

Мобильное техническое
средство дополнительного
досмотра «ДНТ»
на основе метода меченых
нейтронов

М.Г.Сапожников

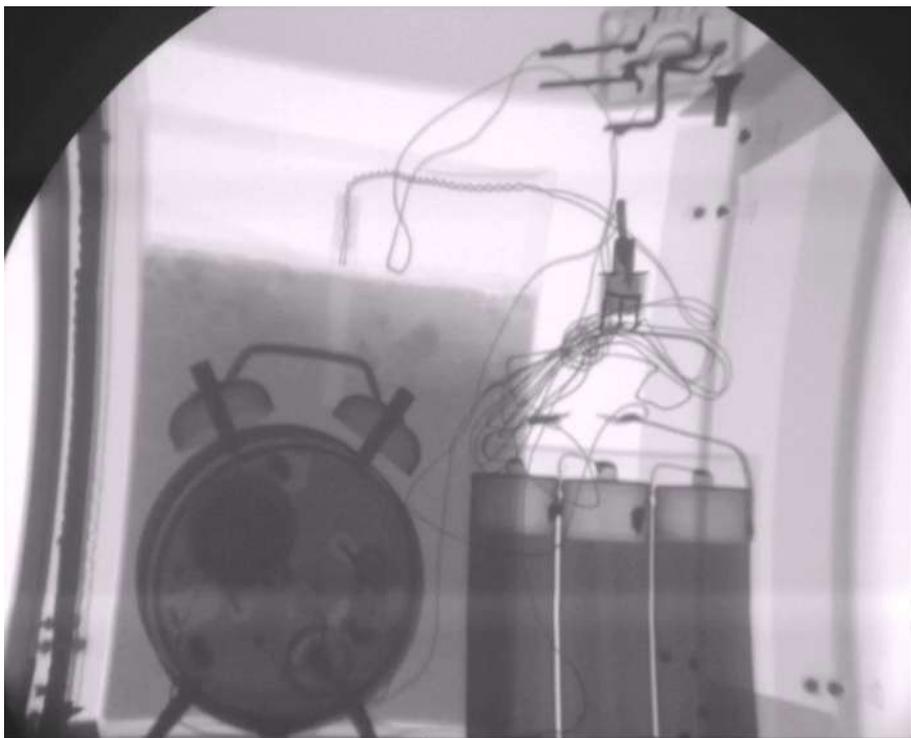
ООО «Диамант», Дубна



ДИАМАНТ

Зачем нужны меченые нейтроны?

Рентген не отличает опасные вещества от обычных



Рентгеновские сканеры хорошо регистрируют:

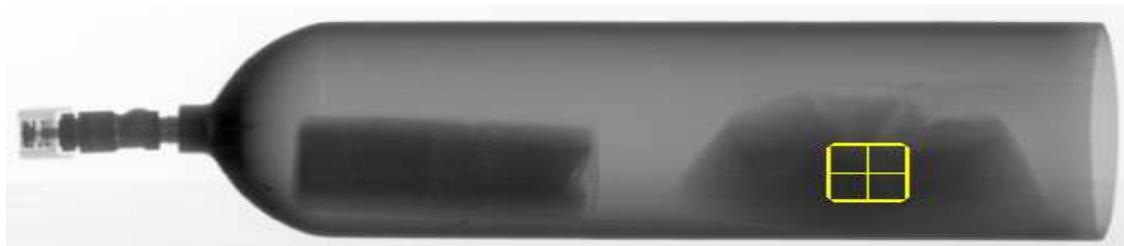
- контраст плотности
- различия в Z – заряде вещества

Рентген не чувствует элементного состава вещества.

Именно поэтому нельзя проносить в самолет жидкости.

Облучение быстрыми нейтронами дает возможность определения элементного состава объекта досмотра

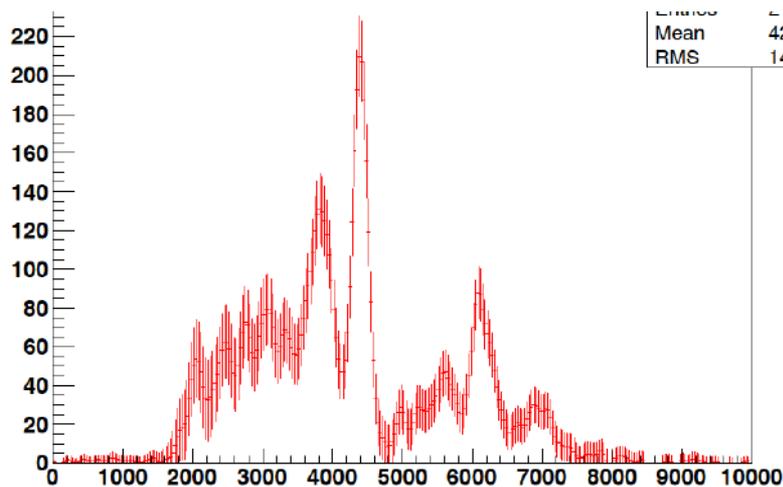
Сахар и гексоген в газовом баллоне



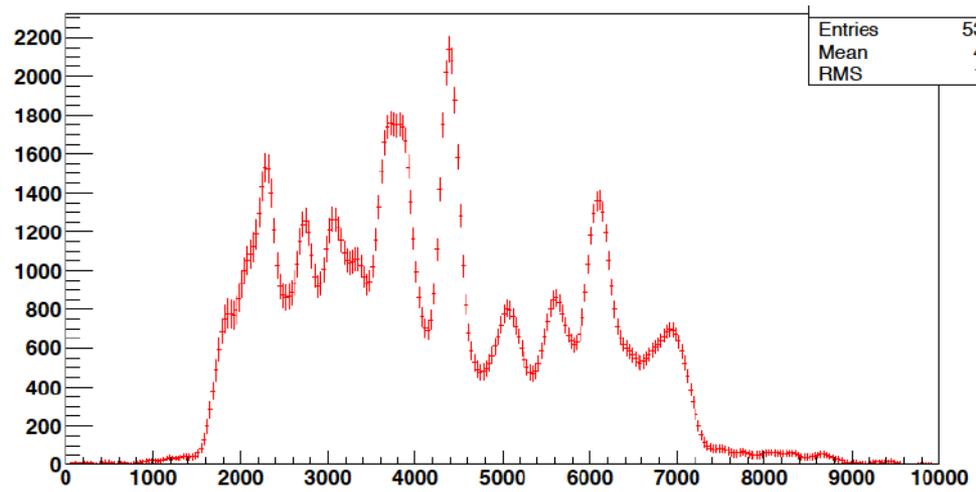
Сахар

Гексоген

Результат облучения быстрыми нейтронами



Сахар



Гексоген

Основные достоинства

- Идентификация по элементному составу вещества.
- Определяет 3D положение опасного объекта.
- Обнаружение происходит без участия оператора.

