

УДК 621.039.003

*А. Н. Масько, О. А. Пуртов**ГП "Государственный научно-инженерный центр систем контроля и аварийного реагирования"  
Минэнергоугля Украины, г. Киев***СОВРЕМЕННАЯ ПРАКТИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ОЦЕНОК ЗАТРАТ  
НА СНЯТИЕ С ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС**

В обзоре представлены результаты анализа современной практики выполнения оценок затрат на снятие с эксплуатации (СЭ) энергоблоков АЭС с различными типами реакторов. Показаны интервалы оценок затрат на СЭ энергоблоков с реакторами типа PWR, BWR, AP1000 и рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на величину затрат.

**Ключевые слова:** атомная электростанция, ядерная установка, снятие с эксплуатации энергоблоков, реакторы типа PWR, BWR, AP1000, оценка затрат на снятие с эксплуатации.

Снятие с эксплуатации — это этап жизненного цикла ядерной установки (ЯУ), который начинается после завершения производства энергии и обусловлен окончанием назначенного срока эксплуатации или решением о досрочном прекращении эксплуатации энергоблока [1]. Мероприятия по СЭ ЯУ заключаются в демонтаже оборудования, дезактивации загрязненных структур и компонентов, разборке зданий, реабилитации территории и захоронении образовавшихся радиоактивных отходов (РАО).

СЭ энергоблока АЭС осуществляется с целью достижения условий, которые позволят обеспечить повторное использования его территории. При снятии с эксплуатации энергоблока АЭС достигается полное или ограниченное освобождение площадки энергоблока от регулирующего контроля [2].

Подготовка к СЭ начинается на этапе жизненного цикла ЯУ "эксплуатация" с комплекса организационно-технических мероприятий, необходимых для планирования СЭ, который включает в себя разработку концепции СЭ, проведение комплексного инженерного и радиационного обследования (КИРО) энергоблоков, создание системы информационного обеспечения СЭ, создание инфраструктуры для передачи РАО в собственность государства.

С 1954 по конец 2012 года [3] во всем мире к электрическим сетям было подключено 581 ядерный энергетический реактор. Из них окончательно остановлено 143 реактора (но отработанное ядерное топливо (ОЯТ) еще не вывезено), 120 реакторов снимаются с эксплуатации или уже сняты. Среди эксплуатируемых 437 реакторов 162 реактора (37 %) имеют возраст более 30 лет, 192 реактора (44 %) — от 20 до 30 лет, остальные 83 реактора (19 %) — менее 20 лет. По данным на конец 2012 года строилось еще 67 новых реакторов.

В этой статье проведен краткий анализ результатов оценок элементов затрат, оценки практики

и требований по отчетности для работ по СЭ энергоблоков АЭС, представленных в недавнем международном исследовании Агентства по ядерной энергии (NEA) при Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) [4]. Исследование было связано с изучением существующей практики по оценке затрат СЭ и имело следующие цели: получение лучшего понимания основных составляющих затрат, включая их определение и происхождение, а также анализ негативного опыта. Оно основывалось на том, что лучшее понимание составляющих затрат по СЭ должно привести к оптимизации сметы затрат для существующих АЭС и облегчению финансирования, что позволит лучше регулировать расходы по СЭ. В материалах исследования также рассмотрена роль национальных стандартов и нормативов и последствия их использования при выполнении оценок затрат на СЭ в разных странах.

Исследование проводилось на основании ответов на вопросник, который был распространен NEA в начале 2008 года в группе организаций DCEG, участвующих в оценке стоимости СЭ и представляющих следующие страны — Бельгию, Канаду, Францию, Германию, Италию, Японию, Нидерланды, Словакию, Испанию, Швецию, Великобританию и США. Рабочей группой DCEG было проведено несколько заседаний по обсуждению вопросов стоимости СЭ, а на 10-м заседании в ноябре 2009 года приняли участие также представители Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) и Европейской комиссии (ЕК). Результаты проведенных исследований и обсуждений представлены в итоговом документе [4] и приводятся ниже.

В табл. 1 приведено сравнение административных и правовых требований к смете затрат на снятие с эксплуатации ЯУ в странах, которые участвовали в исследовании [4].

В большинстве стран операторам ЯУ дается некоторая степень свободы по выбору методов расчета

стоимости СЭ, включая страны, где оценки затрат являются основой для ставки сборов от ЯУ в Национальных программах. В большинстве случаев, различные методы предлагаются в качестве опций, но точно не предписаны, или предписанные методы допускают определенные исключения и коррективы. Указание метода оценки служит двум целям: он поощряет полноту и сопоставимость между заявками на регистрацию, и облегчает регулятору сравнение и оценку точности заявок на СЭ. Некоторые законы или правила также включают дополнительные и целевые положения для контроля качества оценок стоимости.

