

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕТА-ИЗЛУЧАЮЩИХ ИЗОТОПОВ В 1 КОНТУРЕ АЭС

¹Малиновский С.В., ¹Каширин И.А., ²Скакун Г.Е., ²Исаев В.Н.

¹ФГУП «РАДОН», ²ООО НИПП «ГРИН СТАР ИНСТРУМЕНТС»

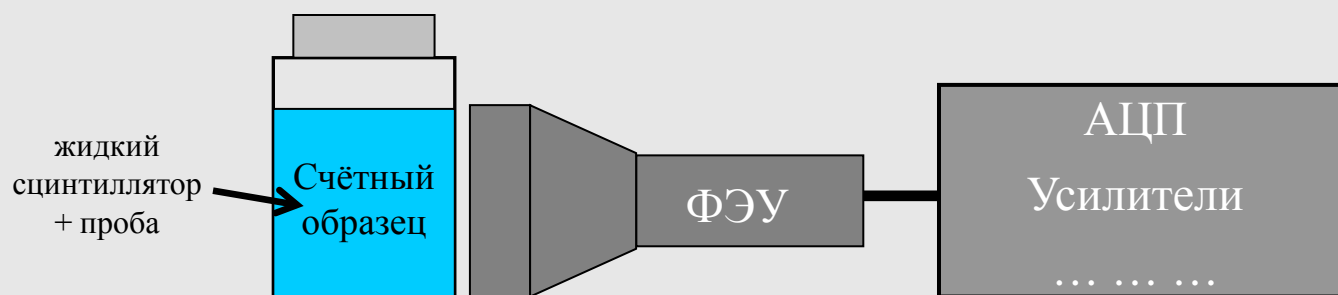
e-mail: smalin@inbox.ru

Приборы

Требование – измерение:

- мягких бета-излучателей
- в жидких
- высокоактивных пробах.

Приборы



1 ФЭУ

Triathler



⇒ отсутствие активной защиты
⇒ большой и нестабильный фон

⇒ малый вес
⇒ автономность

⇒ передвижные лаборатории
радиационного контроля
?

2 ФЭУ - классическая схема

Tri-Carb, Packard, USA



- ⇒ стабильный фон
- ⇒ автоматическое определение тушения
- ⇒ возможность загрузки большого количества образцов

⇒ не всегда достаточная активность встроенного γ -источника для определения тушения активных проб

- ⇒ контроль технологических сред - ???
- ⇒ контроль выбросов и сбросов предприятий
- ⇒ вывод из эксплуатации и реабилитация территорий
- ⇒ контроль РАО
- ⇒ мониторинг окружающей среды
- ⇒ контроль источников питьевого водоснабжения
- ⇒ радиационный контроль продуктов питания
- ⇒ контроль качества изотопной продукции
- ⇒ медицинские и биологические исследования
- ⇒ радиоуглеродный анализ

- Стационарные ЛРК
- Пробы средней (от ~ 1 Бк/л) активности
- Большая загрузка лабораторий

СКС-07П

Green Star, Москва, Россия



- ⇒ стабильный фон
- ⇒ компактность
- ⇒ возможность использования γ -источника любой активности для определения тушения активных проб

⇒ ручная смена образцов



- ⇒ контроль технологических сред
- ⇒ контроль выбросов и сбросов предприятий
- ⇒ вывод из эксплуатации и реабилитация территорий
- ⇒ контроль РАО
- ⇒ мониторинг окружающей среды
- ⇒ контроль источников питьевого водоснабжения
- ⇒ радиационный контроль продуктов питания
- ⇒ контроль качества изотопной продукции
- ⇒ медицинские и биологические исследования
- ⇒ радиоуглеродный анализ

- Стационарные ЛРК
- Передвижные ЛРК
- Пробы средней и высокой активности

Tri-Carb 3170 (80),

Активная защита из сцинтиллятора
BGO (германат висмута)

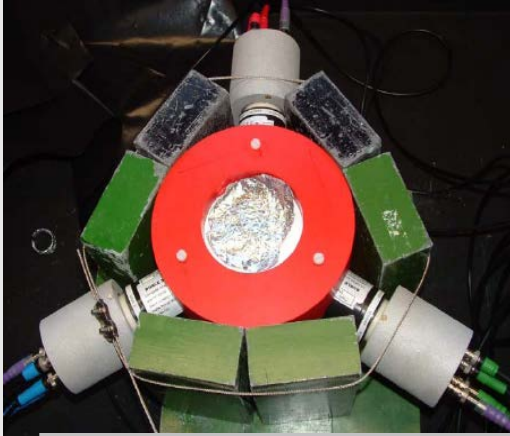
- ⇒ стабильный и низкий фон
- ⇒ автоматическое определение тушения
- ⇒ возможность загрузки большого количества образцов

- ⇒ слабый встроенный γ -источник для определения тушения
- ⇒ невозможность определения тушения в сложных пробах
- ⇒ плохая эффективность регистрации для ряда изотопов

Quantulus 1220, Wallac, Finland

- ⇒ контроль технологических сред
- ⇒ контроль выбросов и сбросов предприятий
- ⇒ вывод из эксплуатации и реабилитация территорий
- ⇒ контроль РАО
- ⇒ мониторинг окружающей среды
- ⇒ контроль источников питьевого водоснабжения
- ⇒ радиационный контроль продуктов питания
- ⇒ контроль качества изотопной продукции
- ⇒ медицинские и биологические исследования
- ⇒ радиоуглеродный анализ

