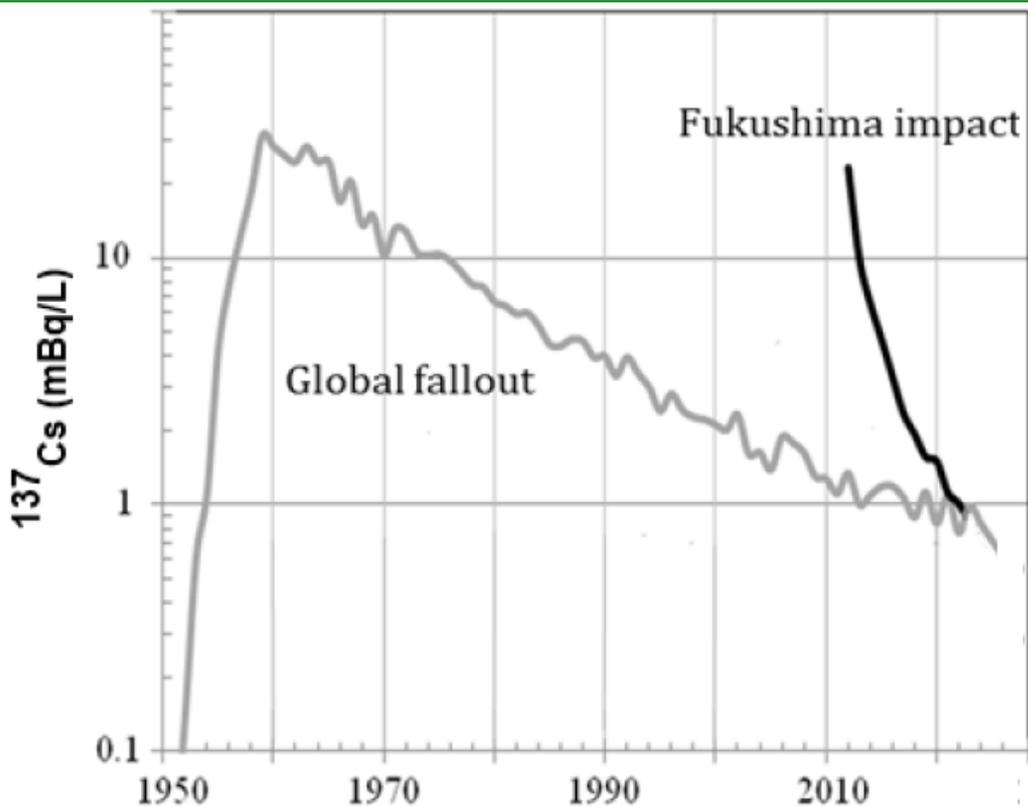


Учет содержания в водных объектах естественных и техногенных радионуклидов для подтверждения безопасного состояния АЭС как источника поступления сбросных вод

Екидин А. А., **Васильев А.В.**, Малиновский Г.П.,
Рогозина М.А., Васянович М.Е.





Удельная активность ^{137}Cs в Тихом океане (38°N , 164°E) в результате глобальных выпадений с оценкой вклада аварии на Фукусиме (Nakano and Povines, 2013)

Ядерные энергетические установки функционируют в окружающей среде с естественным и техногенно измененным радиационным фоном. В результате этого, в системах водоснабжения и водоотведения АЭС присутствуют техногенные радионуклиды, источником которых являются глобальные выпадения вследствие испытания ядерного оружия и аварий на предприятиях ядерного цикла.

Нормативно-правовые акты РФ и методические документы в области обеспечения радиационной безопасности не содержат прямых указаний на учет содержания в водных объектах естественных радионуклидов и радионуклидов от глобальных выпадений при обосновании нормативов допустимых сбросов.

Таким образом, вся ответственность за поступление радионуклидов при сбросах в водный объект сточных вод ложится на АЭС даже при условии содержания в используемой воде ^3H , ^{90}Sr , ^{137}Cs глобальных выпадений.

