

## Оценка системы вентиляции для централизованного хранилища отработанных источников ионизирующего излучения

Проведен анализ опасности обращения с отработанными источниками ионизирующего излучения в строящемся в Чернобыльской зоне отчуждения централизованном хранилище. Предложены модели для расчета возможных ситуаций, связанных с загрязнением радионуклидами помещений хранилища. Выполнены расчеты необходимой кратности воздухообмена для вентиляции помещений при работе с источниками, содержащими радионуклиды  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$ .

На основании разработанного зонирования хранилища и выполненных расчетов приведены рекомендованные объемы воздуха общеобменной вентиляции помещений централизованного хранилища.

Ключевые слова: централизованное хранилище, отработанные источники ионизирующего излучения, вентиляция, активность, радионуклид.

Ю. М. Сорока, О. В. Удод

### Оцінка системи вентиляції для централізованого сховища відпрацьованих джерел іонізуючого випромінювання

Проведено аналіз небезпеки поводження з відпрацьованими джерелами іонізуючого випромінювання в споруджуваному в Чернобыльській зоні відчуження централізованому сховищі. Запропоновано моделі для розрахунку можливих ситуацій, пов'язаних із забрудненням радіонуклідами приміщень сховища. Виконано розрахунки необхідної кратності повітрообміну для вентиляції приміщень при роботі з джерелами, що містять радіонукліди  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ .

На підставі розробленого зонування сховища та виконаних розрахунків наведено рекомендовані об'єми повітря загальнообмінної вентиляції приміщень централізованого сховища.

Ключові слова: централізоване сховище, відпрацьовані джерела іонізуючого випромінювання, вентиляція, активність, радіонуклід.

© Ю. Н. Сорока, Е. В. Удод, 2014

Централизованное хранилище отработанных источников ионизирующего излучения (ЦХОИ-ИИ) — хранилище, предназначенное для идентификации, характеристики, паспортизации и хранения отработанных источников ионизирующего излучения, — проектируется и строится в Чернобыльской зоне отчуждения. Проект предусматривает комплекс технических решений, направленных на эффективное и безопасное проведение работ при обращении с отработанными источниками ионизирующего излучения. Прежде всего, это следующие мероприятия, связанные с минимизацией «текущего» облучения персонала и предотвращением поступления радиоактивных веществ в объекты природной среды:

проведение входного радиометрического контроля упаковок с ОИИИ, поступающих от поставщика — ГМСК ГК «УкрГО «Радон»», дистанционно без извлечения их из транспортной защитной упаковки;

снижение уровня мощности дозы от упаковок с ОИИИ, размещенных в хранилищах, а также на всех этапах движения ОИИИ в технологическом цикле обращения с ними в помещениях ЦХОИИИ;

использование «горячих» камер, оснащенных биологической защитой, и радиационно-защитного бокса при операциях по обращению с ОИИИ;

радиометрический контроль всей технологической цепочки обращения с ОИИИ;

внедрение современной системы дозиметрического контроля, включая и непрерывный мониторинг объектов природной среды.

В централизованное хранилище принимаются:

радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РИТЭГ); обрабатывать их не предполагается, они непосредственно будут размещаться в зоне хранения на специальном участке;

блоки гамма-источников (БГИ и БГИ-Е);  $\gamma$ -источники будут извлекать из БГИ в «горячей» камере (ГК), паспортизовать и помещать в специальный технологический стакан, а после герметизации — в загрузочные стаканы с пробкой и отправлять в зону хранения на участок загрузочных стаканов;

нейтронные источники; их будут только паспортизовать в камере В и в защитном контейнере (ЗК) помещать в зону хранения нейтронных источников;

$\gamma$ - и  $\beta$ -ОИИИ; ЗК с такими источниками будут доставлять непосредственно в камеру В и после паспортизации герметизировать, как и  $\gamma$ -источники из БГИ, после чего направлять на хранение;

$\alpha$ -источники; их будут паспортизовать в защитном перчаточном боксе и передавать на участок хранения  $\alpha$ -источников.

Проектный срок хранения отработанных источников в хранилище — 50 лет. Количественный и качественный состав ОИИИ приведен в табл. 1.

