



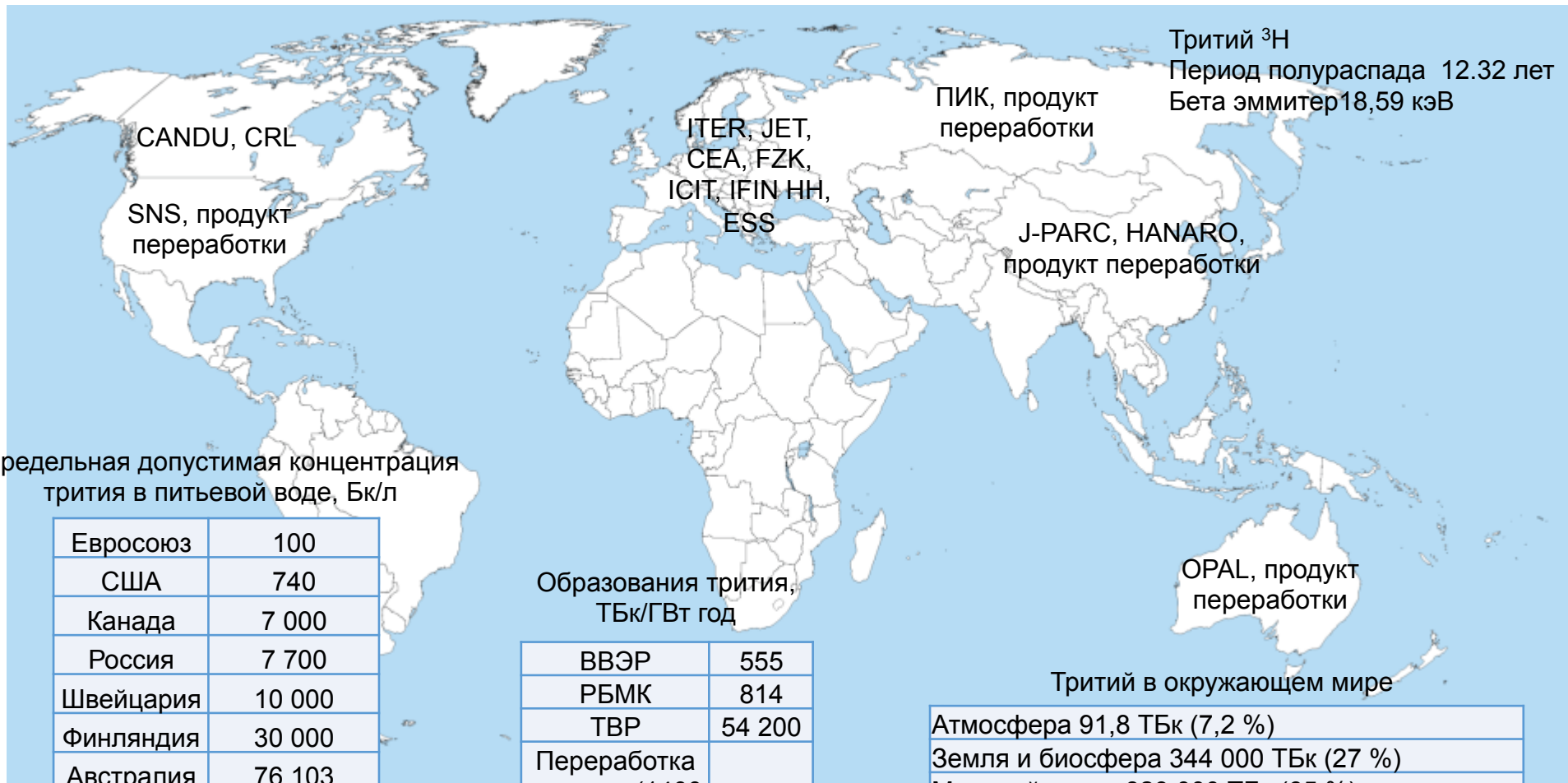
ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»

ФГУП «РосРАО»