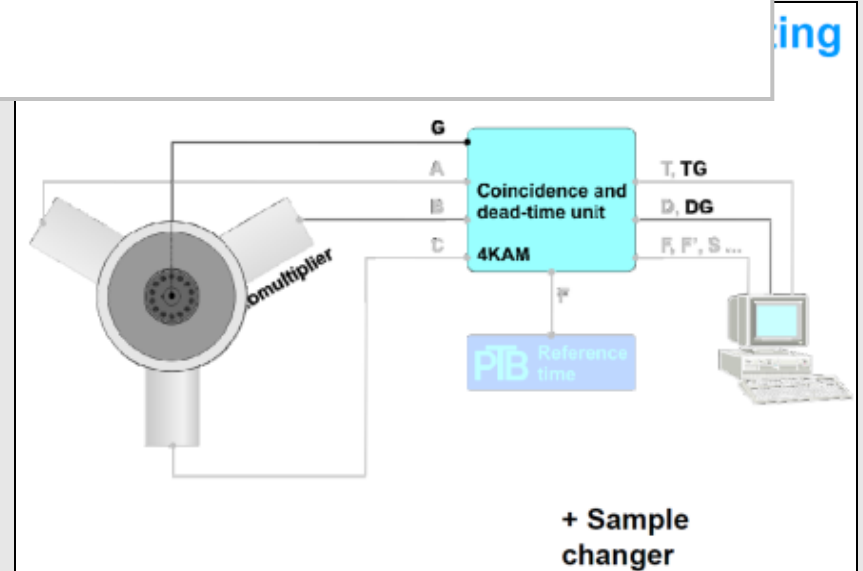
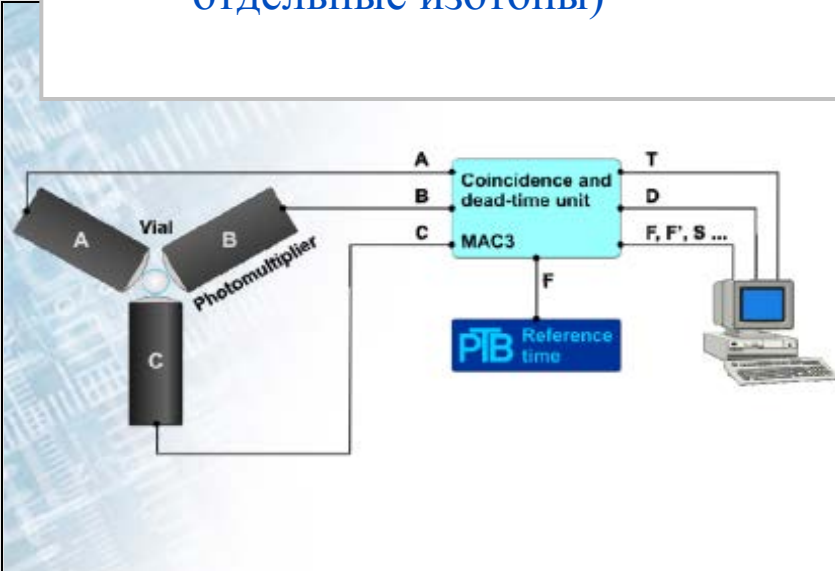
- Стационарные ЛРК
- Низкоактивные пробы



Hidex 300 sl
Hidex, Finland



- ориентирован на метрологические задачи (определяет только отдельные изотопы)





2 ФЭУ - классическая схема

← LSC-7200

2 ФЭУ + дополнительная активная защита

LSC-LB7 (с 1971 г.) →

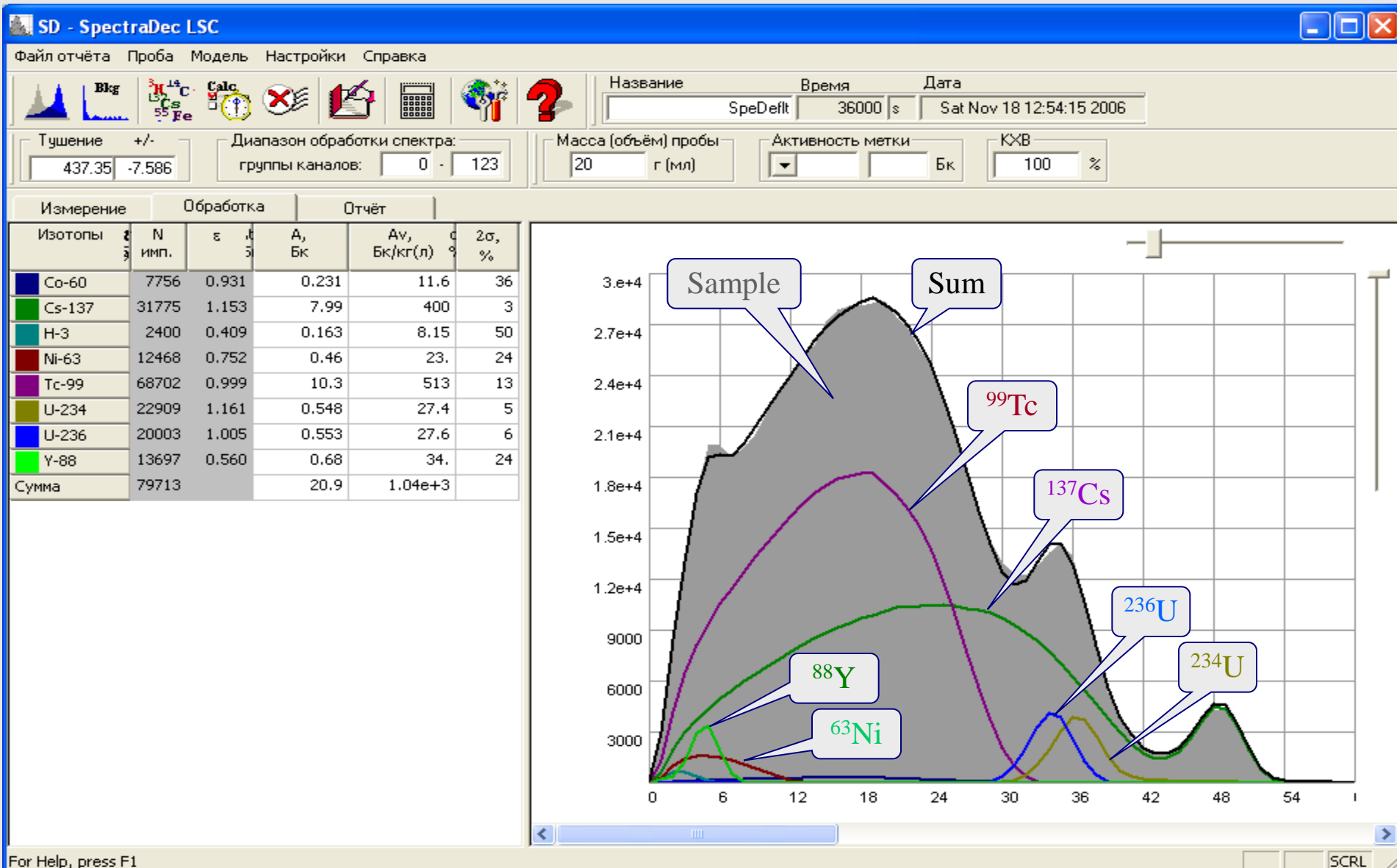
- Флаконы 20мл, 100мл и 145мл;
- Фон:
 - < 3.5 срт для ^3H ,
 - < 20 срт для ^{14}C ;
- МДА < 0.4 Бк/л.