Неадекватность такой ситуации показывает сравнение поступления долгоживущих радионуклидов в водные объекты от эксплуатации ядерных установок АЭС с оценкой поступления тех же радионуклидов при производстве электроэнергии на ГЭС и ТЭЦ.



Саяно-Шушенская ГЭС



Аргаяшская ТЭЦ

Электростанция	^3H	^{137}Cs	^{90}Sr
Курская АЭС	До $2,5 \cdot 10^{13}$	До $4,2 \cdot 10^7$	До $5,4 \cdot 10^4$
Кольская АЭС	До $1,2 \cdot 10^{13}$	До $3,7 \cdot 10^5$	-
Балаковская АЭС	-	До $2,7 \cdot 10^7$	До $4,7 \cdot 10^7$
Аргаяшская ТЭЦ	До $1,3 \cdot 10^{12}$	До $6,8 \cdot 10^8$	До $5,7 \cdot 10^9$
Саяно-Шушенская ГЭС	$(9,4 \div 24) \cdot 10^{13}$	$(4,7 \div 7,1) \cdot 10^{10}$	До $1,2 \cdot 10^{11}$

Рассмотреть и обосновать возможность определения активности радионуклидов в жидких сбросах с учетом фонового радиоактивного загрязнения водных объектов и подтверждения безопасного состояния АЭС как источника поступления сбросных вод.

При этом важно принимать во внимание существующую законодательные требования в области использования водных объектов и нормативные требования в области радиационной безопасности при сбросах радионуклидов в водные объекты.

1. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ СБРОСА РАДИОНУКЛИДОВ

К основным принципам правового регулирования в области использования атомной энергии, в том числе при эксплуатации ядерных установок, относится (ст. 2, 21.11.1995 N 170-ФЗ Об использовании атомной энергии):

- защита отдельных лиц, населения и окружающей среды от радиационной опасности;
- возмещение ущерба, причиненного радиационным воздействием.

Обеспечение безопасности ядерной установки эксплуатирующей организацией включает: (ст. 35, 21.11.1995 N 170-ФЗ).

- безопасность для работников и населения;
- радиационный контроль в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения.

1.1 БЕЗОПАСНОСТЬ ДЛЯ РАБОТНИКОВ И НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ СБРОСОВ РАДИОНУКЛИДОВ

Содержание радиоактивных веществ в водных объектах не должно превышать предельно допустимые уровни **естественного радиационного фона**, характерные для отдельных водных объектов, и иные **установленные** в соответствии с законодательством Российской Федерации **нормативы**.

Запрещается сброс в водные объекты сточных вод, содержание в которых радиоактивных веществ, превышает нормативы допустимого воздействия на водные объекты (ст. 56, 03.06.2006 N 74-ФЗ Водный кодекс РФ).

1.1 БЕЗОПАСНОСТЬ ДЛЯ РАБОТНИКОВ И НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ СБРОСОВ РАДИОНУКЛИДОВ

Сбросы радиоактивных веществ в окружающую среду в пределах установленных нормативов допустимых сбросов, лимитов на сбросы допускаются на основании разрешений, выданных органами исполнительной власти, осуществляющими государственное управление в области охраны окружающей среды (ст. 23, 10.01.2002 N 07-ФЗ Об охране окружающей среды).

Нормативы допустимого воздействия на водные объекты разрабатываются на основании предельно допустимых концентраций радиоактивных веществ и **других показателей** качества воды в водных объектах (ст. 35, 03.06.2006 N 74-ФЗ).

1.1 БЕЗОПАСНОСТЬ ДЛЯ РАБОТНИКОВ И НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ СБРОСОВ РАДИОНУКЛИДОВ

Нормативы допустимого воздействия на водные объекты предназначены для установления **безопасных уровней** содержания загрязняющих веществ, а также **других показателей**, характеризующих воздействие на водные объекты, с учетом природно-климатических особенностей водных объектов данного региона и сложившейся в результате хозяйственной деятельности природно-техногенной обстановки.