# Экономические барьеры для реализации технологий переработки третиевых вод

Сергей Флоря, к.ф.м.н.  
Руководитель проектного офиса  
инновационного развития

Москва, 2015



Предельная допустимая концентрация трития в питьевой воде, Бк/л

Евросоюз	100
США	740
Канада	7 000
Россия	7 700
Швейцария	10 000
Финляндия	30 000
Австралия	76 103
Норма ВОЗ*	10 000

Образования трития, ТБк/ГВт год

ВВЭР	555
РБМК	814
ТВР	54 200
Переработка топлива (1400 т/год)	30 000

Тритий в окружающем мире

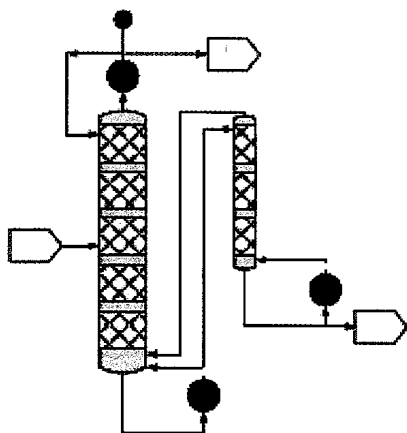
Атмосфера	91,8 ТБк (7,2 %)
Земля и биосфера	344 000 ТБк (27 %)
Мировой океан	829 000 ТБк (65 %)
Образование за счет космики	72 000 ТБк/год

\* придерживаются большинство стран мира

## Ректификация воды (WD-процесс)

Отработанная технология при производстве тяжелой воды. Очистка воды от трития основана на разности летучести НТО и H<sub>2</sub>O. При 60°C, давление H<sub>2</sub>O в 1.056 раз больше чем НТО.

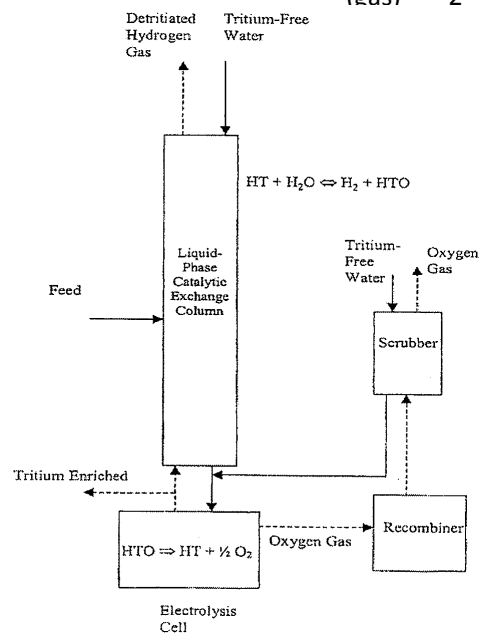
Минусами технологии является большие энергозатраты на поддержание постоянной температуры и большой объем требуемого оборудования.



Двухступенчатая схема очистки воды методом ректификации.

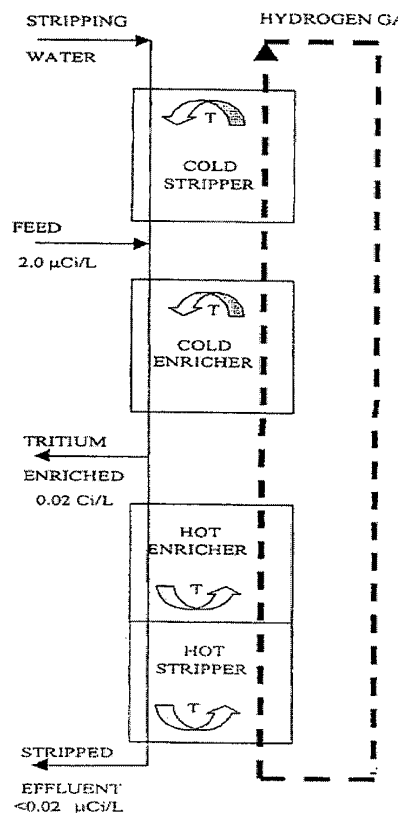
## Комбинированный с электролизом химический изотопный обмен в системе вода – водород (CECE – процесс)

Технология основана на процессе изотопного обмена атомов водорода между молекулами воды и газообразного водорода, при котором тяжелый изотоп (тритий) конденсируется в жидкой фазе.