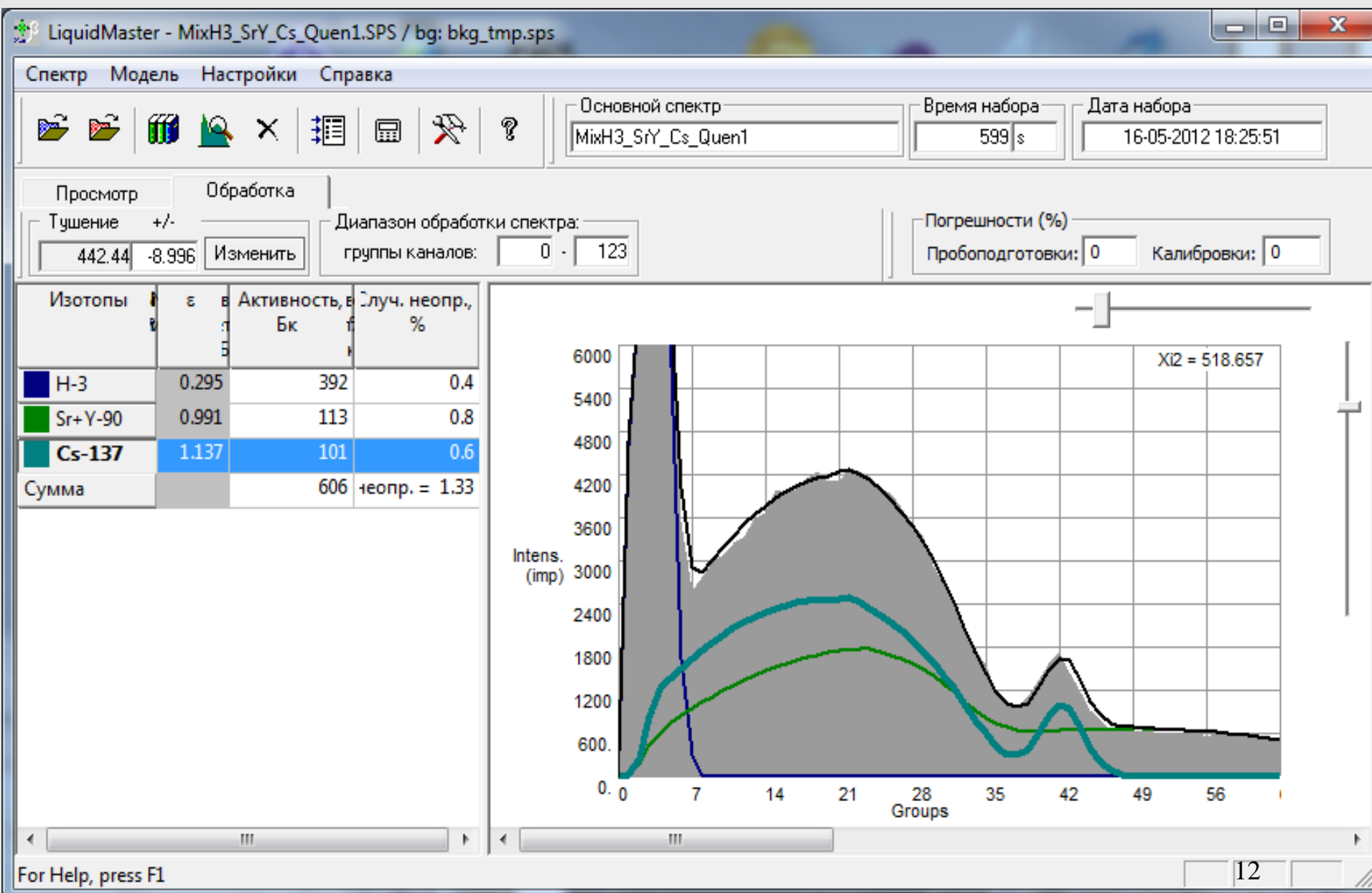
| | | |
|------------------------|---|--|
| | | |
| 1 ФЭУ | Triathler | большой и нестабильный фон |
| 2 ФЭУ | СКС-07П → | <ul style="list-style-type: none"> - Стационарные и передвижные ЛРК - Пробы средней и высокой активности |
| | TriCarb | <ul style="list-style-type: none"> - Стационарные ЛРК - Пробы средней активности - Большая загрузка лабораторий |
| | Guardian | |
| LSC-7200 | | |
| 2 ФЭУ+ активная защита | Tricarb-3170(80) Quantulus LSC-LB7 | слабый встроенный γ -источник для определения тушения |
| 3 ФЭУ | Hidex 300 sl | ориентирован на метрологические задачи (определяет только отдельные изотопы) |

