



Сравнение образования и миграция трития на перспективных АЭС в России

Сурин Павел Петрович

2023



Государственный
научный центр
Федеральный
медицинский
биофизический
центр имени
А.И. Бурназяна
ФМБА России



- ▶ **Открытие в 1934 г. Э. Резерфордом**
- ▶ **Радиоактивный изотоп H (с дейтерием)**
- ▶ **Чистый бета-излучатель ($E_{\text{гр}} = 18,6 \text{ кэВ}$)**
- ▶ **Продукт распада: ^3He**
- ▶ **Период полураспада: $12,312 \pm 0,025 \text{ лет}$**
- ▶ **$1 \text{ г } ^3\text{H} = 359 \text{ ТБк}$**

The Nuclei of the Three Isotopes of Hydrogen

Protium



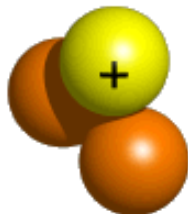
1 proton

Deuterium



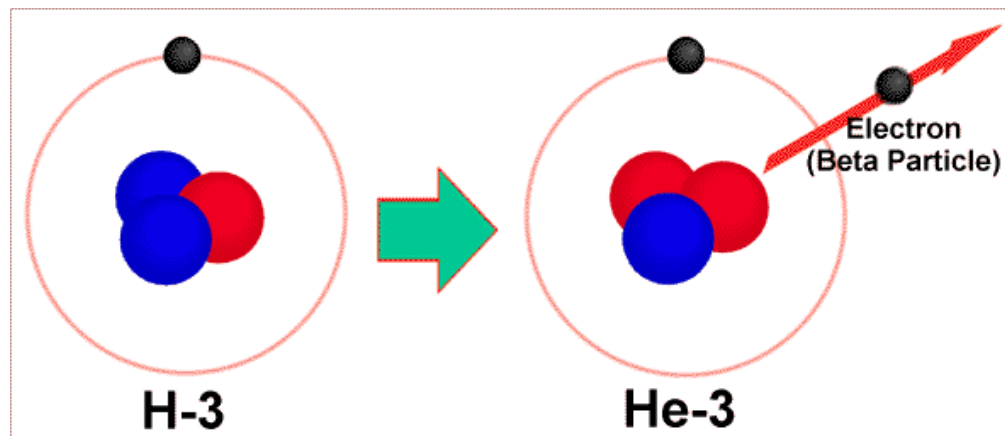
1 proton
1 neutron

Tritium



1 proton
2 neutrons

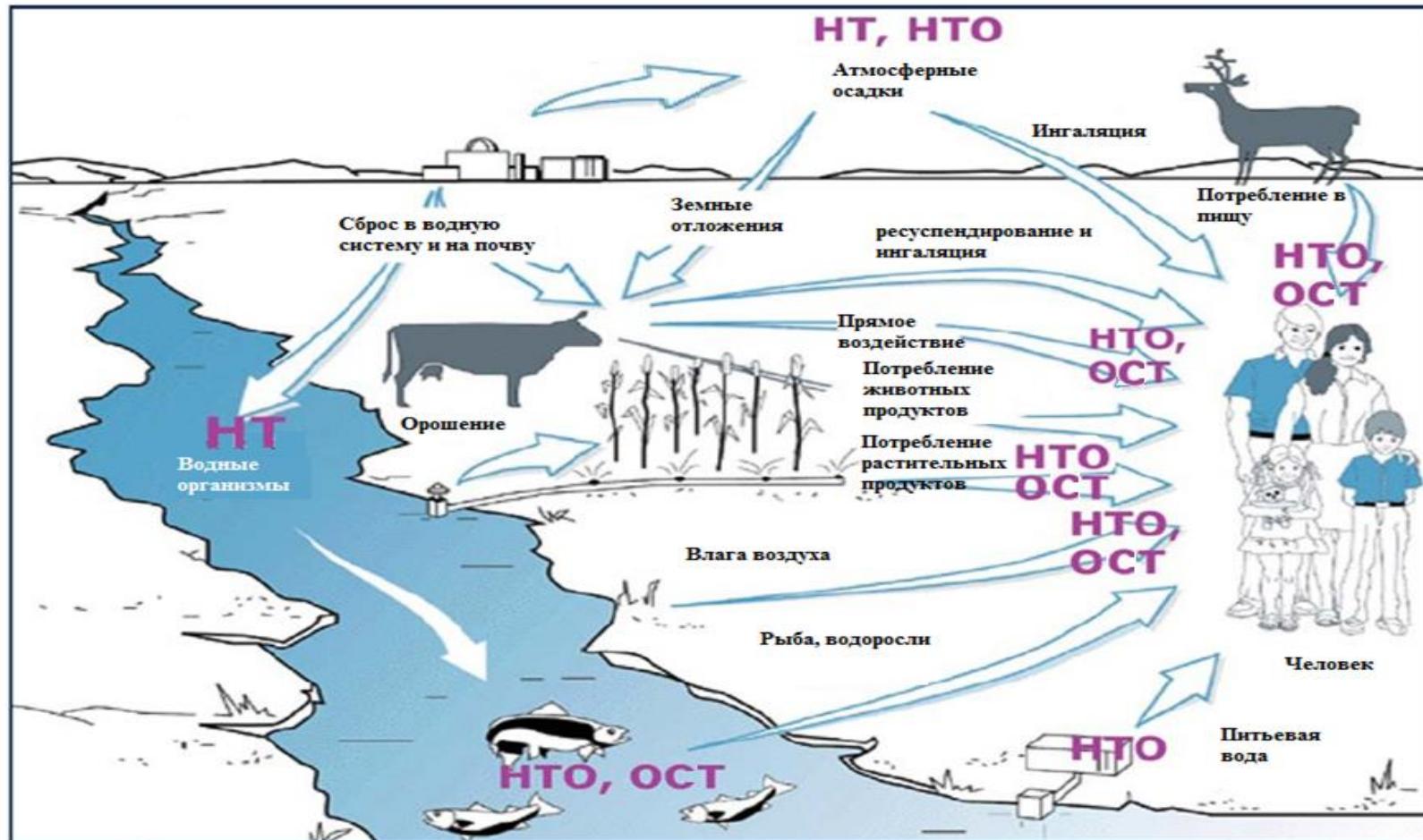
Тритий



- ▶ **Максимальный пробег в воздухе: 5,7 мм**
- ▶ **Максимальный пробег в воде: 6 $\mu\text{м}$**
- ▶ **Эффективный период полувыведения НТО: 10 суток (исчезновение в теле 50%)**
- ▶ **Эффективный период ОСТ: от 40 дней и более**
- ▶ **Критические органы: все тело**



Проблема трития на атомных станциях





Проблема трития на атомных станциях

- 1) Федеральным законом 7-ФЗ от 10.01.2002 «Об охране окружающей среды» (ст.51) и Водным Кодексом Российской Федерации (ст.56) сброс жидких радиоактивных отходов (ЖРО) в водные объекты запрещен.
- 2) В Постановлении Правительства РФ от 19.10.2012 №1069 установлено предельное значение удельной активности (ПЗУА) трития в жидких отходах, равное 1 МБк/кг, при превышении которого жидкие отходы переходят в ЖРО.
- 3) Методика разработки нормативов допустимых сбросов радиоактивных веществ в водные объекты для водопользователей (утв. приказом Ростехнадзора от 22.02.2016 №551, далее - Методика), запрещает сброс, в котором удельная активность трития превышает величину 0,1 ПЗУА (0,1 МБк/кг).