Выполнение работ по обращению с ОИИИ приводит к радиоактивному загрязнению как помещений и оборудования, где проводятся эти работы, так и окружающей среды, что следует из анализа ситуации на предприятиях, где в настоящее время происходит обращение с ОИИИ. Эксперты МАГАТЭ в марте-апреле 2001 года изучили существующую практику обращения с РАО на Киевском и Харьковском государственных межобластных спецкомбинатах УкрГО «Радон» [1], разработали рекомендации для ее усовершенствования и подготовили предложения по техническому обеспечению и поставке оборудования (в первую очередь, по хранению герметизированных

Таблица 1. Качественный и количественный состав поступающих на ЦХОИИИ отработанных источников ионизирующего излучения

Радионуклид	Количество ОИИИ, шт.	Суммарная активность, Бк
$^{57}\text{Co}$	333	7,67397E+10
$^{60}\text{Co}$	5312	4,2231E+12
$^{137}\text{Cs}$	9184	3,2856E+14
$^{55}\text{Fe}$	175	8,2E+09
$^{226}\text{Ra}$	1247	3,75E+13
$^{238}\text{Pu}$	5294	1,519E+13
$^{239}\text{Pu}$	148006	3,748E+13
$^{241}\text{Am}$	10924	1,807E+12
$^{252}\text{Cf}$	18	1,33E+12
$^3\text{H}$	12047	4,714E+14
$^{14}\text{C}$	985	1,032E+10
$^{63}\text{Ni}$	1537	1,256E+11
$^{85}\text{Kr}$	382	1,798E+11
$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$	53700	2,9710E+16

ОИИИ). В отчете МАГАТЭ [1] для хранилища отработанных ампулированных ИИИ № 17 пункта захоронения радиоактивных отходов ХГМСК приведены следующие результаты исследований:

объемное содержание  $^{222}\text{Rn}$  в воздухе на глубине 1 м в грузочном канале хранилища —  $172,3 \pm 0,470$  тыс. Бк·м<sup>-3</sup>; мощность дозы в хранилище ИИИ № 17 в поперечном разрезе грузочного гнезда —  $21,62$  мЗв·ч<sup>-1</sup>; фоновое значение —  $0,40$  мЗв·ч<sup>-1</sup>;

поверхностное загрязнение нижней части грузочного канала по  $^{137}\text{Cs}$  —  $18,9 \pm 0,01$  Бк·см<sup>-2</sup>, по  $^{226}\text{Ra}$  —  $37,1 \pm 0,01$  Бк·см<sup>-2</sup>; верхней части грузочного канала по  $^{137}\text{Cs}$  —  $0,081 \pm 0,009$  Бк·см<sup>-2</sup>, по  $^{226}\text{Ra}$  —  $0,004 \pm 0,002$  Бк·см<sup>-2</sup>;

поверхностное загрязнение грузочного отверстия по  $^{137}\text{Cs}$  —  $38,8 \pm 0,09$  Бк·см<sup>-2</sup>, по  $^{226}\text{Ra}$  —  $2,15 \pm 0,01$  Бк·см<sup>-2</sup>, по  $^{239}\text{Pu}$  —  $0,02$  Бк·см<sup>-2</sup>;

загрязнение поверхности земли возле хранилища по  $^{137}\text{Cs}$  —  $200,7 \pm 0,3$  Бк·г<sup>-1</sup>; по  $^{226}\text{Ra}$  —  $20,44 \pm 0,05$  Бк·г<sup>-1</sup>.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1) загружаемые в хранилище ОИИИ имеют вследствие различных факторов возможность к разгерметизации и, соответственно, к радиоактивному загрязнению как поверхности самого хранилища, так и окружающей территории;

2) особую опасность вызывает  $^{226}\text{Ra}$ , который мигрирует из разрушенных источников и становится дополнительным мощным источником загрязнения  $^{222}\text{Rn}$  окружающей среды;

3) под воздействием мощного ионизирующего излучения происходит радиолиз воздуха и воды, вследствие чего появляются озон, оксиды азота и водород. Эти агрессивные элементы приводят как к мощной коррозии, так и создают, при недостаточной вентиляции, вероятность взрывов и пожаров.