Нормативы допустимого воздействия на водные объекты устанавливаются с учетом состояния водного объекта и его экологической системы на основе нормативов качества воды в водном объекте (п. 1, Приказ МПР РФ от 12.12.2007 г. N 328).

1.1 БЕЗОПАСНОСТЬ ДЛЯ РАБОТНИКОВ И НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ СБРОСОВ РАДИОНУКЛИДОВ

Расчет нормативов допустимых воздействий по привносу химических веществ и/или их смесей производится на основе баланса масс **с учетом природных и хозяйственных особенностей конкретного водохозяйственного участка.**

В качестве абиотических характеристик рассматриваются радиационные – уровень содержания радионуклидов в воде, тканях гидробионтов, донных отложениях (п. 28, Приказ МПР РФ от 12.12.2007 г. N 328).

1.2. РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ В САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЕ И ЗОНЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Организации, осуществляющие деятельность с использованием источников ионизирующего излучения, проводят **производственный контроль** за обеспечением радиационной безопасности.

Порядок проведения производственного контроля определяется для каждой организации с учетом особенностей и условий выполняемых ею работ (ст. 11, 09.01.1996 N 03-ФЗ О радиационной безопасности населения).

1.2. РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ В САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЕ И ЗОНЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Регламентируемые значения основных пределов доз облучения не включают в себя дозы, создаваемые **естественным радиационным** и **техногенно измененным радиационным фоном**.

Указанные значения пределов доз облучения являются исходными при установлении допустимых уровней облучения организма человека и отдельных его органов. (ст. 9, 09.01.1996 N 03-ФЗ О радиационной безопасности населения).

1.3. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ СБРОСА РАДИОНУКЛИДОВ

Рассмотренные положения нормативно-правовых актов в области использования водных объектов для сброса радионуклидов не являются достаточным основанием учета фоновой составляющей используемых водных объектов, но тем не менее способствуют осуществлению контроля оборота радионуклидов в системе «водный объект - АЭС» для подтверждения безопасной работы.