Исследование показало, что большое разнообразие подходов применительно к развитию оценки затрат, зависит от основной цели, или чтобы обеспечить финансирование СЭ или быть частью предварительного исследования до проведения фактической работы.

Операторы в большинстве стран реализовывают их собственную методологию оценки затрат и связанные с ними компьютерные программы для оценки затрат по снятию с эксплуатации.

С целью облегчения взаимодействия стран, выработки единообразного подхода и избегания непоследовательности в оценках затрат для проектов по СЭ была проведена работа по составлению перечня статей затрат на СЭ ЯУ (табл. 2). Этот стандартизированный перечень элементов финансовых затрат на СЭ, больше известный как “Желтая книга”, был опубликован в 1999 году в качестве совместной инициативы NEA, OECD, МАГАТЭ и ЕК [5].

В 2009 году, три организации-спонсора решили обновить “Желтую книгу” и обязались, в качестве предварительного шага, оценить опыт пользователей в использовании стандартизированной структуры затрат. Результатом работы стала публикация 2012 года [6], которая рекомендует, как составлять смету и планы СЭ в соответствии с лучшей международной практикой.

В Великобритании в 2008—2009 годах были проведены консультации [7] по обсуждению опубликованных в 2003—2009 годах документов [8—14] по СЭ, с целью установить среднюю удельную стоимость захоронения низко- и среднеактивных отходов, отработавшего ядерного топлива, а также удельную стоимость СЭ энергоблока АЭС, с учетом типов реакторов. Результаты обсуждений данных вопросов приведены в табл. 3, 4.

По данным 2010 года [15] предварительная оценка СЭ атомной электростанции составляет 500 млн \$ на всю АЭС. Затраты на СЭ, как правило, разбиваются на три категории: радиологические затраты (300 млн \$), затраты на отработавшее ядерное топливо (100—150 млн \$), а также затраты на реабилитацию площадки (50 млн \$). Отчисления средств на будущее СЭ не входят в текущие эксплуатационные

расходы станции, и ожидаемые полные финансовые затраты на СЭ (500 млн \$) распределяются на весь период жизни АЭС.

Ожидается, что, большинство АЭС будет работать в течение, как минимум, сорока лет, так что эти 500 млн \$ будут тратиться через 40 лет. Ежегодные отчисления составляют около 12,5 млн \$ в год, чтобы равномерно накопить 500 млн \$ за 40 лет жизни АЭС. Однако, так как работы по СЭ начнутся в будущем, то можно предположить, что на деньги, вложенные в фонд накопления для СЭ, будут начисляться проценты в течение долгого времени. Это означает, что фактические затраты оператора будут существенно меньше, чем 12,5 млн \$ в год. Например, если компания рассчитывает заработать 4 % прибыли в год в среднем на протяжении 40 лет жизни станции на фонде снятия с эксплуатации, то лишь 5 миллионов долларов в год должны быть помещены в фонд СЭ, чтобы достичь 500 млн \$ в конце 40-летнего периода. Стоимость СЭ станции для потребителя составит прибавку к тарифу около 0,0015 \$/кВт-ч.

Различные подходы применяются также и к оценке неопределенностей, хотя некоторые страны не учитывают их вообще в контексте оценки затрат на СЭ. Что касается расчетного резерва на непредвиденные события, неопределенности в пределах определенной области проекта, как правило, включены в качестве непредвиденных внутри смет расходов.

Резюме некоторых финансовых составляющих затрат, непредвиденных затрат и управление рисками СЭ ЯУ в различных странах мира приведено в табл. 5. При этом в Германии и Италии, не учитывается рост расходов со временем, то есть все стоимости и расходы приводятся на отчетную дату.

В заключение данного обзора были сделаны следующие выводы:

1. Большинство стран установили требования к стоимостной оценке СЭ и отчетности. В требования действующего национального законодательства включены подготовка планов снятия с эксплуатации и связанные с ними сметы затрат, с периодическими обновлениями — обычно каждые 3—5 лет.

2. Смета затрат на СЭ разрабатывается на основе предполагаемой стратегии снятия с эксплуатации и на предполагаемом конечном состоянии для площадки ядерной установки. Учитывая, что начало активной стадии снятия с эксплуатации будет через много лет после первоначальной финансовой оценки (или даже через несколько десятилетий после выдачи начальной лицензии для АЭС), эти финансовые аспекты представляют значительную неопределенность, особенно на ранних стадиях эксплуатации АЭС.