Линейка детекторов на методе меченых нейтронов

- Переносной детектор.
- Стационарный детектор.
- Детектор для досмотра заминированных автомобилей.
- Портал для досмотра крупногабаритных грузов.
- Система для досмотра объектов под водой.
- Детектор жидких взрывчатых веществ для аэропортов.
- Рентгено-нейтронный портал для досмотра грузов 150x150x3000 см.

Мобильная установка ДНТ



- ❖ Метод меченых нейтронов позволяет определять концентрации 25 различных химических элементов.
- ❖ Проверен на обнаружении 33 взрывчатых веществ, скрытых в различных объектах досмотра.

Кабина нейтронного модуля



- Габариты кабины НМ
765×1120×1221 мм
- Вес – 1300 кг
- Нейтронный генератор
- 24 гамма-детектора

Кабина нейтронного модуля



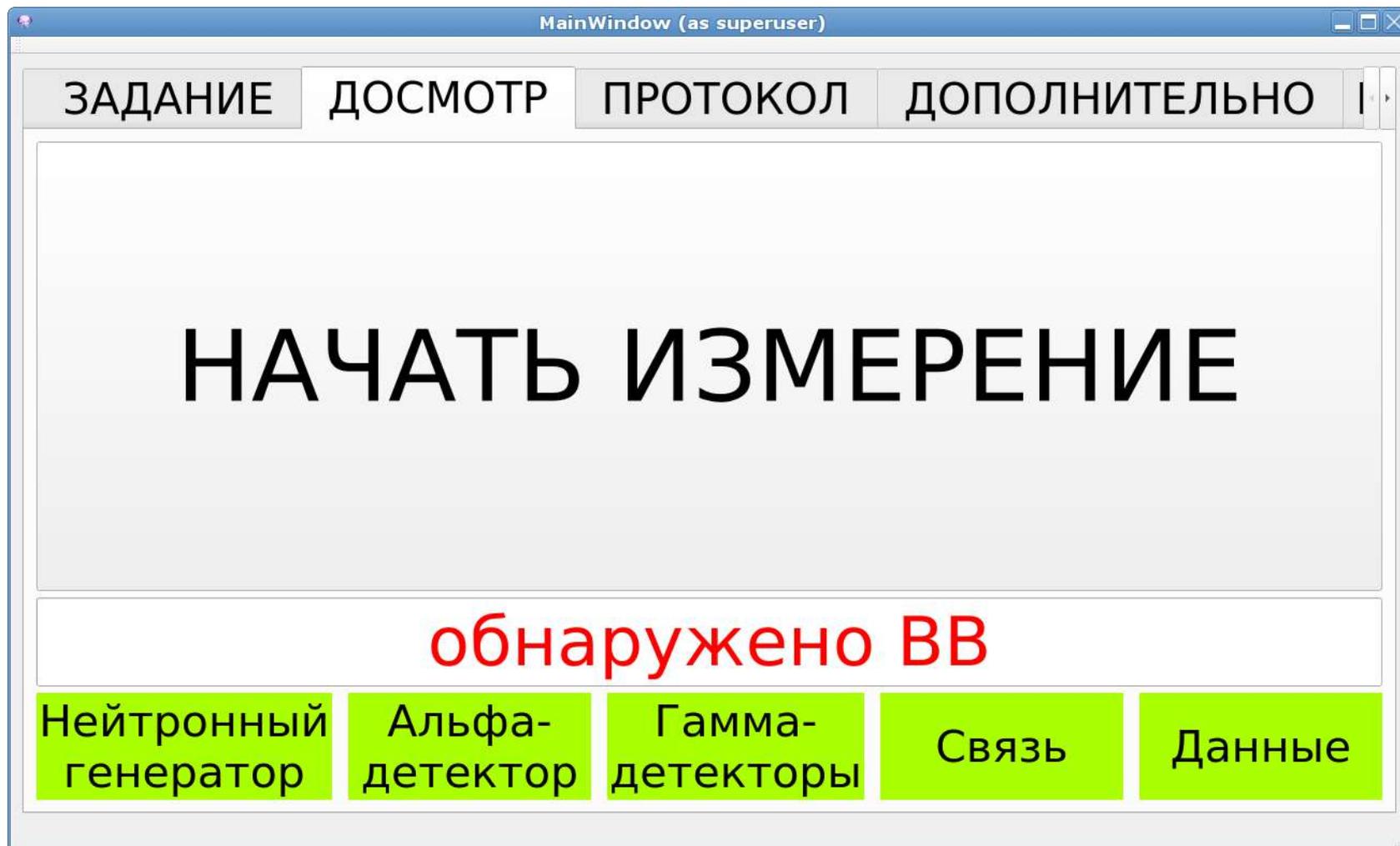
- **Система позиционирования**
 - Выравнивание в горизонтальной плоскости.
 - Наезд на стенку вагона.
- **Система климатики**
 - Обеспечение работы в диапазоне температур
 - $T = -42 + 52$ °С.
 - Полевые условия.