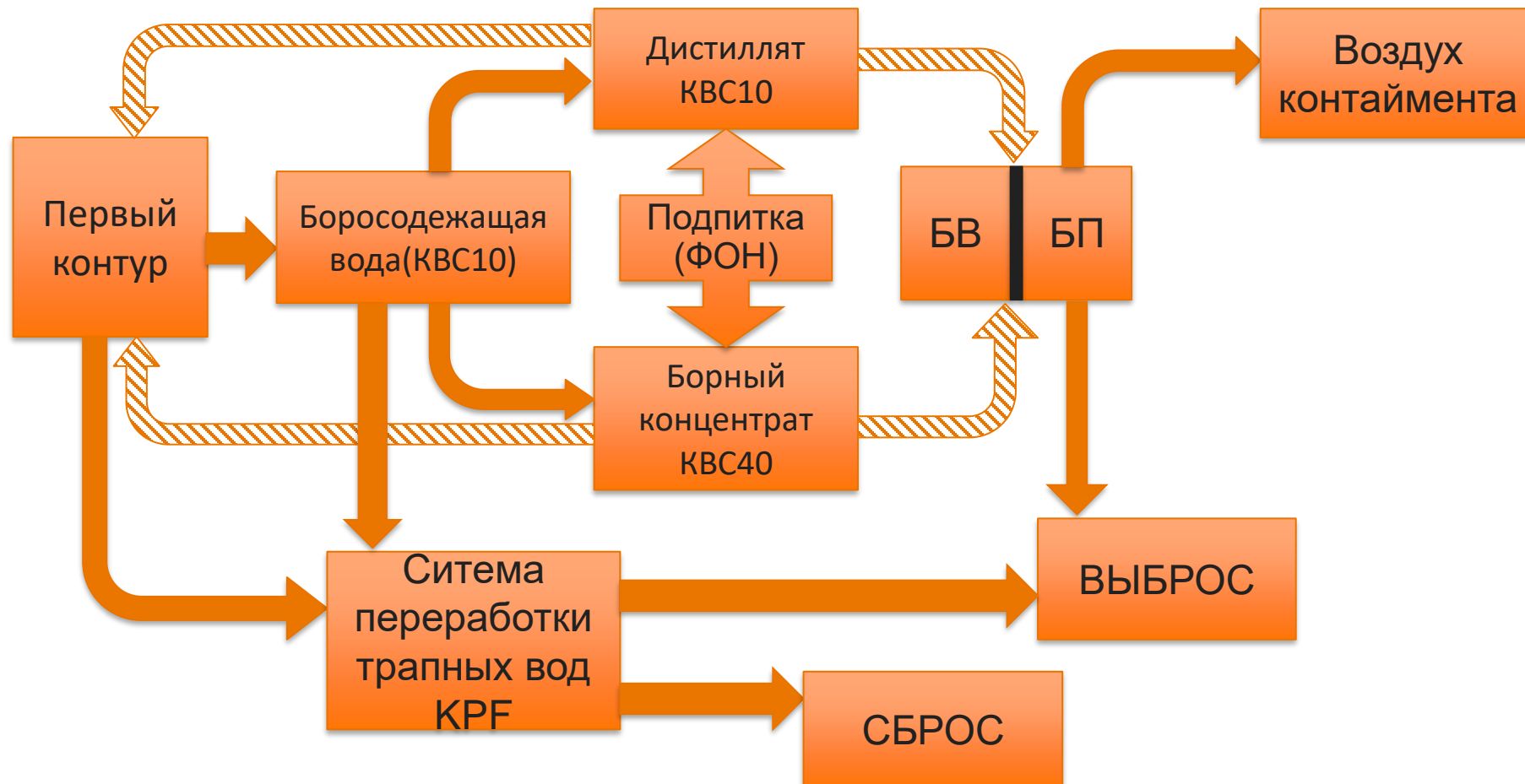
Источники трития в активной зоне реактора РУ БР-1200 и ВВЭР ТОИ



| Источник | БР-1200, Бк/год | ВВЭР-ТОИ, Бк/год |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| Топливо | $2,1 \cdot 10^{15}$ | $2,6 \cdot 10^{15}$ |
| Замедлитель/ ПЭЛ | $6,6 \cdot 10^{15}$ | $2,6 \cdot 10^{13}$ |
| Выход в ОС | $8,7 \cdot 10^{15}$ | $4,5 \cdot 10^{13}$ |