Для ЦХОИИИ с точки зрения опасности для персонала внешнего и внутреннего облучения [2], определяющего уровень безопасности в целом по предприятию, основной вклад в дозу облучения будут вносить ИИИ радионуклидов  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$ .

В табл. 2 приведены использованные для расчетов параметры ОИИИ основных радионуклидов.

Таблица 2. Основные ОИИИ, использованные в расчетах по вентиляции

Изотоп	Тип ИИИ	Активность паспортная (на 05.12.11), Бк
$^{226}\text{Ra}$	РА 13	3,69E+7
	ЕР-10	7,27E+8
$^{60}\text{Co}$	ГИК 5-4	7,54E+11
$^{241}\text{Am}$	ИИИ	9,14E+9
	MNG-108	1,73E+8
$^{137}\text{Cs}$	ГСс 7.021.4	1,9E+12
	ИГИ-Ц-8	3,74E+13
$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$	БИС-20	3,7E+7
	РИТ-90-230-95	1,5E+15
$^{238}\text{Pu} + \text{Be}$	ИВН-8-7	1,01E+12
$^{239}\text{Pu} + \text{Be}$	ИВН-22	2,5E+10

Общая модель расчета необходимой кратности вентиляции на ЦХОИИИ строится с применением моделей МАГАТЭ, используемых для оценки безопасности перевозки радиоактивных материалов [3, 4].

*Модель 1.* В правилах перевозки радиоактивных материалов МАГАТЭ, начиная с 1973 года, принималось, что при аварии выходит  $10^{-3}$  содержимого упаковки и что  $10^{-3}$  этого выхода поступает в организм человека. Такие же значения, сохраненные и в правилах МАГАТЭ издания 2009 года, применим для расчетов, связанных с выходом радионуклидов из ОИИИ.

*Модель 2.* Для  $\alpha$ - и  $\beta$ -активных радионуклидов принимается, что 1 % содержимого упаковки равномерно распределен на площади 1 м<sup>2</sup>.

Для оценки перехода радионуклидов в воздух воспользуемся коэффициентом диспергирования  $K_d$ , с<sup>-1</sup>, характеризующим скорость перехода радионуклидов с поверхности в воздух. Значения  $K_d$  определены по результатам исследований [6] при различных видах механического воздействия на поверхность материала, имеющего фиксированное загрязнение: при сдуве загрязнения воздушным потоком —  $10^{-11} \dots 10^{-14}$  с<sup>-1</sup>; при истирании поверхности образцов волосяной щеткой —  $10^{-6} \dots 10^{-8}$  с<sup>-1</sup>.

Кроме того, по результатам экспериментальных исследований оценено различие в скорости перехода в воздух фиксированного и нефиксированного загрязнения поверхностей:

при сдуве загрязнения воздушным потоком и при ударных воздействиях на поверхность образцов скорость перехода в воздух фиксированного загрязнения на порядок ниже, чем для нефиксированного загрязнения;

Таблица 3. Исходные данные для расчета

Изотоп	Тип ИИИ	Активность паспортная (на 05.12.11), Бк	Активность, вышедшая в помещение, Бк	Активность, которая может поступить в организм работающего, Бк	$PC_A^{inhal}$ , Бк·м <sup>-3</sup> [3]
<sup>226</sup> Ra	РА 13	3,69E+7	3,69E+4	3,69E+1	6E-2
	ЕР-10	7,27E+8	7,27E+5	7,27E+2	
<sup>60</sup> Co	ГИК 5-4	7,54E+11	7,54E+8	7,54E+5	7E+1
<sup>241</sup> Am	ИИИ	9,14E+9	9,14E+6	9,14E+3	3E-2
	MNG-108	1,73E+8	1,73E+5	1,73E+2	
<sup>137</sup> Cs	ГС7 7.021.4	1,9E+12	1,9E+9	1,9E+6	6E+1
	ИГИ-Ц-8	3,74E+13	3,74E+10	3,74E+7	
<sup>90</sup> Sr + <sup>90</sup> Y	БИС-20	3,7E+7	3,74E+4	3,74E+1	1E+1
	РИТ-90-230-95	1,5E+15	1,5E+12	1,5E+9	
<sup>238</sup> Pu+Be	ИВН-8-7	1,01E+12	1,01E+9	1,01E+6	3E-2
<sup>239</sup> Pu+Be	ИВН-22	2,5E+10	2,5E+7	2,5E+4	3E-2

при истирании поверхностей образцов скорости перехода в воздух для фиксированного и нефиксированного загрязнения отличаются в три раза.

