



**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования «Национальный  
исследовательский Томский политехнический университет»  
Минобрнауки России**

# **Создание уникальной безотходной технологии производства и разработка инновационной конструкции генератора технеция-99m для ядерной медицины**

**Докладчик:**  
Стасюк Елена Сергеевна  
кандидат технических наук, научный сотрудник лаб. №31 ФТИ ТПУ,  
исполнитель проекта

Кемерово - 2014

# Соглашение № 14.575.21.0034 от 27.06.2014

## **Участники проекта:**

### **Получатель субсидии**

- ✓ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Томский политехнический университет

### **Индустриальный партнер**

- ✓ Общество с ограниченной ответственностью «Сибнуклон»

**Размер субсидии: 25 000 000 рублей, в т.ч.:**

**в 2014 году – 7 000 000 рублей;**

**в 2015 году – 10 000 000 рублей;**

**в 2016 году – 8 000 000 рублей.**

**Софинансирование: 8 500 000 рублей,**

**в т.ч. 4 250 000 – средства ООО «Сибнуклон»**

**в 2014 году – 2 400 000 рублей, в т.ч. 1 200 000 – средства ООО «Сибнуклон»,**

**в 2015 году – 3 400 000 рублей, в т.ч. 1 700 000 – средства ООО «Сибнуклон»,**

**в 2016 году – 2 700 000 рублей, в т.ч. 1 350 000 – средства ООО «Сибнуклон».**

# Научно-техническая проблема

## Ядерная медицина

дисциплина, объединяющая в себе все диагностические и терапевтические вмешательства, связанные с введением в организм радионуклидов.

**Аппаратура и помещения**



**Радиофармацевтика**



**Персонал**



*На нужды ядерной медицины расходуется более 50% годового производства радионуклидов во всем мире.*

# Научно-техническая проблема

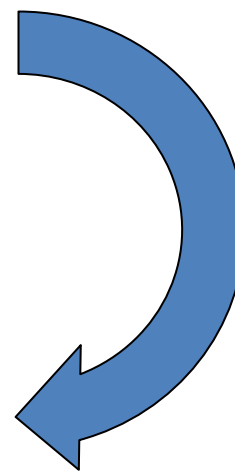
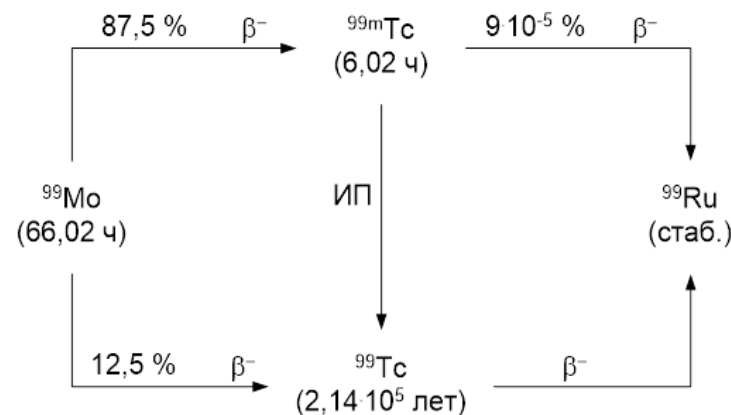
4

Более 85 % радиодиагностических тестов в мире проводятся с технецием-99m.

- Закрытие реакторов
- Изношенность реакторной базы
- Переработка и утилизация отходов

«МОЛИБДЕНОВЫЙ»

кризис



Альтернатива: безотходная технология производства генераторов технеция.

# Цели выполнения ПНИ

1. Разработка новых принципов и методических подходов для повышения ресурсоэффективности и снижения опасных отходов при производстве радионуклидной продукции для ядерной медицины.
2. Разработка безотходной технологии производства портативных генераторов технеция-99м нового поколения для проведения высокоинформативных радионуклидных исследований и исследование сорбционных характеристик различных твердых поглотителей, способных адсорбировать молибден.
3. Разработка технологической схемы «зарядки» генераторов технеция с полным дистанционным управлением, обеспечивающей минимальную радиационную нагрузку на персонал.
4. Исследование адсорбции-десорбции молибдена и технеция и разработка методов и технологий регенерации дорогостоящего высокообогащенного сырья из жидких и твердых радиоактивных отходов производства генераторов короткоживущих радионуклидов для его повторного использования в технологическом цикле.