3. Объем работ по СЭ обычно включает в себя обеззараживание, удаление / демонтаж остановленной

Таблица 1. Национальные административные и правовые требования к смете затрат на СЭ ЯУ

Требования	Страна	Франция	Италия	Япония	Испания	Швеция
Административные требования, в том числе правовые основы для регулирования отчетности о затратах на СЭ	Королевские указы установили институциональные рамки для СЭ, в том числе национального агентства ONDRAF / NIRAS	Закон об обращении со стабильными радиоактивными материалами и отходами от 2006, 28 июня	Ответственность возлагается на независимую публичную компанию, образованную правительством (SOGIN)	Закон для промышленных электрических установок (ст. 36), Постановление в отношении резервного фонда для демонтажа ядерных объектов электроэнергетики	Ответственность возлагается на независимую публичную компанию, образованную правительством (ENRESA)	Законодательство предусматривает, что оператор несет ответственность за разработку и поддержание планов вывода ЯУ из эксплуатации
	<i>Сроки пересмотра планов СЭ:</i>					
	Каждые 5 лет (для первоначальных планов СЭ)	Каждые 3 года	Каждые 3 года (план СЭ и смета расходов). Каждый год проводится обновление смет расходов в течение первых 3-х лет	Каждый год	Каждые 3 года	Каждый год
Роль и обязанность регулятора ядерной безопасности	В большинстве стран (кроме Франции и Италии) регулятор ядерной безопасности играет важную роль в утверждении выбранной стратегии СЭ, рассматривая разработанную смету и механизмы финансирования, используемые для обеспечения адекватного финансирования СЭ					
Правила, охватывающие оценку затрат на СЭ	Национальным агентством по управлению отходами (ONDRAF / NIRAS) требуется проверка всех планов СЭ, в том числе сметы расходов	Регуляторы определяют основные категории расходов вместе с компетентными органами (министерства экономики и энергетики, действующие совместно), ответственными за проверку адекватности оценки затрат, с учетом рекомендаций от органов безопасности	Агентство по управлению снятием с эксплуатации (Sogin) готовит все планы снятия с эксплуатации и сметы расходов, в соответствии с отчетным форматом, установленным правительственным органом по электроэнергетике и газу, который также утверждает смету и соответствующие механизмы финансирования	Соответствующий Декрет (см. выше) определяет основные объекты и виды деятельности по СЭ и связанные с ними требования к оценке затрат	Национальное агентство по управлению отходами (ENRESA) готовит все планы СЭ и смету расходов (никакие закрепленные форматы не применяются)	Правила идентифицируют основные предположения; в противном случае, Исполнитель может по своему усмотрению определять структуру оценки
Штрафы за несоблюдение требований	Для неиспользуемых ЯУ в конечном итоге штрафом за несоблюдение требований в большинстве стран является отказ на получение лицензии на СЭ. В случае заявок на получение лицензий на строительство и эксплуатацию новых атомных электростанций, штрафом за не предоставление адекватного плана СЭ, финансовые гарантии или адекватную оценку затрат будет отказ на получение такой лицензии					
Предположения и граничные условия	Практически все национальные правила требуют от операторов предоставить объяснение и обоснование допущений, используемых в оценке их затрат. К этим предположениям относятся, прежде всего, те, которые используются для определения граничных условий плана СЭ и, следовательно, связанных с этим затрат					
	<i>Предполагаемое окончательное состояние территории ЯУ</i>					
	“Зеленая площадка” или свободное промышленное использование территории	“Зеленая площадка”	“Коричневая площадка” с кондиционированными отходами, хранящимися на площадке; “Зеленая площадка” после ввода в эксплуатацию национальной хранилища	“Зеленая площадка” или повторное использование территории для новых атомных электростанций	“Зеленая площадка”, но окончательное состояние территории является предметом обсуждения между национальным полномочным органом и соответствующей АЭС	Свободное промышленное использование территории, предпочтительно для производства других видов энергии
Требования к расходам, которые будут включены	Все мероприятия от окончательной остановки ЯУ до окончательного освобождения, включая расходы по обращению с отходами всех категорий (за исключением ОЯТ) по кодифицированному списку РАО	Демонтаж, обращение с ОЯТ, повторное кондиционирование старых отходов, долгосрочное обращение с РАО, мониторинг центров утилизации после их закрытия	Все мероприятия от окончательной остановки ЯУ до окончательного освобождения, в том числе переработки ОЯТ, утилизации отходов в национальном репозитории; очистка площадки и мониторинг	Удаление загрязнений, демонтаж, переработка отходов для хранения, оценка и характеристика отходов, переработка отходов для захоронения, транспортировка и захоронение отходов	Нет конкретной информации	Нет конкретной информации
	Все страны сообщили, что сметы затрат подготовлены в текущих денежных единицах (постоянные или овернайт затраты). Чистая приведенная величина этих затрат, как правило, оценивается с учетом инфляции / эскалации					
Затраты на управление наемными работниками и затраты на рабочую силу конкретной площадки, как правило, основаны на последнем опыте СЭ реакторов или на опыте эксплуатации. В Японии используются национальные статистические данные о стоимости рабочей силы (Министерство здравоохранения, труда и социального обеспечения)						
Затраты на материалы и оборудование, как правило, взяты из предыдущих проектов СЭ или у поставщиков оборудования, компаний по аренде или подрядчиков						
<i>Лом и повторное использование материалов</i>						
Возмещение затрат от реализации лома не учитывается в смете расходов	Возмещение затрат от реализации лома учитывается в смете расходов	Возмещение затрат от реализации лома рассматривается как отдельная статья в смете расходов	Возмещение затрат от реализации лома не учитывается в смете расходов	Нет конкретной информации	Возмещение затрат от реализации лома не учитывается в смете расходов	
<i>Некоторые страны требуют особого рассмотрения возможностей по сокращению затрат</i>						
Требуется исследование возможностей уменьшения объема отходов	Новые правила признают влияние объемов отходов на расходы, но не учитывают, как это должно быть в полной мере представлено	Снижение на 3,29% было обязательным в 2009 и 2010 годах для эксплуатации, безопасности, обслуживания и общих издержек; дальнейшие темпы сокращения затрат устанавливаются каждые 3 года Органом управления энергетикой	Нет конкретной информации	Нет конкретной информации	Нет конкретной информации	
<i>Непредвиденные расходы</i>						
15%	15% (Electricité de France)	Непредвиденные расходы не включены; каждый год все различия между фактической и сметной стоимостью должны быть обоснованы перед выдачей средств Органом управления энергетикой	Нет конкретной информации	Исследования ENRESA сообщили без непредвиденных расходов, но затем глобально 15% добавили	Общие проектные непредвиденные расходы 6%	