*Модель 3.* Для радиоактивного газа <sup>222</sup>Rn принимается допущение о 100 %-ном выходе радона (вместо 10<sup>-3</sup>).

В табл. 3 приведены показатели, использованные при расчете кратности воздухообмена для помещений ЦХОИИИ по модели 1, в табл. 4 — расчетные значения по кратности воздухообмена для некоторых помещений ЦХОИИИ в зависимости от изотопа, находящегося в ОИИИ.

Объем воздуха при обменной вентиляции ( $L_p$ ) рассчитывают по разбавлению воздуха до допустимого содержания вредных веществ, выделяемых в помещении. При вредных веществах в виде газов, паров и пыли

$$L_p = G / (C_1 - C_2), \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}, \quad (1)$$

где  $G$  — количество вредного вещества, выделяющегося в воздух помещения, г/ч;  $C_1$  — ПДК данного вещества в 1 м<sup>3</sup> воздуха для рабочих помещений;  $C_2$  — содержание этого вещества в 1 м<sup>3</sup> приточного воздуха. (Величины  $G$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  должны быть в единицах одной системы измерения.)

Эту же формулу используем при расчете воздухообмена для ЦХОИИИ, где вредностями являются радиоактивные аэрозоли и газы. Кратность воздухообмена в помещении

$$K_p = L_p / V, \text{ ч}^{-1}, \quad (2)$$

где  $V$  — объем помещения, м<sup>3</sup>.

Для помещений № 6 (участок дезактивации), № 16 (ремонтная зона) применим для оценки кратности воздухообмена модели 2 и 3. Фильтры, загрязненные вследствие выхода активности с ОИИИ в помещение, полностью улавливают всю вышедшую активность радионуклидов, демонтируются и транспортируются через помещение № 16 в помещение № 6 на участок дезактивации. В табл. 5 приведены исходные данные для расчета и результаты расчета кратности воздухообмена по моделям 2 и 3. Для расчетов в модели 2 коэффициент диспергирования нефиксированного загрязнения при сдуве его воздушным

Таблица 4. Расчетные значения кратности воздухообмена для некоторых помещений ЦХОИИИ в зависимости от изотопа, находящегося в ОИИИ

Наименование помещения	Внутренний объем помещения, м <sup>3</sup>	Изотоп	Расчетная кратность воздухообмена, ч <sup>-1</sup>
Помещение № 1. Участок приема контейнеров	1045	<sup>226</sup> Ra	0,6
		<sup>60</sup> Co	103
		<sup>241</sup> Am	3,0E+4
		<sup>137</sup> Cs	6,0E+3
		<sup>90</sup> Sr + <sup>90</sup> Y	4,0E-3
		<sup>238</sup> Pu + Be	3,2E+4
Помещение № 12. «Горячая» камера В	43,2	<sup>239</sup> Pu + Be	800
		<sup>226</sup> Ra	14
		<sup>60</sup> Co	2,5E+3
		<sup>241</sup> Am	705
		<sup>137</sup> Cs	1,44E+5
		<sup>90</sup> Sr + <sup>90</sup> Y	0,08
Помещение № 18. Хранилище	4468	<sup>238</sup> Pu + Be	7,6E+5
		<sup>239</sup> Pu + Be	1,9E+4
		<sup>226</sup> Ra	0,13
		<sup>60</sup> Co	24
		<sup>241</sup> Am	7
		<sup>137</sup> Cs	1,4E+3
Помещение № 18. Хранилище	4468	<sup>90</sup> Sr + <sup>90</sup> Y	3,35E+4
		<sup>238</sup> Pu + Be	7,4E+3
		<sup>239</sup> Pu + Be	190
		<sup>226</sup> Ra	0,13

Таблица 5. Расчетные значения кратности воздухообмена для помещений № 6 и № 16 ЦХОИИИ в зависимости от изотопа, находящегося в ОИИИ

