**Разработка технических решений для преобразования ядерной энергии (энергии распада и энергии деления) в электромагнитное излучение узкого спектра с дальнейшим преобразованием в электрическую энергию с высоким КПД и высокой удельной мощности.**

В основе проекта лежат известные физические явления: трансформация ядерных материалов с выделением энергии; люминесценция сцинтилляторов, фото- и катодных люминофоров, внутренний фотоэффект в полупроводниковых материалах. Новизна проекта заключается в использовании этих физических явлений в новом качестве и сочетании, а также ряд технических решений (дизайнов) устройств, позволяющих трансформировать ядерную энергию жесткого спектра в узкий спектр электромагнитного излучения в области ИК – УФ и последующее его использование для преобразования в низковольтное электричество с уровнями КПД от 25% и до 80% в перспективе.

Проект делится на **две автономные части** (раздела): «создание и производство элементов электропитания на ядерной энергии с КПД не менее 25%» и «разработка принципов создания элементов электропитания на ядерной энергии с повышенным КПД». Каждая из частей Проекта базируется на схожих физических принципах, но автономна по своему исполнению и состоит из НИР, ОКР и исполнительской части с производством опытных образцов и их испытаний.

**Результатом Проекта** должно стать общее технологическое решение для целого класса новых, уникальных по своим свойствам технических устройств. А именно: компактные, мощные, долговечные элементы электропитания, не требующие внешней зарядки, на основе широкого спектра радиоактивных отходов АЭС и других производств («ядерные батарейки»), значительно превосходящие созданные корпорацией «Росатом» бетавольтаические элементы на основе Ni63 , по уровню себестоимости (в серийном производстве сравнима с обычными сорбционными аккумуляторами) *- малая фотонная энергетика*; крупные электро-ядерные самозаряжающиеся аккумуляторы (и псевдореакторы с высоким коэффициентом умножения нейтронов КУ) в качестве основных элементов питания силовых систем космических аппаратов, БПЛА, подводных аппаратов, удаленных систем контроля за пространством и передачи данных, электромобилей, экзоскелетов и автономных роботов *– средняя фотонная энергетика*; ядерные энергетические реакторы с прямой выработкой светового потока высокого КПД (в перспективе теоретически до 80% и более) с дальнейшей передачей энергии по оптоволоконным кабелям к потребителям без подстанций и ЛЭП и с преобразованием в электрическую энергию низкого напряжения непосредственно на месте потребления *– большая фотонная энергетика*; электро-ядерный движитель для атмосферных, стратосферных и космических аппаратов; *а также энергетическая основа для создания мощных одноразовых и постоянных устройств-излучателей РЭБ широкого диапазона (до терагерцового включительно) на оптоэлектронных кристаллах и специальных гетероструктурах; автономных устройств накачки твердотельных лазеров широкой области использования и диапазона мощностей без внешнего источника энергии (генераторов, накопительных батарей, внешней электросети),и для гипотетических лазеров с генерацией на нескольких частотах одновременно в одной АС – мультичастотные лазеры («белый» лазер*).

