



Применение метода радионуклидного вектора при характеристике потоков радиоактивных отходов

Иванов Владислав Юрьевич

Б22-104

НИЯУ МИФИ и ИБРАЭ РАН

2026 г.

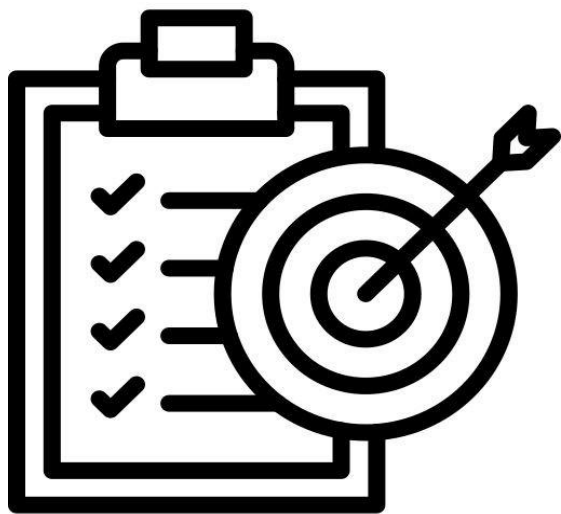
Актуальность проблемы

- 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

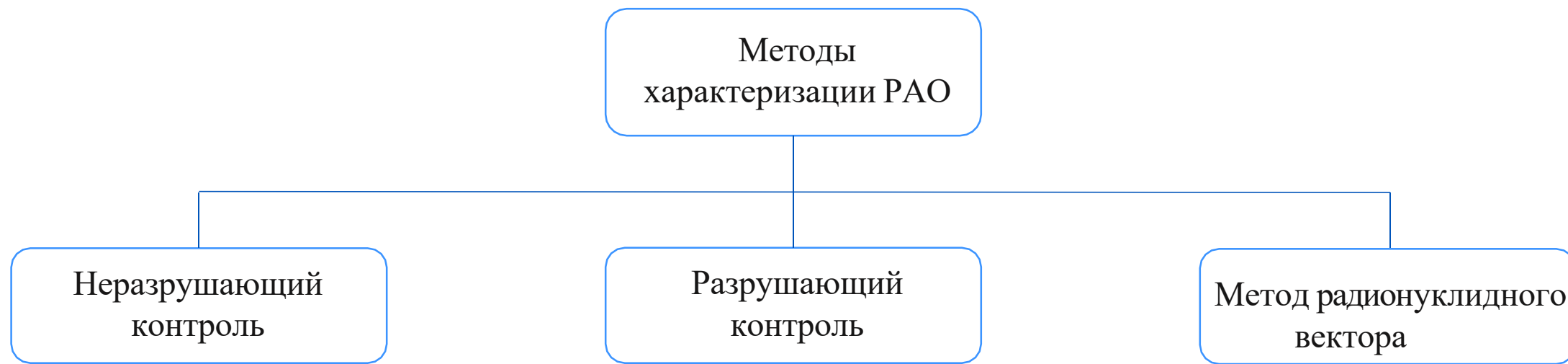
Цель: учёт расширенного списка радионуклидов для обоснования долговременной безопасности пунктов захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО)




Задачи:

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

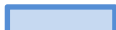
Методы характеристики РАО



- 
- 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

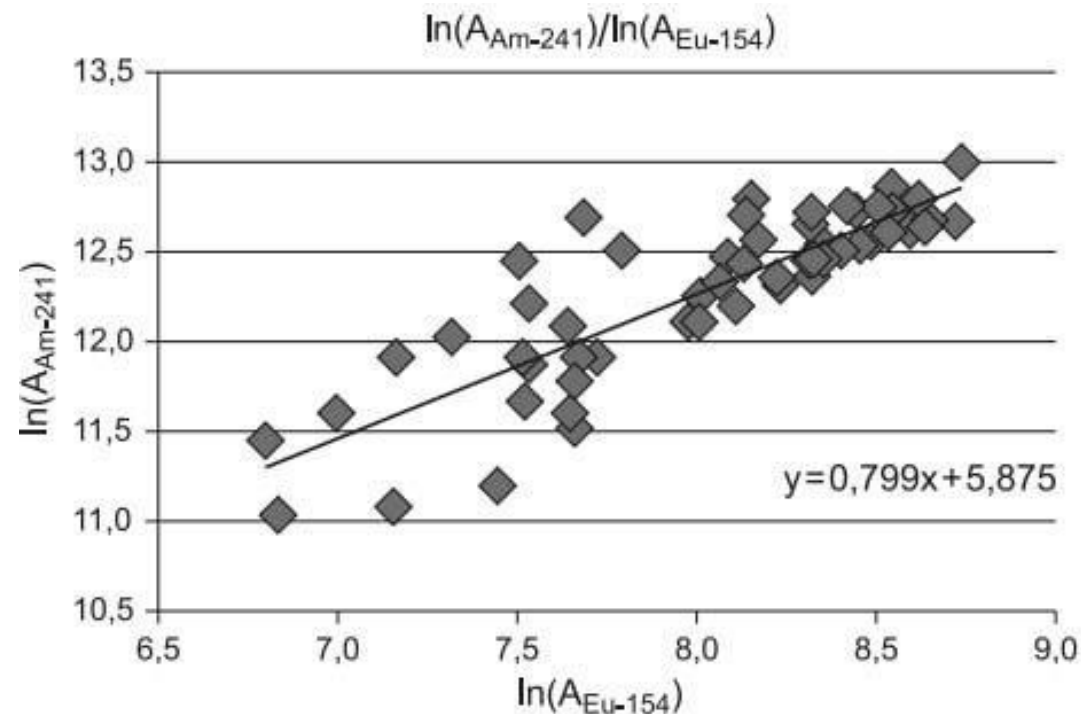
- 
- Низкая чувствительность для альфа- и бета-излучателей
 - Зависимость от матрицы отходов

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

- Применим только для конкретных потоков РАО
- 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

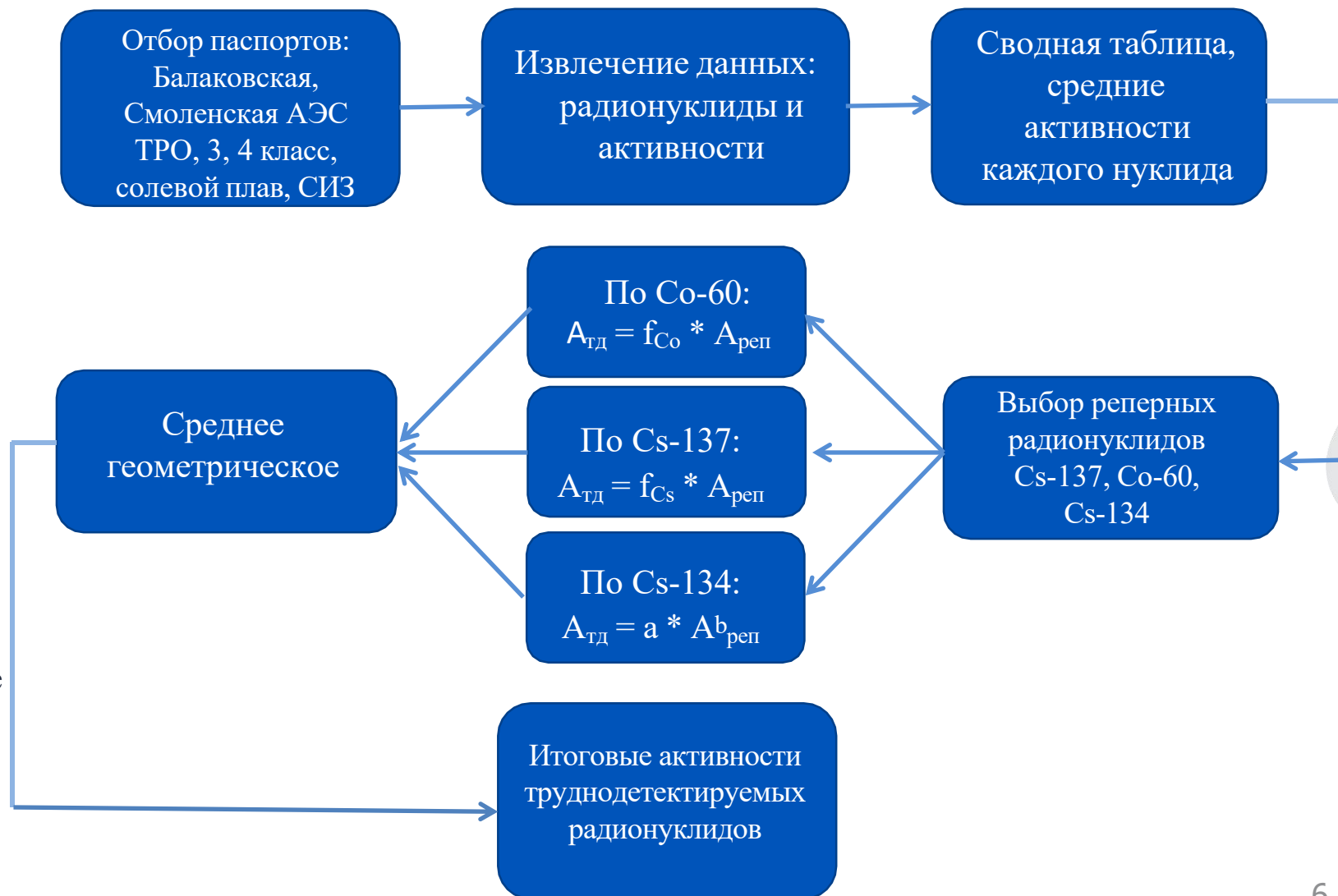
Реперные нуклиды: Cs-137, Co-60, Eu-152, Eu-154, Nb-95, Cs-134

