

## ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ В РАМКАХ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

А.С. Бутузова, магистрант

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва  
(Россия, г. Самара)

DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11023

***Аннотация.** В статье рассматриваются принципы концепции циркулярной экономики; виды ядерных отходов, образованных в рамках ядерной энергетики; экономические аспекты ядерной энергетики, такие, как инвестиционные затраты, затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание, затраты на топливо, затраты на вывод из эксплуатации; накопленный объем вторичных источников, а именно отработанного ядерного топлива и обедненного гексафторида урана, используемых в ядерном топливном цикле.*

***Ключевые слова:** циркулярная экономика, ядерная энергетика, отработанное ядерное топливо, ядерные отходы, затраты на производство электроэнергии, электростанции.*

В современном мире в основе концепции циркулярной экономики находится поддержание общего назначения продуктов, материалов, компонентов и сохранения их ценности, то есть сведение к минимуму необходимости использования новых источников для получения материалов и энергии при одновременном снижении степени оказываемого воздействия на окружающую среду из-за извлечения ресурсов и образования отходов [1]. Концепция циркулярной экономики основана на таких принципах, как сокращение, повторное использование, рециркуляция.

В настоящее время в качестве главной проблемы ядерной энергетики, представляющей собой отрасль энергетической промышленности, осуществляющую производство тепловой и электрической энергии, выступает образование ядерных (радиоактивных) отходов в результате генерирования ядерного материала при эксплуатации ядерных реакторов, осуществления связанных с ним этапов ядерного топливного цикла, таких как добыча урана, его обогащение, изготовление топлива и переработка отработанного ядерного топлива [2]. Ядерные отходы также могут образовываться в результате использования ядерных материалов в любой сфере деятельности, например в медицине, промышленности, образовании. В зависи-

мости от причины возникновения ядерных отходов государства должны осуществлять их безопасное обращение путем использования специальных технологий. В данном случае применяются различные способы обращения с ядерными отходами в зависимости от их видов. В основном образуемые ядерные отходы распределяют по таким группам, как низкоуровневые отходы, отходы, с промежуточным уровнем, высокоуровневые отходы.

Наряду с возникновением ядерных отходов в ядерной энергетике происходит образование отработанного ядерного топлива при эксплуатации всех типов ядерного реактора. Отработанное ядерное топливо в одних странах считается отходом, а в других – представляет собой потенциальный энергетический ресурс в будущем.

В целях выявления преимуществ и недостатков производства энергии в ядерной энергетике необходимо изучение её экономических аспектов. В качестве факторов, отражающих экономические особенности ядерной энергетики, выступают наличие низких затрат на топливо, длительных сроков строительства по сравнению с другими типами электростанций, высоких инвестиционных затрат, длительного срока эксплуатации атомной электростанции, необходимости обеспечения расходов по снятию с эксплуатации установок и обра-

щению с образуемыми отходами после прекращения производства электроэнергии.

Затраты на производство электроэнергии в ядерной энергетике состоят из инвестиционных затрат, затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание, затрат на топливо, затрат на вывод из эксплуатации. Данные затраты могут иметь разный размер, зависящий от стран и типов атомных электростанций. Инвестиционные затраты связаны с осуществлением проектирования, строительства и ввода в эксплуатацию. В настоящее время затраты на строительство являются самыми значительными. Затраты на топливо, составляющие всего 10-15% от общей суммы затрат на производство электроэнергии атомной электростанцией, включают в себя затраты на приобретение урана, его переработку, обогащение, изготовление топлива, хранение обработанного ядерного топлива или его переработку, удаление отработанного ядерного топлива или высокоактивных отходов, транспорт. Зависимость затрат на топливо в ядерной энергетике от цены на уран является незначительной.

Принятие решения о строительстве атомной электростанции представляет собой большой коммерческий риск из-за возможности возникновения изменений в законодательстве, государственной политике относительно ядерной энергетике, вызывающих задержку ввода в эксплуатацию атомных электростанций. При производстве электроэнергии из полезных ископаемых, природного газа и угля, затраты на топливо представляют собой наибольшую процентную долю в сумме понесенных затрат. Для возобновляемых источников энергии, таких как ветер и гидроэнергия, характерно наличие высоких инвестиционных затрат и низких предельных издержек производства. То есть производство электроэнергии в ядерной энергетике имеет экономические особенности, характерные для производства электроэнергии при применении возобновляемых источников энергии.

