

# ОТРАБОТКА МЕТОДОВ РАДИАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ «ОРЛАН»

*А. И. Андреев, И. И. Андреев, А. Н. Андреев, П. В. Макеенков, Д. И. Полев*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров

Методы воздушного обследования загрязненных территорий, поиска утерянных и похищенных в террористических целях источников ионизирующего излучения (ИИИ) в сравнении с традиционными «наземными» методами могут быть значительно более оперативными, а в целом ряде случаев – единственно возможными. Но наибольшая эффективность проведения радиационного мониторинга достигается при совместном, скоординированном использовании обоих методов.

Представленные в настоящем докладе эксперименты, проведенные на аэродроме РФЯЦ-ВНИИЭФ в июне 2016 года в рамках учебно-тренировочного сбора «УТС-2016.02», являются начальным этапом разработки метода воздушной оперативной радиационной разведки и его интеграции в объединенную систему аварийного радиационного мониторинга (ОСАРМ). Практическая реализация проекта «ОСАРМ» позволит осуществить качественно новый подход к организации реагирования АТЦ РФЯЦ-ВНИИЭФ на радиационные аварии.

## 1. Аппаратура и оборудование воздушного радиационного мониторинга

### 1.1. Беспилотные летательные аппараты

В качестве носителей целевого оборудования («полезной нагрузки») используются два вида беспилотных летательных аппаратов (БЛА) – самолетного типа «Орлан-10» (рис. 1) и гексакоптера «Орлан-К6» (рис. 2), разработанных в ООО «Специальный тех-

нологический центр» (СТЦ, г. Санкт-Петербург).

Согласно международной системе классификации БЛА «Орлан-10» является многоцелевым, оперативно-тактическим, многоцелевого использования, без аэродромного базирования, большой продолжительности полета с точечной посадкой и малой массой БЛА самолетного типа. БЛА выполнен по схеме моноплана с верхним расположением крыла и оснащен двигателем внутреннего сгорания. Основные характеристики аппарата приведены в табл. 1.

Таблица 1  
Полетные характеристики  
БЛА «Орлан-10» [1].

Взлетная масса, кг	до 18,6
Масса полезной нагрузки, кг	2,5 – 4,5
Способ старта	с катапульты (рис. 1)
Способ посадки	на парашюте (рис. 1)
Скорость полета, км/ч	от 70 до 150
Макс. продолжительность полета, часов	12
Макс. дальность применения комплекса, км	300
Высота полета над уровнем моря, м	от 300* до 5000
Дальность передачи информации на НПДУ, км	более 120

\* – в специальных случаях допускается 100 м

Согласно международной системе классификации «Орлан-К6» является многоцелевым, оперативно-тактическим, многоцелевого использования, без аэродромного базирования,

с точечной посадкой и малой массой беспилотным летательным аппаратом. БЛА представляет собой мультироторный вертолет с шестью силовыми установками, расположенными на пилонах («гексакоптер»), в состав которых входит бесколлекторный электрический двигатель с контроллером и складным двухлопастным воздушным винтом. Основные характеристики аппарата приведены в табл. 2.



Рис. 1. БЛА «Орлан-10» на старте и при посадке

## 1.2. Блоки детектирования

Для ведения воздушной радиационной разведки предусматривается возможность использования нескольких типов блоков детектирования (БД) на каждом из БЛА. Выбор конкретного типа детектора осуществляется исходя из радиационной обстановки в районе мониторинга. В рамках «УТС-2016.02» эксперименты проводились с детекторами БДКГ-03 и БДКГ-04 НПУП «Атомтех» Республики Беларусь [2].

Для выполнения задач воздушной радиационной разведки специалистами СТЦ было разработано специализированное программное обеспечение (СПО) радиационного мониторинга, адаптированное к БД.

На рис. 1.3 показано размещение БД из комплектов целевого оборудования («полезной нагрузки») в БЛА «Орлан-10» и «Орлан-К6».

Таблица 2

Полетные характеристики «Орлан-К6» [1]

Максимальная взлетная масса, кг,	не более 4
Максимальная масса полезной нагрузки, кг	0,5
Диапазон высот полета, м	20–1000
Диапазон скоростей полета, км/ч	0–35
Крейсерская скорость полета, км/ч	25±5
Продолжительность полета, мин.,	не менее 45
Радиус действия комплекса, км	до 30
Минимальный размер посадочной площадки, м	10×10
Способ взлета и посадки	Вертикальный, в автоматическом режиме (рис. 2)



Рис. 2. Старт и посадка БЛА «Орлан-К6»



Рис. 3. Детекторы БДКГ-03 (слева) и БДКГ-04

Принцип действия детектора БДКГ-04 основан на использовании высокочувствительного метода сцинтилляционной дозиметрии с применением пластмассового сцинтиллятора размером 30×15мм. Прибор позволяет проводить измерения гамма-излучения в широких диапазонах:

- МД – (0,05 мкЗв/час – 10 Зв/час);
  - энергии квантов – (0,015 – 3,0) МэВ.
- Масса БДКГ-04 составляет 450г.