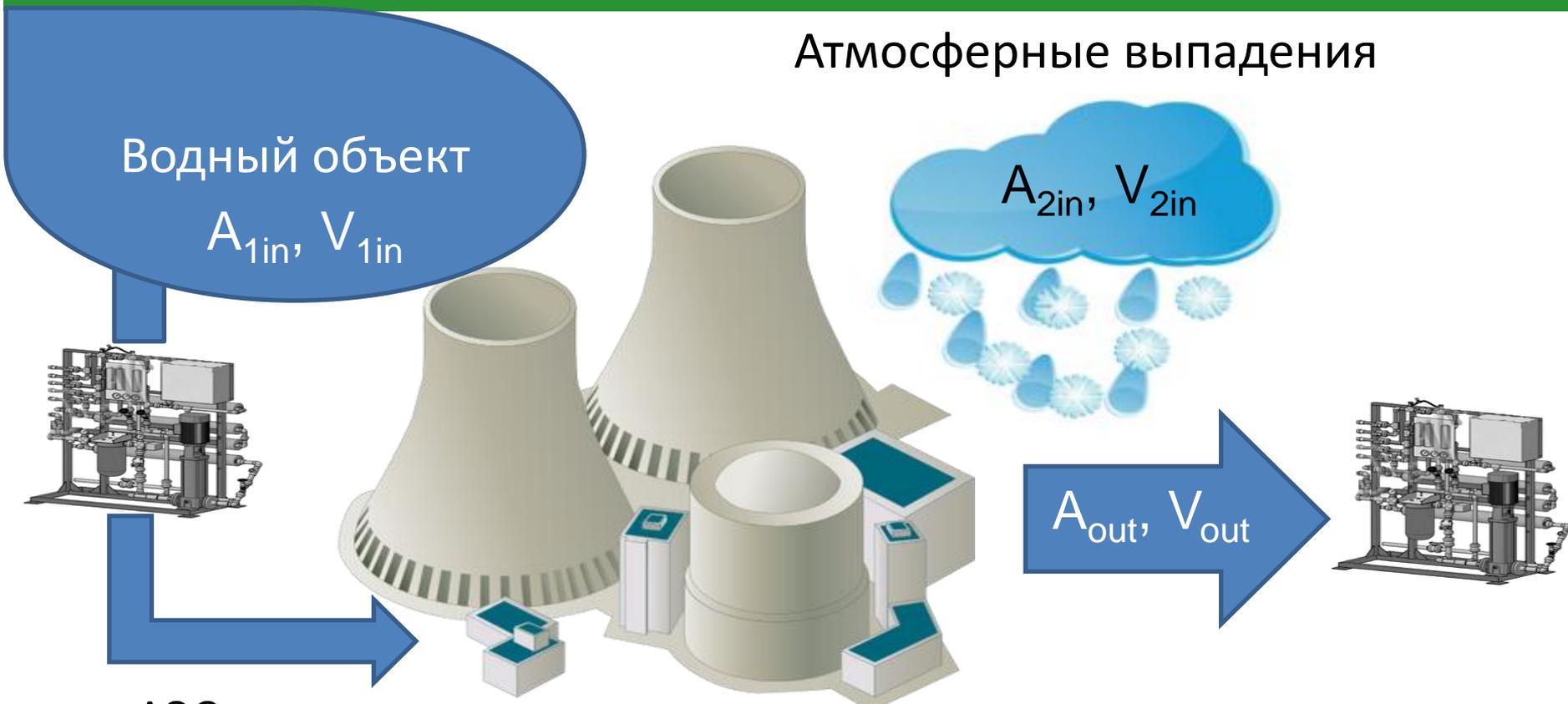
2. ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ БАЛАНСОВОЙ СХЕМЫ ОБОРОТА РН (СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ - ВОДНЫЙ ОБЪЕКТ)

Организация контроля оборота радионуклидов в системе «водный объект - АЭС» требует:

- организацию инструментального учета объема водопотребления по всем источникам и водоотведения по всем водовыпускам;
- учет атмосферных выпадений на площади водосбора и последующего формирования сбросов в водовыпуски АЭС;
- определение номенклатуры контролируемых радионуклидов;
- определение периодичности и мест отбора проб.

Результаты измерений удельной активности, количественные данные учета водопотребления-водоотведения должны служить исходными данными для подтверждения безопасного состояния АЭС как источника поступления сбросных вод.

