

## **Вывод из эксплуатации атомных станций в рамках экономики замкнутого цикла**

Вместе с устойчивым развитием растет понимание того, что нам необходимо перейти от линейной экономики к экономике замкнутого цикла<sup>1</sup>. В экономике замкнутого цикла вещи, которые мы используем, рассчитаны на более длительный срок службы и могут быть отремонтированы, повторно использованы, перепрофилированы и переработаны. Другие ключевые особенности замкнутого цикла включают новое понимание экономики и новые технологии удаления отходов.

В настоящее время все большее количество реакторов необходимо выводить из эксплуатации. Возникает вопрос, как вывести ядерный объект из эксплуатации в соответствии с принципами экономики замкнутого цикла.

### **Текущая практика**

Традиционная модель жизненного цикла ядерной энергии является линейной (объекты размещаются, строятся, эксплуатируются и выводятся из эксплуатации), а управление материалами осуществляется от добычи урана до захоронения отходов. Но некоторые из сегодняшних практик уже совместимы с экономикой замкнутого цикла (ЭЗЦ).

Обслуживание, ремонт и продление срока службы современных атомных станций строго отражают принципы замкнутости, равно как и переработка отработавшего топлива, а также очистка и переработка металлов и других материалов. Другие примеры включают повторное использование компонентов остановленных реакторов на действующих АЭС и перепрофилирование структур для обработки и хранения отходов вместо строительства новых. Использование материала из снесенных зданий и сооружений в качестве "засыпки" при восстановлении участка также соответствует цикличности, если здания не могут быть отремонтированы или перепрофилированы.

Распространенная практика применения ранжирования отходов – это шаг в правильном направлении. Но для атомной станции ранжирование отходов недостаточно, чтобы действительно соответствовать ЭЗЦ, поскольку нет никакой связи с конструкцией АЭС, а отходы с ее территории не удалены.

### **Особенности ЭЗЦ**

Продукция экономики замкнутого цикла (которые можно легко передавать) и основные фонды (например, атомные электростанции) следует рассматривать по-разному. При рассмотрении атомных предприятий с точки зрения ЭЗЦ необходимо учитывать два разных подхода.

---

<sup>1</sup>Экономика замкнутого цикла, или цикличная экономика (от англ. *circular economy*) – это модель производства и потребления, базирующаяся на возобновлении ресурсов. Для такой экономики характерно: использование возобновляемой энергетики, отсутствие накоплений отходов за счет создания закрытых циклов производства (ресурсы не покидают производственный цикл, а превращаются в новые товары), увеличение срока эксплуатации технических изделий за счет техобслуживания, модернизации, повторного использования или ремонта и др.

Один относится к пространству и к разным другим уровням – от материалов внутри ядерной установки до компонентов, зданий, местных сообществ и целых регионов. Цикличность здесь может быть достигнута либо внутри каждого из этих уровней (например, перепрофилирование зданий на участке), либо между ними (например, путем повторного использования резервных генераторов на другой промышленной площадке в пределах сообщества или региона).

Проекты вывода из эксплуатации могут повысить "циркуляцию" продукции и основных средств за пределами площадки. Например, они могут повторно использовать продукты, которые больше не используются другими (например, ненужных гостиничных полотенец для рабочих), или перепрофилирование здания в близлежащих населенных пунктах для поддержки управления завершающей стадией ЯТЦ. Примером последнего является Лаборатория канистр SKB в Оскарсхамне, Швеция<sup>2</sup> (см. Рис.). Это здание ранее было частью верфи; теперь это центр разработки технологий, которые будут использоваться для герметизации шведского отработавшего топлива в медных контейнерах.



Рисунок. Лаборатория канистр SKB в Оскарсхамне, Швеция.

Вторая точка зрения – время. Площадка будет развиваться по этапам, где основные виды деятельности будут варьироваться от строительства к эксплуатации, безопасного хранения, демонтажа и сноса, восстановления площадки и, в конечном итоге, до использования после вывода из эксплуатации. Точно так же цикличность может быть достигнута внутри каждой из фаз или от одной фазы к другой.