Программное обеспечение

Семейство программ “*SpectraDec*”. Позволяет оперативно в автоматическом режиме анализировать сложные непрерывные спектры, в том числе спектры с малой статистикой и большой степенью наложения спектров отдельных радионуклидов друг на друга.



Для СКС - “LiquidMaster”



Пробоподготовка



- 20 мл пластиковые флаконы

10 мл сцинтиллятора UltimaGold AB + $\left\{ \begin{array}{l} 0.01 \text{ мл} \\ 0.1 \text{ мл} \\ 1 \text{ мл} \end{array} \right.$ теплоносителя

График проведения измерений

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Кол-во дней после пробоотбора | 4 | 7 | 12 | 18 | 21 | 31 | 38 | 45 | 48 | 52 |
|----------------------------------|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|

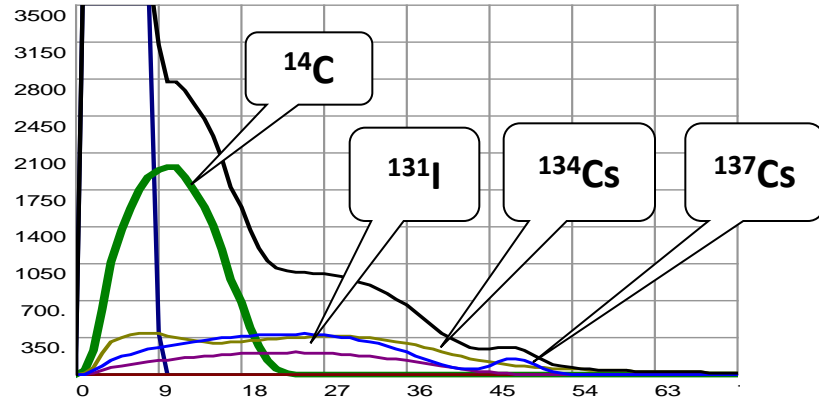
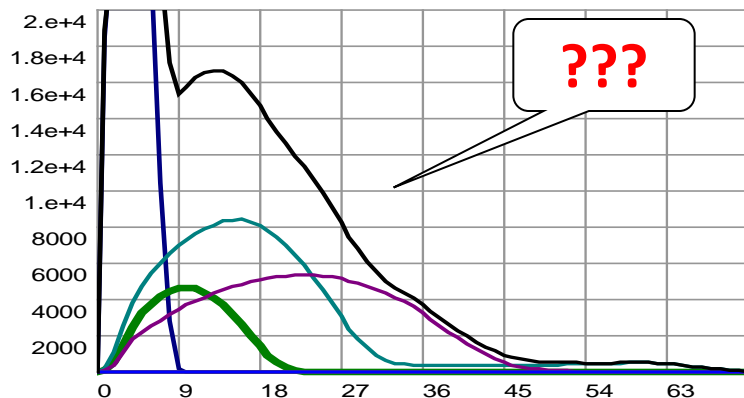
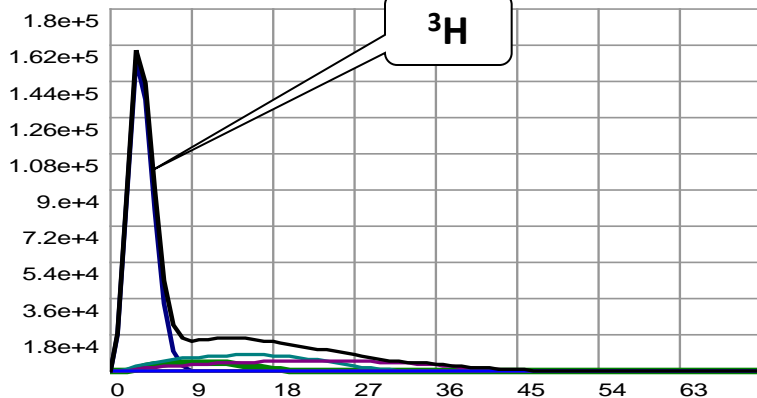
Протоколы измерений (1 блок)

Проба: 1-3 20, Дней после пробоотбора: 12
 Время измерения = 594 с Масса (Объем) : 1 г (мл)