Вилочный погрузчик

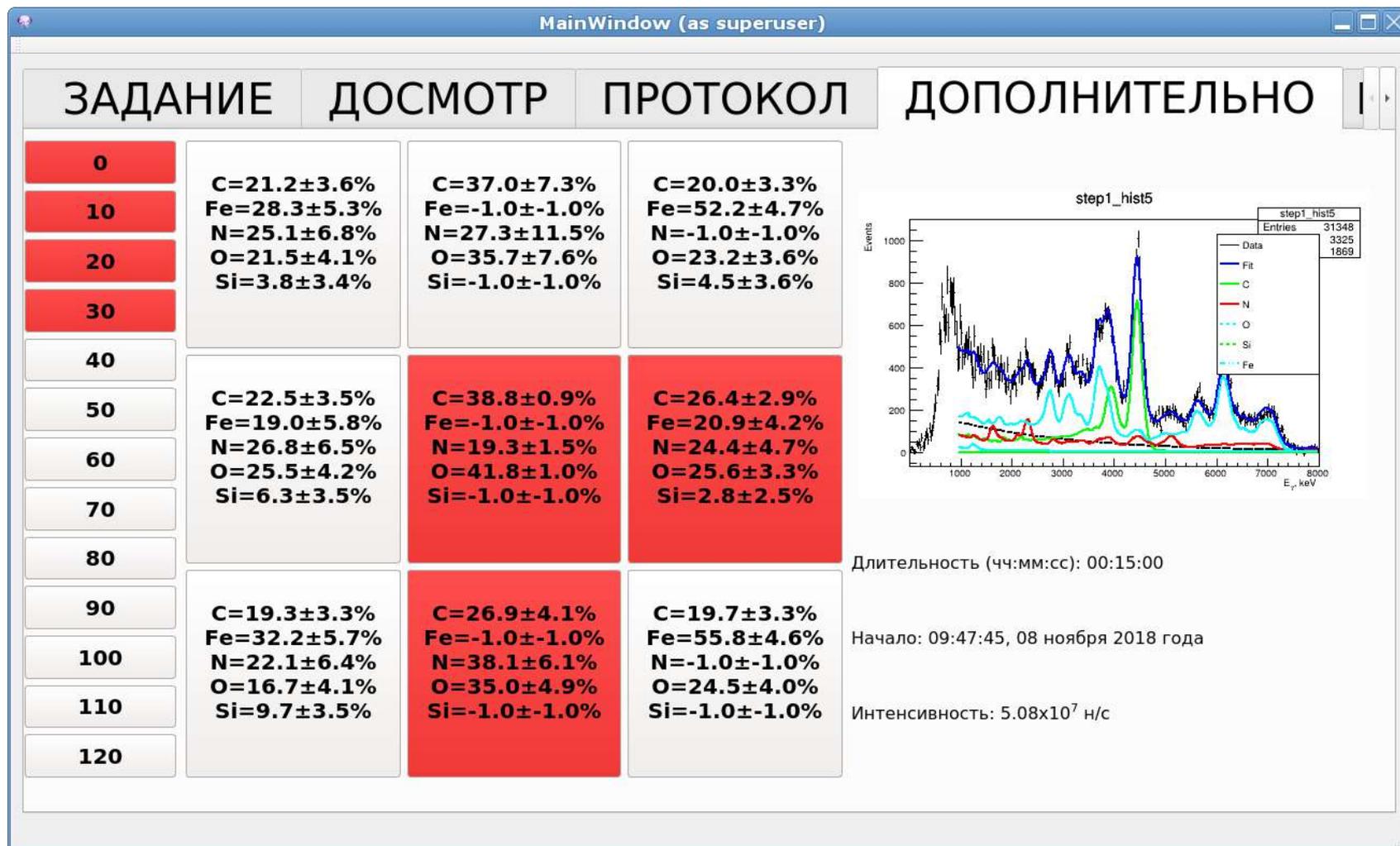


- Диапазон зоны досмотра по высоте: 457 – 5957 мм
- Скорость передвижения – 15 км/ч
- Преодолеваемый уклон – 15 град
- Мощность дизельного двигателя – 48 кВт

Интерфейс оператора



Интерфейс оператора-2

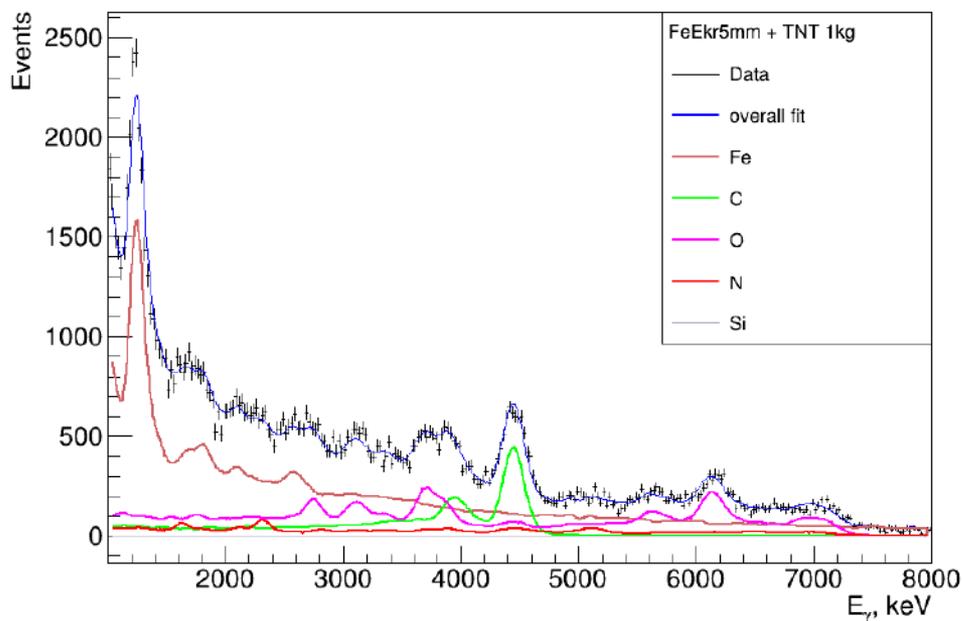


Испытания на реальных ВВ



- Все испытания проходили на открытом воздухе, при $T = -5 - +5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Спектр гамма-квантов от облучения образца TNT массой 1 кг, установленного за железным экраном.



	Измеренное значение	Восстановл. значение без учета Fe и Si	Ожидаемое значение
C, %	19.1 ± 0.6	38.0 ± 1.2	37.8
N, %	10.3 ± 1.2	20.5 ± 2.4	18.9
O, %	20.9 ± 0.7	41.55 ± 1.4	43.2
Fe, %	49.7 ± 1.0	нет	нет
Si, %	не найден	нет	нет

Итоги испытаний

- 16 испытаний с 10 ВВ в разных условиях.
- Автоматическое обнаружение:
гексоген, ТНТ, ПВВ-7, ТГ-50, ОКФАЛ-20, ПВВ-85, Тетрил,
Аммонит, ТА-23, ТОКАФ, аммонал.
- Все успешны

Сертификация

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА БЕЗОПАСНОСТИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ОБЯЗАТЕЛЬНАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ
технических средств обеспечения транспортной безопасности
требованиям к их функциональным свойствам

Дата выдачи: 15.08.2019

Срок действия: с 15.08.2019 по 14.08.2022
(для серийно выпускаемых технических средств обеспечения транспортной безопасности)

Настоящий сертификат соответствия удостоверяет, что
Мобильное техническое средство дополнительного досмотра ДНТ ПНТВ.415311.003
(наименование технического средства обеспечения транспортной безопасности, номер партии (количество), типичный номер)

соответствует подпунктам: а, в, д, е пункта 20 Раздела IV
(номера подпунктов, пунктов)

требований к функциональным свойствам технических средств обеспечения
транспортной безопасности, утвержденных постановлением Правительства
Российской Федерации от 26 сентября 2016 г. № 969.

Сертификат соответствия выдан: ФГУП «НТЦ «Орион»
(наименование органа по сертификации)

Заявитель: ООО «Диамант», 141980, Российская Федерация, Московская область, город Дубна,
улица Академика Балдина, дом 4, корпус 215, комната 332
(наименование, адрес местонахождения организации-заявителя)

Производитель: ООО «Диамант»
(наименование организации-производителя)

Директор ФГУП «НТЦ «Орион» - руководитель органа по сертификации
(должность руководителя (уполномоченного лица) органа по сертификации)

М.П.   А.В. Мерзин
(подпись, фамилия)

Настоящий сертификат соответствия зарегистрирован в реестре
выданных сертификатов соответствия технических средств обеспечения
транспортной безопасности требованиям к их функциональным свойствам