---

<sup>2</sup>Шведская компания по обращению с ядерным топливом и отходами Svensk Kärnbränslehantering Aktiebolag, сокращенно SKB.

## **Различные предпосылки**

Поскольку замкнутая экономика обеспечивается за счет проектирования, будущие реакторы гораздо лучше подготовлены к ней, чем существующие. Но у действующих ядерных объектов, которые обычно не были рассчитаны на циклический жизненный цикл, также имеется гораздо больший потенциал, чем многие могут подумать. Хорошими примерами этого являются несколько перепрофилированных площадок исследовательских реакторов, например, реакторный зал R1 в Швеции, который сейчас является местом проведения арт-инсталляций, концертов, исследований средств массовой информации, театральных постановок, кинопродукции и многого другого.

Различия в нормативных требованиях приводят к различным предпосылкам для достижения цикличности. Это включает в себя подходы и критерии различных стран к расчистке территорий, а также тот факт, разрешено ли перепрофилировать здания и другие сооружения или их необходимо сносить.

Заинтересованность правительства, владельцев и операторов в ЭЗЦ влияет на потенциал достижения цикличности, так же как и мнения заинтересованных сторон местных сообществ и общественности в целом.

Вклад заинтересованных сторон и общественности является ключевым моментом при планировании вывода из эксплуатации, но, поскольку мнения могут меняться, это может привести к возникновению определенных проблем. Нередко внешние стороны высказываются в пользу сохранения зданий реакторов, если их планируют снести, что является признаком того, что принятие и поддержка перепрофилирования площадки со временем, вероятно, могут возрасти.

## **Думая о будущем**

Чтобы использовать преимущества экономики замкнутого цикла, необходима дальнейшая работа, чтобы понять, что влечет за собой циклический подход к выводу из эксплуатации ядерных установок.

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) признает важность рассмотрения внутреннего управления ядерной деятельностью с точки зрения экономики замкнутого цикла и организовало несколько мероприятий для обмена передовым опытом.

"МАГАТЭ широко поддерживает соображения устойчивости и замкнутой экономики при выводе из эксплуатации ядерных установок, которые соответствуют Целям устойчивого развития ООН", – говорит Кристоф Ксерри, директор Отдела ядерного топливного цикла и технологии обращения с отходами МАГАТЭ.

Помимо пользы для общества в целом, циклический подход к снятию с эксплуатации ядерных объектов имеет преимущества для владельцев и операторов ядерных установок. Владимир Михал, руководитель группы по выводу из эксплуатации Секции снятия с эксплуатации и восстановления окружающей

среды МАГАТЭ, объясняет: "Вывод из эксплуатации ядерных объектов на основе принципов устойчивости и экономики замкнутого цикла может вместе принести значительные выгоды, включая сокращение отходов, снижение затрат и снижение риска задержек в реализации. Это также отличный способ привлечь заинтересованные стороны и стимулировать эффективное общение с общественностью".

Учитывая различные предпосылки и интерпретации того, что означает "ядерная цикличность", необходимо разработать структуру, которая будет иметь разные процессы для существующих и будущих реакторов. Международное сотрудничество является ключевым фактором в этой области для обеспечения применимости, независимо от нормативных требований.

Поскольку правила и стандарты в значительной степени влияют на потенциал цикличности, необходимы новые руководящие указания для обеспечения того, чтобы предъявляемые требования не препятствовали – а, лучше, активно поощряли держателя ядерной лицензии придерживаться принципов цикличности.

Время для разработки рамок и пересмотра правил и стандартов с точки зрения цикличности как нельзя лучше. Там, где у нескольких стран есть амбиции по созданию большого парка модульных реакторов малой мощности, атомная промышленность, принимающие сообщества и общество в целом могут многое выиграть, если они могут быть спроектированы для действительно замкнутого жизненного цикла в атомной отрасли.

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. <https://www.neimagazine.com/features/featurenuclear-decommissioning-in-a-circular-economy-9208806/>
2. <https://neftegaz.ru/tech-library/finansy/688373-ekonomika-zamknutogo-tsikla/>

Подготовил А.И. Саликов