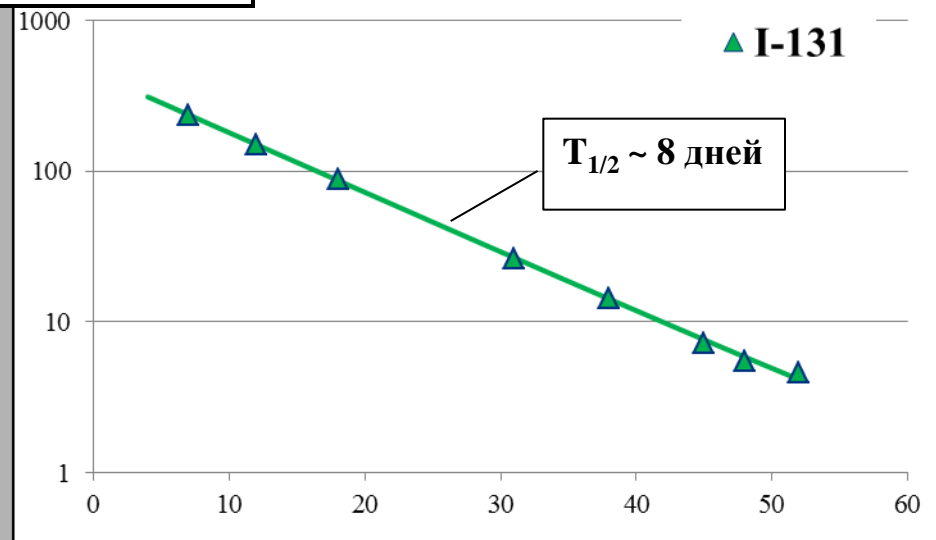
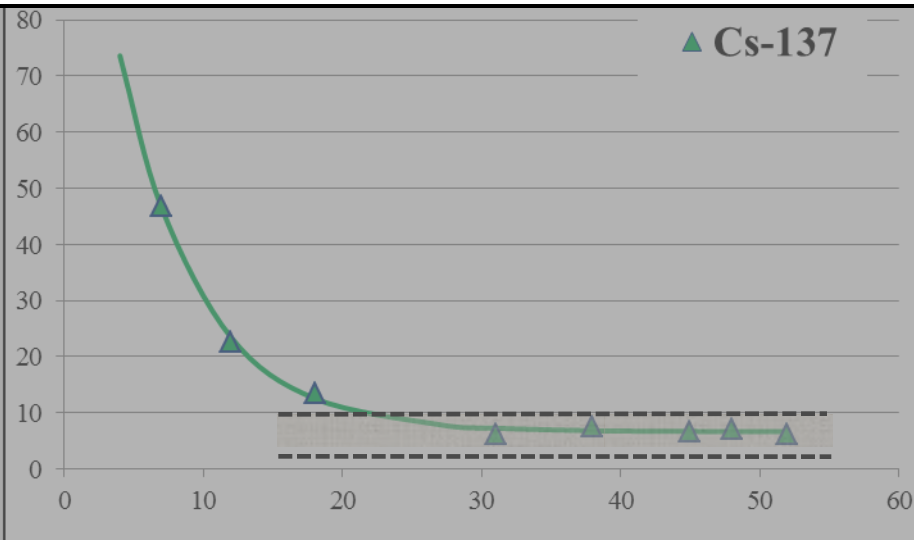
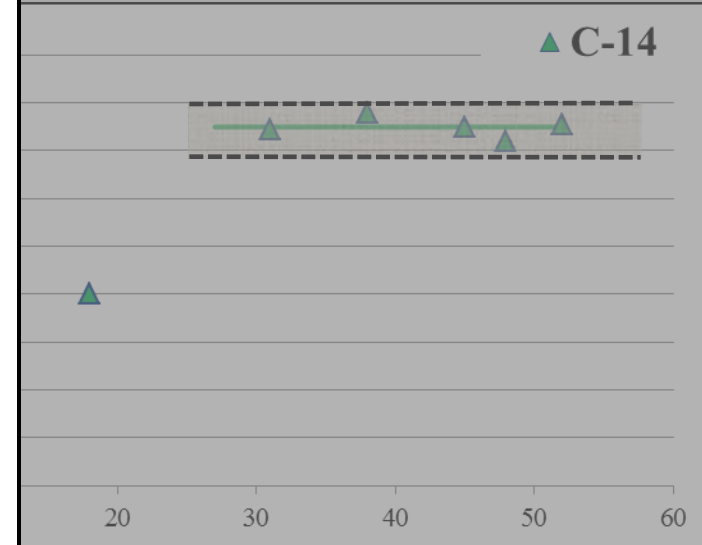
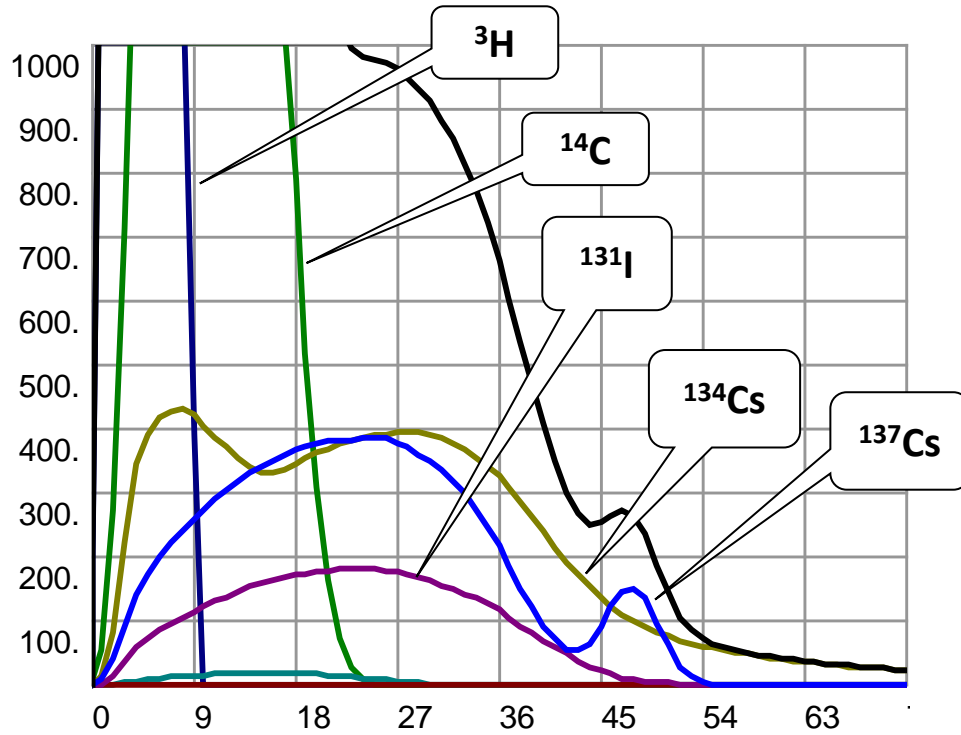
| Изотопы | Кол-во импульсов | Активность Бк | Активность кБк/кг (л) | Погр. % |
|---------|------------------|---------------|-----------------------|---------|
| H-3 | 523787 | 3.12e+3 | 3.12e+3 | 0.3 |
| C-14 | 58295 | 106 | 106 | 2.6 |
| Co-60 | 186640 | 339 | 339 | 1. |
| Sr-90Eq | | < 2.5 | < 2.5 | |
| I-131 | 162367 | 277 | 277 | 1. |
| Cs-134 | | < 4.9 | < 4.9 | |
| Cs-137 | | < 3. | < 3. | |