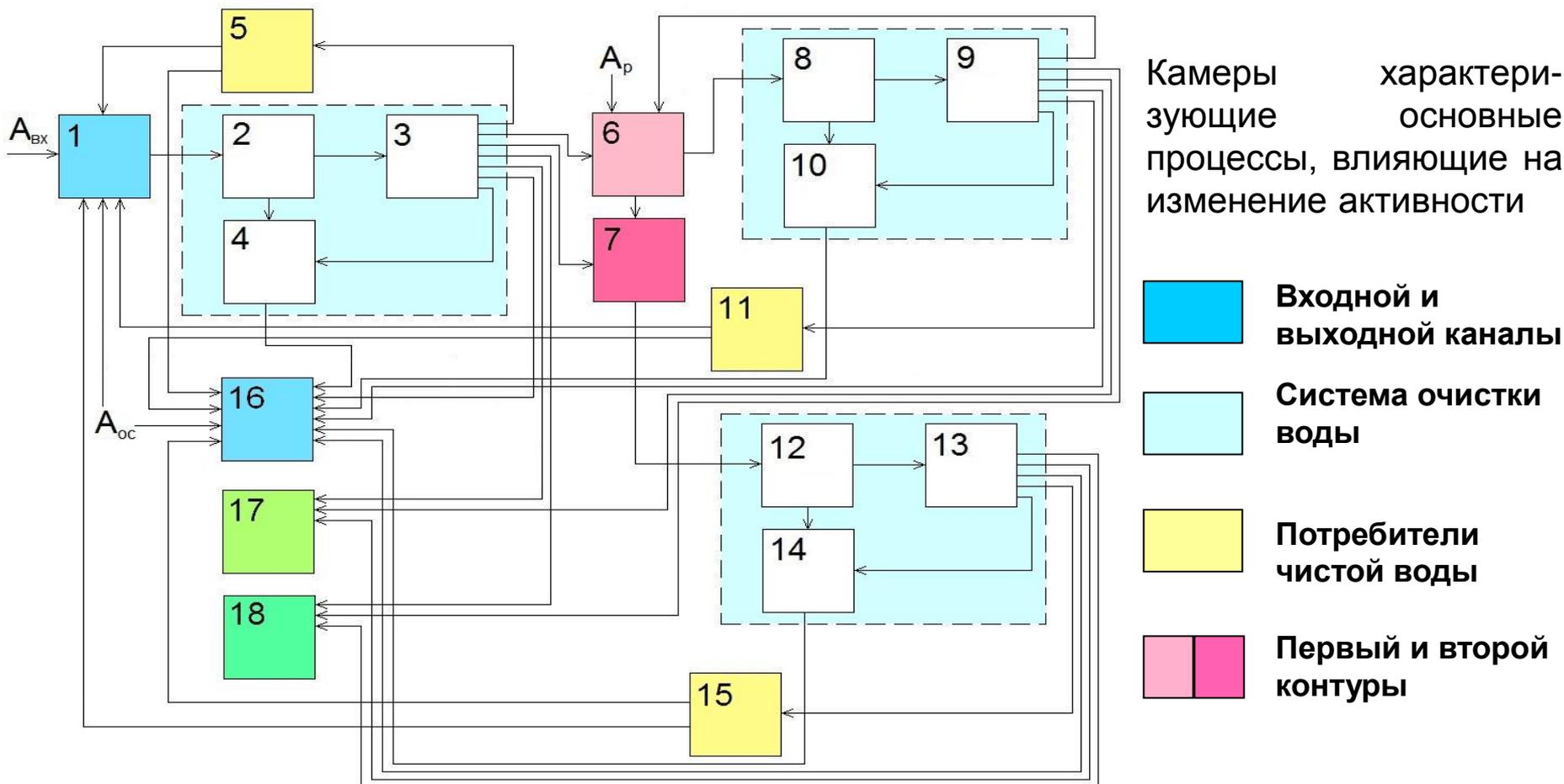
2. ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ БАЛАНСОВОЙ СХЕМЫ ОБОРОТА РН (СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ - ВОДНЫЙ ОБЪЕКТ)



АЭС не вносит дополнительного радиоактивного загрязнения в сточные воды в случае выполнения следующего неравенства:

$$A_{out} < A_{1in} + A_{2in}$$

2. ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ БАЛАНСОВОЙ СХЕМЫ ОБОРОТА РН (СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ - ВОДНЫЙ ОБЪЕКТ)