Минусом технологии является большой расход электроэнергии за счет электролиза всего объема поступающих ЖРО, что также влечет дополнительные требования к безопасности.

## Двухтемпературный изотопный обмен в системе вода – водород (BHW – процесс)



Технология также основана на реакции (1), но не требует электролиза поступающей на переработку воды. За счет чего достигается снижение энергетических затрат.

Минусами технологии является высокое рабочее давление в колонне ~ 50 атм. и большой объем газообразного водорода.

В основном применима при невысокой степени очистки.

## Двухтемпературный изотопный обмен в системе вода – сероводород (GS – процесс)

Так же как и в BHW -процессе в GS используются горячие и холодные колонны и циркулирующий в системе газ. Однако, в GS в качестве газа используется сероводород. Данная технология длительное время используется для производства тяжелой воды.

Минусом технологии является применение высокотоксичного сероводорода под высоким давлением ~ 20 атм.

South Korea. Wolsong tritium removal facility, 100 kg/h



Canada. Prototype CIRCE, 300-500 kg/h



Romania, ICSI - TRF, 4-8 kg/h



Russia. TRW-test, 2 kg/h





РОС  
РАО

## Выбор технологии очистки

6

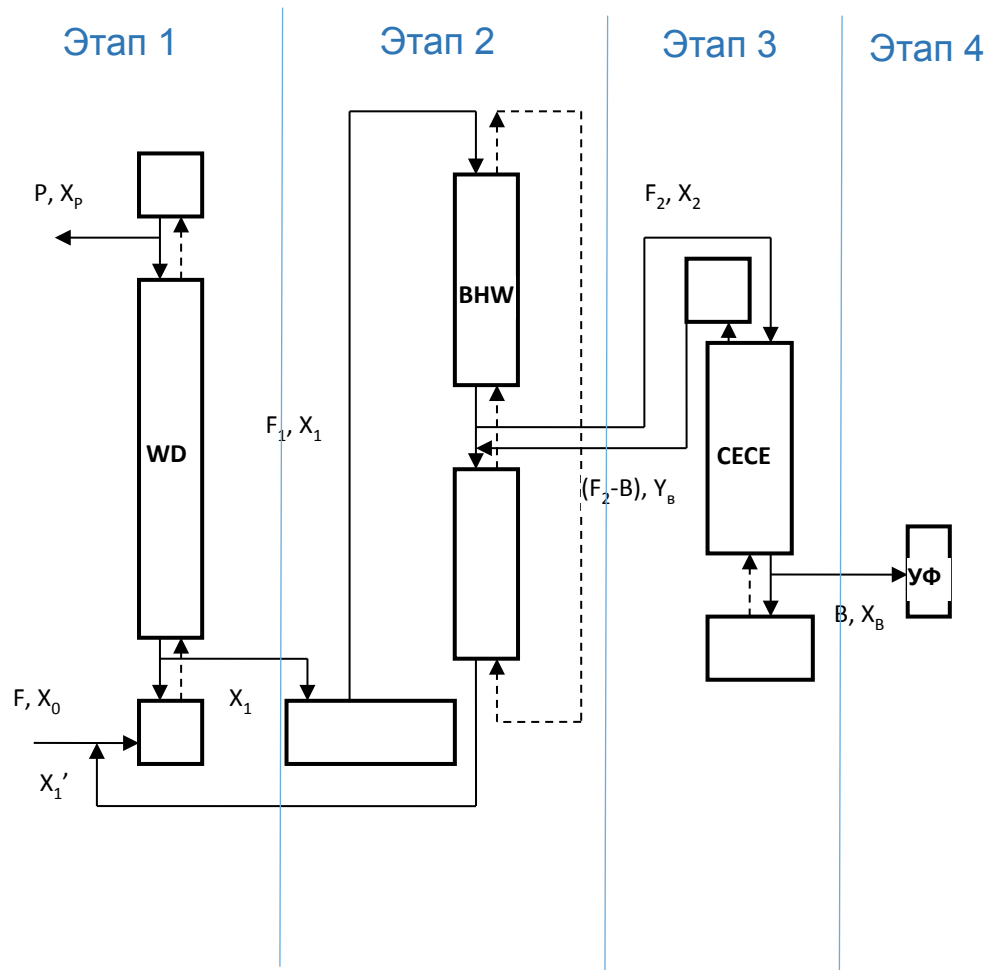
Производительность

Коэффициент  
концентриро  
вания

Безопасность

Капитальные  
вложения

Эксплуатационные  
расходы



На вход установки подается тритиевый конденсат.

Далее переработка осуществляется на трех последовательных узлах.

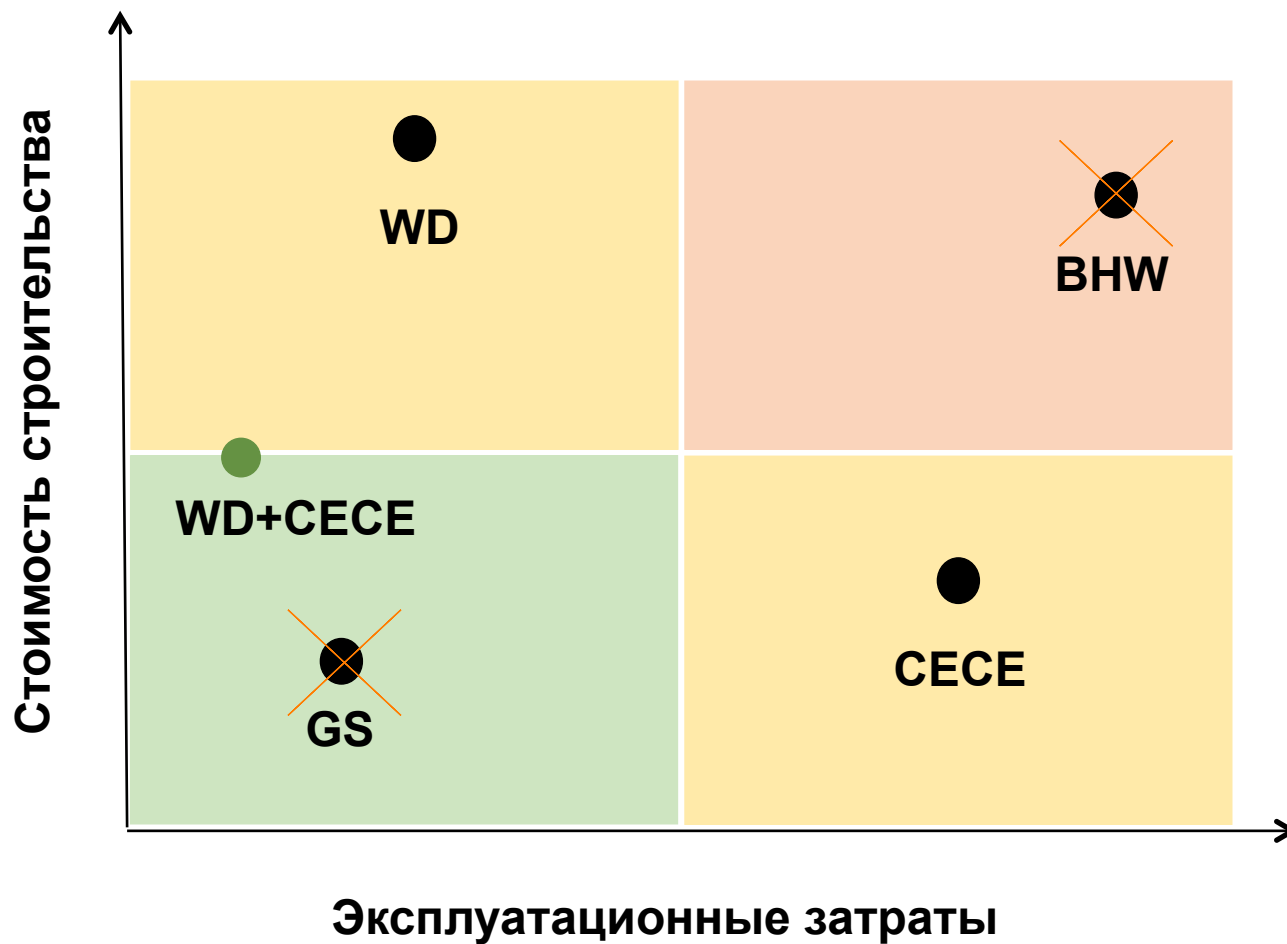
-ректификационный узел (WD) обеспечивает очистку дистиллята от примесей солей и органических примесей и осуществляет предварительное концентрирование трития в 10 раз.