Проба: 1-3 06, Дней после пробоотбора: 52
 Время измерения = 1789 с Масса (Объем) : 1 г (мл)

| Изотопы | Кол-во импульсов | Активность Бк | Активность кБк/кг (л) | Погр. % |
|---------|------------------|---------------|-----------------------|---------|
| H-3 | 1764068 | 3.04e+3 | 3.04e+3 | 0.15 |
| C-14 | 24898 | 15. | 15. | 2.5 |
| Co-60 | 453 | < 0.45 | < 0.45 | 165 |
| Sr-90Eq | | < 1.1 | < 1.1 | |
| I-131 | 5596 | 3.17 | 3.17 | 11 |
| Cs-134 | 16544 | 9.69 | 9.69 | 4 |
| Cs-137 | 12298 | 5.86 | 5.86 | 5 |



ности (кБк)
отбора
(1 мл)



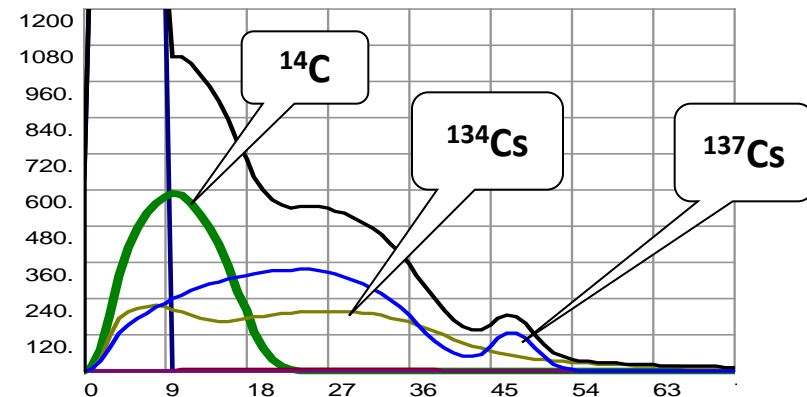
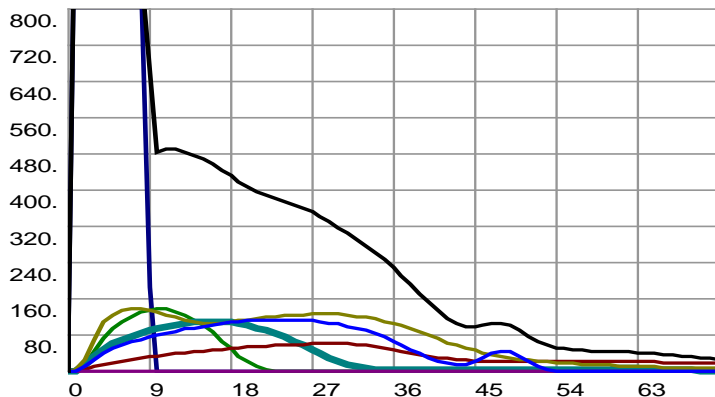
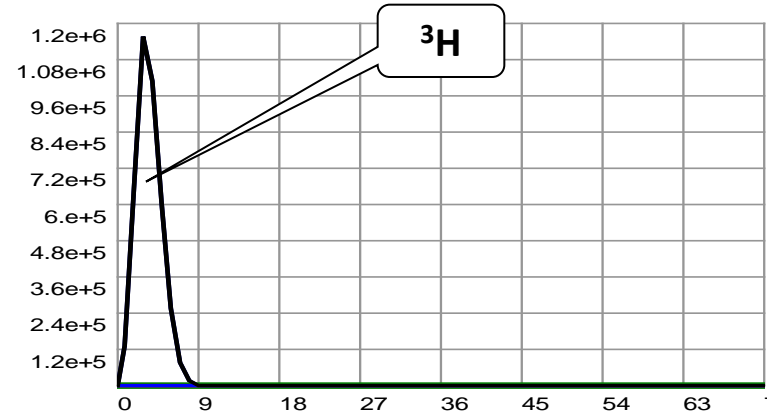
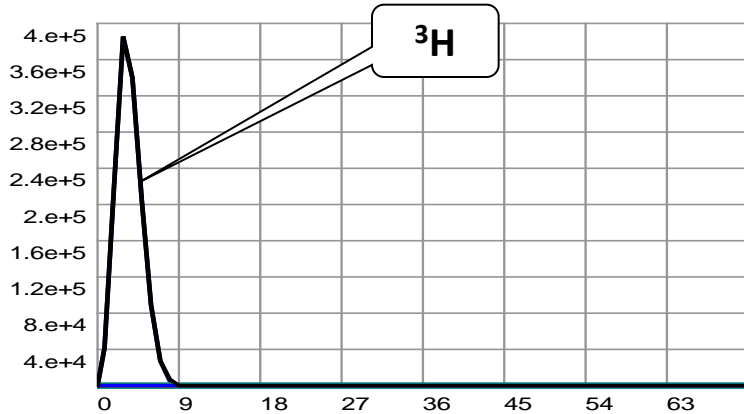
Протоколы измерений (4 блок)