Блок-схема имитационной модели





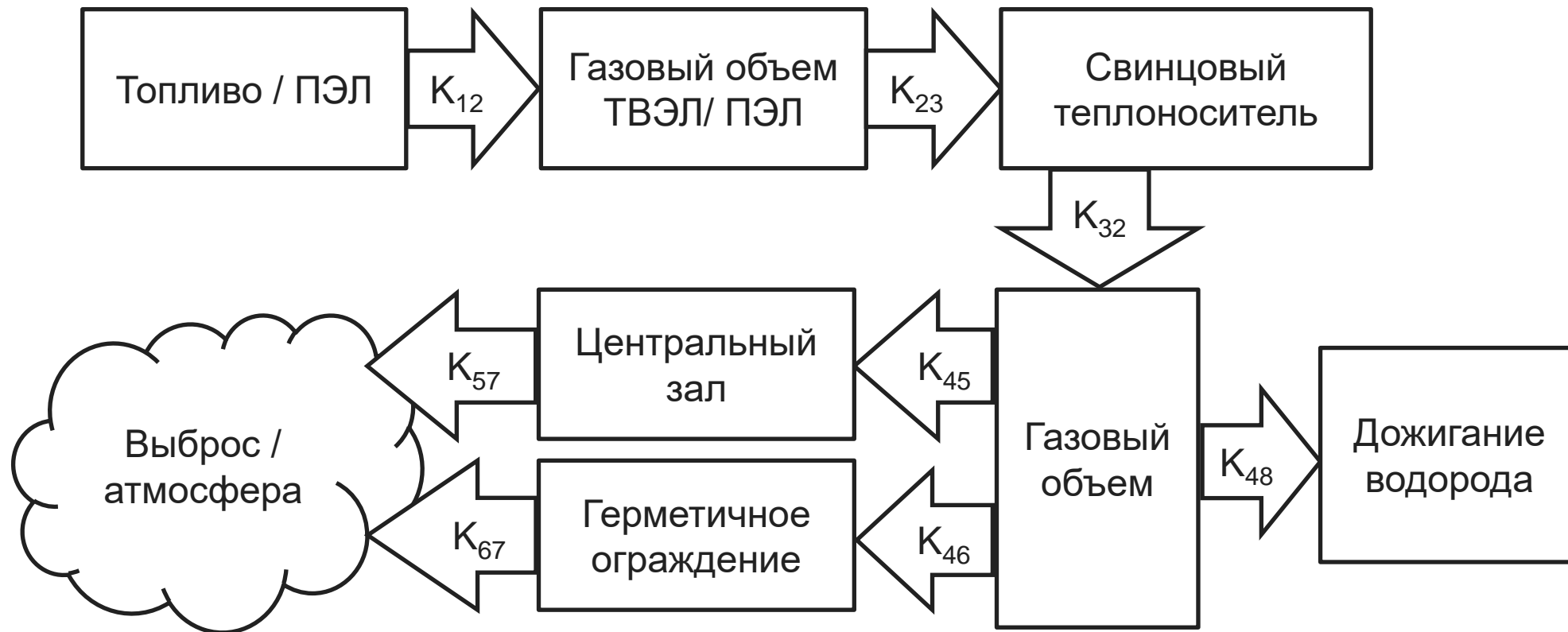
Результаты имитационного моделирования

| Объект контроля | Объемная активность (расчет), МБк/л | Объемная активность (расчет БалАЭС), МБк/л | Объемная активность (натурные данные) БалАЭС, МБк/л |
|------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| Первый контур | 64 | 0,7÷19 | 0,7÷19 |
| Бак 10КВВ10 | 60 | 14÷16 | 0,6÷16 |
| Бак 10КВС40 | 43 | 8,4-8,9 | 6,5-9,4 |
| Бак 10КВС10 | 35 | 5,7÷7,6 | 5,7÷9,4 |
| Баки-приемники системы 10КРФ | 3,0 | 1,2 | 1,1 |
| Воздух контайнмента | $5,3 \cdot 10^{-1}$ | $1,2 \div 2,0 \cdot 10^{-1}$ | $0,1 \div 1,0 \cdot 10^{-1}$ |
| БВиП | 16 | 5,9÷9,3 | 6,6÷10 |
| Сброс* | $3,9 \cdot 10^{13}$ | $7,3 \cdot 10^{11}$ | $0,8 \cdot 10^9$ |
| Выброс* | $5,4 \cdot 10^{12}$ | $1,4 \cdot 10^{14}$ | $0,4 \cdot 10^{13}$ |

Примечание - * Бк/год.



Блок схема имитационной модели накопления и распространения трития в системах РУ БР-1200





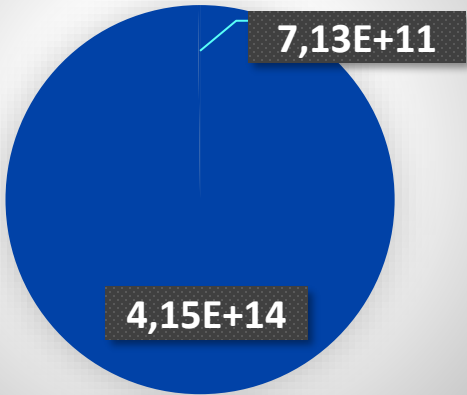
Содержание трития в технологических системах РУ БР-1200

