

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

*Поломар Е.А. , Сучок А.Д.  
(научный руководитель – Мякота В.Г.)  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

**Аннотация.** Атомная энергетика – важнейшая подотрасль глобальной энергетики, начавшая несколько десятков лет назад вносить заметный вклад в глобальное производство электроэнергии.

### Введение

Себестоимость электроэнергии, вырабатываемой АЭС сегодня, позволяет говорить о серьезной конкуренции с их стороны другим типам электростанций. Явное преимущество АЭС – отсутствие выбросов аэрозолей и парниковых газов в атмосферу.

Если кратко сформулировать, в чем же заключаются преимущества ядерной энергетики, то получим следующий список:

1. Огромная энергоемкость используемого топлива. 1 килограмм урана, обогащенный до 4 %, при полном выгорании выделяет энергию, эквивалентную сжиганию примерно 100 тонн высококачественного каменного угля или 60 тонн нефти.
2. Возможность повторного использования топлива (после регенерации). Расщепляющийся материал (уран-235) может быть использован снова (в отличие от золы и шлаков органического топлива). С развитием технологии реакторов на быстрых нейтронах в перспективе возможен переход на замкнутый топливный цикл, что означает полное отсутствие отходов.
3. Ядерная энергетика не способствует созданию парникового эффекта. Ежегодно атомные станции в Европе позволяют избежать эмиссии 700 миллионов тонн  $CO_2$ . Действующие АЭС России ежегодно предотвращают выброс в атмосферу 210 млн тонн углекислого газа.

Таким образом, интенсивное развитие ядерной энергетики можно косвенно считать одним из методов борьбы с глобальным потеплением.

В ЕС в рамках представленной в декабре 2019 года «зеленой сделки» допускается использование странами – членами атомной энергетики как части национального энергобаланса. Многие развивающиеся страны рассматривают возможность строительства АЭС, которые могут обеспечить производство сравнительно дешевой электроэнергии, что является важным фактором для экономик с растущим энергопотреблением.

Около 17% производства электроэнергии в мире принадлежит атомным электростанциям. Отрасль также занимает третье место после угольной энергетики и гидроэнергетики.

Согласно Power Reactor Information System в настоящее время в мире эксплуатируются 442 ядерных реактора, которые расположены в 31 стране. Их общая установленная мощность – 391 685 МВт. 57 ядерных реактора находятся на стадии сооружения общей мощностью 59 584 МВт. Ещё 17 реакторов мощностью 15 448 МВт приостановлены. 201 энергоблок закрыт.

Порядка 70 % мировой атомной генерации приходится на пять государств – Россию, США, Францию, Китай, и Южную Корею.

Больше всего энергоблоков эксплуатируется в США – 100 общей мощностью около 100 ГВт. На втором месте – Франция 58 энергоблоков, которая является лидером среди всех стран по доле электроэнергии, производимой на АЭС, в общем энергобалансе (70,6%). На третьем месте по числу АЭС — Китай (50 энергоблока). В России эксплуатируется 38 энергоблоков. Из них

наиболее распространенные реакторы с водой под давлением – 299 энергоблоков, а также реакторы кипящего типа (BWR) – 65 энергоблоков.

Помимо воды в различных реакторах в качестве теплоносителя и охладителя могут применяться также расплавы металлов: натрий, свинец, эвтектический сплав свинца с висмутом и др. Использование жидкометаллических теплоносителей позволяет упростить конструкцию оболочки активной зоны реактора (в отличие от водяного контура, давление в жидкометаллическом контуре не превышает атмосферного) и избавиться от компенсатора давления.

Общее количество контуров может меняться для различных реакторов:

- Реактор типа ВВЭР работает по двухконтурной схеме циркуляции.
- реакторы типа РБМК (Реактор большой мощности канального типа) использует 1 водяной контур,
  - реакторы на быстрых нейтронах - 2 натриевых и 1 водяной контуры,
  - перспективные проекты реакторных установок СВБР-100 и БРЕСТ предполагают двухконтурную схему, с тяжелым теплоносителем в 1-м контуре и водой во 2-м.

До недавнего времени самой мощной АЭС была Фукусима I и II (Япония) её мощность составляла 8814 МВт. Так как Фукусима I и II располагаются всего в 11 км друг от друга, их можно считать одной АЭС. Обе электростанции сильно пострадали от землетрясения и цунами, 4 реактора из 6 имеют сильные повреждения.

