

E-mail: [ays36@tpu.ru](mailto:ays36@tpu.ru)

Вопросы безопасного функционирования технологических процессов являются одними из самых актуальных на сегодняшний день. Несанкционированное действие в отношении них, может привести к потерям или к более серьезным последствиям, например, к радиологическому загрязнению окружающей среды. Для этого на объектах использования атомной энергии создается система физической защиты [1], направленная на предупреждение, обнаружение, замедление и задержание нарушителей.

Защищенность объекта – это способность системы безопасности выявить и замедлить нарушителя на пути к его цели. Для определения ее защищенности проводят специальную оценку путем использования различных методик. Полученные результаты зачастую выражены в форме количественных показателей, которые могут отличаться в зависимости от выбранного метода в связи их преимуществ и недостатков перед другими. Поэтому в настоящее время существует необходимость в разработке новых подходов в проведении оценки защищенности объекта с целью получения наиболее точных результатов путем использования некоторых особенностей системы, не рассматриваемых в применяемых методах.

В работе представлен новый подход к защищенности объекта с точки зрения действий оператора в системе обеспечивающую безопасность. Системы безопасности в большинстве случаев представляют собой автоматизированные системы, в которых окончательное решение принимает оператор пункта управления. Тем самым, позволяет рассматривать эффективность предпринятых действий человеком на этапе выявления несанкционированных действий, оценивая задержку по времени на реагирование сотрудниками безопасности. Фактически это время влияет на уровень защищенности объекта, так как реагирование может происходить с сильным опозданием, что приведет к снижению эффективности противодействия системы на нарушения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении правил физической защиты ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения ядерных материалов [Текст]: приказ Федеральной службы по экологическому, техническому и атомному надзору от 19 июля 2007 г. // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2007. – №456. – ст. 32;
2. Основы проектирования систем физической защиты ядерных объектов: учебное пособие / Б.П. Степанов, А.В. Годовых; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 118 с.

#### АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ $^{177}\text{Lu}$ НА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ РЕАКТОРЕ ИРТ-Т

И.А. Ушаков, В.В. Зукау, Е.С. Доняева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [jiaozu@tpu.ru](mailto:jiaozu@tpu.ru)

Одним из методов лечения опухолей костных тканей и внутренних органов является радиотерапия на основе радионуклида  $^{177}\text{Lu}$ . Отличительной особенностью, данного метода является минимальное токсикологическое действие на организм пациента. Радиационное воздействие на опухоль осуществляется бета излучением с максимальной энергией 497,1 кэВ (выход 79,3%), гамма излучение позволяет производить дополнительный внешний контроль за пациентом, и составляет 113кэВ и 208кэВ с выходом 6,4% и 11% соответственно [1].

В представленной работе была реализована, автоматизация хроматографического метода разделения  $^{177}\text{Lu}$  от иттербиевой мишени, которая достаточно проста в изготовлении. Хроматографическое разделение выполнено на ионообменной колонке, заполненной катионообменником Dowex 50WX8, 200-400 меш [2]. Автоматизация процесса выполнена на микроконтроллере (МК) Atmega2560 фирмы Atmel. Управление МК осуществляется посредством передачи сформированного пакета, по интерфейсу RS-485 с проверкой контрольной суммы, ПО работающим под

ОС Windows изображенном на рис 1. Программа для МК написана на языке С в среде разработки Microscip Studio 7.0, ПО для ПК написано на языке C++/CLI. Микроконтроллер управляет клапанами через блок реле. Подсчет импульсов со счетчика Гейгера (осуществляется путем прерываний МК по восходящему фронту внешнего сигнала с выхода микросхемы генерирующей TTL сигнал. Измерение температуры и уровня жидкости обрабатывается МК и статус отображается в виде иконки.