| Технологическая система | Активность трития, Бк | |
|----------------------------|-----------------------|----------------------|
| | Без дожигания | С дожиганием |
| Топливо и ПЭЛ | $2,82 \cdot 10^{13}$ | $2,82 \cdot 10^{13}$ |
| Газовый объём ТВЭЛ и ПЭЛ | $2,82 \cdot 10^{11}$ | $2,82 \cdot 10^{11}$ |
| Свинцовый теплоноситель | $2,82 \cdot 10^{13}$ | $2,71 \cdot 10^{13}$ |
| Газовый контур | $8,06 \cdot 10^{15}$ | $1,46 \cdot 10^{12}$ |
| Герметичное ограждение | $1,27 \cdot 10^{11}$ | $2,31 \cdot 10^7$ |
| Центральный зал | $4,67 \cdot 10^{10}$ | $8,46 \cdot 10^6$ |
| Система дожигания водорода | - | $8,06 \cdot 10^{15}$ |
| Атмосфера | $5,33 \cdot 10^{14}$ | $5,15 \cdot 10^{14}$ |

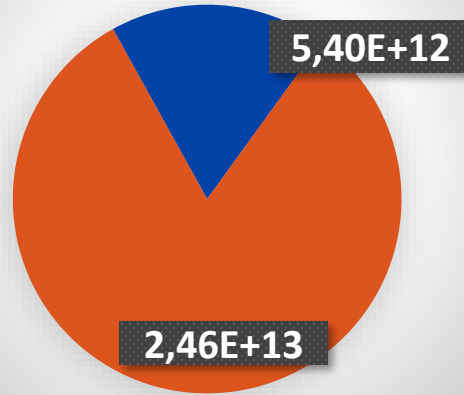


Выход радионуклидов на РУ БР-1200 и ВВЭР ТОИ

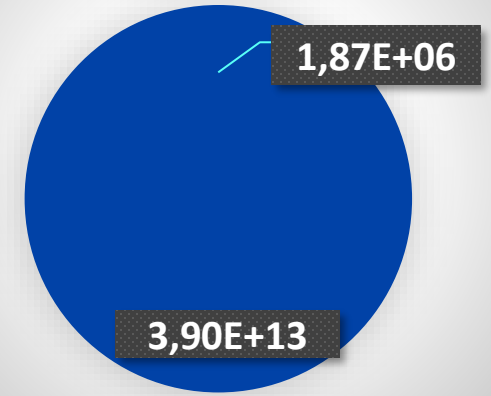
Выброс 397 ТВС, Бк/год



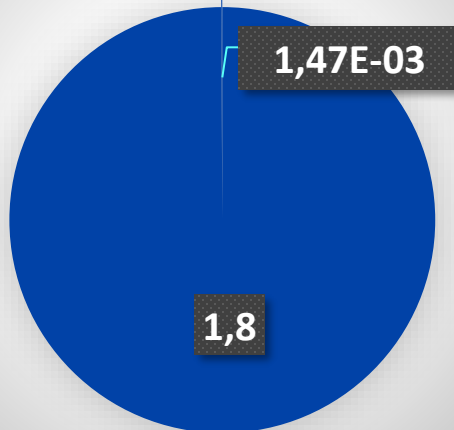
Выброс ВВЭР ТОИ, Бк



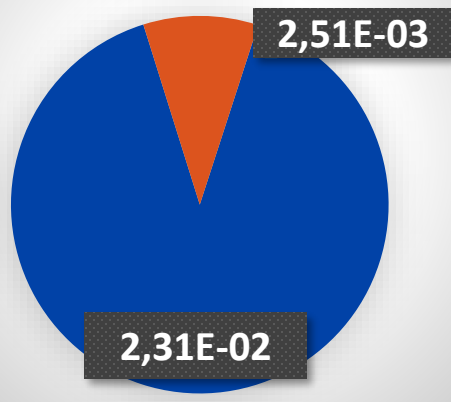
Сброс ВВЭР ТОИ, Бк



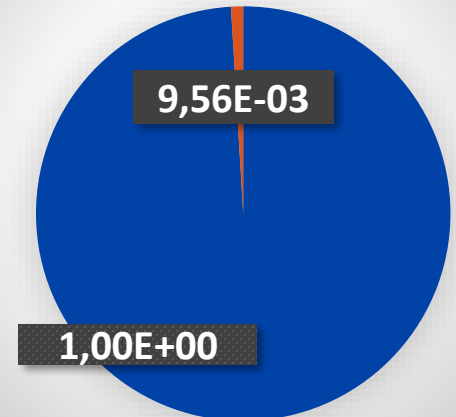
Доза БР-1200, мкЗв/год



Доза ВВЭР ТОИ, мкЗв/год



Доза от сброса, мкЗв/год



● Тритий ● Остальные нуклиды



Выводы

- При эксплуатации и проектировании перспективных АЭС необходимо предусмотреть системы позволяющие снизить активность трития в технологических системах.
- На АЭС с ВВЭР основное количество трития будет поступать в ОС с дебалансными водами, которые необходимо очистить до приемлемого уровня