В настоящее время атомные электростанции представляют собой конкуренто-

способных поставщиков электроэнергии благодаря наличию низкой стоимости ядерного топлива, улучшению показателей операционной эффективности, позволяющих осуществлению рентабельной деятельности атомных электростанций даже в случае низких цен на электроэнергию. Себестоимость электроэнергии, полученной в ядерной энергетике, зависит также и от суммы понесенных внешних издержек. В качестве внешних факторов, оказывающих влияние на формирование стоимости выработки электроэнергии атомной электростанцией, выступает материальная ответственность ядерных операторов в случае возникновения ядерной аварии, взимание ядерных специальных налогов.

В результате осуществления процедуры обогащения урана образуются отвалы, представляющие собой обедненный гексафторид урана, в котором содержание изотопа урана ( $U - 235$ ) ниже по сравнению с природным ураном. Образование обедненного гексафторида урана является примером возникновения потерь изначального урана, связанных с осуществлением этапов ядерного топливного цикла. В качестве вторичных источников в ядерном топливном цикле могут выступать отработанное ядерное топливо и обедненный гексафторид урана. В 2015 году мировой объем накопленного отработанного ядерного топлива составил 290 000 тонн, при этом наблюдается ежегодное образование 10 000 тонн отработанного ядерного топлива. В Российской Федерации объем накопленного отработанного ядерного топлива в 2015 году составил 24 000 тонн. К данному объему ежегодно добавляется около 650 тонн отработанного ядерного топлива. В мире было переработано около 90 000 тонн отработанного ядерного топлива в 2015 году [3]. Запасы обедненного гексафторида урана в мире составляют более 1 700 000 тонн, при этом на Российскую Федерацию приходится несколько сотен тысяч тонн запасов обедненного гексафторида урана.

Таким образом, в результате изучения основных принципов концепции циркулярной экономики, технологических, экологических, социальных, экономических

аспектов ядерной энергетики и особенностей её материального потока можно сделать вывод о том, что концепция циркулярной экономики может применяться в рамках ядерной энергетики. В качестве аргументов, подтверждающих данную точку зрения, выступают наличие значи-

тельных объемов вторичных источников урана в мире, таких как отработанное ядерное топливо и обедненный гексафторид урана, которые могут быть переработаны в целях их дальнейшего применения в ядерном топливном цикле.

#### Библиографический список

1. *Circular economy in Europe. Developing the knowledge base* [Электронный ресурс]. – URL:

[https://www.researchgate.net/publication/292060034\\_Circular\\_economy\\_in\\_Europe\\_Developing\\_the\\_knowledge\\_base](https://www.researchgate.net/publication/292060034_Circular_economy_in_Europe_Developing_the_knowledge_base) (дата обращения 01.05.2019)

2. *Status and trends in spent fuel and radioactive waste management* [Электронный ресурс]. – URL: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P1799\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P1799_web.pdf) (дата обращения 02.05.2019)

3. *Развитие технологий переработки ОЯТ в России* [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.atomeco.org/mediafiles/u/files/2015/Materials/Kolupaev.pdf> (дата обращения 05.05.2019)

### APPLICATION OF THE CONCEPT OF CIRCULAR ECONOMY WITHIN THE FRAMEWORK OF NUCLEAR ENERGY

*A.S. Butuzova, graduate student*

**Samara national research university named after academician S.P. Korolev  
(Russia, Samara )**

**Abstract.** *The article discusses the principles of the concept of a circular economy; types of nuclear waste generated in the framework of nuclear energy; economic aspects of nuclear power, such as investment costs, operating and maintenance costs, fuel costs, decommissioning costs; the accumulated volume of secondary sources, namely spent nuclear fuel and depleted uranium hexafluoride, used in the nuclear fuel cycle.*

**Keywords:** *circular economy, nuclear power, spent nuclear fuel, nuclear waste, power generation costs, power plants.*