

ВОЗДЕЙСТВИЕ АЭС НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Raximjanov Jahongir Saydaxmat ogli

Fergana Polytechnic Institute

jahongirrahimjonov042997@gmail.com

АННОТАЦИЯ

В этой работе показана воздействие АЭС на окружающую среду и основные источники накопления радионуклидов и механизм их возникновения. Есть примеры радионуклидов и их образование после использования ТВЭЛ.

Ключевые слова: продукты деления, инертные радиоактивные газы, радионуклиды, АЭС.

ABSTRACT

This work shows the impact of nuclear power plants on the environment and the main sources of accumulation of radionuclides and the mechanism of their occurrence. There are examples of radionuclides and their formation after the use of TVEL.

Key words: fission products, inert radioactive gases, radionuclides, nuclear power plants

ВВЕДЕНИЕ

Основные элементы источники радиоактивного загрязнения при эксплуатации АЭС, обеспечивающий самоподдерживающую реакцию деления и выделение тепла - ядерный реактор. С его работой неразрывно связана радиационная опасность для человека и окружающей среды. Поступающее на АЭС топливо обладает сравнительно небольшой активностью (для АС с ВВЭР примерно 10^{11} Бк/т), которая, в основном, связана с α -распадом ^{234}U . Однако к концу трехлетней кампании для реактора ВВЭР с обогащением топлива 3,6 % активность облученного топлива достигает $5 \cdot 10^{18}$ Бк/т.

Это связано с накоплением в реакторе около 1000 радионуклидов: продуктов деления, актиноидов, продуктов активации. Попадание в окружающую среду этих веществ может привести к опасным последствиям, поэтому основной задачей обеспечения радиационной безопасности на этой стадии ЯТЦ является изоляция радиоактивных веществ от биосферы как при нормальном режиме работы АЭС, так и аварийных ситуациях.

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Образование радиоактивных веществ происходит за счет деления топлива (продукты деления) и за счет активации конструкций реактора, теплоносителя и самого топлива (продукты активации).

Продукты деления (ПД) представляют собой радиоактивные осколки, на которые распадается ядро урана при делении. Образование продуктов деления характеризуется их независимыми и кумулятивными выходами. Абсолютный независимый выход соответствует вероятности образования данного радионуклида непосредственно в процессе деления, а кумулятивный - с учетом радиоактивных превращений первичных осколков с малым периодом полураспада.

В зависимости от физико-химического состояния и особенностей поведения в окружающей среде можно выделить следующие группы ПД:

- инертные радиоактивные газы (изотопы криптона и ксенона);
- летучие вещества (в основном изотопы йода);
- нелетучие вещества (аэрозоль образующие).

Как отмечалось ранее, к концу кампании активность ПД для АЭС с ВВЭР может достигать $5 \cdot 10^{18}$ Бк/т.

При радиационном захвате нейтронов ядрами топлива и тяжелыми нуклидами, а также в результате их радиоактивных превращений, в реакторе образуется около 50 актиноидов (семейство актиноидов включает в себя элементы с $Z = 90-103$ торий, протактиний, уран, нептуний, плутоний, америций, кюрий, берклий, калифорний, эйнштейний, фермий, менделевий, нобелий и лоуренсий). Их отличительная особенность - большие периоды полураспада. Основными среди актиноидов являются изотопы плутония, америция, кюрия и калифорния. Суммарная активность актиноидов для АЭС с ВВЭР составляет примерно $5 \cdot 10^{15}$ Бк/т, т.е. на три порядка ниже, чем для ПД.

Вторую важную группу радиоактивных веществ, образующихся на АЭС, составляют продукты активации (ПА) конструкционных материалов, теплоносителя и топлива. С точки зрения выхода ПА в окружающую среду важен процесс коррозии конструкционных материалов. Основные радионуклиды здесь - изотопы железа, марганца, хрома, кобальта и некоторых других элементов. Активация топлива связана со взаимодействием его ядер, приводящим не к делению, а к образованию новых тяжелых нуклидов. Основные радионуклиды здесь - изотопы урана, плутония, америция и кюрия. Все они, в основном, α -излучатели. Однако, обладая большими временами

жизни, они создают серьезную проблему для надежного долговременного захоронения.

К продуктам активации теплоносителя относятся радионуклиды, образующиеся как при активации собственно теплоносителя (собственная активность), так и его примесей. Для водоохлаждаемых реакторов основной вклад в активность теплоносителя (более 99 %) дает реакция на кислороде $^{16}\text{O}(n, p)^{16}\text{N}$ с образованием нуклида азота ^{16}N , излучающего фотоны с энергией 6,1 МэВ. Удельная активность ^{16}N в воде 1-го контура охлаждения реактора достигает $5 \cdot 10^9$ Бк/л. Следует отметить, что этот радионуклид имеет период полураспада 7,11 с, и его активность быстро спадает при остановке реактора.