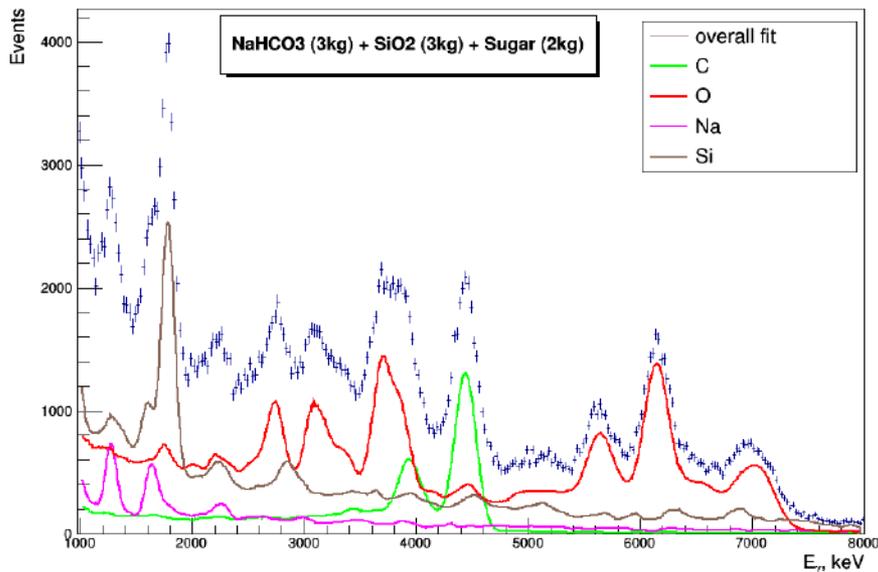
15.08.2019 регистрационный номер 00076
(дата)

000528
(учетный номер бланка)

- Сертифицировано на соответствие требованиям к функциональным свойствам технических средств обеспечения транспортной безопасности, утвержденных постановлением Правительства РФ №969.
- Сертификат №00076.

ООО "Диамант"

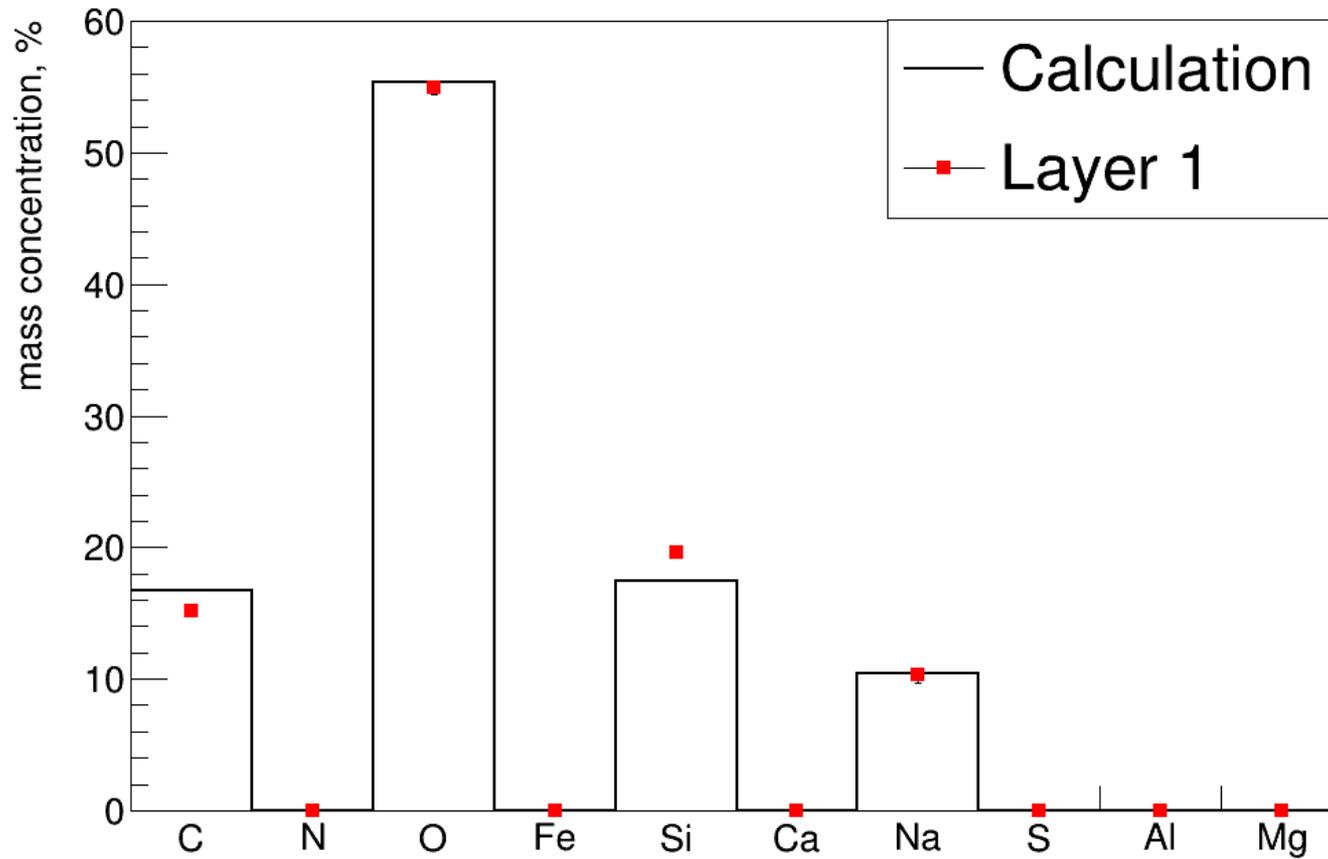
Испытания ДНТ как идентификатора элементного состава



	Элементный состав	Измерение apr22-13.20
Nevents	-	394000
C, %	16.7	15.16 ± 0.24
N, %	-	-
O, %	55.4	54.98 ± 0.51
Fe, %	-	-
Si, %	17.5	19.58 ± 0.35
Ca, %	-	-
Na, %	10.4	10.27 ± 0.59
S, %	-	-
Mg, %	-	-
Al, %	-	-

Спектр гамма-квантов от облучения смеси пищевой соды, кварцевого песка и сахара в соотношении 3:3:2.