В завершение **Проекта** должны быть представлены следующие устройства: в **первой части** – прототипы (в количестве 1 – 3 единиц) преобразователей ядерной энергии в электрическую небольшой интегральной мощности, но высокой удельной мощности с КПД не менее 25% на 1 – 3 – х видах сцинтиллятора и фотопреобразователя и, как минимум, на двух видах радиоизотопов в качестве топлива (α – и β – распад); во **второй части** – прототипы (в количестве 1 – 3 единиц) преобразователей ядерной энергии в электрическую небольшой интегральной мощности, но высокой удельной мощности с повышенным КПД, полученным на 1 – 3 – х видах модифицированных сцинтилляторов.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№/пп** | **НЕОБХОДИМЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**  **(МЕРОПРИЯТИЯ)** | **СРОК** | **РЕЗУЛЬТАТ ИССЛЕДОВАНИЯ** |
| **1** | ***Создание и производство элементов электропитания на ядерной энергии (КПД ≥ 25%)*** | | |
| **1.1.** | **НИР 1** | | |
| 1.1.1. | Изучение и выбор сцинтилляторов.  Подбор физико-химических показателей: фотонный выход, конверсионная способность, агрегатное состояние, гигроскопичность, свойства активаторов, длина пробега возбуждающих свечение частиц в матрице, время переизлучения, квенчинг, спектр, пропускная способность (прозрачность в области рабочих частот), устойчивость к деградации под действием радиации, *(поглощение нейтронов деления в спектре от быстрых до тепловых, замедляющая способность)\**. | 3-6 месяцев с начала производства работ | 1. Сцинтилляторы для преобразования энергии альфа - и бета-частиц;   *2(а)\*. Сцинтилляторы для преобразования энергии осколков деления, работающие в поле быстрых нейтронов;*  *2(б)\*. Сцинтилляторы для преобразования энергии осколков деления, работающие в поле медленных нейтронов.* |
| 1.1.2. | Изучение и подбор фотоэлементов-преобразователей с учетом спектральных свойств сцинтилляторов с условием максимальной эффективности, долговечности *(инертности к реакциям компонент с нейтронами деления) \**. Подбор градиентных волноводов и выбор их изготовителя. | 3-6 месяцев с начала производства работ | Сводная таблица применимых фотоэлементов-преобразователей, волноводов и сцинтилляторов для случаев 1, 2а\*, 2б\*. |
| **1.2.** | **ОКР 1** | | |
| 1.2.1. | Расчет и проектирование «ядерной части» элементов электропитания двух типов: *тип 1 из НИР 1* - на основе альфа - и бета-распада на базе выбранного элемента-источника излучения и *тип 2\* из НИР 1* - на основе энергии осколков деления урана с внешним источником нейтронов (облучением пучками из реактора или из постоянного источника). Варианты «а» или «б» типа 2\* принципиального значения не имеют и принимаются по результатам НИР по принципу наименьших общих затрат.  Примечание: Тип источника электропитания 2\* является более мощным, сложным в расчете, изготовлении и эксплуатации и по своей физической природе относится к компактным подкритическим ядерным реакторам. Тип 1, в свою очередь, будет являться действующим прототипом «ядерной батарейки» и значительно проще по своей конструкции и технологии изготовления. | *Тип 1*: 6 месяцев с момента окончания НИР 1.  *Тип 2\**: 6–9 месяцев с момента окончания НИР 1 *(необходимость и* *целесообразность указанных работ, на данном этапе, обсуждается дополнительно)*. | Рабочие проекты (с ИРД) для производства двух (трех \*) типов устройств оптико-электронных преобразователей ядерной энергии в электрическую. |
| 1.2.2. | Расчет и проектирование «накопительной части» элементов электропитания для двух типов «ядерных частей» элементов электропитания и сопряжение с зарядным устройством. | 3 месяца с момента окончания НИР 1. | Электрическая схема зарядки от оптоэлектронного преобразователя («ядерной части») аккумулятора – накопителя, располагаемого в едином корпусе устройства и с одновременной возможностью передачи стабильной электрической мощности потребителю или удаленно со связью по «длинному волноводу».  Рабочие проекты (с ИРД) для производства двух (трех \*) типов устройств электропитания в сборе. |
| 1.2.3. | Изготовление и испытания устройств двух типов. | Тип 1 (батарейка): 3–6 месяцев с момента окончания работ по п.п. 1.2.1. и 1.2.2.  Тип 2\* (п/к микрореактор): 6–9 месяцев с момента окончания работ по п.п. 1.2.1. и 1.2.2. | Изготовление двух (трех \*) типов устройств автономного электропитания большого срока службы с оптико-электронным преобразованием ядерной энергии в электрическую с достаточным КПД. Получение принципиально новой технологии выработки э/э с помощью атомных устройств в широком диапазоне мощностей. |
| **ИТОГО по Разделу 1:** 12 – 21 месяц с момента начала работ (в зависимости от типа устройств) | | | Получение технологии производства «ядерных батареек» – компактных относительно мощных долговечных элементов питания, не требующих подзарядки от сети и иных источников с готовыми прототипами устройств двух (трех \*) типов. |
| **2** | ***Создание и производство элементов электропитания на ядерной энергии с повышенным КПД*** | | |
| 2.1. | **НИиОКР 2** | | |
| 2.1.1. | Постановка задачи проектирования для химиков и специалистов в области кристаллографии с целью изготовления сцинтилляторов *с максимальным фотонным выходом* (конверсионной способностью) по отношению к α – , β – излучению и ОД тяжелых ядер при сохранении высокой прозрачности в области рабочих частот и устойчивости к деградации под действием радиации. Химическими методами (замещением ионов матрицы донорными примесями) добиться максимального роста конверсионной способности на рабочей частоте активатора в диапазоне УФ – ИК. | 1-3 месяца с момента начала работ | Формирование технического задания (ТЗ) создания сцинтилляторов с заданными свойствами. |
| 2.1.2. | Создание модельного ряда сцинтилляторов.  Проектирование нескольких вариантов изделий.  Изготовление экспериментальных образцов.  Экспериментальная проверка характеристик. | 3 месяца – модельный ряд  3-6 месяцев – проект  6-9 месяцев – изготовление  3-6 месяцев – эксперимент  Всего по 2.1.2.:  15-24 месяца с момента принятия ТЗ в работу | Готовая физико-математическая модель сцинтилляторов с заданными свойствами.  Проект отдельных вариантов устройств.  Изготовление прототипов устройств в количестве до трех (на α, β и ОД – излучении) на основе каждого типа модифицированного сцинтиллятора (при условии положительного результата по росту КПД).  Отчет об итоговых испытаниях характеристик образцов. |
| **ИТОГО по пункту 2.1. Раздела 2**: 16-27 месяцев с момента начала работ | | | Технология изготовления автономных фото-, электро-преобразователей ядерной энергии с высоким КПД и высокой удельной мощностью с готовыми прототипами. |
| 2.2. | **НИиОКР 3** | | |
| 2.2.1. | Постановка задачи на изучение возможности модификации сцинтилляторов методом добавления в кристалл или керамику нано-размерных упорядоченных волокнистых (l>>d<<λ) гетеро-структур в качестве доноров зарядов и источников Е – поля (возможность их совмещения с топливными элементами: Sr, Cs, J, Ba, Pu, U и т.д. ). | 3-6 месяцев с момента начала работ | Формирование технического задания (ТЗ) создания модифицированных сцинтилляторов с заданными свойствами. |
| 2.2.2. | Создание физико-математической модели.  Выбор и освоение технологии изготовления нано-волокон и их внедрения в сцинтиллятор.  Изготовление экспериментальных образцов.  Экспериментальная проверка характеристик. | 3-6 месяцев – модель  12 месяцев – технология  6 месяцев – образцы  6 месяцев – эксперимент  Всего по 2.2.2.:  27-30 месяцев с момента принятия ТЗ в работу | Готовая физико-математическая модель сцинтилляторов с заданными свойствами.  Технология изготовления нано-волокон и их внедрения в сцинтиллятор.  Готовые прототипы устройств.  Отчет об итоговых испытаниях характеристик образцов. |
| **ИТОГО по пункту 2.2. Раздела 2**: 30-36 месяцев с момента начала работ | | | Технология изготовления автономных фото-, электро-преобразователей ядерной энергии с высоким КПД и высокой удельной мощностью с готовыми прототипами. |