Важными элементами с точки зрения радиоактивного загрязнения окружающей среды являются образующиеся в теплоносителе радиоактивные углерод и тритий. Образование этих биосферных радионуклидов существенно с точки зрения облучения населения вокруг АЭС.

Источниками ^{14}C ($T_{1/2} = 5730$ лет) в теплоносителе реактора служат реакции $^{14}\text{N}(n, p)^{14}\text{C}$, $^{17}\text{O}(n, \alpha)^{14}\text{C}$ и $^{13}\text{C}(n, \gamma)^{14}\text{C}$. К концу трехлетней кампании ^{14}C накапливается в количестве до 10^{12} Бк/т. Основными реакциями образования трития ^3H ($T_{1/2} = 12,3$ года) в реакторах ВВЭР являются $^2\text{H}(n, \gamma)^3\text{H}$, $^{10}\text{B}(n, 2\alpha)^3\text{H}$, $^6\text{Li}(n, \alpha)^3\text{H}$ и ряд других. Концентрация ^3H при этом может достигать 10^7 Бк/л.

Для реакторов на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем основными ПА теплоносителя являются ^{24}Na ($T_{1/2} = 15$ ч) и ^{22}Na ($T_{1/2} = 2,6$ года), получаемые по реакциям (n, γ) и $(n, 2n)$ соответственно. Удельная активность ^{24}Na и ^{22}Na в теплоносителе составляет соответственно $2 \cdot 10^{12}$ и $4 \cdot 10^6$ Бк/кг.

Учитывая опасность выхода радиоактивных ПД и ПА в окружающую среду, необходимо принимать меры по их удержанию внутри активной зоны реактора и во внутриреакторных помещениях. Пути миграции радионуклидов на АЭС в значительной степени определяются типом реактора, количеством контуров теплоносителя и системами его очистки. При этом основным принципом обеспечения безопасности на АЭС является создание барьеров безопасности, отделяющих радионуклиды от населения и окружающей среды.

Как уже отмечалось, ПД, актиноиды и часть ПА образуются в топливе и материалах ТВЭЛа. Значительная часть образовавшихся в топливных таблетках радионуклидов удерживается в них. Однако примерно 1 % радионуклидов покидает твэлы. Под оболочкой, между набором таблеток и в верхней части твэлов имеются зазоры и полости, в которых накапливаются газообразные ПД и ПА. Оболочка твэла – первый барьер, расположенный в активной зоне реактора.

При герметичной оболочке выход активности за её пределы практически исключен. Однако из-за высоких температурных и радиационных нагрузок оболочки твэлов со временем теряют герметичность. Имеются допустимые масштабы повреждения оболочек. При проектировании допускается наличие в активной зоне 1 % твэлов с микротрещинами, допускающими утечку газообразных ПД, и 0,1 % твэлов с макротрещинами, допускающими прямой контакт теплоносителя с топливом.

Через микротрещины в теплоноситель поступают газообразные радионуклиды (изотопы ксенона, криптона, йода и брома) и летучие радионуклиды (цезий, рубидий, теллур). Через макротрещины возможен выход нелетучих радионуклидов и даже актиноидов, но вероятность такого выхода на порядок ниже. Таким образом, эффективность удержания радионуклидов оболочкой, определяемая отношением активности в газовой полости под оболочкой к активности, вышедшей за пределы оболочки, составляет примерно 10^2 - 10^3 .

Полная активность теплоносителя 1-го контура реактора определяется как активностью ПД и ПА, вышедших из-под оболочки, так и собственной активностью теплоносителя, и его примесей и активностью содержащихся в теплоносителе продуктов коррозии. Трубопроводы 1-го контура формируют второй барьер безопасности. С точки зрения миграции радионуклидов следует отметить, что при герметичном 1-м контуре радионуклиды не должны покидать его пределы. Тем не менее надежность второго барьера не безгранична, эффективность удержания радионуклидов оценивается как 10^5 - 10^6 . Это вызвано неплотностями в стыках, трещинами и др., в результате чего возникают протечки теплоносителя во 2-й контур или помещения АС. При протечках в парогенераторе возможна миграция радионуклидов по трубопроводам 2-го контура с последующим выходом в водоем-охладитель.

Третий барьер образует защитная оболочка (ЗО) на АЭС с ВВЭР и большинством других реакторов. На АЭС с РБМК третий барьер образуют герметичные помещения станции. ЗО должна выдержать повышение давления на любых авариях с потерей теплоносителя. Проектный уровень не герметичности ЗО - выход 0,1-1 % от внутреннего объема оболочки в сутки.