Испытания ДНТ на смеси простых веществ



Измерение модели марсианского грунта



- Модель марсианского грунта (ММГ) имеет сложную многослойную структуру
- Создана ОИЯИ и ИКИ РАН
- Основная часть силикатное стекло, перемежающееся листами стали 1мм, алюминия и ПВХ
- Блочный алгоритм укладки. Толщина блока 118.8 мм
- Размеры: 3.21 x 3.82 x 0.6 м

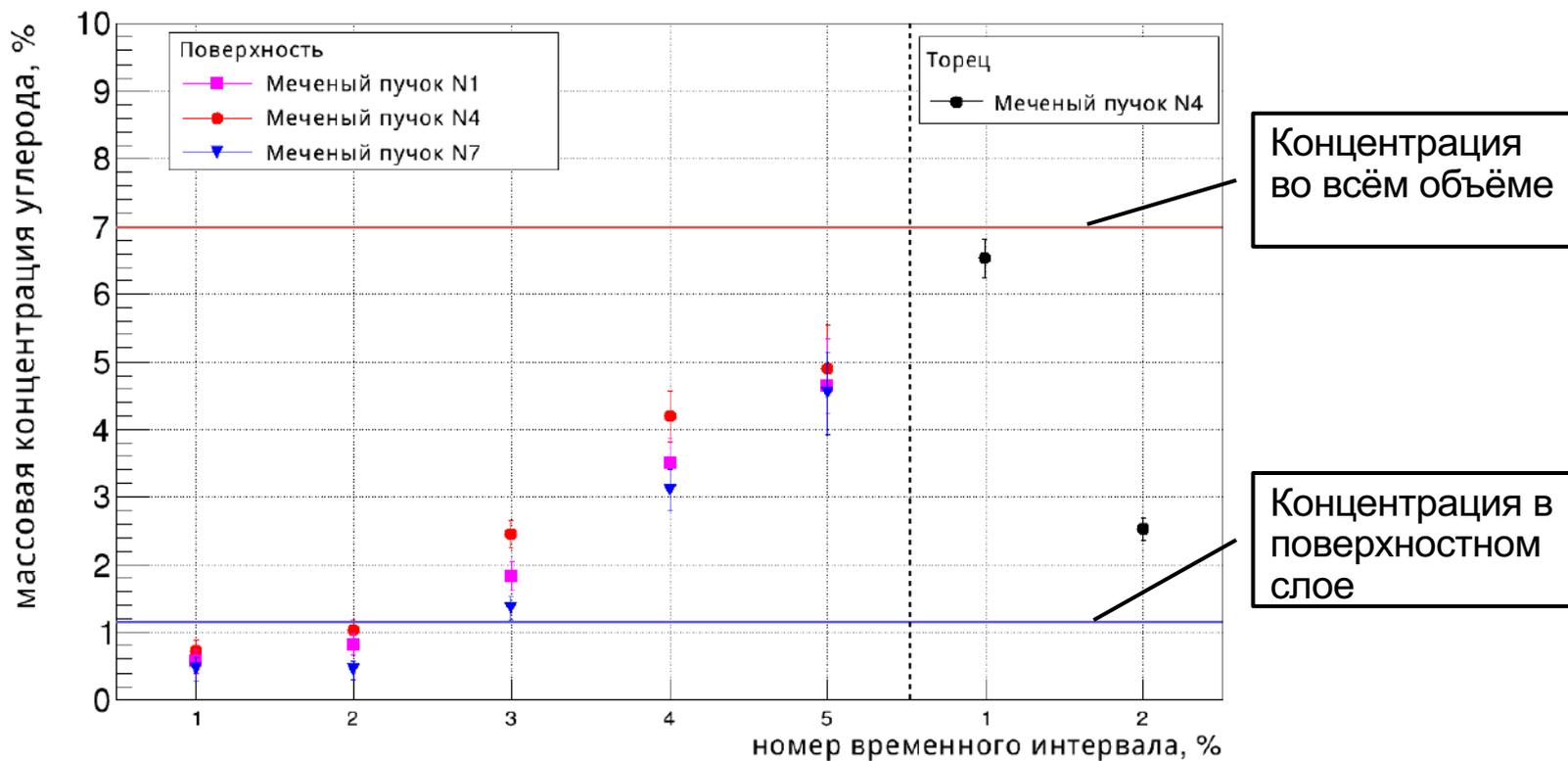
Пространственный анализ ММГ



Слой 1-17
Концентрация С
1.14 %

Вся сборка
Слои 1-53
Концентрация С
6.98 %

Концентрация углерода по глубине



- В ММГ на глубине ≈ 120 мм слой полиэтилена толщиной 50 мм
- Концентрация углерода должна расти с глубиной



The EURITRACK portal

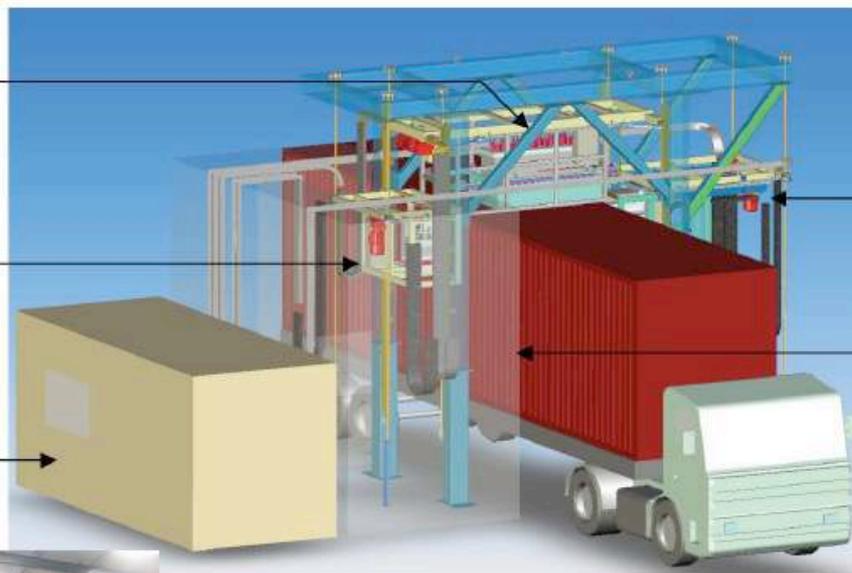
Top gamma-ray detectors

Reflection array (neutron generator and gamma-ray detectors)

Electronic room

Transmission array (gamma-ray and neutron detectors)

Concrete shield (translucid plot)



The portal includes the system for the guided parking of the truck in the selected inspection position.

Портал Euritrack использовался в порту Риека (Хорватия) для проверки соответствия грузов таможенной декларации

