

## Резюме проекта, выполняемого

в рамках ФЦП

### «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

по этапу № 2

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.580.21.0003

Тема: «Создание высокоэффективных бета-вольтаических элементов питания с длительным сроком службы на основе радиационно-стойких структур»

Приоритетное направление: Индустрия наносистем (ИН)

Критическая технология: Технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом

Период выполнения: 19.08.2015 - 31.12.2017

Плановое финансирование проекта: 187.50 млн. руб.

Бюджетные средства 187.50 млн. руб.,

Внебюджетные средства 0.00 млн. руб.

Получатель: федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов"

Индустриальный партнер: Общество с ограниченной ответственностью "ИнвестТехнологии"

Ключевые слова: БЕТА-ВОЛЬТАИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ, ШИРОКОЗОННЫЙ ПОЛУПРОВОДНИК, ИЗОТОПНАЯ ОЧИСТКА, ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ, ЯДЕРНАЯ БАТАРЕЯ, КОНТАКТ ШОТТКИ, БАРЬЕРНАЯ СТРУКТУРА, НЕРАВНОВЕСНЫЕ НОСИТЕЛИ ЗАРЯДА, БЕТА-РАСПАД, ТОРМОЗНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, ЗОННАЯ СТРУКТУРА

#### 1. Цель проекта

Основной целью настоящих ПНИЭР, реализуемых в рамках комплексного проекта, является разработка базовых конструкций и технологий создания автономных радиационно-стимулированных бета-вольтаических элементов питания различного назначения с удельной мощностью не менее 50 мкВт/см<sup>3</sup> и сроком службы не менее 20 лет для нужд ядерной энергетики, авиакосмической техники, нано- и микроэлектроники, биомедицины и специальной техники, что будет способствовать повышению экспортного потенциала России и снижению импортной зависимости в стратегически важных отраслях промышленности.

#### 2. Основные результаты проекта

1. Проведены теоретические исследования эффективности передачи энергии, выделяемой в радиоизотопе никель-63 при бета-распаде, преобразователю на основе радиационно-стойких структур с учетом геометрии расположения преобразователей и изотопа в сборке.
2. Разработана математическая модель процесса генерации тормозного ионизирующего излучения, возникающего при торможении бета-частиц в источнике и защитном экране.
3. Проведены расчеты массогабаритных характеристик радиационной защиты для радиационно-стимулированных бета-вольтаических элементов питания.
4. Разработан эскизный проект радиационно-стимулированных бета-вольтаических элементов питания с длительным сроком службы.
5. Разработан технический проект радиационно-стимулированных бета-вольтаических элементов питания с длительным сроком службы.
6. Разработана ЭКД для изготовления опытных образцов радиационно-стимулированных бета-вольтаических элементов питания.
7. Разработан предварительный проект рабочей технологической документации с литерой «П» для изготовления опытных образцов радиационно-стимулированных бета-вольтаических элементов питания с длительным сроком службы.
8. Разработана Программа и методики исследовательских испытаний опытных образцов радиационно-стимулированных бета-

вольтаических элементов питания.

Планируемый масштаб выпуска продукции и ее рабочие характеристики обеспечат полное замещение импортных аналогов Widetronix (Firefli-T, Firefli-N), City Labs (ERDIP, LCC) и BetaBatt (Trench, Fill-Jelli-Roll) в отечественных отраслях промышленности.

Элементы питания нового поколения на временном горизонте 5-6 лет в сравнении с изделиями конкурентов (мировыми аналогами) будут отличаться:

- 1) повышенной не менее чем в 2 раза эффективностью (КПД) преобразования энергии, выделяющейся при распаде бета-источника, в электроэнергию, что позволит в перспективе снизить себестоимость источника примерно на 50% за счет более 2 экономичного расходования дорогостоящего радиоизотопа с высокой степенью обогащения.
- 2) увеличенной на 50% удельной мощностью, что позволит снизить на треть массогабаритные показатели элементов питания батарей на их основе с сохранением требуемого уровня выходной мощности.
- 3) усиленным уровнем эксплуатационной надежности за счет использования преобразователей с длительным сроком службы (более 20 лет) на основе радиационно-стойких материалов.

### **3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки**

На 2 этапе выполнения ПНИЭР получение охраноспособных РИД не предусмотрено.

### **4. Назначение и область применения результатов проекта**

Получаемые результаты комплексного проекта позволят Индустриальному партнеру освоить производство нового поколения автономных радиационно-стимулированных бета-вольтаических элементов питания с длительным сроком службы постоянного и переменного тока, работающих в широком диапазоне выходных напряжений (1,5 – 9 В), выходных токов (от 10 мкА) и мощностей (в зависимости от параметров), предназначенных для питания датчиков и устройств различного назначения. В настоящее время потребность в компактных необслуживаемых элементах питания повышенного срока службы для радио- и электронной аппаратуры крайне высока и не ограничивается областями микроэлектроники. В первую очередь, такие элементы питания востребованы в аэрокосмической отрасли, а также в медицинской, военной, геологоразведательной и нефтедобывающей. Создание таких элементов питания позволит значительно увеличить обороноспособный потенциал России и открыть новые возможности по исследованию труднодоступных областей, а также достичь нового уровня производства и технологий.

Радиационно-стимулированные источники питания в сравнении с химическими элементами питания обладают на несколько порядков большей плотностью энергии. Срок службы таких источников зависит от скорости распада радиоизотопа и может достигать 100 лет. В качестве радиоактивного элемента-источника энергии может выступать любой радиоизотоп с длительным временем жизни, распадающийся по бета-минус каналу.