## 2. Постановка экспериментов

Все мероприятия УТС были проведены на территории аэродрома РФЯЦ-ВНИИЭФ. В экспериментах использовались точечные образцовые радионуклидные источники, характеристики которых приведены в табл. 3.

Таблица 3

Перечень ИИИ, использованных в экспериментах УТС

№	ИИИ	Активность ИИИ, Бк (ГБК)
1	$^{241}\text{Am}$	$1,3 \cdot 10^{10}$ (13)
2	$^{241}\text{Am}$	$6,8 \cdot 10^{10}$ (68)
3	$^{137}\text{Cs}$	$3,4 \cdot 10^7$ (0,034)
4	$^{137}\text{Cs}$	$6,4 \cdot 10^9$ (6,4)
5	$^{60}\text{Co}$	$2,0 \cdot 10^8$ (0,2)
6	$^{60}\text{Co}$	$1,9 \cdot 10^9$ (1,9)

ИИИ экспонировались на взлетно-посадочной полосе (ВПП) аэродрома в со-

ответствии со схемой, приведенной на рис. 4, на расстоянии 200 м друг от друга в штативах на высоте ~ 0,5 м от земли. Для части экспериментов с БЛА «Орлан-К6» была использована аэродромная площадка «Перрон», на которой располагались ИИИ, разнесенные в последовательности:  $^{241}\text{Am}$  № 1 –  $^{137}\text{Cs}$  № 3 –  $^{241}\text{Am}$  № 2.



Рис. 4. Схема расположения ИИИ на ВПП аэродрома (номера ИИИ из табл. 3)

Наземный пункт дистанционного управления (НПДУ) с автоматизированными рабочими местами операторов управления полетом и целевого оборудования был оборудован в пластиковом помещении на перроне аэродрома (рис. 5).

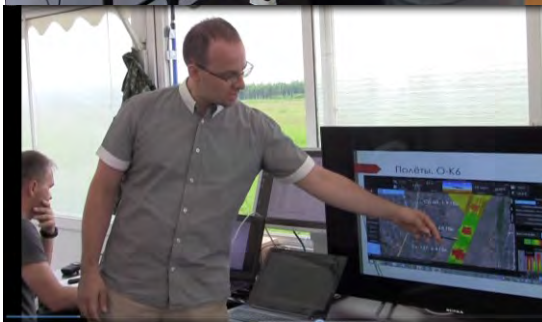
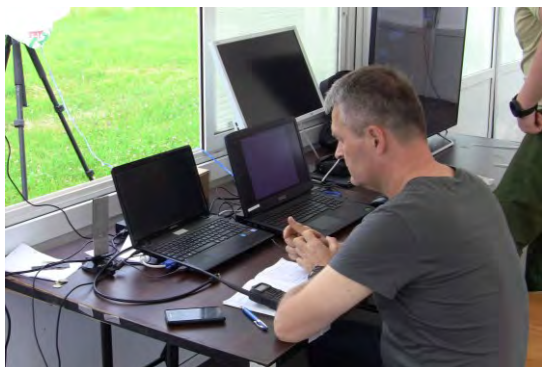


Рис. 5. НДПУ полетами БЛА «Орлан-10» и «Орлан-К6»

### 3. Представление оперативной информации

Под «оперативной» в данном случае подразумевается информация, поступающая с борта БЛА на НДПУ в режиме реального времени.

#### 3.1. Отображение телеметрических данных полета

Оперативная телеметрическая информация с борта БЛА поступает на НДПУ в режиме реального времени. На рабочем окне монитора оператора отображаются:

- тип и бортовой номер БЛА;
- траектории полета на электронной подложке – спутниковом снимке участка территории;
- текущие координаты БЛА;
- метеоусловия в зоне полета;
- воздушная и путевая скорости полета БЛА;
- данные об уровне радиосигнала;
- состояние рабочих систем БЛА – обороты двигателя, запас топлива, бортовое напряжение и др.

На правой части рабочего окна приведены текущие данные о радиационных параметрах – тип детектора, цветовая шкала и гистограмма уровней зарегистрированного излучения.

На рис. 6 показано рабочее окно программы на начальном этапе полетов над ИИИ, установленными на осевой линии ВПП аэродрома.



Рис. 6. Рабочее окно программы на этапе начала полетов

На рис. 7 отображена информация, полученная на завершающей стадии полета БЛА «Орлан-10».