Проба: 4-3 20, Дней после пробоотбора: 12
 Время измерения = 592 с Масса (Объем): 1000 г (мл)

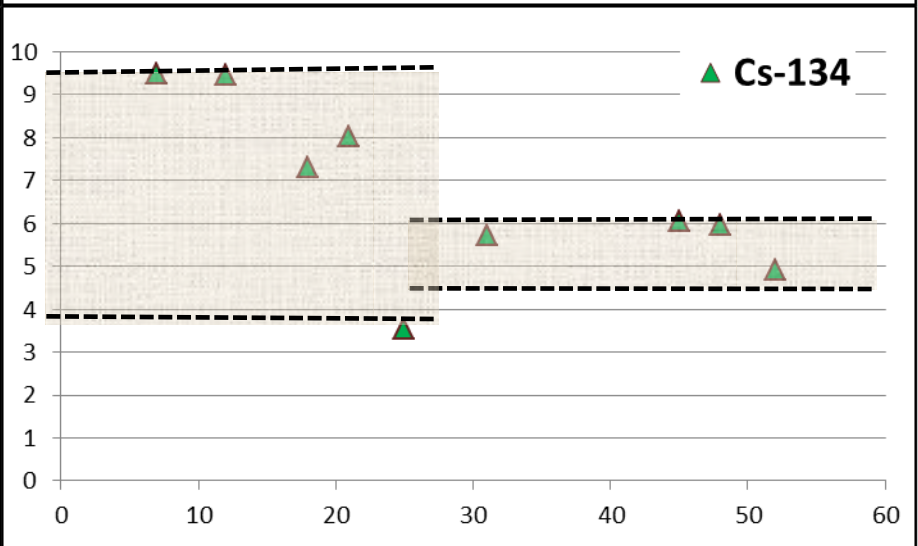
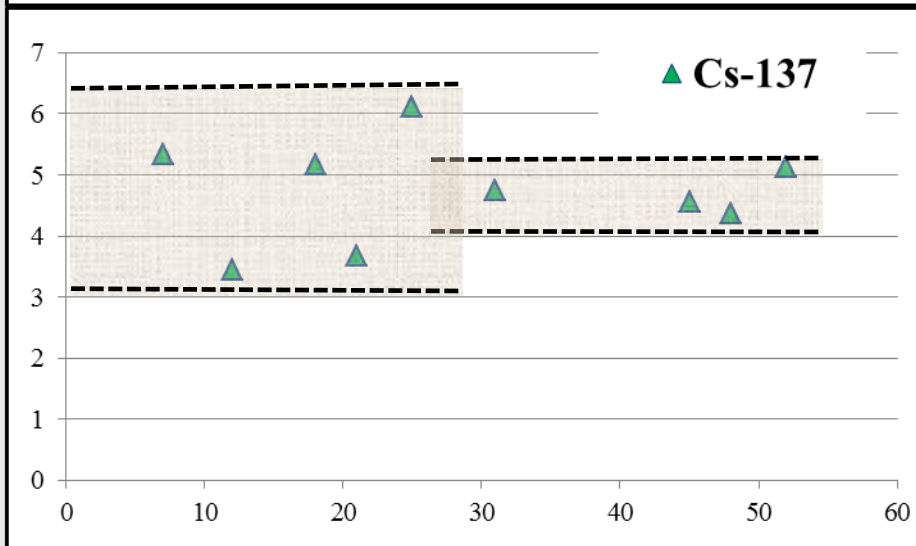
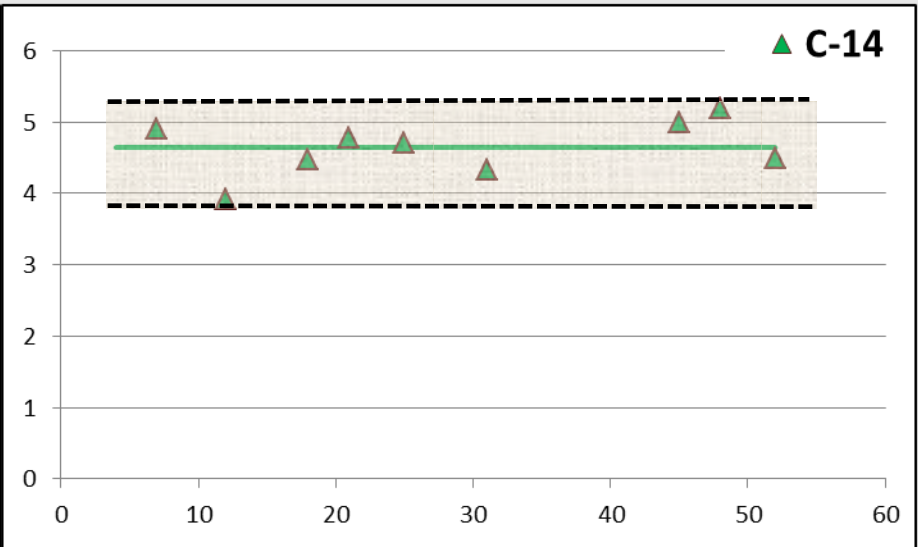
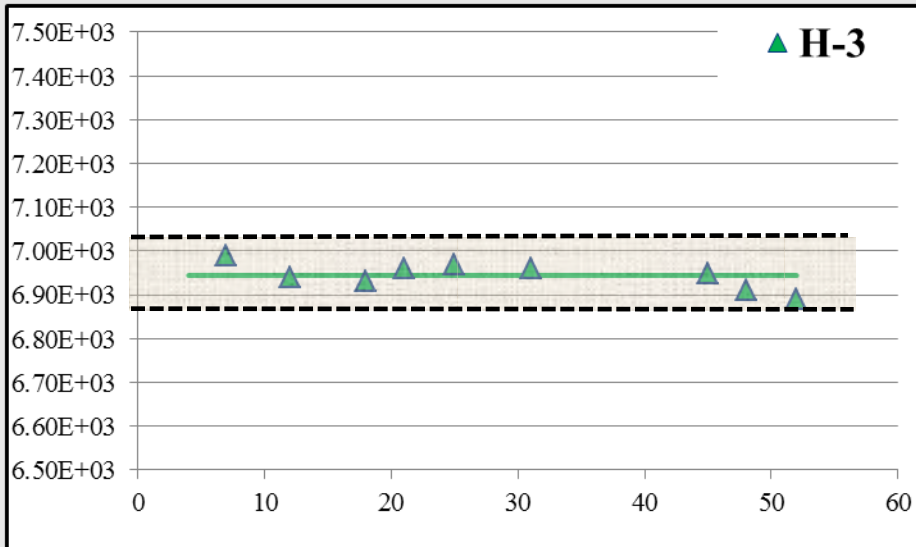
| Изотопы | Кол-во импульсов | Активность Бк | Активность Бк/кг (л) | Погр. % |
|---------|------------------|---------------|----------------------|---------|
| H-3 | 1319560 | 7.45e+3 | 7.45e+3 | 0.17 |
| C-14 | 1785 | 5.34 | 5.34 | 19 |
| Co-60 | 2560 | 4.65 | 4.65 | 14 |
| Sr-90Eq | 2734 | 2.47 | 2.47 | 15 |
| I-131 | | < 5.6 | < 5.6 | |
| Cs-134 | 5375 | 9.5 | 9.5 | 8 |
| Cs-137 | 3700 | 5.33 | 5.33 | 9 |