Разработка компактных необслуживаемых элементов питания повышенного срока службы соответствует требованиям обеспечения технологической независимости и импортозамещения для нужд стратегических отраслей, таких как ядерная промышленность, космическая и медицинская техника, автономные маяки и метеостанции. Создание автономных приборов на основе элементов питания сроком службы более 20 лет позволит достичь нового уровня развития космической, медицинской и специальной техники, а также повысить безопасность ядерных объектов на территории РФ.

При изготовлении радиационно-стимулированных источников питания могут быть использованы как специально нарабатываемые радионуклиды, так и радионуклиды, являющиеся побочным продуктом работы атомных электростанций, что является эффективной альтернативой их захоронению.

Проект поддержан Министерством Энергетики Российской Федерации, Государственной корпорацией по атомной энергии "Росатом" и технологической платформой "Материалы и технологии металлургии".

### **5. Эффекты от внедрения результатов проекта**

Внедрение результатов проекта позволит в ближайшей перспективе удовлетворить существующую высокую потребность в элементах питания для автономной аппаратуры, функционирующей в условиях невозможности обслуживания (зарядки, заправки топлива или замены источника напряжения). Разрабатываемое новое поколение автономных радиационно-стимулированных бета-вольтаических элементов питания и батарей на их основе позволит создать стратегический задел в области специальных источников питания, нацеленный на:

- 1) Обеспечение безопасности на атомных станциях за счет создания энергонезависимых систем контроля;
- 2) Обеспечение автономным питанием специальной техники;
- 3) Освоение космоса за счет создания автономных необслуживаемых спутников и зондов;
- 4) Развитие медицины за счет создания нового поколения необслуживаемых имплантов;
- 5) Освоение труднодоступных регионов, в частности, крайнего Севера, за счет создания автономных геологоразведывательных зондов, энергонезависимых сенсоров, буев и т.д. Создание нового поколения элементов питания обеспечит повышение обороноспособности и технологической безопасности РФ за счет создания аналогичных или превосходящих аналогичные зарубежные образцы элементов питания и на основе отечественных компонентов и комплектующих.

Планируемый масштаб выпуска продукции и ее рабочие характеристики обеспечат полное замещение импортных аналогов Widetronix (Firefli-T, Firefli-N), City Labs (ERDIP, LCC) и BetaBatt (Trench, Fill-Jelli-Roll) в отечественных отраслях промышленности.

Элементы питания нового поколения на временном горизонте 5-6 лет в сравнении с изделиями конкурентов (мировыми

аналогами) будут отличаться:

- 1) повышенной не менее чем в 2 раза эффективностью (КПД) преобразования энергии, выделяющейся при распаде бета-источника, в электроэнергию, что позволит в перспективе снизить себестоимость источника примерно на 50% за счет более экономичного расходования дорогостоящего радиоизотопа с высокой степенью обогащения.
- 2) увеличенной на 50% удельной мощностью, что позволит снизить на треть массогабаритные показатели элементов питания батарей на их основе с сохранением требуемого уровня выходной мощности.
- 3) усиленным уровнем эксплуатационной надежности за счет использования преобразователей с длительным сроком службы (более 20 лет) на основе радиационно-стойких материалов.

## 6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

Выполнение комплексного проекта необходимо и достаточно для разработки продукции, позволяющей решить проблему импортозамещения и организовать промышленное производство по результатам проекта не позднее 2018 года.

Потенциальными потребителями ожидаемых научно-технических результатов являются ЗАО «Кардиоэлектроника» (Климовск), ОАО «Ижевский механический завод» (Ижевск), ОАО «ЭЛПА» (Зеленоград), ОАО «Авангард» (Санкт-Петербург), ОАО Концерн ПВО «Алмаз-Антей» (Москва), ОАО ВНИИРТ (Москва), ОАО «НПП «Пульсар» (Москва), ОАО «НИИ КП» (Москва), ОАО "Атомное и энергетическое машиностроение", ОАО «Концерн Росэнергоатом», ОАО «Атомтехэнерго», ФГУП "Производственное объединение "Маяк", ФГУП «РФЯЦ — ВНИИ технической физики имени академика Е. И. Забабахина», ФГУП Атомного флота, АО "Владимирское производственное объединение "Точмаш", ОАО "Машиностроительный завод", и др.

К 2018 году силами ООО "ИнвестТехнологии" совместно в ФГБНУ ТИСНУМ будет организовано производство разрабатываемой продукции на собственных производственных мощностях. Опытно-промышленные партии изделий будут поставлены потребителям и пройдут полный комплекс натурных испытаний. Объем инвестиционных затрат индустриального партнера составляет 57 млн. руб.

Результатом комплексного проекта станет создание опытных образцов радиационно-стимулированных бета-вольтаических элементов питания нового типа в 2017 году.

В 2018 году планируется изготовить партию элементов питания нового типа в размере 800 шт. общей стоимостью порядка 100 млн. руб.

В 2019 году планируется изготовить партию элементов питания нового типа в размере 5000 шт. общей стоимостью порядка 300 млн. руб.

В 2020 году число выпущенных источников питания технически будет ограничиваться производством радиоактивного изотопа и будет составлять не менее 20000 шт. общей стоимостью не менее 800 млн. руб.

## 7. Наличие соисполнителей

Общество с ограниченной ответственностью «АлмазЭнергоБур» (ООО «АлмазЭнергоБур»). 2016 г., 2 этап выполнения ПНИЭР.

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС». 2015 г., 1 этап выполнения ПНИЭР.

федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
"Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных  
материалов"

\_\_\_\_\_  
Директор  
(должность)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
Бланк В.Д.  
(фамилия, имя, отчество)

### Руководитель работ по проекту

\_\_\_\_\_  
ведущий научный сотрудник  
(должность)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
Бормашов В.С.  
(фамилия, имя, отчество)

М.П.