## Примечания:

1. ONDRAF / NIRAS (Бельгия) — Национальное агентство по радиоактивным отходам и обогащенным расщепляющимся материалам, отвечает за управление всеми радиоактивными материалами в стране, включая транспортировку, очистку, кондиционирование, хранение и захоронение

Продолжение табл. 1.

Требования	Канада	Германия	Нидерланды	Словакия	Великобритания	США
Административные требования, в том числе правовые основы для регулирования отчетности о затратах на СЭ	Закон по ядерной безопасности и Контролю	Закон по атомной энергии (1959) и Постановление по регулированию стоимости в соответствии с Законом об атомной энергии (BGBI.I 2004, Nr. 69)	Закон по ядерной энергии	Министерство экономики установило законы, требующие сметы затрат для СЭ	Закон по энергии 2008 года	Несколько законов. Правила комиссии по ядерному регулированию (NRC)
	<i>Сроки пересмотра планов СЭ:</i>					
	Не определено в правилах, но на практике каждые 5 лет	Нет конкретной информации (смета затрат пересматривается ежегодно)	Каждые 5 лет	Каждые 5 лет	Каждый год	Каждый 2 года
Роль и обязанность регулятора ядерной безопасности	В большинстве стран регулятор ядерной безопасности играет важную роль в утверждении выбранной стратегии снятия с эксплуатации, рассматривая разработанную смету и механизмы финансирования, используемые для обеспечения адекватного финансирования снятия с эксплуатации					
Правила, охватывающие оценку затрат на СЭ	Требование оценки затрат связано с необходимой финансовой гарантией для ядерной установки. Это закреплено юридически в качестве условия лицензии	Закон не предписывает формат и содержание оценок	Использует руководства и критерии Международного агентства по атомной энергии	Закон не предписывает формат и содержание оценок	Требуется подробные планы для обращения с отходами, реабилитации территории и для целей расчетов затрат.	Конкретные и предписывающие руководящие принципы оценки затрат на СЭ. NRC требует, чтобы смета затрат следовала всем руководящим принципам для того, чтобы быть приемлемой
Штрафы за несоблюдение требований	Для неиспользуемых ЯУ в конечном итоге штрафом за несоблюдение требований в большинстве стран является отказ на получение лицензии на СЭ. В случае заявок на получение лицензий на строительство и эксплуатацию новых АЭС, штрафом за не предоставление адекватного плана СЭ, финансовые гарантии или адекватную оценку затрат будет отказ на получение такой лицензии					
Предположения и граничные условия	Практически все национальные правила требуют от операторов ЯУ предоставить объяснение и обоснование допущений, используемых в оценке затрат. К этим предположениям относятся, прежде всего, те, которые используются для определения граничных условий плана СЭ и, следовательно, связанных с этим затрат					
	<i>Предполагаемое окончательное состояние территории ЯУ</i>					
	Усмотрение оператора	“Зеленая площадка”	“Зеленая площадка”	“Зеленая площадка”, за исключением энергоблока А1 АЭС “Богуниче”	“Зеленая площадка”, где это возможно	“Зеленая площадка”
Требования к расходам, которые будут включены	Планирование и подготовка СЭ, полное обеззараживание и / или демонтаж ЯУ, обеззараживание площадки, восстановление и стабилизация, окончательное радиационное обследование и долгосрочные наблюдения для ограниченного или свободного освобождения площадки ЯУ, включая также обращение или захоронение всех отходов, ядерных и опасных материалов	Все расходы, связанные с демонтажем ЯУ, дезактивацией, и освобождением площадки, включая обращение с отходами, за исключением обращения с унаследованными отходами и временного хранения