Математическая модель: корреляционные зависимости между удельными активностями реперных и труднодетектируемых нуклидов

Условие применимости: одинаковый технологический процесс

Дорожная карта характеристики РАО

- Проанализировано более 100 фактических паспортов РАО переданных на захоронение и временное хранение ФГУП «НО РАО» Балаковской и Смоленской АЭС в 2016, 2017 годах
- Состав РАО по паспорту в основном ограничивается контролем Cs-137, Cs-134, Co-60, Nb-95, хотя нормативные требования рекомендуют более обширный перечень радионуклидов
- Для оценки активности труднодетектируемых нуклидов использованы действующие методики радионуклидного вектора Балаковской и Смоленской АЭС.
Реперные нуклиды: Cs-137 и Co-60, Cs-134

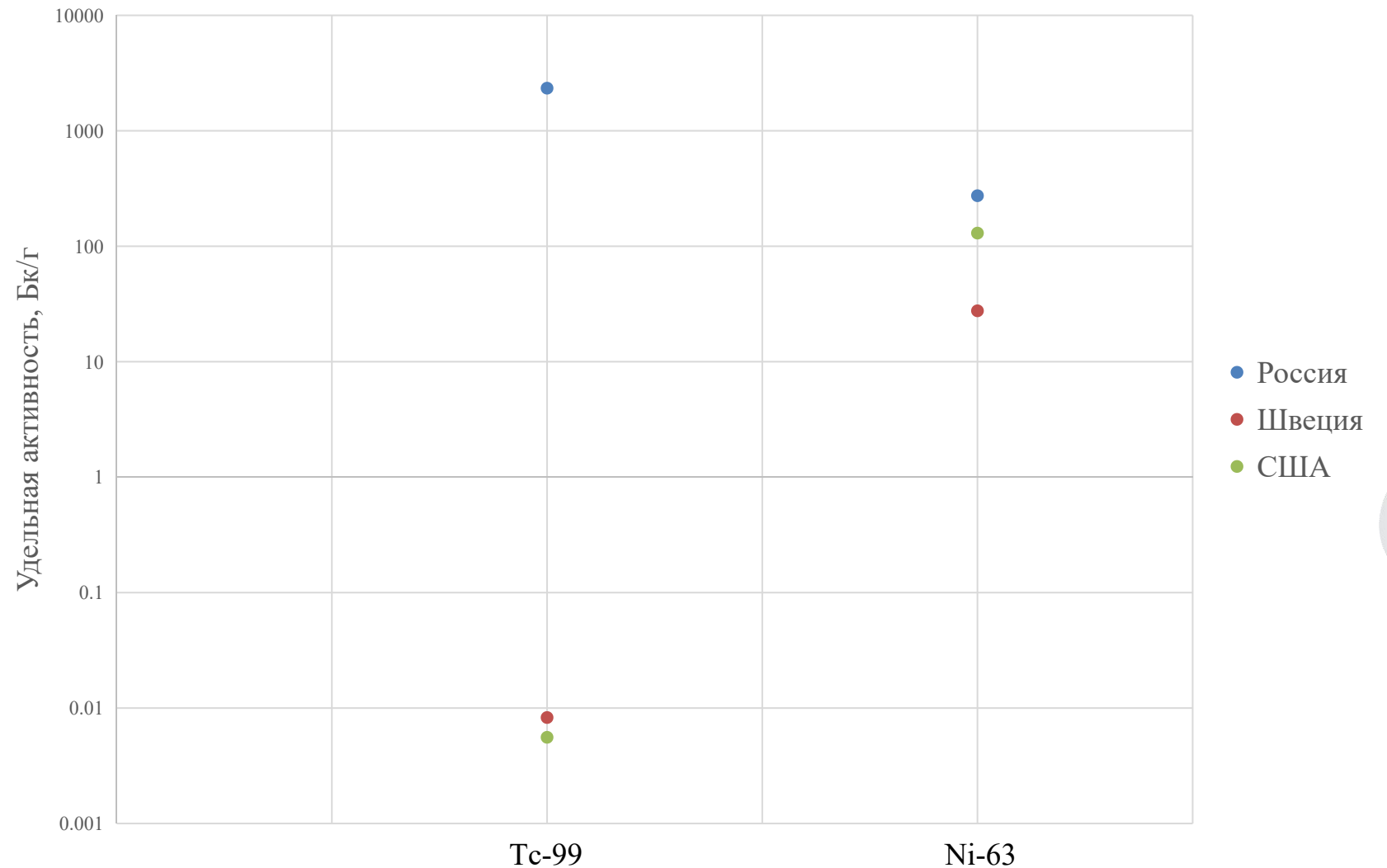


Оценка значимости результатов

Нуклид	Расчётные значения, Бк/г		Предельные значения активности для отнесения к РАО, Бк/г	Освобождение от радиационного контроля, Бк/г
	Балаковская АЭС	Смоленская АЭС		
C-14	$1,96 * 10^2$	$1,36 * 10^7$	$1 * 10^4$	1
Cl-36	$1,97 * 10^2$	$6,17 * 10^5$	$1 * 10^4$	1
Ni-63	$2,74 * 10^2$	$4,27 * 10^6$	$1 * 10^5$	$1 * 10^2$
Tc-99	$2,34 * 10^3$	$1,56 * 10^6$	$1 * 10^4$	1
Sr-90	3,33	$7,58 * 10^5$	$1 * 10^2$	1

Сравнение результатов с международными данными

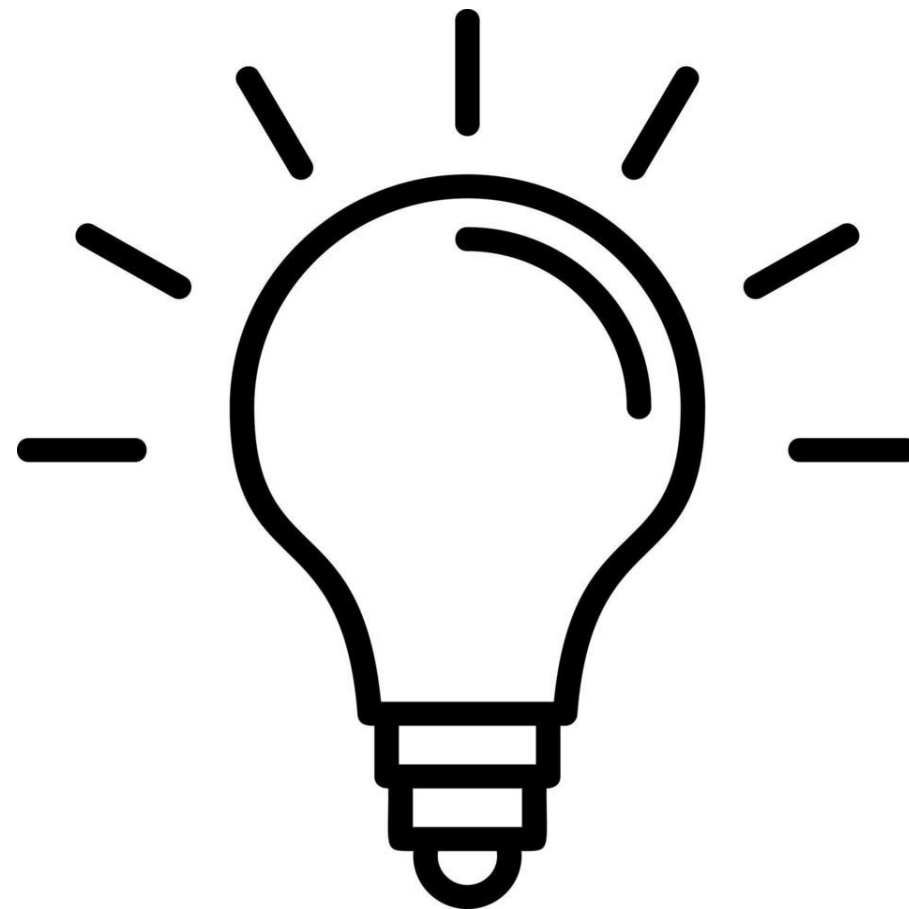
- Необходима верификация действующих методик радионуклидного вектора



Выводы

Расширенный список радионуклидов позволяет:

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!