Проба: 4-3 07, Дней после пробоотбора: 52
 Время измерения = 1776 с Масса (Объем): 1 г (мл)

| Изотопы | Кол-во импульсов | Активность Бк | Активность кБк/кг (л) | Погр. % |
|---------|------------------|---------------|-----------------------|---------|
| H-3 | 3921210 | 7.62e+3 | 7.62e+3 | 0.1 |
| C-14 | 7407 | 4.5 | 4.5 | 6 |
| Co-60 | | < 3.4 | < 3.4 | |
| Sr-90Eq | 401 | < 0.15 | < 0.15 | 125 |
| I-131 | | < 3.2 | < 3.2 | |
| Cs-134 | 8324 | 4.91 | 4.91 | 6 |
| Cs-137 | 10651 | 5.12 | 5.12 | 4 |



Зависимость измеренной активности (кБк) от количества дней после пробоотбора (4 блок, объём теплоносителя 1 мл)



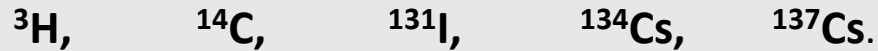
Сравнение с измерениями на гамма-спектрометре

^{137}Cs

| Блок | ЖСС | Гамма-спектрометр |
|------|---------------|-------------------|
| 1 | 5.9 ± 0.3 | 4.3 ± 0.4 |
| 2 | 7.2 ± 0.3 | 4.7 ± 0.3 |
| 3 | 2.0 ± 0.5 | 1.5 ± 0.3 |
| 4 | 5.1 ± 0.3 | 5.2 ± 0.5 |

Выводы

1. Бета-активность теплоносителя определяется долгоживущими изотопами:



2. Активность трития значительно превышает активность других радионуклидов, что позволяет её определять, проведя измерение непосредственно после пробоотбора (для всех блоков).

3. Достоверное определение ${}^{14}\text{C}$, ${}^{134}\text{Cs}$, ${}^{137}\text{Cs}$ возможно не ранее чем через 20 дней после отбора пробы теплоносителя (для всех блоков).

4. Для «молодых» блоков возможна оценка содержания ${}^{14}\text{C}$, ${}^{134}\text{Cs}$, ${}^{137}\text{Cs}$ уже в первые дни после отбора пробы.