ОЯТ и высокоактивных отходов	Нет конкретной информации	Все расходы за исключением обращения с ОЯТ и унаследованными отходами в расположении АЭС. За исключением сметы для энергоблока А1 АЭС «Богуниче», которая включает все расходы	Демонтаж энергоблока АЭС в конце его жизненного цикла генерации, удаление всех станционных зданий и сооружений. Возвращение площадки к утвержденному состоянию и освобождение от контроля по лицензии на эксплуатацию ЯУ	Планирование и подготовка СЭ, полное обеззараживание и / или демонтаж ЯУ, обеззараживание площадки, восстановление и стабилизация, окончательное радиационное обследование и долгосрочные наблюдения для ограниченного или свободного освобождения площадки ЯУ
	Все страны сообщили, что сметы затрат подготовлены в текущих денежных единицах (постоянные или овернайт затраты). Чистая приведенная величина этих затрат, как правило, оценивается с учетом инфляции / эскалации					
	Затраты на управление наемными работниками и затраты на рабочую силу конкретной площадки, как правило, основаны на последнем опыте СЭ реакторов или на опыте эксплуатации.					
	Используются типичные почасовые ставки подрядчика и консультанта	Ставки оплаты труда подрядчика основаны на последних стоимостях от текущих проектов. Ставки Владелец / лицензиат оцениваются на ежегодной основе.	Ставки оплаты труда взяты из Центрального статистического управления.	Ставки оплаты труда взяты из ставок оператора / владельца.	Владелец / лицензиат использует уровни расходов на заработную плату исходя из фактических последних контрактов на субподряды по оплате труда на территории АЭС.	Владелец / лицензиат использует уровни расходов на заработную плату исходя из фактических последних контрактов на субподряды по оплате труда на территории АЭС.
	Затраты на материалы и оборудование, как правило, взяты из предыдущих проектов СЭ или у поставщиков оборудования, компаний по аренде или подрядчиков					
	<i>Лом и повторное использование материалов</i>					
	Все материалы должны рассматриваться как отходы. Резервы на возмещение затрат от реализации лома не допускаются	Возмещение затрат от реализации лома не учитывается в смете расходов	Нет конкретной информации	Возмещение затрат от реализации лома не учитывается в смете расходов	Возмещение затрат от реализации лома не учитывается в смете расходов	Возмещение затрат от реализации лома не учитывается в смете расходов
	<i>Некоторые страны требуют особого рассмотрения возможностей по сокращению затрат</i>					
	Планирование жизненного цикла ЯУ как средство снижения сложности / стоимости вывода ЯУ из эксплуатации	Нет конкретной информации	Нет конкретной информации	Нет конкретной информации	Минимизация отходов должна быть частью плана СЭ	Планирование жизненного цикла ЯУ как средство снижения сложности / стоимости вывода ЯУ из эксплуатации
	<i>Непредвиденные расходы</i>					
	Зависит от точности оценок по градации А—С (10—30%)	Немский коммерческий код, Handelsgesetzbuch, не позволяет рассчитывать факторы неопределенности	Нет конкретной информации	25% предварительная оценка, 20% детальная оценка	Моделируется на доверительном уровне 80%	Значительно варьируется. NRC обычно принимает общую неопределенность 25%

2. SOGIN (Италия) — Государственная компания, которая отвечает за экологическую реабилитацию площадок итальянских АЭС, за безопасное обращение с ядерными материалами и радиоактивными отходами

3. ENRESA (Испания) — государственное предприятие по обращению и утилизации ОЯТ и РАО

4. Термины “Зеленая площадка” и “Коричневая площадка” не имеют стандартного международного определения