Наименование помещения	Внутренний объем помещения, м <sup>3</sup>	Изотоп	Активность, вышедшая в помещение и задержанная фильтром, Бк	Расчетная кратность воздухообмена, ч <sup>-1</sup>
Помещение № 16. Ремонтная зона	161,7	<sup>226</sup> Ra	7,27E+5	2,7E-5
		<sup>60</sup> Co	7,54E+8	2,3E-3
		<sup>241</sup> Am	9,14E+6	6,8E-3
		<sup>137</sup> Cs	3,74E+10	0,13
		<sup>90</sup> Sr + <sup>90</sup> Y	3,74E+4	8,3E-7
		<sup>238</sup> Pu+Be	1,01E+9	0,75
		<sup>239</sup> Pu+Be	2,5E+7	1,8E-2
Помещение № 6. Участок дезактивации	63	<sup>226</sup> Ra	7,27E+5	2,7E-5
		<sup>60</sup> Co	7,54E+8	6,0E-3
		<sup>241</sup> Am	9,14E+6	1,7E-2
		<sup>137</sup> Cs	3,74E+10	0,35
		<sup>90</sup> Sr + <sup>90</sup> Y	3,74E+4	2,1E-7
		<sup>238</sup> Pu+Be	1,01E+9	1,9
		<sup>239</sup> Pu+Be	2,5E+7	4,7E-2
Помещение № 16. Ремонтная зона	161,7	<sup>226</sup> Ra и эманирование из него <sup>222</sup> Rn	7,27E+5	5,4E+3
Помещение № 6. Участок дезактивации	63	<sup>226</sup> Ra и эманирование из него <sup>222</sup> Rn	7,27E+5	1,4E+4

потоком принят равным  $10^{-10} \text{ с}^{-1}$ . В модели 3 в качестве допустимой концентрации <sup>222</sup>Rn принимаем значение, равное  $3000 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$  исходя из допустимой эквивалентной равновесной объемной активности <sup>222</sup>Rn в воздухе, равной  $1200 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ , и коэффициента равновесия, равного 0,4.

Кроме решения вопросов, связанных с радиационной безопасностью, производится проверка «горячих» камер на опасность радиолиза и появление вредных и взрывоопасных газов. Проектирование вентиляции таких помещений, определение объема выбросов вентиляционного воздуха в атмосферу и способов его очистки выполняют в соответствии с требованиями санитарных правил [6].

Кратность воздухообмена в зависимости от объема «горячей» камеры, где установлены источники,

$$K = 3,1 \cdot 10^3 - Q \cdot V_K^{-2/3}, \text{ ч}^{-1}, \quad (3)$$

где  $Q$  — активность источника ионизирующего излучения, Ки;  $V_K$  — объем «горячей» камеры, м<sup>3</sup>.

Расчет показал, что при максимальной активности источника <sup>137</sup>Cs, равной 14 000 Ки, кратность воздухообмена составит 3,5.

Однако на практике к расчету воздухообмена по разбавлению вредностей при радиоактивных веществах прибегают редко. Как видно на примере выполненных расчетов, даже при выделении в помещение микроскопической массы радиоактивных веществ требуются астрономические объемы воздуха. В подавляющем большинстве случаев в дополнение к местной вентиляции предусматривают общеобменную вентиляцию со следующей кратностью обмена за 1 ч [7]:

а) в помещениях для работ 1-го класса в зоне I — 20...30, в зоне II — 10, в зоне III — 5;

б) в помещениях для работ 2-го класса — 5;

в) в помещениях для работ 3-го класса — 3.

На рис. 1 приведено зонирование ЦХОИИИ исходя из требований ОСПУ2005 [8], а в табл. 6 даны названия рабочих помещений в соответствии с проектом и приведены рассчитанные объемы воздуха для общеобменной вентиляции помещений предприятия. Данные объемы воздуха общеобменной вентиляции помещений предприятия обеспечат безопасность эксплуатации ЦХОИИИ и исключат переоблучение персонала в нестандартных ситуациях.

