



Применение метода радионуклидного вектора при характеристике потоков радиоактивных отходов

Иванов Владислав Юрьевич
Б22-104
НИЯУ МИФИ

2026 г.

Актуальность проблемы

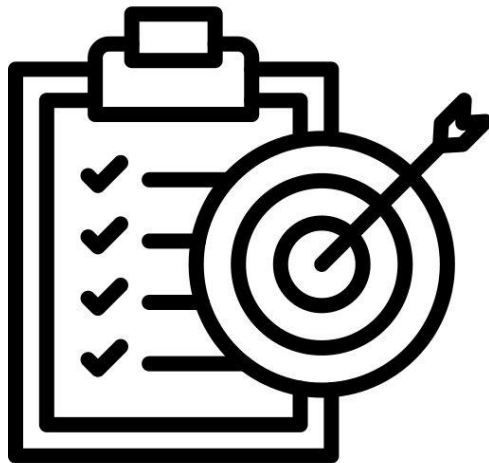
- Радиоактивные отходы (РАО) - неотъемлемый продукт ядерной энергетики, промышленности, медицины и науки
- Исторический контекст: в период ядерной гонки вопросы безопасного хранения РАО игнорировались
- В XXI веке вопрос точной, достоверной и стандартизированной характеристики РАО - обеспечение безопасности на десятки и сотни лет



Цель и задачи исследования

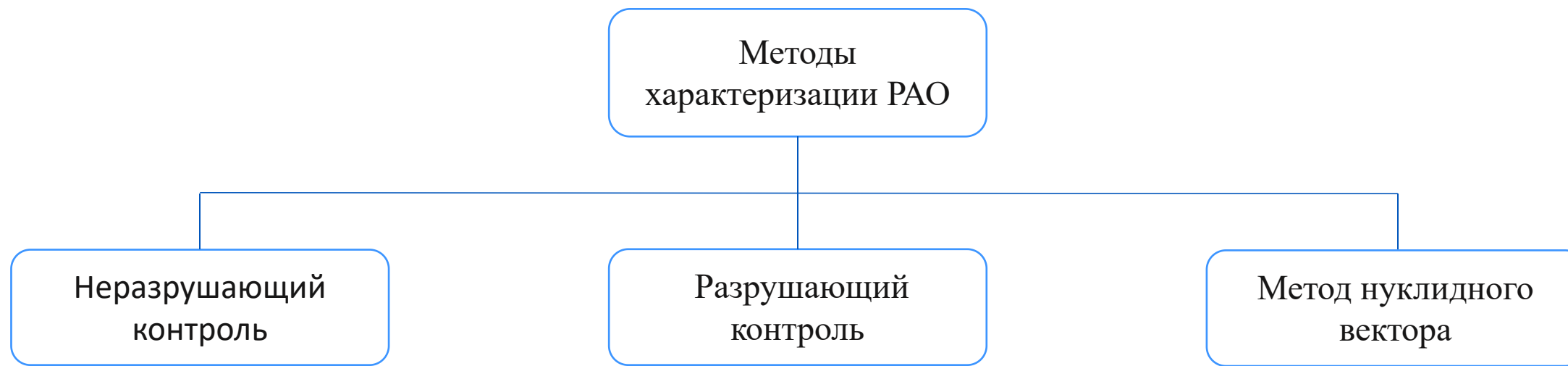
Цель: учёт расширенного списка радионуклидов для обоснования долговременной безопасности пунктов захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО)

Задачи:



- Анализ методов характеристики РАО
- Анализ реальных паспортов РАО
- Определение расширенного списка радионуклидов и расчёт удельной активности каждого из них
- Сравнительный анализ полученных данных

Методы характеристики РАО



- Сохранение целостности упаковки РАО
- Высокая скорость измерений
- Минимальный радиационный риск для персонала

- Высокая точность и достоверность

- Сокращение сроков характеристики
- Снижение стоимости работ
- Уменьшение дозовых нагрузок на персонал