Барьеры безопасности АС должны обеспечивать практически полную изоляцию радиоактивных веществ от биосферы. А возможные их утечки в окружающую среду снизить до уровня, допустимого действующими санитарными правилами.

Страховочный защитный барьер на АЭС – санитарно-защитная зона (СЗЗ) вокруг станции. Её границы определяются исходя из мощности станции таким образом, чтобы при максимальной проектной аварии территория, где уровень радиации превышают допустимые пределы, находилась внутри СЗЗ.

REFERENCES

1. Tolaboyev, D. X. O. G. L., Mirzayev, V. T. L., Axmadjonov, M. F., Abdullayev, S. S. O. G. L., & Raximjonov, J. S. O. G. L. (2022). YARIMO'TKAZGICHLARDA ICHKI NUQTAVIY NUQSONLARINING TERMODINAMIKASI. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 2(4), 231-240.
2. Ahmadaliev, B. J., Akhmadjonov, M. F., Nurmatov, O. R., Yuldashev, N. K., Muxammadyakubov, H. E., & Urmonov, S. R. (2019). The dispersion and photoluminescence spectrum of mixed excitons at critical damping values. *Scientific-technical journal*, 2(1), 9-14.
3. Rakhimjanov, Jahongir Saydakhmat Ogli, Mirzarahimov, Abdukhaliil Umirzakovich, Abdullayev, Sherzod Shuhratjon Ogli, Nematov, Husniddin Muhiddin Ogli, & Khidirov, Dadahon Sherkuzievich (2022). МОДЕЛИРОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ФАНТОМА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ “FLUKA” С ИНТЕРФЕЙСОМ “FLAIR”. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 2 (4), 241-250.
4. Yuldashev, N. K., Mamatov, O. M., Nurmatov, O. R., Rahmonov, T. I., & Axmadjonov, M. F. (2019). The spectral characteristics of CdTe: Ag photoelectrical films in the areas own and impurite absorption. *Scientific-technical journal*, 23(2), 9-17.
5. Yusupov, Fahriddin Tajimamat O'G'Li, Rakhmonov, Tohirbek Imomalievich, Tolaboyev Dilmuhammad Xayitali O'G'Li, & Xidirov Dadaxon Sherqoziyevich (2021). USE OF VERNIER DIGITAL LABORATORY IN LESSONS AND LESSON ACTIVITIES. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 1 (10), 86-94.
6. Юлдашев, Н. Х., Ахмаджонов, М. Ф., Мирзаев, В. Т., & Нурматов, О. Р. У. (2019). Фотоэлектрические пленки CdTe: Ag и Sb₂Se₃ при собственном и примесном поглощении света shape* MERGEFORMAT. *Евразийский Союз Ученых*, (3-4 (60)), 72-78.
7. Мирзаев, В. Т., Рузиматова, Б. С., Мадрахимов, М. М., & Ахмаджонов, М. Ф. (2019). Магнитооптические свойства редкоземельных (РЗ)-ионов в парамагнитных гранатах. In *Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации* (pp. 34-36).

-
8. Tolaboyev, D.X. (2021). KRISTALL PANJARADA ATOMLAR BIR O'LCHAMLI ZANJIRINING TEBRANISHLARINI TEKSHIRISH. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 1 (11), 141-150.
 9. Nurmatov, O. R., Yulchiyev, I. I., Axmadjonov, M. F., Xidirov, D. S., & Nasirov, M. X. (2021). TALABALARGA "MATEMATIK MAYATNIKNING TEBRANISH QONUNI" MAVZUSINI MATEMATIK USULLAR BILAN TUSHUNTIRISH. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 1(11), 133-140.
 10. Nasirov, M. X., Axmadjonov, M. F., Nurmatov, O. R., & Abdullayev, S. (2021). O 'LCHAMLI KVANTLASHGAN STRUKTURALARDA KVAZIZARRALAR. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 1(11), 166-174.
 11. Polvonov, B. Z., Nasirov, M. H., & Akhmadjonov, M. F. (2021). THE THERMAL FIELD MIGRATION AND ELECTRODIFFUSION OF CHARGED POINT DEFECTS IN POLYCRYSTALLINE FILMS. *Scientific Bulletin of Namangan State University*, 2(2), 40-47.
 12. Axmadjonov, M. F., & Mirzaraximov, M. A. (2022). FIREBASE IN REAL-TIME SYSTEMS BASED ON CLIENT SERVER TECHNOLOGY. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 2(1), 146-150.