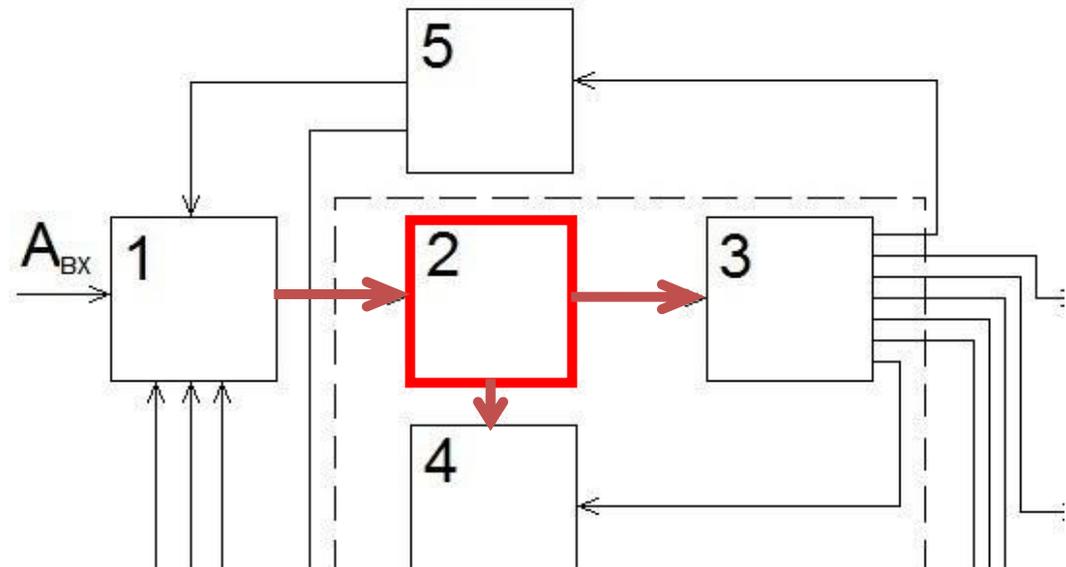


2. ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ БАЛАНСОВОЙ СХЕМЫ ОБОРОТА РН (СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ - ВОДНЫЙ ОБЪЕКТ)

Пример дифференциального уравнения

$$\frac{d}{dt} A_2(t) = \lambda_{1_2} \cdot A_1(t) - (\lambda_{2_3} + \lambda_{2_4} + \lambda) \cdot A_2(t)$$

$$\lambda_{2_3} := \frac{Q_{2_3}}{V_2}$$



2. ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ БАЛАНСОВОЙ СХЕМЫ ОБОРОТА РН (СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ - ВОДНЫЙ ОБЪЕКТ)

Исходными данными для контроля оборота радионуклидов с целью обеспечения безопасности населения и окружающей среды являются:

- данные мониторинга радонуклидов в источнике водоснабжения в местах забора воды, в атмосферных выпадениях на территории формирования поверхностного стока, во всех источниках сбросных вод АЭС (дебалансные и сточные воды);
- данные об объемах жидких сбросов и объемах воды, поступившей с водозабором.

Для реализации контроля оборота радионуклидов в системе водный объект-АЭС в число объектов мониторинга содержания радионуклидов включают контрольные точки в системе водопотребления-водоотведения.

Номенклатура и количество радионуклидов, поступающих в поверхностный водный объект со сбросами АЭС зависит от многих условий: типа реакторной установки, режима эксплуатации ЯЭУ, технического состояния, внешних природно-климатических условий.

Более 40 лет назад были определены **семнадцать радионуклидов** (^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{59}Fe , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{95}Zr , ^{103}Ru , ^{106}Ru , ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{141}Ce , ^{144}Ce и тритий), значения удельной активности которых в обязательном порядке должно контролироваться при эксплуатации АЭС.

Применение различных методов, приборов РК, различный уровень квалификации определяет причину различий в количественном составе достоверно контролируемых нуклидов в сбросах различных АЭС РФ.

3.1. ЕЖЕГОДНЫЕ ДАННЫЕ О СБРОСАХ ОТ НПО «ТАЙФУН», 2012 г.