Таблица 6. Рекомендуемые значения кратности воздухообмена и необходимые количества приточно-вытяжного воздуха для помещений ЦХОИИИ в зависимости от их зонирования

№ помещения	Наименование помещения	Внутренний объем, м <sup>3</sup>	Зона	Класс работ	Минимальная кратность	Количество приточно/вытяжного воздуха, м <sup>3</sup> ·ч <sup>-1</sup>
1	Участок приема контейнеров	1045	II	2	5	5225
2	Помещение дозиметриста	46,53	II	3	3	140
3	Помещение временного размещения контейнеров	990	II	3	3	2970
4	Участок сортировки α- и β- источников	63,36	II	2	5	317
5	Экспресс-лаборатория*	55,44	II	2	5	2300
6	Участок дезактивации	63,03	II	1	20	1260
10	Участок подготовки БГИ и Э	118,02	II	2	5	590
11	«Горячая» камера А**	27,36	I	1	30	6480
12	«Горячая» камера В**	43,2	I	1	30	6480
13	«Горячая» камера С**	34,2	I	1	30	6480
14	Операторская	267,7	III	3	3	804
15	Коридор	522	II	3	5	2610
16	Ремонтная зона	161,7	I	1	30	4851
18	Хранилище	4468	II	2	5	22340
20	Тамбур	18	II	3	3	54
21	Помещение для «грязной» спецодежды	22,8	II	3	3	68,4
Вспомогательные помещения		487,5	III	3	3	1463

\* Определено расчетом исходя из скорости воздуха в проеме вытяжного шкафа 1,5 м·с<sup>-1</sup>.

\*\* Определено расчетом исходя из скорости воздуха в проеме двери 1,0 м·с<sup>-1</sup>.