Таблица 2. Национальные практики оценки затрат на СЭ ЯУ

Элемент оценки затрат	Страна					
	Бельгия	Франция	Италия	Япония	Испания	Швеция
Состав затрат на СЭ ядерных установок	Большинство стран используют иерархическую структуру работ для составления сметы затрат на СЭ, но не все следуют “Желтой книге” [5]					
	Базируется на “Желтой книге”	Собственная структура	Собственная структура	Собственная структура	Базируется на “Желтой книге”	Базируется на “Желтой книге”
Методологии и инструменты оценки затрат на СЭ	Национальные руководящие принципы в большинстве стран оставляют для оператора ЯУ некоторую степень свободы действий в выборе метода расчета затрат:					
	ONDRAF / NIRAS может задать общие требования к информации	Поэтапный подход к выполнению оценок с увеличением точности от альтернативного исследования для выполнения (CEA)	Методология оценки затрат разработана SOGIN	Линейное приближение, связанное с объемом материалов СЭ и индивидуальный метод накопления (METI)	Методология оценки затрат, разработанная национальной организацией по управлению отходами (ENRESA)	Методология оценки затрат, разработанная национальной организацией по управлению отходами (SKB)
Обзор национального опыта оценки затрат на СЭ	Нет большого опыта в сравнении предполагаемых затрат по фактическим затратам	Изменения в первоначальной стратегии и конечных условиях СЭ являются одним из важнейших факторов	Неожиданные нормативные предписания и время на утверждение общих и специфических лицензий, вызывают задержки и увеличение затрат	Существенные изменения в оценке затрат (например, изменения в стоимости захоронения отходов СЭ из-за введения опции чистоты отходов)	Изменения в оценке величины затрат являются высокочувствительным фактором (особенно из-за новых нормативных и правовых требований)	Нет опыта в сравнении предполагаемых затрат по фактическим затратам

Продолжение табл. 2.

Элемент оценки затрат	Страна					
	Канада	Германия	Нидерланды	Словакия	Великобритания	США
Состав затрат на СЭ ядерных установок	Большинство стран используют иерархическую структуру работ для составления сметы затрат на СЭ, но не все следуют “Желтой книге” [5]					
	Собственная структура	Собственная структура	По усмотрению оператора ЯУ	Базируется на “Желтой книге”	Собственная структура	По усмотрению оператора ЯУ
Методологии и инструменты оценки затрат на СЭ	Национальные руководящие принципы в большинстве стран оставляют для оператора ЯУ некоторую степень свободы действий в выборе метода расчета затрат:					
	Лицензиаты имеют право использовать свою собственную методику оценки затрат, но требуется ее рассмотрение и принятие регулятором	Владельцы / лицензиаты имеют право использовать свою собственную методику оценки затрат	Нет конкретной информации	Код OMEGA на основе «Желтой книги»	Владельцы / лицензиаты имеют право использовать свою собственную методику оценки затрат	Требуется планирование жизненного цикла ЯУ, которое предполагает использование наихудших финансовых сценариев для учета неопределенности
Обзор национального опыта оценки затрат на СЭ	Опыт вывода из эксплуатации сейчас крайне ограничен	Ежегодный пересмотр основ оценки, чтобы минимизировать объемы изменений и регулярное обновление удельных затрат	Изменения в плане СЭ могут оказать существенное влияние на величину затрат	В данное время никаких изменений в оценке затрат не ожидается	Ежегодный пересмотр основ оценки, чтобы минимизировать объемы изменений затрат	Изменения в стоимости очень чувствительны к объемам изменениям

## Примечания:

1. CEA (Франция) — французский научно-исследовательский институт, основной задачей которого является разработка всех видов использования атомной энергетики, как гражданской, так и военной. CEA был создан в 1945 году и проводит фундаментальные и прикладные исследования во многих областях, включая разработку ядерных реакторов, производство встроенных микросхем, использования радионуклидов для лечения болезней, сейсмологии и распространении цунами и др.

2. METI (Япония) — Министерство экономики, торговли и промышленности Японии, включает: Агентство по природным ресурсам и энергетике, Агентство ядерной и промышленной безопасности, Агентство малого и среднего бизнеса, Японское патентное ведомство.