-двухтемпературный узел (BHW) обеспечивает концентрирование трития в 10 раз.

-узел конечного концентрирования (CECE) трития обеспечивает концентрирование трития до уровня  $\approx 2,4 \times 10^{11}$  Бк/л (то - есть в 200 раз) и последующую его фиксацию (УФ) в виде твердого, устойчивого на воздухе продукта – тритида титана.

В результате концентрация трития в исходных ЖРО уменьшается в 20000 раз.

Коэффициент очистки и производительность одинакова







## Промышленная установка очистки ЖРО от трития

Технические характеристики установки:

Производительность по исходным ЖРО – 0.1 м<sup>3</sup>/ч

Коэффициент очистки – не менее 2 000

Концентрация трития ~ не менее 20 000

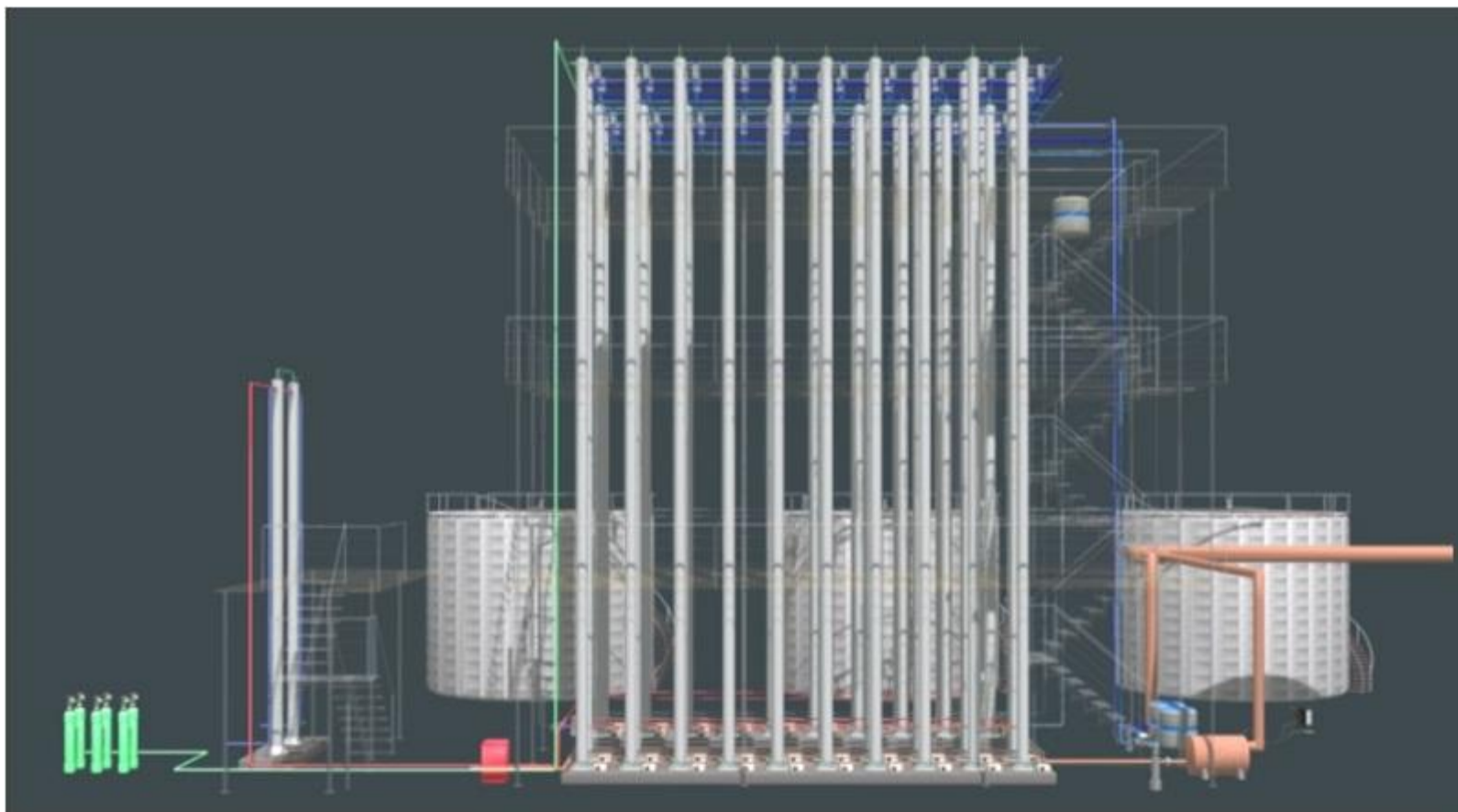
Энергозатраты:

электроэнергия – 100 кВт/ч

пар, 2.5 МПа – 2800 кг/ч

Габариты 40×20×27 м

Срок строительства 1 год



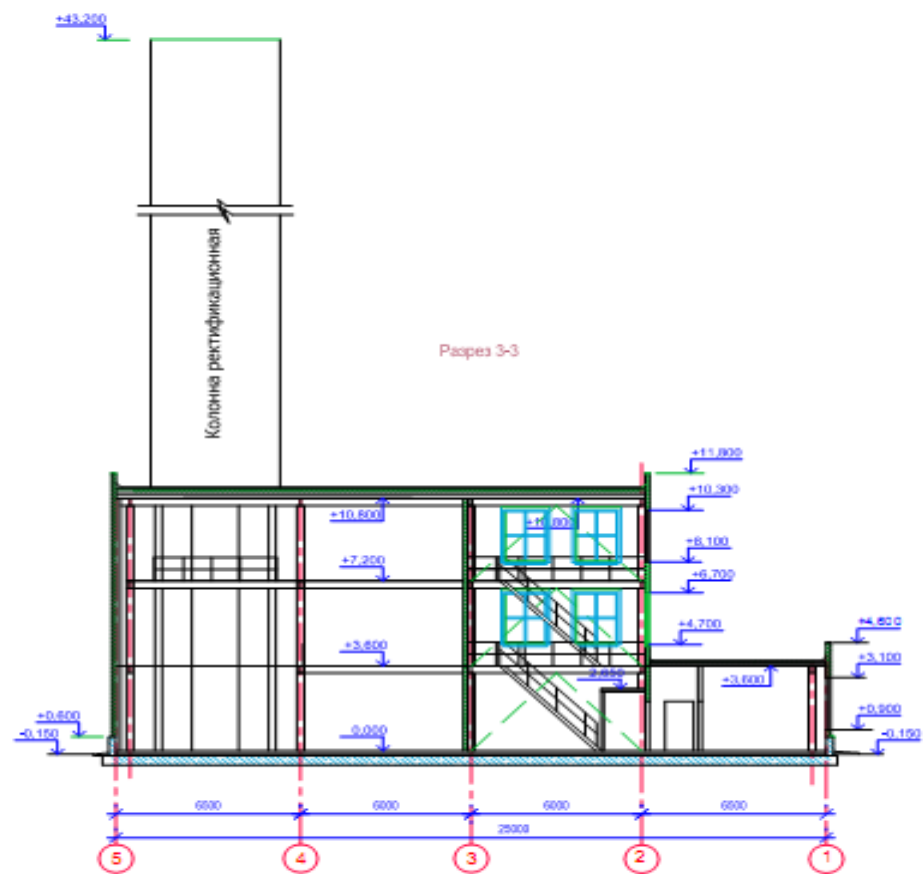
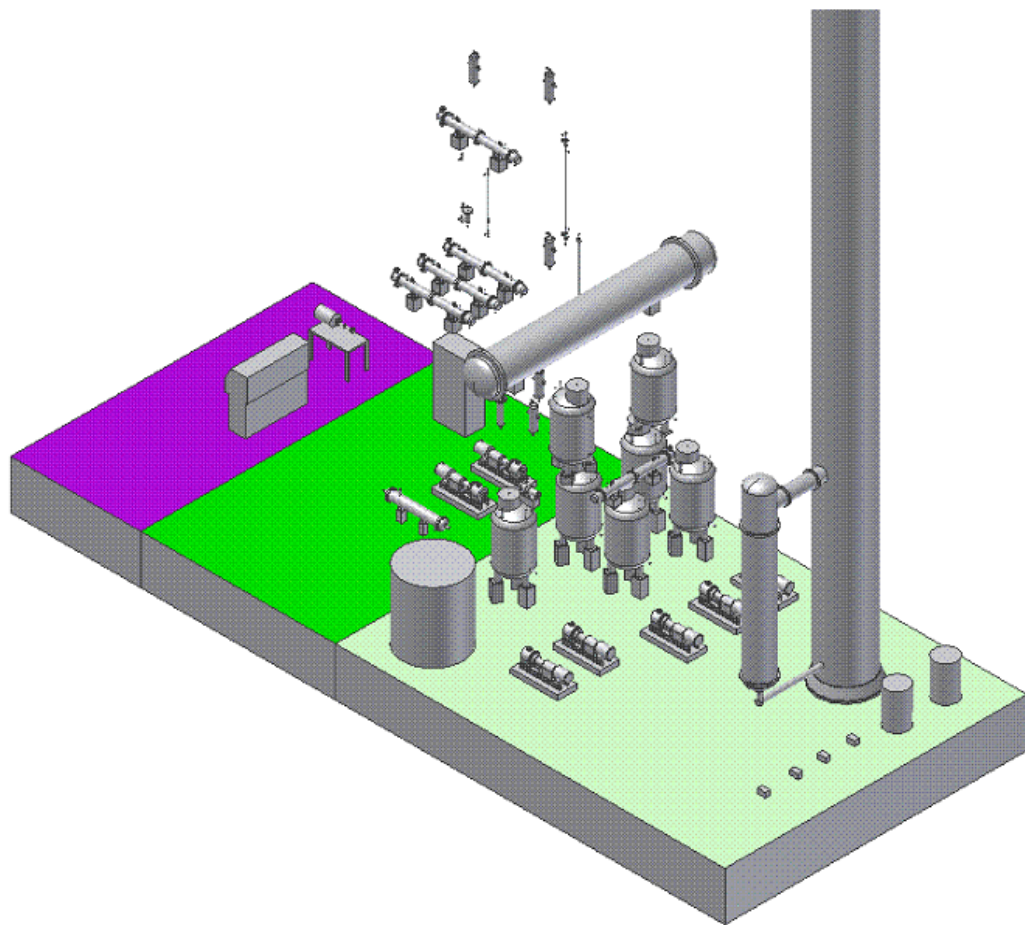