# Планируемые результаты

6

- 1) Разработка методов регенерации молибдена из отходов производства генераторов с эффективностью не менее 95%.
- 2) Разработка эскизной конструкторской и эксплуатационной документации на разрабатываемый генератор технеция-99м новой конструкции, облегченной модификации, с современным дизайном, системами продувки и фасования.
- 3) Создание экспериментальных образцов генератора технеция-99м.
- 4) Разработка научных и научно-технических основ для создания безотходной технологии производства генераторов технеция-99м из активационного регенерированного молибдена-98.
- 5) Разработка алгоритма «зарядки» генератора технеция-99м с полным дистанционным управлением, обеспечивающей минимальную радиационную нагрузку на персонал.
- 6) Разработка опытно-промышленного регламента производства генератора технеция-99м.
- 7) Разработка проекта технического задания на ОКР по теме проекта.

1. Получить значимые научные и научно-технические результаты мирового уровня по изучению химических и физических процессов технологий регенерации молибдена из отработанных генераторных радионуклидных установок и отходов производственного цикла и последующем его использовании в производственном цикле.

2. Создать технологию комплексного использования высокообогащенного молибдена-98 путем решения задач по поиску сорбентов, десорбирующих растворов, экстрагентов и других реагентов, а также оптимальных условий проведения регенерации и последующей адсорбции регенерированного продукта.

3. Разработать принципиально новую конструкцию сорбционного генератора технеция путем проведения расчетов и разработки конструкции колонки генератора технеция, биологической защиты и основных узлов корпуса генератора с использованием новых инновационных конструкционных материалов, что позволит снизить стоимость, массу и повысить надежность.

4. Разработать регламент производства генераторов технеция из регенерированного сырья, включая разработку основных требований к составу, компоновке и оснащению производственного участка, определение перечня основного технологического оборудования и требований к отделке помещений, отоплению, вентиляции, водопроводу, канализации, электроснабжению и т.д.

5. Разработать технические требования и предложения по разработке, производству и эксплуатации продукции с учетом технологических возможностей и особенностей индустриального партнера, путем разработки предварительного проекта «Производство генераторов технеция-99m нового поколения по технологии комплексного использования высокообогащенного активационного молибдена-99 для ядерной медицины».



# *Работы по 1 этапу проекта*

1. Аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы.
2. Проведение патентных исследований.
3. Разработка технических предложений по созданию безотходной технологии.
4. Разработка технических предложений по созданию конструкции генератора технеция-99м.
5. Проведение экспериментальных исследований адсорбции и поиск высокоэффективных сорбентов для колонки генератора технеция-99м.
6. Разработка и апробация метода подготовки сорбента для колонки.

## **Работы, выполняемые за счет внебюджетных средств:**

7. Материально-техническое обеспечение выполнения ПНИ.
8. Создание специализированного сайта для освещения результатов ПНИ.