Рис. 7. Рабочее окно программы на этапе начала посадки

#### 3.2. Отображение оперативной радиометрической информации

Как уже отмечалось выше, текущая информация о радиационных параметрах на всём протяжении полета отображается в форме гистограмм на мониторах оператора управления полетом и оператора целевого оборудования. СПО может представлять радиометрические данные в оперативном режиме в виде точек на траектории полета, в которых производились измерения, а также в виде картограмм. При этом точки и

картограммы имеют окраску, соответствующую выбранной цветовой шкале, исходя из уровней гамма-излучения.

На рис. 8–10 в качестве примера приведены варианты представления оперативной радиационной обстановки в районе ВПП аэродрома, обусловленной наличием экспонируемых на ней ИИИ. На первом из них отображены данные, полученные с БЛА «Орлан-10», а на остальных – с БЛА «Орлан-К6». При этом на рис. 10 приведены данные, полученные в районе ИИИ  $^{241}\text{Am}$  № 2, показанные в виде цветных точек на маршруте полета.

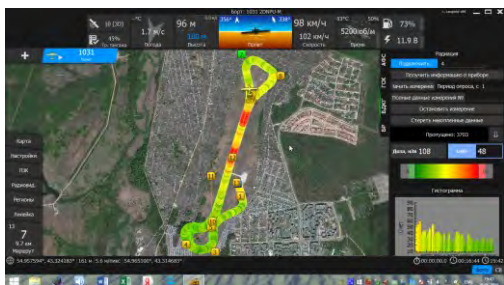


Рис. 8. Отображение радиометрической информации, зарегистрированной с борта БЛА «Орлан-10»



Рис. 9. Отображение радиометрической информации, зарегистрированной с борта БЛА «Орлан-К6»



Рис. 10. Отображение радиометрической информации в виде окрашенных точек на маршруте полета БЛА «Орлан-К6»

## 4. Представление результатов идентификации ИИИ

В данном разделе приведены результаты экспериментов, выполненных в режиме «Идентификация ИИИ» и представленных в виде энергетических спектров гамма-излучения.

### 4.1. Данные, полученные с БЛА «Орлан-10»

Ниже представлены суммарные спектры, полученные в окрестности каждого ИИИ во время 20-ти пролетов над этой областью. Поскольку время измерения было равно 2с, а скорость самолета  $\sim 30$  м/с, окрестность источника задавалась кругом радиусом 60м, в центре которого находится источник. Высота пролетов находилась в пределах в пределах 80–120 м. Маршруты полетов над ИИИ показаны на рис. 8.

На рис. 11 показан суммарный спектр источник  $^{241}\text{Am}$ , из которого видно, что ИИИ хорошо идентифицируется БД с «толстым» кристаллом по пику полного поглощения (ППП) в районе 60 кэВ.



Рис. 11. Спектр  $^{241}\text{Am}$  активностью  $1,3 \cdot 10^{10}$  Бк (13ГБк)

На рис. 12 показан суммарный спектр источника  $^{137}\text{Cs}$  с ППП в районе 660кэВ.

На рис. 13 приведен суммарный спектр ИИИ  $^{60}\text{Co}$  за вычетом фона. Источник идентифицируется по пикам в области 1,17 и 1,33 МэВ, присущим данному радионуклиду.

ду. В данном случае обрабатывался метод поиска заранее известного ИИИ, для идентификации которого потребовалось вычистить опорный фон на данном участке маршрута поиска и проанализировать ППП в энергетическом диапазоне  $^{60}\text{Co}$  (1000 – 1500 кэВ).

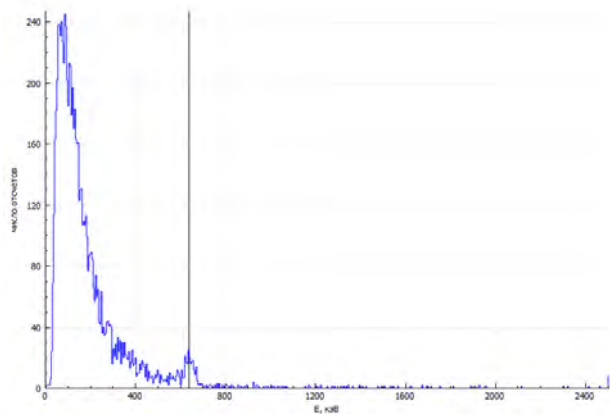


Рис. 12. Спектр  $^{137}\text{Cs}$  активностью  $6,4 \cdot 10^9$  Бк (6,4ГБк)