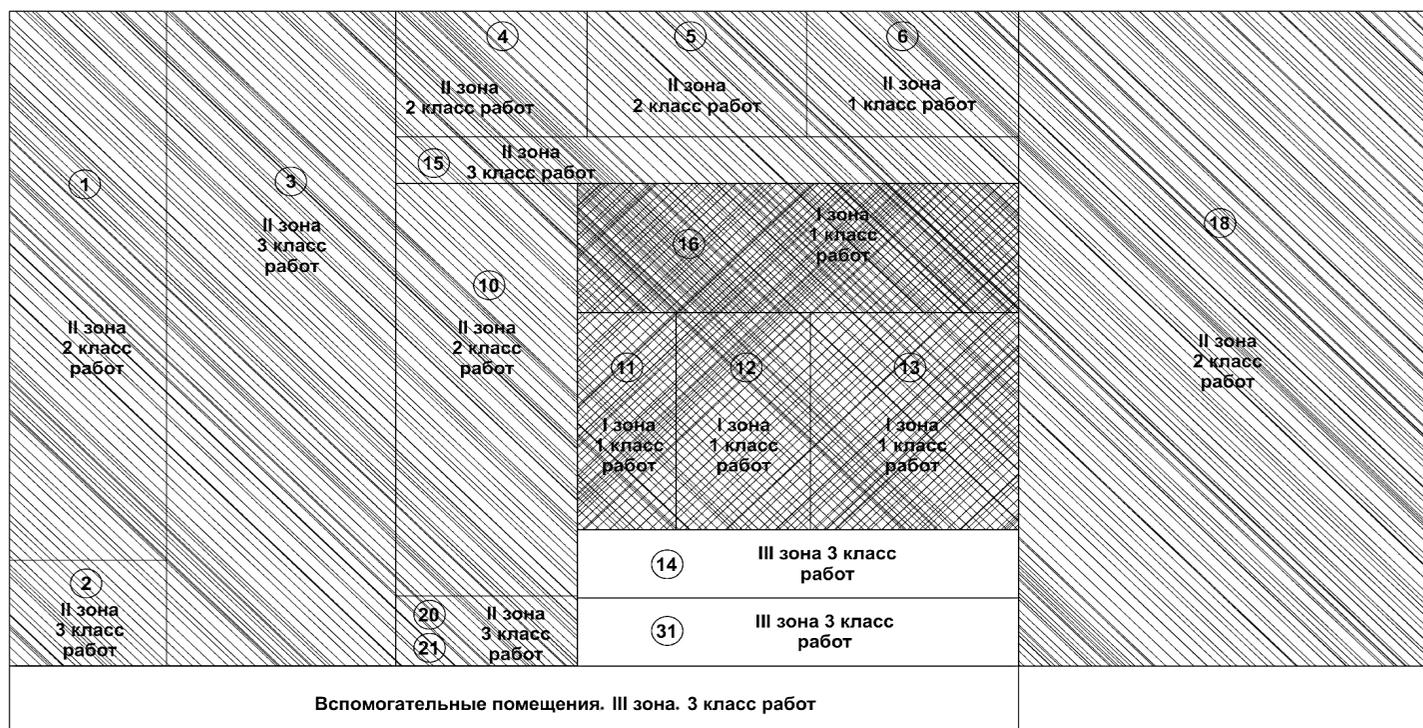


Рис. 1. Зонирование ЦХОИИИ

## Выводы

По результатам анализа и расчетов можно сделать следующие выводы:

1. При обращении с обработанными источниками ионизирующего излучения на ЦХОИИИ может быть радиоактивное загрязнение как атмосферы помещений, так и рабочих поверхностей в этих помещениях, в связи с чем необходима эффективная система вентиляции.

2. Разработаны модели для оценки возможных ситуаций, связанных с загрязнением радионуклидами помещений ЦХОИИИ, и выполнены расчеты необходимой кратности воздухообмена для вентиляции помещений при работе с источниками, содержащими радионуклиды  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$ .

3. На основании разработанного зонирования ЦХОИИИ и выполненных расчетов приведены рекомендованные объемы воздуха общеобменной вентиляции помещений предприятия, которые обеспечат безопасность эксплуатации ЦХОИИИ и исключат переоблучение персонала в нестандартных ситуациях.

## Список использованной литературы

1. Обращение с обработанными источниками ионизирующего излучения в Украине. — К. : Изд-во «Куприянов», 2006. — 320 с.
2. Нормы радиационной безопасности Украины (НРБУ-97). Государственные гигиенические нормативы. — К. : 1998. — 135 с.
3. Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 2009. Edition (Russian Edition) Safety Requirements IAEA Safety Standards Series TS-R-1. — Vienna : International Atomic Energy Agency, 2009. — 196 p.
4. Advisory material for the IAEA regulations for the safe transport of radioactive material. —Vienna : International Atomic Energy Agency, 2005. — 476 p.
5. Клочков В. Н. Обеспечение радиационной безопасности персонала предприятий ядерного топливно-энергетического комплекса в условиях радиоактивного загрязнения поверхностей и воздуха производственных помещений : автореф. ... дис. докт. техн. наук / В. Н. Клочков — М., 2009. — 48 с.

6. Санитарные правила устройства и эксплуатации мощных изотопных гамма-установок. — М., 1974. — 30 с.

7. Крупчатников В. М. Вентиляция при работе с радиоактивными веществами / В. М. Крупчатников. — М. : Атомиздат, 1973. — 368с.

8. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности Украины: Государственные санитарные правила 6.177-2005-09-02. — К., 2005.

## References

1. Treatment with exhausted sources of ionizing radiation in Ukraine. — K. : Publ. «Kuprianov», 2006. — 320 p. (Rus)
2. Radiation safety norms in Ukraine (NRBU-97); State hygienic standards. — K. : 1998. — 135 p. (Rus)
3. Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 2009. Edition (Russian Edition) Safety Requirements IAEA Safety Standards Series TS-R-1. — Vienna : International Atomic Energy Agency, 2009. — 196 p.
4. Advisory material for the IAEA regulations for the safe transport of radioactive material. —Vienna : International Atomic Energy Agency, 2005. — 476 p.
5. Klochkov V. N. Guaranteeing the radiation safety of the nuclear fuel and energy complex personnel in conditions of production rooms surfaces and air radiation contamination : dissertation synopsis; PhD / Klochkov V. N. — M., 2009. — 48 p. (Rus)
6. Sanitary rules of setting and operation with powerful devices of gamma isotope. — М., 1974. — 30 p. (Rus)
7. Krupchatnikov V. M. Ventilation while working with radioactive substances / V. M. Krupchatnikov. — М. : Atomizdat, 1973. — 368 с. (Rus)
8. Main sanitary rules of radioactive safety ensuring in Ukraine: State sanitary rules 6.177-2005-09-02. — К., 2005. (Rus)

Получено 11.11.2013.