На сегодняшний день самой мощной АЭС является Касивадзаки-Карива (Япония). В 2010 году японская АЭС вышла на установленную мощность в 8212 МВт. Это самая мощная атомная электростанция в мире. И даже после землетрясения в 2007 году, когда на станции возникли внештатные ситуации, после всех восстановительных работ мощность пришлось понизить, однако и на сегодняшний день данная АЭС остаётся на первом месте её мощность составляет 7965 МВт.

В атомной энергетике используются 2 вида топлива:

1. природное урановое, содержащее делящиеся ядра  $^{235}\text{U}$ , а также сырьё  $^{238}\text{U}$ , способное при захвате нейтрона образовывать плутоний  $^{239}\text{Pu}$ ;
2. вторичное топливо, которое не встречается в природе, в т. ч.  $^{239}\text{Pu}$ , получаемый из топлива Iго вида, а также изотопы  $^{233}\text{U}$ , образующиеся при захвате нейтронов ядрами тория  $^{232}\text{Th}$ .

Добыча топлива для ядерных реакторов осуществляется 3мя основными способами:

1. открытая разработка - применяется в случае, если залежи ископаемого залегают недалеко от поверхности земли;
2. шахтный тип разработки - если залежи находятся на большой глубине;
3. скважинное выщелачивание - химический процесс, который проводится под землей при помощи доставляемых реактивов, с экономической точки зрения он является самым выгодным из ассортимента промышленных методов.

Начиная с 2009 года Казахстан является лидером по добыче урана (41% мировых поставок), за ним следуют Австралия (13%) и Намибия (11%).

Главной проблемой атомной энергетики являются радиоактивные отходы. Радиоактивными отходами признаются вещества, не подлежащие дальнейшему использованию.

В отработавшем ядерном топливе остается около 95% от его первоначальной энергии — другими словами, используется только 5% его энергии. Поэтому отработавшее ядерное топливо имеет значительную радиоактивность за счёт содержания большого количества продуктов деления и имеет свойство саморазогреваться на воздухе до больших температур. После

уменьшения остаточного энерговыделения топлива (как правило, в течение 2-5 лет его выдерживают в бассейне выдержки или на периферии активной зоны реактора) его отправляют на хранение, захоронение или переработку.

Разработка технологий захоронения ядерных отходов является самым серьезным препятствием для развития атомной энергетики в мире. Специалисты из разных стран изучают различные варианты для захоронения:

- захоронение в недрах,
- на морском дне и под ним,
- выброс ракетами за пределы атмосферы.

Перспективным признано захоронение отходов в недрах, концепция которого базируется на сочетании природных защитных барьеров с искусственными, уменьшающими возможность миграции радионуклидов в биосферу.

В настоящее время из-за различий в стандартах безопасности многие страны стали отказываться от АЭС. Италия стала первой страной, которая закрыла вообще все имевшиеся АЭС и полностью отказалась от ядерной энергетики. Бельгия, Германия, Испания, Швейцария, Тайвань осуществляют долгосрочную политику по отказу от ядерной энергетики. Нидерланды, Швеция также планировали отказаться от атомной энергетики, хотя пока приостановили такие мероприятия. Литва, Казахстан временно перестали иметь ядерную энергетику, хотя планируют вместо закрытых АЭС построить новые.

Кроме полного отказа от ядерной энергетики есть мероприятия и тенденции по её стагнации и сокращению. Как некоторые лидеры атомной энергетики — США, Великобритания, Франция, Германия (после аварии на АЭС Три-Майл-Айленд, а также аварии на Чернобыльской АЭС) и особенно Япония (после аварии на АЭС Фукусима-1), так и некоторые другие имеющие АЭС страны закрыли значительное их количество.

### **Заключение**

В заключении хотелось бы отметить, что АЭС является по-прежнему актуальной заменой радиационных видов топлива и выигрывает у альтернативных (ветровые установки, солнечные батареи) и у установок, работающих на биотопливе.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Электронный ежедневный журнал [Электронный ресурс]: новости со всего мира. – Электрон. дан. (25 файлов). Режим доступа: <http://www.enjew.com> свободный. – Загл. с экрана.
2. Интернет-ресурс: [aem-group.ru](http://aem-group.ru);
3. Н. Н. Пономарев Степной «Роль атомной энергетики в структуре мирового энергетического производства XXI века». Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы», № 8, август 2006.