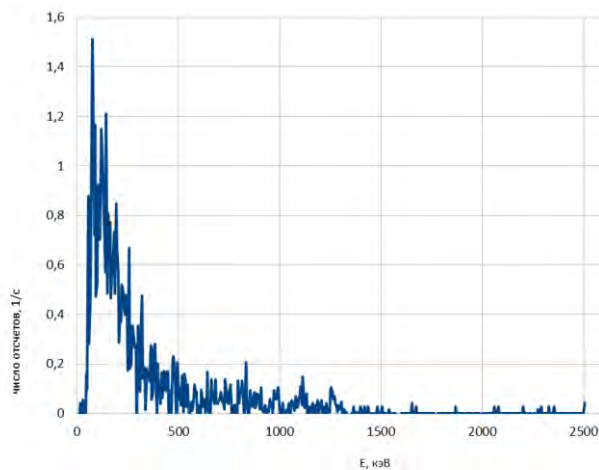


Рис. 13. Спектр  $^{60}\text{Co}$  активностью  $1,9 \cdot 10^9$  Бк (1,9 ГБк)

#### 4.2. Данные, полученные с БЛА «Орлан-К6»

Результаты идентификации ИИИ  $^{241}\text{Am}$  активностью  $1,3 \cdot 10^{10}$  Бк (13ГБк) по ППП в районе 60 кэВ приведены на рис. 14 и 15. На первом из них показан суммарный спектр, полученный за 10 пролетов детектором с «тонким» сцинтиллятором на высотах ~ 60 м при времени измерения  $\tau = 1$  с и скорости полета 10 км/час, а на втором –

спектр, полученный при  $\tau = 1$  с за 1 пролет БЛА.

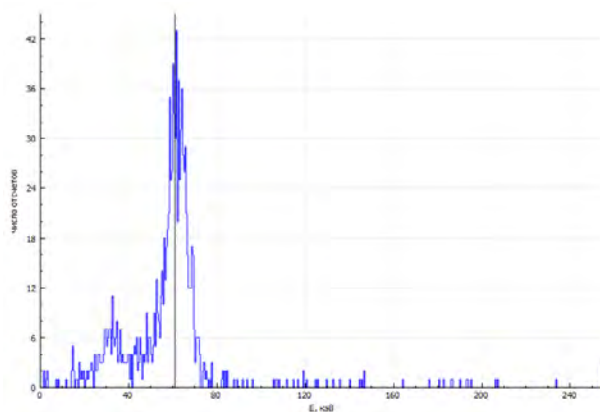


Рис. 14. Суммарный спектр  $^{241}\text{Am}$  активностью  $1,3 \cdot 10^{10}$  Бк (13ГБк)

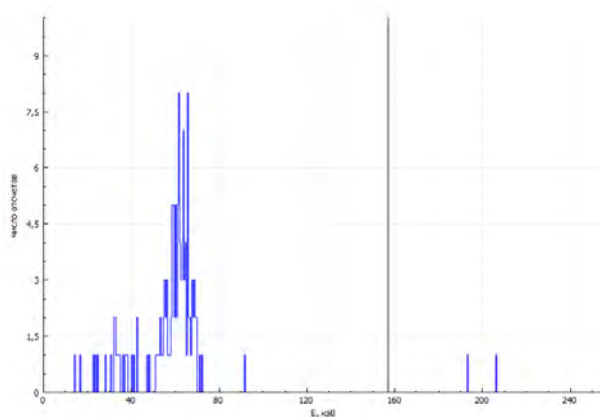


Рис. 15. Единичный спектр  $^{241}\text{Am}$  активностью  $1,3 \cdot 10^{10}$  Бк (13ГБк)

#### Заключение

1. Обработка методов радиационной разведки с использованием беспилотных летательных аппаратов «Орлан» в рамках учебно-тренировочного сбора «УТС-2016.02» выполнена в полном объеме, обеспечена работа 2-х типов БЛА «Орлан» производства ООО «СТЦ» с детекторами разных производителей.

2. Успешно испытано новое СПО воздушного радиационного мониторинга, определены направления его совершенствования.

---

3. В ходе полевых испытаний на аэродроме РФЯЦ-ВНИИЭФ получены экспериментальные данные для дальнейшего развития проекта:

– пересчёта дозы в воздухе на уровень радиации (доза на 1 м от поверхности земли);

– поиска конкретных изотопов, о наличии которых известно на момент старта БЛА и сбора спектров из определённой области пространства для идентификации ИИИ;

– автоматического поиска и представления радиационных аномалий – точечных и протяженных ИИИ, с использованием программных продуктов 3D-моделей и др.;

– разработки концепции создания и применения ОСАРМ на базе испытанной в

рамках «УТС-2016.02» программно-аппаратной платформы сбора и передачи радиометрической информации в реальном времени.

### Список литературы

1. «Орлан-10», «Орлан-К6» – сайт ООО «СТЦ»: <http://www.stc-spb.ru>

2. «Дозиметр-радиометр МКС-АТ1117М» – сайт Научно-производственного унитарного предприятия «Атомтех», Республика Беларусь: <http://www.atomtex.com/dtalers.ru>