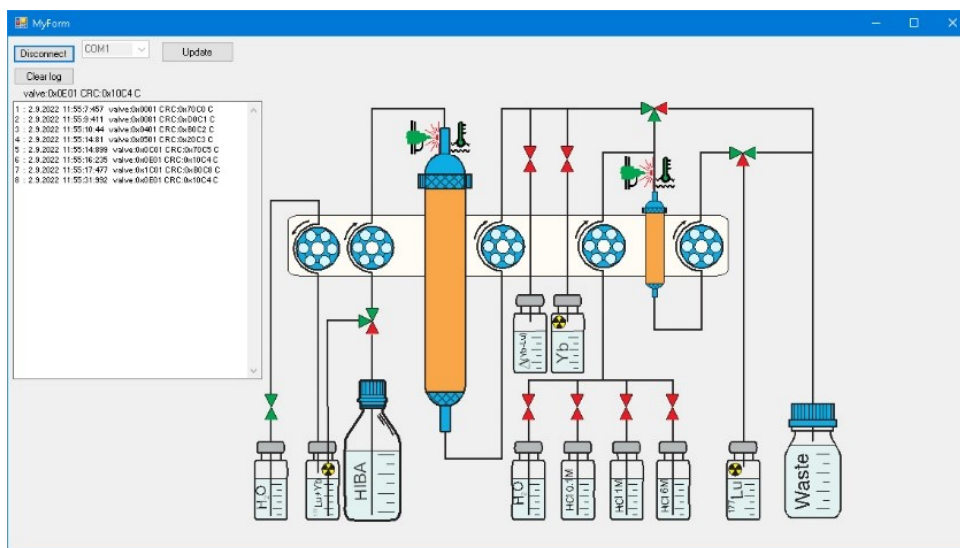


Рис. 1. Программа управления технологическим процессом разделения

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Horwitz E P, McAlister D R, Bond A H, Barrans R E, Williamson J M. A process for the separation of  $^{177}\text{Lu}$  from neutron irradiated  $^{176}\text{Yb}$  targets // Applied Radiation and Isotopes. – 2005 vol 63 issue 1. - pp 23-36.
2. Ушаков И.А, Зукач В.В., Кабанов Д.В. Получение радионуклида  $^{177}\text{Lu}$  без носителя на среднепоточном реакторе ИРТ-Т // Сборник тезисов РАДИОФАРМА-2021 актуальные проблемы разработки, производства и применения радиофармацевтических препаратов – 2021 стр.11

### ПЛАЗМОХИМИЧЕСКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

И.В. Туксов, А.Г. Каренгин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: vir12@tpu.ru

Оставшиеся после первого экстракционного цикла без урана, плутония и минорных актиноидов отходы переработки отработавшего ядерного топлива (ОП ОЯТ) представляют собой слабо-концентрированные водные нитратные растворы (рафинаты) следующего состава: 0,11 % Nd, 0,10 % Mo, 0,07 % Fe, 0,06 % Y, 0,058 % Zr, 0,04 % Na, 0,039 % Ce, 0,036 % Cs, 0,031 % Co, 0,026 % Sr, 18,00 %  $\text{HNO}_3$ , 81,43 %  $\text{H}_2\text{O}$ . По применяемой технологии ОП ОЯТ концентрируют путем выпаривания, закачивают в баки из кислотостойкой стали и отправляют на длительное хранение, которое не предусматривает дальнейшее использование ценных металлов [1]. Предлагается плазмохимическую утилизацию ОП ОЯТ осуществлять в воздушно-плазменном потоке из диспергированных водно-органических нитратных растворов (ВОНР), включающих органический компонент (спирты, кетоны и др.) и имеющих адиабатическую температуру горения  $T_{\text{ад}} \approx 1200$  °C [1].

На рисунке представлены характерные равновесные составы основных продуктов плазменной утилизации ОП ОЯТ в виде раствора ВОНР на основе ацетона при массовой доле воздушного плазменного теплоносителя 65 % (а) и 70 % (б).