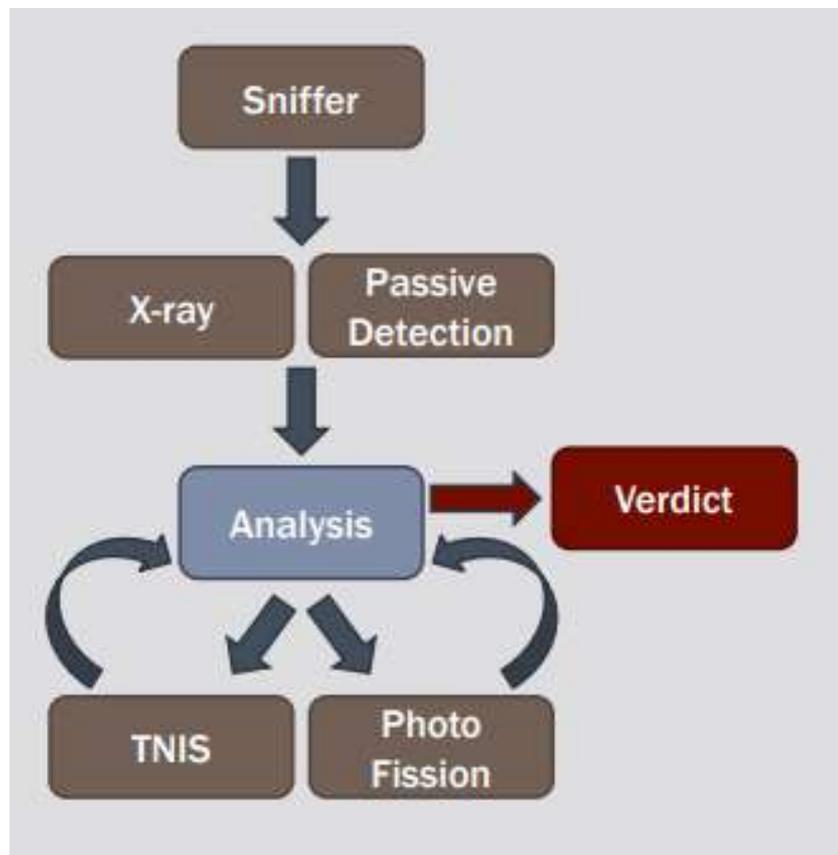
Проект C-BORD

Effective Container Inspection at BORDer Control Points



- Финансировался ЕС в рамках программы Horizon-2020 – 11,8 mEu
- 18 партнеров и 9 стран

Используемые технологии



1. Пассивные радиационные мониторы.
2. Рентгеновская система досмотра.
3. Газоанализаторы
4. Система досмотра на основе метода меченых нейтронов.
5. Фотоядерные реакции.

Система обнаружения на меченых нейтронах

Tagged Neutron Inspection System



- Position sensitive detection of explosives, illicit drugs and chemical agents
- Identification of elemental chemical composition
- Crucial progress of Tagged Neutron Inspection in terms of size, complexity and costs
- Development of relocatable system for test and validation in a real port environment

- Модуль меченых нейтронов используется для обнаружения взрывчатых веществ, наркотиков и вредных ядовитых веществ.

RRTNIS: neutron module's parameters



Масса: 5 тонн.

Размеры модуля: 270x250x220 см

Фиксирован на подъемной платформе, изменяется только высота.

Система второй линии, целеуказание выдается рентгеновским сканером.

Время досмотра: 20 мин

Обнаруживаемые ХЭ:

Nal: C, N, O, Si, Cl, Ca, Al, Fe, Cu, Zn, Pb

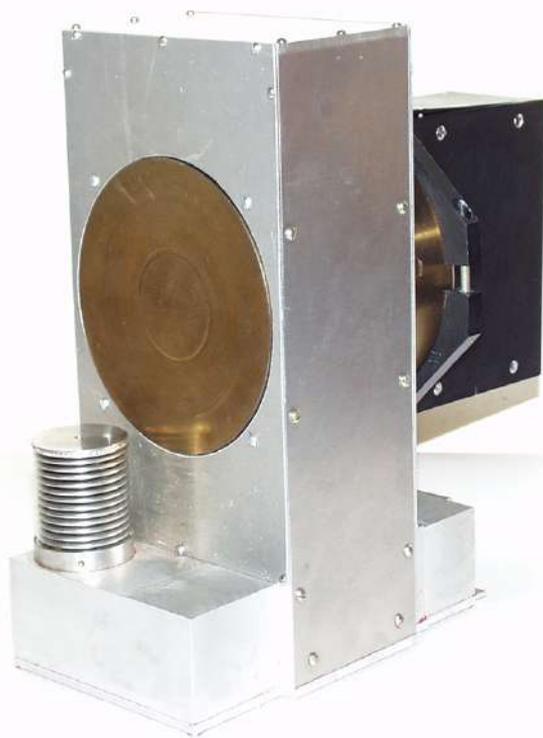
LaBr₃: As, Br, I

	Euritrack	C-BORD	ДНТ
Интенсивность нейтронного генератора, с ⁻¹	10 ⁷	5x10 ⁷	8x10 ⁷
Время жизни, час	2000	2000	1500
Производитель НГ	Sodern (France)	Sodern (France)	ВНИИА, Москва
Число γ-детекторов	22	24	24
Время анализа, мин	20	20	15
Вес нейтронного модуля, кг	-	5000	1300
Тип размещения	Портал	Стационарный	Мобильный
Минимально детектируемая масса, кг	70-100	20 (few kg C4)	5 (за 40 мм стали)

Выводы:

- ❖ Создано, испытано и сертифицировано мобильное техническое средство дополнительного досмотра «ДНТ» на основе технологии меченых нейтронов.
- ❖ Позволяет осуществлять досмотр крупногабаритных транспортных средств: морских контейнеров, транспортных фур, грузовых вагонов.
- ❖ Определяет элементный состав объекта досмотра.

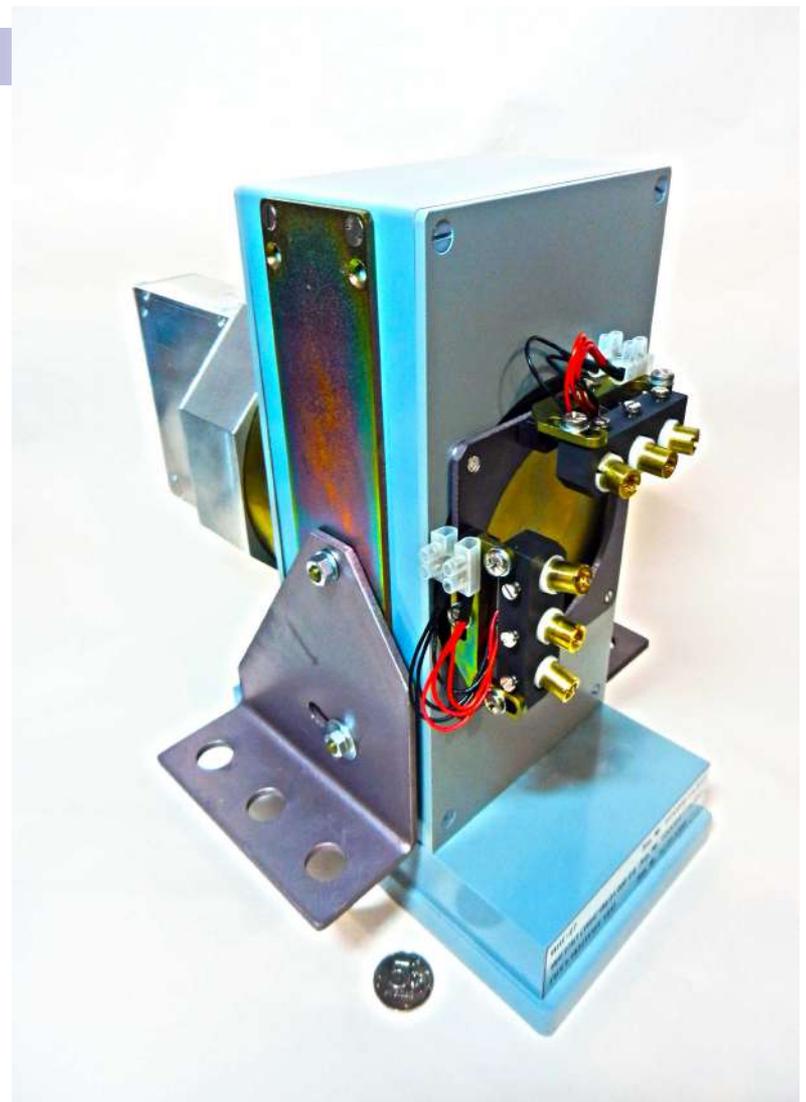
Ключевой элемент – источник нейтронов



- Нейтронный генератор ИНГ-27 производства ФГУП ВНИИА им. Н.Л.Духова
- Уникальная разработка
- $I = 8 \cdot 10^7 \text{ с}^{-1}$
- Масса – 8 кг
- Высота – 300 мм
- Альфа-детектор на 9 каналов
- Ресурс НГ – 1500 часов