# Результаты по 1 этапу проекта <sup>10</sup>

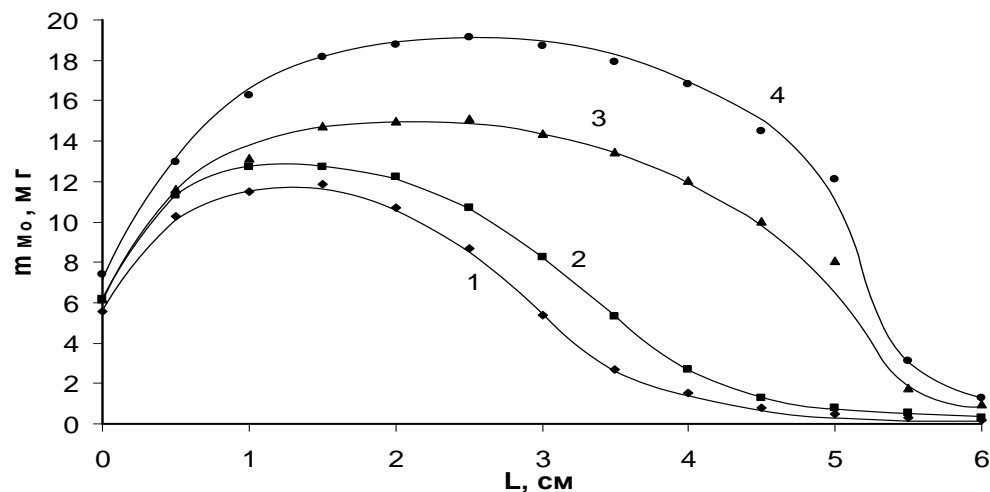
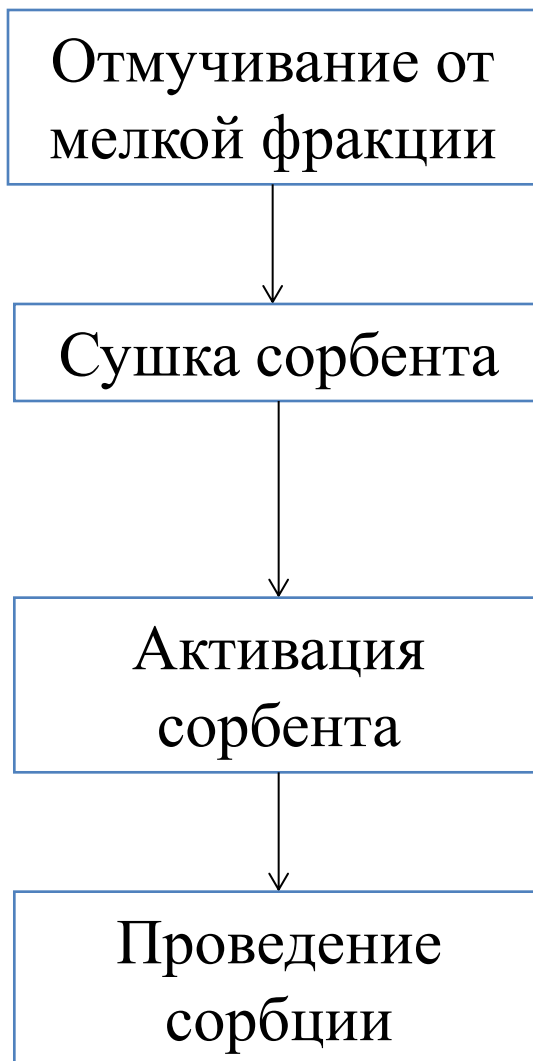
- 1) Выполненный аналитический обзор позволяет сделать вывод о высокой востребованности технеция-99м, что обусловлено, в первую очередь, его ядерно-физическими характеристиками: относительно коротким периодом полураспада 6,012 ч и энергией гамма-излучения 0,1405 МэВ, обеспечивающих малую экспозиционную дозу и, вместе с тем, достаточную проникающую способность для проведения радиометрических измерений.
- 2) Проведенные патентные исследования по теме проекта показали, что в настоящее время разрабатываемые объекты ПНИ соответствуют техническим показателям и научным результатам мирового уровня.
- 3) Предложены технические предложения по созданию безотходной технологии производства.

# Результаты по 1 этапу проекта <sup>11</sup>

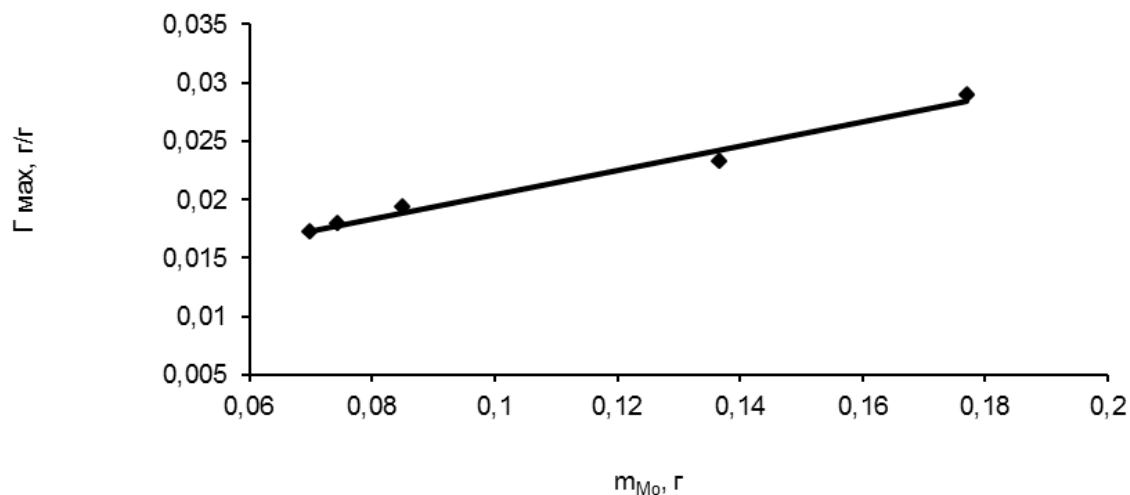
4. Сформулирован ряд технических и конструкторских предложений по созданию генератора технеция-99м новой конструкции. Предложены системы продувки и дозирования элюата, которые позволят повысить функциональность и стабильность в работе.
5. Исследованы адсорбционные свойства некоторых оксидов металлов, в т.ч. оксидов алюминия с различной структурой. Определены их сорбционные емкости по молибдену. Показано, что электролитические оксиды имеют емкость в 2 раза большую, чем хроматографический оксид алюминия. Также были исследованы оксиды титана, циркония и некоторые другие, однако их сорбционная емкость в 2-4 раза меньше емкости хроматографического оксида алюминия.
6. Выполняются работы по определению удельной поверхности и поровых характеристик исследуемых сорбентов.