АЭС \ Радионуклид	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co	⁵⁴ Mn	¹³⁴ Cs	³ H	⁵⁸ Co	⁵¹ Cr	⁹⁰ Sr	⁵⁹ Fe	⁸⁹ Sr	⁹⁵ Nb	¹⁰⁶ Ru	¹⁴⁴ Ce	¹³¹ I	⁶⁵ Zn	⁹⁵ Zr	¹⁰³ Ru	¹⁴¹ Ce	^{152,154} Eu	$\Sigma\beta$	$\Sigma\alpha$	Всего РН	
Балаковская	■	■	■	■	■															■		6	
Белоярская	■	■	■	■	■			■												■		8	
Билибинская	■		■				■	■														■	7
Калининская	■		■	■	■																■		6
Кольская	■			■	■							■	■								■		7
Курская	■	■			■			■													■		5
Ленинградская	■	■	■		■	■	■														■		7
Нововоронежская	■	■	■		■	■									■						■		7
Ростовская	■	■	■	■																	■		5
Смоленская	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■										■		12
Всего АЭС	10	10	8	5	8	3	3	4	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	10	1		

Ведется мониторинг
 Ведется мониторинг, но активность ниже МДА
 Нет данных о мониторинге

АЭС \ Радионуклид	^{137}Cs	^{60}Co	^{54}Mn	^{134}Cs	^3H	^{58}Co	^{51}Cr	^{90}Sr	^{59}Fe	^{89}Sr	^{95}Nb	^{106}Ru	^{144}Ce	^{131}I	^{65}Zn	^{95}Zr	^{103}Ru	^{141}Ce	$^{152,154}\text{Eu}$	$\Sigma\beta$	$\Sigma\alpha$	Всего РН
Балаковская	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	2
Белоярская	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	8
Билибинская	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	5
Калининская	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	17
Кольская	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	17
Курская	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	17
Ленинградская	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	2
Нововоронежская	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	3
Ростовская	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	5
Смоленская	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	11
Всего АЭС	10	9	7	7	7	5	4	5	4	5		3	3	3	3	4	3	3	1		1	

Ведется мониторинг
 Ведется мониторинг, но активность ниже МДА
 Нет данных о мониторинге

3.3. ОТЧЕТЫ КОНЦЕРНА РОСЭНЕРГООАТОМ О КОНТРОЛЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ВОДЕ ЗАБОРНЫХ КАНАЛОВ АЭС 2012 г.

АЭС \ Радионуклид	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co	⁵⁴ Mn	¹³⁴ Cs	³ H	⁵⁸ Co	⁵¹ Cr	⁹⁰ Sr	⁵⁹ Fe	⁸⁹ Sr	⁹⁵ Nb	¹⁰⁶ Ru	¹⁴⁴ Ce	¹³¹ I	⁶⁵ Zn	⁹⁵ Zr	¹⁰³ Ru	¹⁴¹ Ce	^{152,154} Eu	$\Sigma\beta$	$\Sigma\alpha$	Всего РН	
Балаковская	■	■																		■		3	
Белоярская	■				■																■		3
Билибинская	■	■						■													■		4
Калининская	■				■			■															3
Кольская	■																				■		2
Курская	■	■																			■		3
Ленинградская																							0
Нововоронежская	■	■																					2
Ростовская																							0
Смоленская																							0
Всего АЭС	7	4			2			2													5		



Ведется мониторинг



Ведется мониторинг, но активность ниже МДА



Нет данных о мониторинге

Данные предоставлены с оф. сайта данных Европейской Комиссии по радиоактивным выбросам/сбросам: <http://europa.eu/radd/>

Проведен анализ номенклатуры сбрасываемых нуклидов. Рассматривался весь набор радионуклидов, который контролируют на АЭС в каждой стране.

Всего было представлено данные с АЭС 16 стран ЕС, но в Литве и Италии на сегодняшний день нет действующих АЭС.

Страны: Бельгия, Болгария, Чехия, Финляндия, Франция, Германия, Венгрия, Италия, Литва, Румыния, Словакия, Словения, Испания, Швеции, Нидерланды, Великобритания.