- Нейтронный генератор ЛНФ ОИЯИ (Дубна), 6 этажей

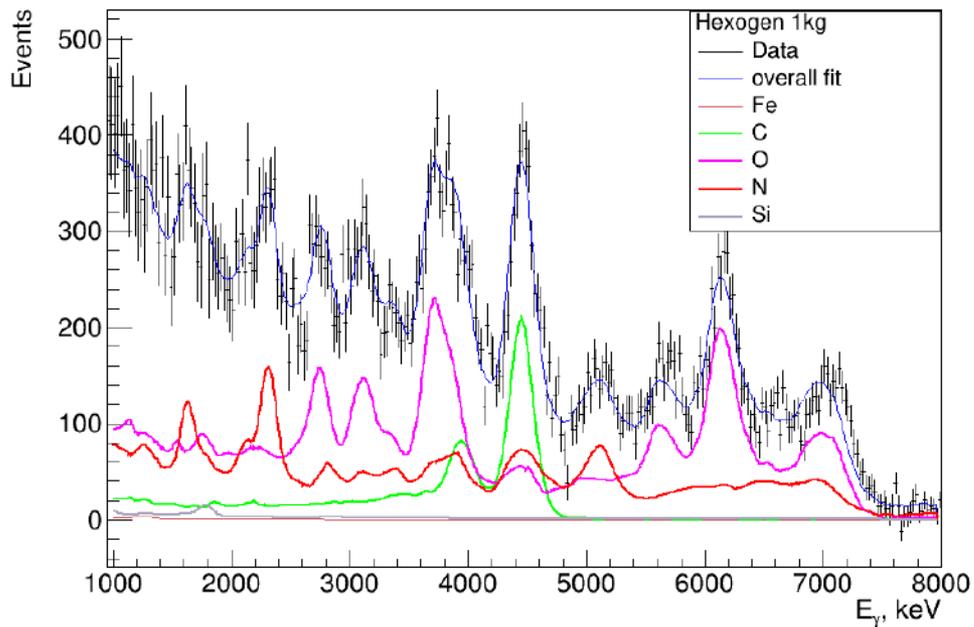


Нейтронный генератор
ВНИИА им.Н.Л.Духова, 300
мм



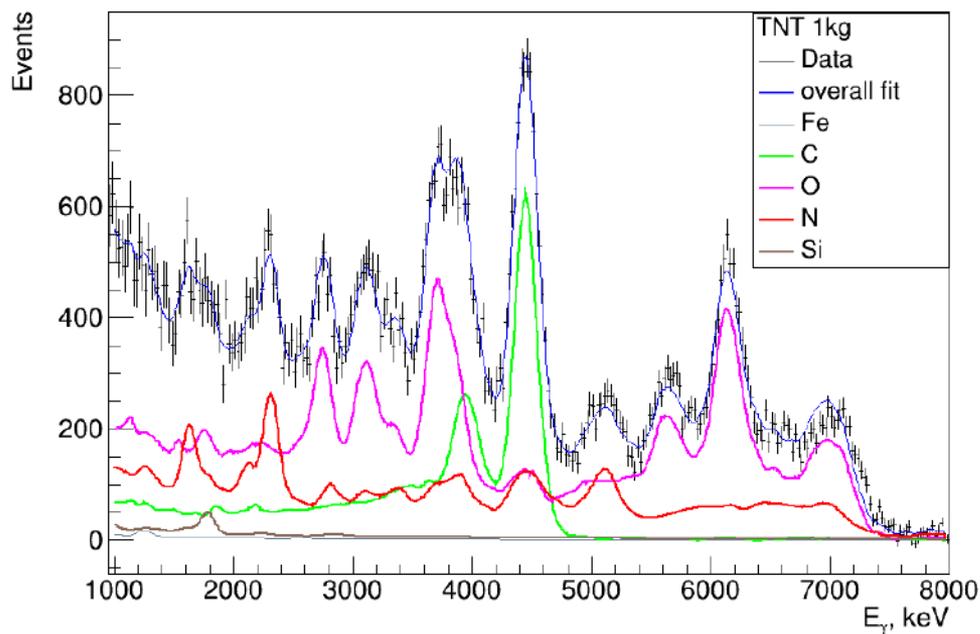
Нейтронный генератор разработки ВНИИА в составе аппаратуры для поиска воды в недрах планеты Марс отправлен 26 ноября 2011 г. в составе марсохода NASA Mars Science Laboratory.