# Результаты по 1 этапу проекта <sup>12</sup>

Методика подготовки сорбента:



Распределение Mo в колонках генератора в зависимости от его адсорбированной массы  $m_{Mo}$ , г: 1 – 0.070; 2 – 0.085; 3 – 0.1366; 4 – 0.177



Изменение максимальной адсорбции молибдена  $\Gamma_{max}$  в зависимости от  $m$  (Mo).

# **Выводы:**

1. Выполнен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, который показал актуальность проводимых научных исследований и разрабатываемых технологий.
2. В результате анализа отобранной охранной документации по большинству основных технико-экономических показателей планируемые объекты разработки не уступают обнаруженным в процессе поиска отечественным и зарубежным аналогам. Обнаруженные аналоги не обладают в полном составе функциями объекта разработки, а реализуют их лишь частично.
3. Предложены технические предложения по созданию безотходной технологии производства. Предложено в качестве безотходной технологии использовать реакцию радиационного захвата нейтронов для наработки молибдена-99 с последующей его регенерацией.

## **Выводы:**

4. Сформулирован ряд технических и конструкторских предложений по созданию генератора технеция-99м новой конструкции. Предложена система продувки и дозирования элюата. Эскизная документация будет разрабатываться на следующем этапе.
5. Исследованы адсорбционные свойства некоторых оксидов металлов. Показано, что наилучшие показатели сорбции по молибдену показал оксид алюминия в различных его модификациях. На основании полученных данных будет разработана конструкция генераторной колонки и в дальнейшем вся конструкция генератора.
6. Разработана методика подготовки сорбента, которая включает в себя операции отмучивания (фракционирования), сушки и активации. Для окончательного выбора типа сорбента необходима информация по пористости и удельной поверхности.

# **Выводы:**

Индикаторы и показатели:

- Опубликовано статья в журнале [Advanced Materials Research](#).
- Мероприятий по демонстрации и популяризации результатов ПНИ – 3 (EANM-2014, V Школа молодых атомщиков, VII Eurasian Conference «NUCLEAR SCIENCE AND ITS APPLICATION»).
- Использование УНУ – 1 (ИЯР ИРТ-Т)
- Использование научного оборудование ЦКП – 3 (ЦКП БелГУ, г. Белгород, НИ ТПУ, г. Томск и НИ ТГУ , г. Томск).
- Использование зарубежной инфраструктуры – 1 (ИЯФ РК)
- Защищено диссертаций – 1.

Официальный поставщик товаров и услуг Томского политехнического университета в области использования атомной энергии.

В настоящее время ООО «Сибнуклон» осуществляет поставку и перевозку собственным транспортом радиоактивной продукции в медучреждения России на территории от Южно-Сахалинска до Ульяновска. Также компания активно участвует в исследованиях и разработках в области ядерной медицины.

*На 1-ом этапе проекта за счет средств Индивидуального партнера:*

- разработан сайт по освещению результатов проекта (<http://инногтс.рф/>).
- закуплены реактивы и образцы сорбентов для проведения исследований;
- оказываются услуги по транспортированию радиоактивных образцов;
- обеспечивается проведение совместных исследований с ЦКП, УНУ и иностранными партнерами.

В случае успешной реализации проекта Индустриальный партнер обеспечит софинансирование ОКР и доведение его до выпуска готовой продукции.



Основные потребители продукции – медицинские учреждения, располагающие гамма–камерами для проведения однофотонной эмиссионной компьютерной томографии и другим радиометрическим оборудованием. В России в настоящее время насчитывается более 250 таких отделений с общей потребностью свыше 10 000 штук в год на сумму свыше 600 млн. руб.

## **Эффекты от реализации проекта:**

1. улучшение качества жизни и здоровья населения за счет применения высокочистых и более доступных препаратов;
2. обеспечение отечественного рынка высококачественной и экономически доступной продукцией будет способствовать повышению качества медицинского обслуживания населения путем удешевления высокотехнологических диагностических исследований и снижения числа заболеваемости;
3. совершенствование технологических процессов с точки зрения повышения производственной безопасности, включая экологическую, за счет использования сырья, полученного по безотходной технологии по реакции радиационного захвата нейтронов;
4. сокращение отходов производства;
5. снижение материало- и энергоёмкости производства;
6. повышение уровня автоматизации производства.