РОС  
РАО

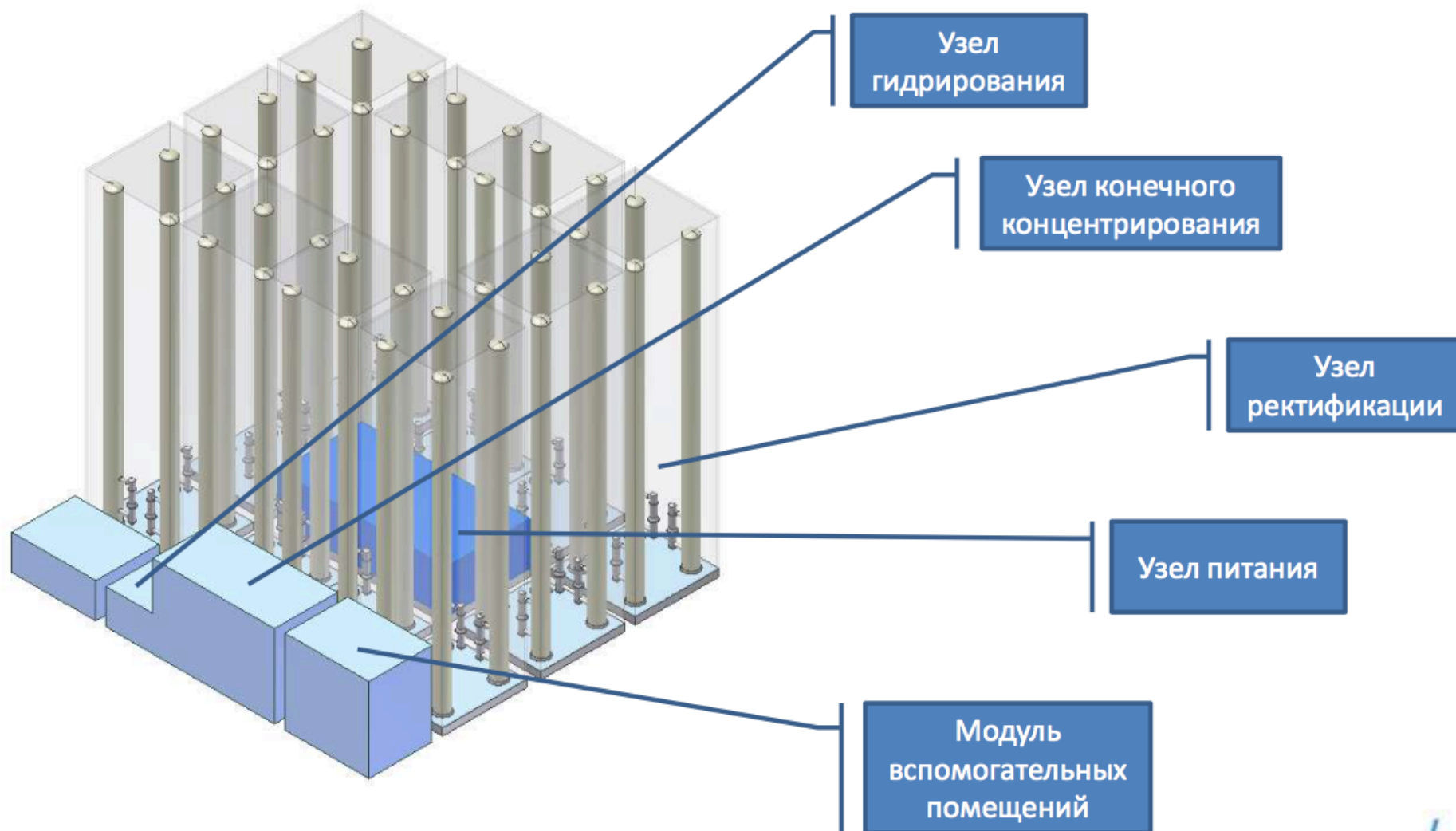
# Проблема накопления тритиевой воды на АЭС «Фукусима-1»

10





# Пример компоновки установки с производительностью 240 м<sup>3</sup>/день



# Спасибо за внимание!



Флоря Сергей, к.ф.-м. н.  
Руководитель проекта  
+7-916-007-05-79  
Florya.s@rosrao.ru

119017, РФ, г. Москва,  
Пыжевский пер., 6  
Тел.: +7 (495) 710-76-48  
Факс: +7 (495) 710-76-50  
e-mail: info@rosrao.ru

[www.rosrao.ru](http://www.rosrao.ru)