3. SKB (Швеция) — национальная организация по управлению отходами.

Таблица 3. Сводные результаты оценки стоимости СЭ по типам реакторов

Источник информации	Тип реактора	Стоимость СЭ	Комментарии	Стоимость СЭ в ценах 2006 года
Nuclear Energy Agency / Organisation for Economic Co-operation and Development 2003 [8]	PWR — несколько стран	Средняя 320 млн \$/ГВт (в диапазоне 200—400 млн \$/ГВт для больших реакторов)	Значения стоимости СЭ указаны в ценах июля 2001 года, согласно сведениям по 19 PWR реакторам	Среднее значение 220 млн \$/ГВт (в диапазоне 135—270 млн \$/ГВт)
Dominion Energy for US Department of Energy 2004 [9]	4 проекта AP1000	416 млн \$ для 1150 МВт энергоблока	Цитируется в ценах 2003 года, не включает полный демонтаж, но достигается делицензирование в США	250 млн \$/ГВт (хотя, вероятно, выше для полного демонтажа)
Bayliss and Langley [10]	PWR разных мощностей — USA	368 млн \$	Цены 1998 года с прекращением лицензирования. Исследование NEI для 60 реакторов PWR мощностью от 500 до 1095 МВт, с и без полного захоронения отходов и реабилитации площадки	265 млн \$ (для средней мощности PWR 750 МВт)
	BWR разных мощностей — USA	420 млн \$	Цены 1998 года с прекращением лицензирования. Исследование NEI для 30 реакторов PWR мощностью от 540 до 1140 МВт, с или без полного захоронения отходов и реабилитации площадки	300 млн \$ (для средней мощности PWR 800 МВт)
	Разные реакторы	275—600 млн €	Исследование 1997—2000 г., охватывающее 12 стран (из них 10 в Европе), цены 1998 года	230—500 млн \$ (без привязки к мощности PWR)
Morgan Stanley Research [11]	Реакторы в Европе	260—800 млн €/ГВт	На основе открытых данных компаний E.ON, RWE, Electrabel, Fortum и CEZ (как правило, цены 2004 года)	190—590 млн \$/ГВт (в среднем)
	PWR	110—1100 млн €/ГВт	На основании данных с 21 площадки. Среднее значение 396 млн € в ценах 2001 года	311 млн \$/ГВт (в среднем)

Таблица 4. Сводные результаты исследования 2009 года в рамках обновления оценки стоимости СЭ 2006 года

Источник информации	Тип реактора	Стоимость СЭ, млн €/ГВт	Комментарии	Стоимость СЭ в ценах 2009 года, млн \$/ГВт
International Atomic Energy Association 2005 [12]	PWR	150—750	Значения стоимости СЭ указаны в ценах 2005 года	140—560
Nuclear Energy Agency 2008 [13]	PWR	320	Средняя оценка стоимости СЭ на реактор в ценах 2001 года	270
	BWR	420		350
County Report Sweden 2007 [14]	PWR	100	Средняя оценка стоимости СЭ на реактор в ценах 2004 года	97
	BWR	130		126

Таблица 5. Финансовые аспекты затрат, непредвиденные затраты и управление рисками на СЭ

Страна	Год финансового отчета	NPV в отчете	С учетом инфляции	Эскалация	Уровень дисконтирования	Непредвиденные затраты	Управление рисками
Бельгия	Фиксированный год 5-летнего цикла	—	Да	Значительное влияние на оценки	Да	15 % от суммы	Не разработано для оценки расходов, но рассматривается в рамках финансирования
Франция	Текущий год (год оценки)	—	Да	—	Выбирается оператором, но под нормативным ограничением (5 % — EdF, AREVA и CEA)	5 уровней (5—50 %)	—
Италия	Текущий год	Нет	Нет	Нет	Нет	—	—
Япония	Текущий год	Да	Да	Да	Да	Нет	Не учитывается
Испания	Затраты в различные годы	Да	Да	Умеренное влияние	1,5%	15—25 %	Не учитывается
Швеция	Текущий год	Да	Нет	Нет	Определяется властями	6—20 %	Рассматривается в вероятностных анализах будущих расходов по обращению с отходами, захоронению и СЭ
Канада	—	—	—	—	—	10—30 %	Не учитывается
Германия	Текущий год	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Не учитывается
Нидерланды	Текущий год	Да	Да (2%)	—	4%	Нет	Не учитывается
Словакия	Текущий год	Да	Да	Да	Нет (требования к финансированию СЭ пересматриваются ежегодно)	25 % для предварительных оценок; 20 % для детальных оценок	Не учитывается
Великобритания	—	—	—	—	—	—	—
США	Текущий год	Да	Да	Да	3—5 % (указывается владельцем)	10—75 %	Высококчувствительное, иногда добавляют 25—50 %

Примечание: NPV — чистая приведенная стоимость

ЯУ и основных зданий, хранение или размещение ОЯТ, обращение с отходами, транспортировку и окончательное захоронение или долгосрочное хранение РАО. Однако некоторые страны не включают затраты на размещение ОЯТ, унаследованных отходов, их утилизацию или длительное хранение в смету затрат на снятие с эксплуатации.

4. Разнообразие подходов при составлении сметы затрат зависит от поставленной основной цели: или обеспечить основу для будущего финансирования, или сделать предварительное проектное и экономическое исследование до проведения фактических работ по СЭ.

5. Большинство стран, либо путем законодательного регулирования, или по предпочтению владельца / оператора ЯУ, приняли формальную структуру сметы затрат. В целом подробные оценки готовятся, особенно для ядерных установок, которые уже находятся в эксплуатации. Перечень необходимых работ по СЭ обычно формируется в виде некоторой иерархической структуры, которая основана либо на формате Стандартного списка “Желтая книга” [5], или на эквивалентном национальном формате.