**ПРИМЕЧАНИЕ:** Второй Раздел НИР и ОКР имеет направление по двум основным веткам исследований: традиционное (химическое) получение сцинтиллятора с задачей по улучшению исключительно конверсионной способности и исследование размещения нано-размерных упорядоченных проводящих структур в полупроводниковых или диэлектрических сцинтилляторах с той же целью. Исследования, указанные в п. 2.1., идут по традиционному и достаточно хорошо изученному пути. Исследования в рамках п. 2.2. проекта носят более рисковый характер.

Вторая часть НИР и ОКР Проекта имеет целью получение КПД преобразования выше 25 – 30%, является абсолютно независимой по временным и затратным рамкам от первой части. Поэтому может стартовать как одновременно с началом всего проекта, так и с момента принятия решения о её целесообразности финансирования.

Таким образом, результатом первой части проекта прогнозируется получение технологии преобразования ядерной энергии в энергию узкого спектра оптического излучения или низковольтный постоянный электрический ток с КПД не хуже 25-30% и создание класса устройств разной мощности и назначения, построенных по одинаковому принципу (прототипов устройств). Результатом второй части проекта прогнозируется значительное повышение КПД выше означенных устройств и расширение их номенклатуры и сфер применения за счет модификации сцинтилляторов. Получение КПД преобразования на уровне 50% и более, несомненно, открывает колоссальные перспективы энергетических технологий с прямым преобразованием, а побочные к основным исследованиям результаты могут стать, в том числе, основой к созданию технологии получения материалов и устройств с уникальными физическими свойствами.