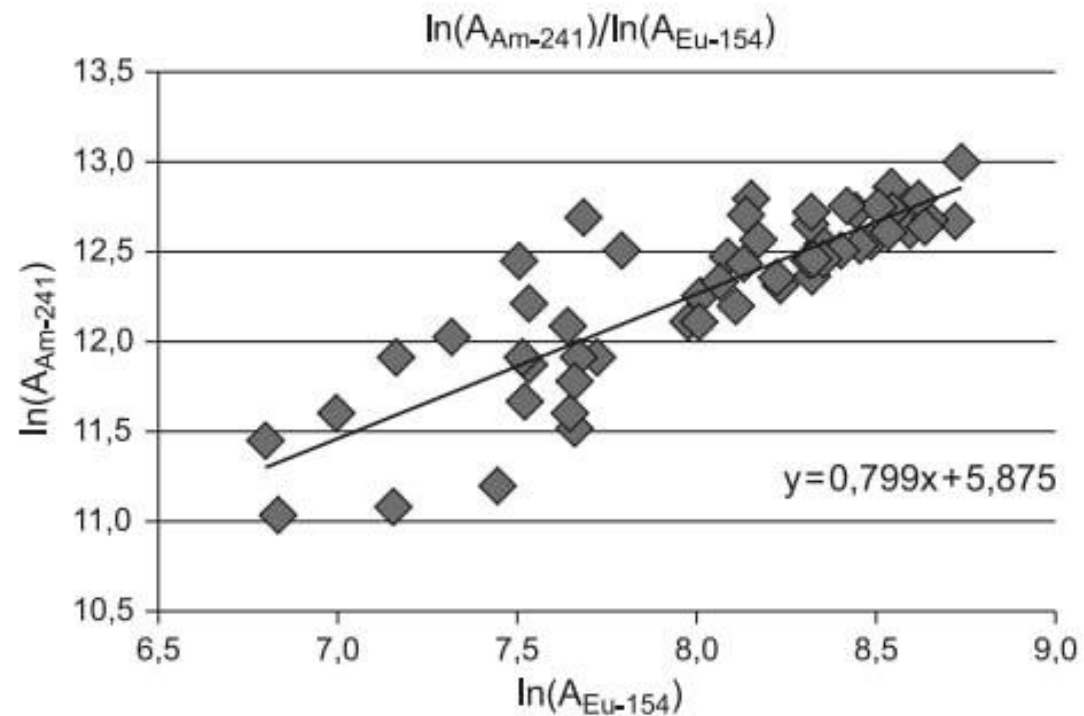
- Низкая чувствительность для альфа- и бета-излучателей
- Зависимость от матрицы отходов

- Трудоемкость и длительность
- Необходимость работы в условиях повышенной радиационной опасности
- Образование вторичных отходов

- Применим только для конкретных потоков РАО с установленными корреляциями
- Неприменим для смешанных отходов с неоднородным составом
- Ограниченное количество подходящих реперных нуклидов