6. Многие страны приняли структуру разбивки финансовой оценки либо в форме деятельности по мероприятиям СЭ, либо в форме деятельности по времени. Форма оценки деятельности по времени может быть использована для разделения финансирования СЭ на отдельные транши, чтобы

снизить общие неопределенности. Некоторые страны применяют этот подход, имея различные факторы неопределенности для отдельных этапов проекта СЭ.

7. Методы расчета затрат различны для разных стран. Некоторые страны задают тип сметы затрат, которую ожидают получить от операторов, а другие страны оставляют возможность оператору самому ее определить. Использование моделей планирования жизненного цикла ЯУ распространено в некоторых странах, при этом используются наилучшие сценарии для составления сметы расходов.

8. Некоторые страны требуют представлять структуру затрат в деталях, в то время как другие определяют лишь основные составляющие затрат, оставляя большую свободу действий для структурирования оценки затрат.

9. Предприняты значительные усилия и разработан стандартный шаблон отчетности [6], в котором национальные сметы затрат на СЭ могут быть отображены для целей сравнения на национальном и международном уровне. Такие сравнения в будущем будут способствовать прозрачности оценок и повысят уверенность в правильности оценки.

10. Последние оценки стоимости СЭ для реакторов PWR лежат в пределах 97...560 млн £/ГВт, а для реакторов BWR — 126...350 млн £/ГВт в ценах в 2009 года (соотношение британского фунта к доллару на 28.12.2009 составляло 1,61).

### Список использованной литературы

1. *НП 306.2.141-2008*. Загальні положення безпеки атомних станцій (ЗПБ АС-2008). — К. : Державний комітет ядерного регулювання України, 2008. — 62 с.
2. Порядок звільнення майданчиків атомних електростанцій від регулюючого контролю після завершення робіт із зняття з експлуатації : Затверджено Наказом Державної інспекції ядерного регулювання України 28.11.2013 № 136. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z2099-13>
3. Nuclear Power Reactors in the World. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : [http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/rds2-33\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/rds2-33_web.pdf)
4. Cost Estimation for Decommissioning : An International Overview of Cost Elements, Estimation Practices and Reporting Requirements. (NEA, No. 6831, 2010) [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://www.oecd-nea.org/rwm/reports/2010/nea6831-cost-estimation-decommissioning.pdf>
5. A Proposed Standardised List of Items for Costing Purposes in the decommissioning of nuclear installations : Interim Technical Document. (OECD/NEA, Paris, 1999) [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <https://www.oecd-nea.org/rwm/reports/1999/costlist.pdf>
6. International Structure for Decommissioning Costing (ISDC) of Nuclear Installations. (NEA-EC-IAEA, 2012) [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.oecd-nea.org/rwm/reports/2012/ISDC-nuclear-installations.pdf>
7. Consultation on a Methodology to Determine a Fixed Unit Price for Waste Disposal and Updated Cost Estimates for Nuclear Decommissioning, Waste Management and Waste Disposal. (Department of Energy and Climate Change, 2010) [Електронний ресурс]. — Режим доступу : [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/42533/1\\_20100324145948\\_e\\_\\_\\_ConsultationonFixedUnitPricemethodologyandupdatedcostestimates.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/42533/1_20100324145948_e___ConsultationonFixedUnitPricemethodologyandupdatedcostestimates.pdf)
8. Decommissioning Nuclear Power Plants: Policies, Strategies and Costs. (OECD, 2003) [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www-ns.iaea.org/downloads/rw/projects/r2d2/workshop6/references/others/oecd-nea-decom-npps-eng-2003.pdf>
9. Study of Construction Technologies and Schedules, O&M Staffing and Cost, Decommissioning Costs and Funding Requirements for Advanced Reactor Designs : Report for US Department of Energy by Dominion Energy Inc., Bechtel Power Corporation, TLG Inc. and MPR Associates. (United States Department of Energy, 2004) [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1018/ML101820632.pdf>

10. Nuclear Decommissioning, Waste Management, and Environmental Site Remediation / C. Bayliss, K. Langley. — 2003. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780750677448>
11. Nuclear Prospects. — Morgan Stanley. — September 2005.
12. Financial Aspects of Decommissioning : Report by an Expert Group. (IAEA, 2005) [Електронний ресурс]. — Режим доступу : [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te\\_1476\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1476_web.pdf)
13. Nuclear Energy Outlook 2008. (NEA, No. 6436) [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.oecd-nea.org/pub/2008/6436-nuclear-energy-outlook-2008.pdf>
14. Comparison among different decommissioning funds methodologies for nuclear installations : Country Report Sweden on behalf of the European Commission Directorate-General Energy and Transport. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : [http://www.wupperinst.org/uploads/tx\\_wiprojekt/EUDecommFunds\\_SE.pdf](http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wiprojekt/EUDecommFunds_SE.pdf)

*Получено 14.07.2014*