики и снятия с эксплуатации”, Дж. Эссманн, UNIPED; доклад, представленный на Международной конференции КЕС по снятию ядерных установок с эксплуатации 1989 г., Брюссель (октябрь 1989 г.).

\*\*Расчетная стоимость производства электроэнергии, ОЭСР, Париж (1989 г.); и Расчетная стоимость производства электроэнергии в базовом режиме на атомных и обычных электростанциях в некоторых государствах-членах, IAEA-TECDOC-569, Вена (1990 г.).

\*Снятие с эксплуатации ядерных установок: техническая осуществимость, потребности и затраты, отчет группы экспертов, АЯЭ/ОЭСР, Париж (1986 г.).

**Затраты на снятие ядерных установок с эксплуатации в развивающихся странах**

	Мощность установки, МВт(эл.)	Процент от капиталовложений	Стоимость снятия с эксплуатации	
			Долл. США на кВт(эл.)	Млн. долл. США
Бразилия*	1245	10	170	212
Венгрия*	950	10	190	181
Индия	450	25	363	163
Индонезия	1000	6	95	95
Китай*	900	10	138	124
Польша	940	8	117	110
Республика Корея	940	4	64	60
Турция*	1066	10	220	235
Чехо-Словакия	916	10	132	121
Югославия	1000	4	95	95

\*10 % от первоначальных затрат на капиталовложения по оценкам персонала МАГАТЭ.

Примечание. Оценки затрат основывались на ответах, присланных в ходе исследования МАГАТЭ в 1988—1989 гг.

применительно к какому-либо конкретному варианту или этапу снятия с эксплуатации, которые

могли бы пояснить такое расхождение в затратах. Бразилия, Венгрия, Китай и Турция не высказывали никаких собственных предположений относительно снятия ядерных установок с эксплуатации. Поэтому для оценки ситуации в этих странах в исследовании исходили из предположения, что 10 % от стоимости строительства или капитала будет достаточно для адекватного возмещения расходов на снятие с эксплуатации, при этом общие затраты составят от 124 до 235 млн. долл. США. (См. соответствующие таблицы.)

Совершенно очевидно, что опубликованные оценки затрат на снятие ядерных установок с эксплуатации значительно отличались друг от друга в зависимости от площадки и страны. У общественности существуют серьезные опасения относительно „истинности” затрат на снятие с эксплуатации (и, возможно, относительно способности технического сообщества осуществить его в будущем).

В силу этого под эгидой АЯЭ/ОЭСР была недавно создана Группа экспертов с целью возможного объяснения расхождений в оценках затрат на снятие с эксплуатации для успокоения и повышения доверия со стороны информированного общественного мнения и официальных лиц, отвечающих за принятие решений в области ядерной энергетики в целом и снятия с эксплуатации в частности. В работе этой группы принимают участие представители 11 государств и двух международных организаций. Как ожидается, результаты этого исследования будут получены примерно в середине следующего года.

**Демонтаж атомной электростанции в г. Шиппингпорт в США, (Предоставлено: US DOE)**



### Финансирование расходов на снятие с эксплуатации

Снятие с эксплуатации рассматривается как часть жизненного цикла станции (конечный этап). В этом контексте расходы на снятие с эксплуатации должны нести потребители электроэнергии, которые получают выгоду от работы станции. Такой подход в целом принят во многих странах. Однако в различных странах используются различные пути финансирования снятия с эксплуатации. Существует и применяется на практике целый ряд различных вариантов финансирования снятия с эксплуатации ядерных установок. К числу наиболее широко используемых путей относятся: авансирование, внешний фонд погашения, внутренний резервный фонд, поручительский фонд, гарантийное письмо или страховка.

В качестве примера одного из наиболее крайних подходов можно назвать выделение паушальной суммы в самом начале эксплуатации станции. Другим примером такого подхода является выделение паушальной суммы в конце срока службы станции. Промежуточный подход заключается в постепенном накоплении фондов в течение эксплуатации станции с последующим переводом фондов на специальный внешний или внутренний резервный счет.

---

### Выводы

Большинство оценок затрат на снятие с эксплуатации преследует различные и конкретные цели,

поэтому, учитывая различные масштабы таких работ, было бы ошибочным их сравнивать, не получив достаточных разъяснений и уточнений. Оценки общих издержек могли бы стать хорошей основой для первоначального планирования. Однако наиболее надежную оценку можно получить только в результате анализа конкретной площадки.

Международные усилия по согласованию различных оценок имеют важное значение, поэтому было бы желательно изучить и использовать в этих целях международно признанную „общую” методологию оценки затрат на снятие с эксплуатации ядерных установок.

Последние инициативы АЯЭ по интерпретации явных расхождений в оценках издержек являются шагом в правильном направлении. В 1986 г. МАГАТЭ в своем техническом отчете, озаглавленном *Методология и технология снятия с эксплуатации ядерных установок*, ввело концепцию различных элементов или компонент стоимости и предложило соответствующую методологию. Кроме того, в рамках своей программы на 1991–1992 гг. оно проведет несколько специальных исследований с использованием общей методологии оценки затрат на снятие с эксплуатации.

Будем надеяться, что эти международные усилия помогут добиться лучшего понимания истинных затрат на снятие с эксплуатации атомных электростанций в будущем.