

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Бутакова Д.С. «Автономные источники питания конденсаторного типа с прямым преобразованием энергии распада радиоизотопов в электричество», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9. - Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность

Источники питания, в которых преобразуется энергия, излучаемая атомными изотопами, в электроэнергию, характеризуются исключительно длительным сроком службы (более 10 лет), ограниченным периодом полураспада излучающего изотопа, и удельной плотностью мощности  $\sim \text{мкВт}/\text{см}^3$ . Устройства такого типа не требуют внешней подзарядки и способны устойчиво работать как в режиме постоянного тока, так и импульсно-периодическом режиме. Совокупность таких характеристик обуславливает отсутствие альтернативы миниатюрным автономным бета-вольтаическим источникам питания и перспективность их внедрения в различных областях науки и техники. Несмотря на значительные успехи в разработке радиационных источников питания с прямым преобразованием энергии распада радиоизотопов в электрическую, достигнутые в последние годы, внедрению устройств препятствует недостаточная удельная мощность. В связи с чем задача достижения целевого показателя удельной мощности более  $5 \text{ мкВт}/\text{см}^3$  имеет особую важность. Диссертационная работа Д.С. Бутакова, направленная на решение указанной проблемы, без сомнений, актуальна и отвечает общемировым тенденциям развития в обозначенной области.

В диссертационной работе представлено комплексное исследование, включающее синтез и изучение углеродных материалов, допированных радиоизотопами  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ , оценку возможности применения различных конструкционных материалов в автономном радиоизотопном источнике питания конденсаторного типа, разработку конструкции и технологии изготовления источника питания с радиоизотопами и ионными жидкостями, полный цикл электрохимических испытаний источников питания. Разработаны оригинальные методики определения устойчивости источников питания к воздействию внешних факторов, в числе которых климатические условия, ионизирующее излучение и механические нагрузки. На основе проведенных исследований созданы действующие радиоизотопные источники питания с рекордными характеристиками: удельная мощность при постоянной нагрузке  $6 \text{ мкВт}/\text{см}^3$  и  $690 \text{ мкВт}/\text{см}^3$  в импульсном режиме, впервые получены данные об особенностях работы источников питания в экстремальных условиях, представлен лабораторный образец электронного модуля периодической активации с выходной мощностью 24,2 мВт. Комплексность исследования и воплощение его результатов в виде действующих радиоизотопных источников питания свидетельствуют о высокой достоверности полученных данных и обоснованности научных положений.

Материал диссертационной работы был представлен и обсуждался на ряде российских конференций и семинарах, в полной мере опубликован в журналах, индексируемых международными базами данных и входящих в перечень ВАК РФ и определенных Аттестационным советом УрФУ, защищен 2 патентами на изобретение РФ.

По содержанию автореферата имеются следующие вопросы и замечания:

1. На рисунке 9 представлены результаты исследования влияния температуры на характеристики автономного источника питания, из которых следует, что при достижении температуры свыше  $80^\circ\text{C}$  происходит увеличение выходного напряжения более, чем на 0,2 В и его стабилизация на достигнутом уровне. Чем обусловлен эффект, и