Спектр гамма-квантов от облучения образца гексогена массой 1 кг



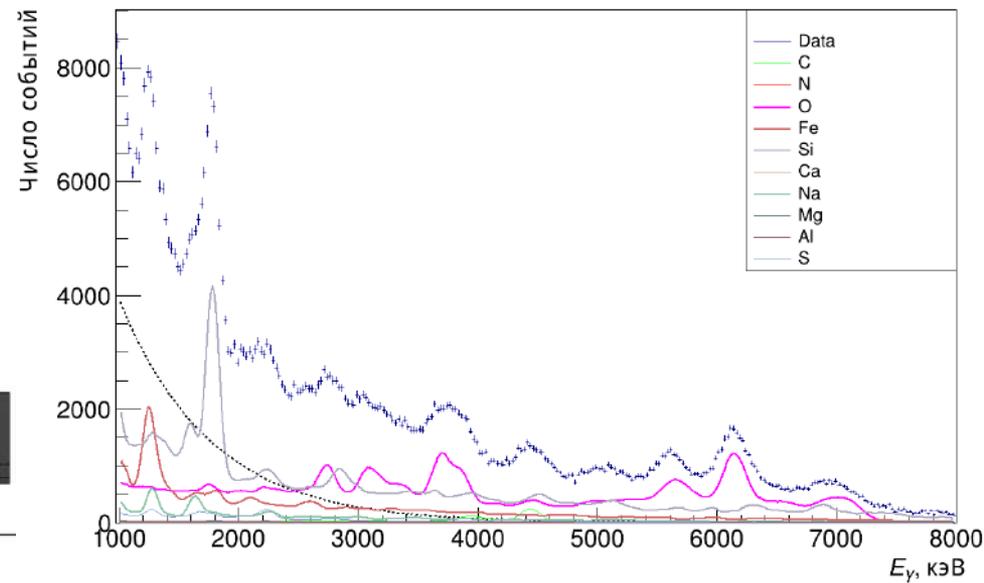
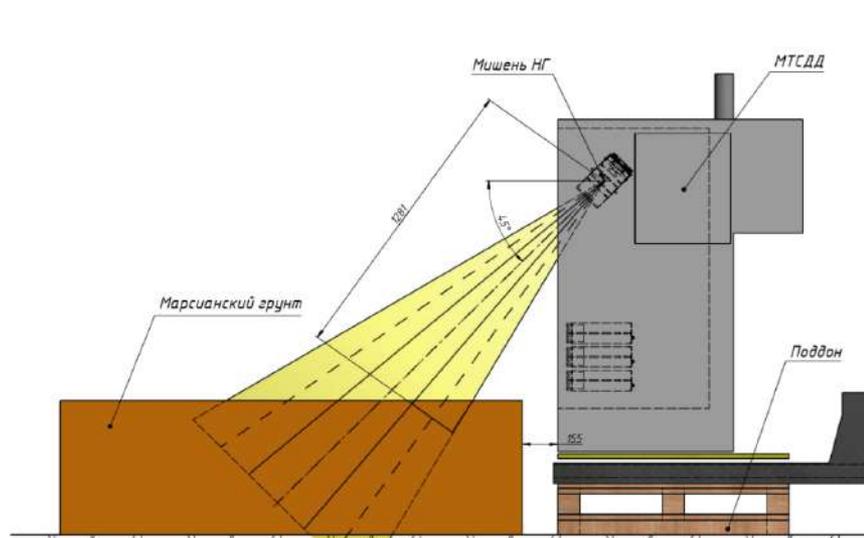
	Измеренное значение	Ожидаемое значение
C, %	21.0 ± 1.2	16.6
N, %	36.0 ± 2.3	38.9
O, %	43.0 ± 1.8	44.4
Fe, %	не найден	нет
Si, %	не найден	нет

Спектр гамма-квантов от облучения образца ТНТ массой 1 кг



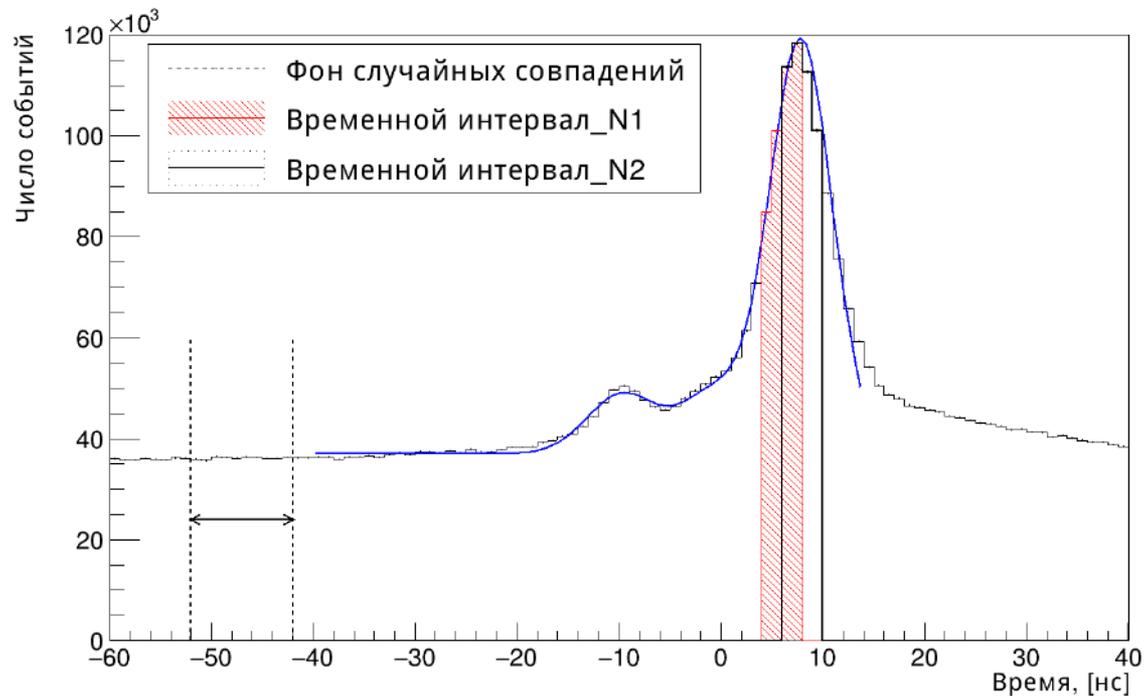
	Измеренное значение	Ожидаемое значение
C, %	38.8 ± 0.9	37.8
N, %	19.3 ± 1.5	18.9
O, %	41.8 ± 1.0	43.2
Fe, %	не найден	нет
Si, %	не найден	нет

Схема измерений и результат



	C	O	Fe	Si	Ca	Na	Al	Mg	S
Ожидаемые массовые доли элементов, %	1,14	38,1	11,1	28,9	5,6	8,4	5,62	2,38	<0,1
Измеренные массовые доли элементов, %	2,44 ±0,21	39,5 ±0,84	20,8 ±1,0	27,8 ±0,68	-	6,73 ±1,07	-	-	2,66 ±0,81

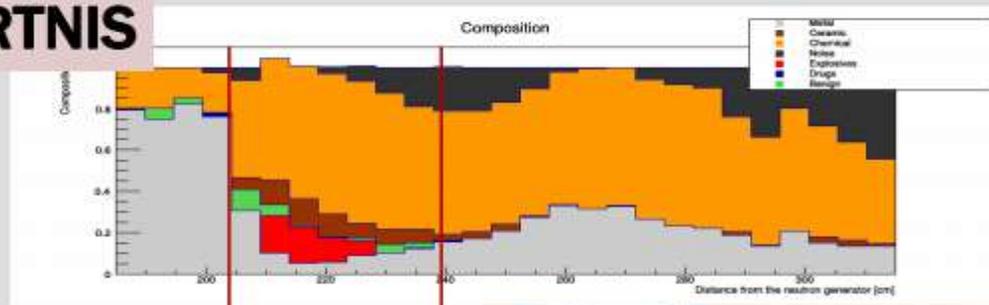
Пространственный анализ



- $v_n = 5$ см/нс, $\sigma_t = 3,08 \pm 0,01$ нс
- $S = 6\sigma v_n = 92,4 \pm 0,3$ см – глубина проникновения
- Можно анализировать состав по глубине

Rapidly relocatable tagged neutron inspection system.

RRTNIS



RRTNIS has shown capability of detecting threats like explosives and drugs in laboratory and in the field (Rotterdam)



09/10/2018

Final Public Workshop

10