Метод радионуклидного вектора

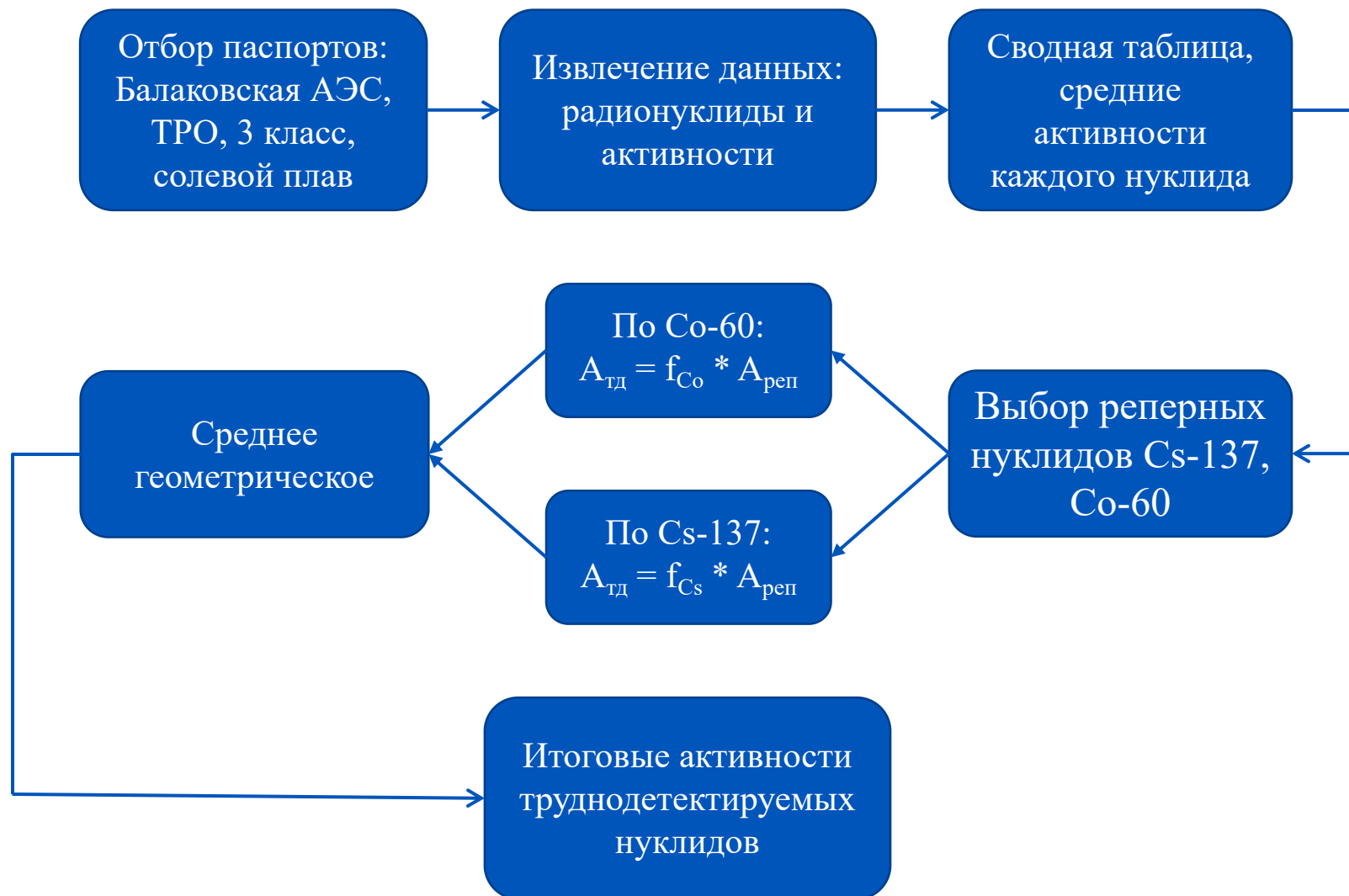
Суть метода: определение содержания труднодетектируемых нуклидов через корреляцию с реперными нуклидами



Физико-химическое обоснование: сходство поведения нуклидов в технологических процессах
Реперные нуклиды: Cs-137, Co-60, Eu-152, Eu-154
Математическая модель: корреляционные зависимости между удельными активностями реперных и труднодетектируемых нуклидов
Условие применимости: однородный технологический процесс

Дорожная карта характеристики РАО

- Проанализировано более 100 фактических паспортов РАО переданных на захоронение и временное хранение ФГУП «НО РАО» Балаковской АЭС в 2016 году
- Состав РАО по паспорту ограничивается контролем Cs-137, Cs-134, Co-60, хотя нормативные требования рекомендуют более обширный перечень радионуклидов
- Для оценки активности труднодетектируемых нуклидов использована методика радар вектора Балаковской АЭС.
Реперные нуклиды: Cs-137 и Co-60



Оценка значимости результатов

| Нуклид | Расчётные значения, Бк/г | Предельные значения активности для отнесения к РАО, Бк/г | Освобождение от радиационного контроля, Бк/г |
|--------|-----------------------------|--|--|
| C-14 | $1,96 * 10^2$ | $1 * 10^4$ | 1, |
| Cl-36 | $1,97 * 10^2$ | $1 * 10^4$ | 1 |
| Ni-63 | $2,74 * 10^2$ | $1 * 10^5$ | $1 * 10^2$ |
| Tc-99 | $2,34 * 10^3$ | $1 * 10^4$ | 1 |
| Sr-90 | 3,33 | $1 * 10^2$ | 1 |

Расширенный список радионуклидов:

1. Корректно спрогнозировать безопасность ПЗРО в долгосрочной перспективе
2. Обосновать достаточность барьеров безопасности и других конструкций ПЗРО при проектировании
3. Учесть свойства дочерних радионуклидов после распада изначальных
4. Учесть дополнительную дозовую нагрузку на персонал в процессе обращения с РАО





МИФИ

Национальный
исследовательский
ядерный университет

Спасибо за внимание!