Полный перечень контролируемых радионуклидов на АЭС ЕС включает **85 нуклидов.**

4. НОМЕНКЛАТУРА КОНТРОЛИРУЕМЫХ РАДИОНУКЛИДОВ НА АЭС ЕВРОПЫ

п/п	Страна	Количество действующих АЭС	Суммарное количество контролируемых радионуклидов
1	Бельгия	2	32
2	Болгария	1	35
3	Великобритания	9	32
4	Венгрия	1	30
5	Германия	8	27
6	Испания	5	58
9	Нидерланды	1	24
10	Румыния	1	33
11	Словакия	2	25
12	Словения	1	24
13	Финляндия	2	37
14	Франция	20	37
15	Чехия	2	28
16	Швеция	4	49

4. НОМЕНКЛАТУРА КОНТРОЛИРУЕМЫХ РАДИОНУКЛИДОВ НА АЭС ЕВРОПЫ

На всех АЭС осуществляется контроль 11 радионуклидов и двух суммарных показателей.

№ п.п.	Радионуклид	Доля АЭС
1	Ag-110m	100%
2	Co-60	100%
3	Cs-134	100%
4	Cs-137	100%
5	H-3	100%
6	I-131	100%
7	Mn-54	100%
8	Nb-95	100%
9	Sb-124	100%
10	Sb-125	100%
11	Zr-95	100%
12	$\Sigma\beta$	100%
13	$\Sigma\alpha$	100%

4. НОМЕНКЛАТУРА КОНТРОЛИРУЕМЫХ РАДИОНУКЛИДОВ НА АЭС ЕВРОПЫ

Еще 18 радионуклидов контролируется на половине и более АЭС ЕС.

№ п.п.	Радионуклид	Доля АЭС
1	Ce-141	93%
2	Ce-144	93%
3	Co-58	93%
4	Cr-51	93%
5	Fe-59	93%
6	Sr-89	86%
7	Ru-106	79%
8	Sr-90	79%
9	Ba-140	71%
10	Ru-103	71%
11	Zn-65	71%
12	Fe-55	64%
13	Ni-63	57%
14	Sb-122	57%
15	La-140	50%
16	Mo-99	50%
17	Te-123m	50%
18	Pu-238-240	50%

4. НОМЕНКЛАТУРА КОНТРОЛИРУЕМЫХ РАДИОНУКЛИДОВ НА АЭС ЕВРОПЫ

Более чем на 10%, но менее 50% АЭС ЕС осуществляется контроль дополнительно еще 22 радионуклидов.

№ п.п.	Радионуклид	Доля АЭС
1	Am-241	43%
2	Cs-136	43%
3	Co-57	36%
4	Ns-24	36%
5	As-76	29%
6	Cm-242-244	29%
7	I-133	29%
8	Tc-99m	29%
9	Ag-108m	21%
10	Be-7	21%
11	C-14	21%
12	Nb-97	21%
13	Sn-113	21%
14	Te-132	21%
15	Xe-133	21%
16	Cd-109	14%
17	Eu-152,154,155	14%
18	I-132	14%
19	Na-22	14%
20	Se-75	14%
21	Sn-117m	14%
22	Zr-97	14%

4. НОМЕНКЛАТУРА КОНТРОЛИРУЕМЫХ РАДИОНУКЛИДОВ НА АЭС ЕВРОПЫ

Менее 10% АЭС в ЕС дополнительно осуществляют контроль 31 радионуклида: Am-243, Ba-131, Br-84, Ce-139, Cs-138, Cu-64, Gd-153, Hf-181, I-134, I-135, K-42, Nb-94, Nb-95m, Ni-59, Np-237, Np-239, Pm-147, Po-210, Pr-144, Rh-106, S-35, Sc-46, Sr-85, Sr-92, Tc-99, W-187, Xe-131m, Xe-133m, Xe-135m, Xe-135, Xe-138.

Для подтверждения безопасного состояния АЭС как источника поступления сбросных вод достаточно:

- определить номенклатуру контролируемых радионуклидов, места и способы отбора проб;
- выбрать методы подготовки и измерения проб;
- использовать математическую модель кинетики радионуклидов в системе водопотребления-водоотведения АЭС для интерпретации случаев превышения уровня фоновой активности в сбросах АЭС.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