- На АЭС с БР активность трития в технологических системах зависит от режима эксплуатации системы дожигания водорода.
- Необходима разработка методического документа по оценке накопления и распространения трития в технологических системах БР-1200



ФМБА России

Федеральное медико-биологическое агентство



Государственный научный центр
Федеральный медицинский
биофизический центр
имени А.И. Бурназяна
ФМБА России

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ
СОДЕРЖАНИЯ ТРИТИЯ В РАЗЛИЧНЫХ
СРЕДАХ

12

Благодарю за внимание!

Сурин Павел Петрович

младший научный сотрудник

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России

Тел.: +7 (499) 190 93 95

Моб. тел.: +7 (915) 095 47 89

E-mail: psurin@fmbcfmba.ru

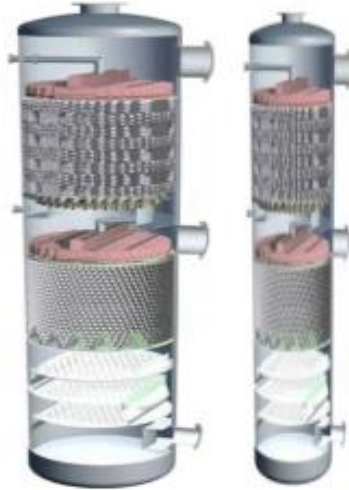
www.fmbafmbc.ru

10.02.2021

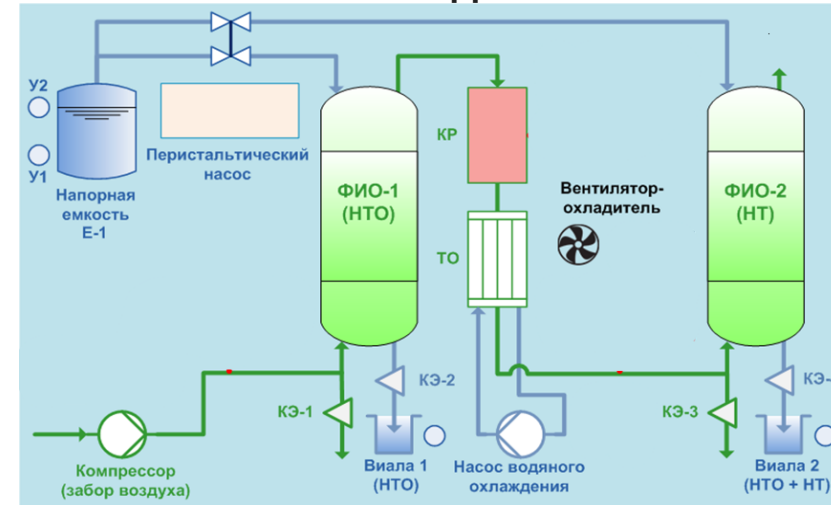


Технология разделения H_2O и НТО

Ректификация Воды
НИЦ курчатовский институт



Фазовый изотопный обмен
РХТУ им. Менделеева





Формы трития на АЭС с ВВЭР

| Технологическая система | ОСТ, % | НТО, % |
|--|--------|--------|
| КАЭС, дебалансная вода, | 45,5 | 54,5 |
| КАЭС, резервуар для заправки сбросных вод в скважину | 99,5 | 0,5 |
| НВАЭС, контрольные баки | 99,9 | 0,1 |
| НВАЭС, ХФК | 36,8 | 63,2 |
| НВАЭС, скважина 6П | 99,6 | 0,4 |
| БалАЭС, брызгальный бассейн | 87,1 | 12,9 |

| Приёмники сбросов | ОСТ, % | НТО, % |
|---------------------|--------|--------|
| Балаковская АЭС | 87,8 | 12,2 |
| Нововоронежская АЭС | 94,6 | 5,4 |
| Калининская АЭС, | 94,2 | 5,8 |