

А.В. Симаков, Ю.В. Абрамов, Н.Л. Проскурякова, Т.М. Алфёрова, А.К. Майер

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К УСТАНОВЛЕНИЮ КЛАССА РАБОТ С ОТКРЫТЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

Контактное лицо: Анатолий Викторович Симаков, e-mail: asimakov1948@mail.ru

### РЕФЕРАТ

Одним из требований действующих Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010) к организации работ с открытыми источниками излучения (радиоактивными материалами) является установление класса работ, которым определяется зональность производственных помещений, требования к их отделке, компоновке технологического оборудования, вентиляции, применению средств индивидуальной защиты и т. д. Формализация таких требований необходима как при проектировании предприятий, так и для организации безопасных условий труда персонала на действующих производствах. Накопленный многолетний опыт работы атомной промышленности страны показал обоснованность требований, предъявляемых действовавшими нормативными документами к организации работ с открытыми источниками на начальном этапе организации масштабных производств.

В статье представлены методические подходы к процедуре установления класса работ как на проектируемых предприятиях атомной промышленности, так и при корректировке установленных классов работ на действующих предприятиях. Обоснованы подходы к определению величины минимально значимой активности радионуклида на основании данных о его радиотоксичности при внутреннем облучении (при ингаляционном поступлении), как это требуется согласно ОСПОРБ-99/2010. Предложены новые значения минимально значимой активности для ряда радионуклидов. Рекомендованы единые классы работ для отдельных участков разделительных и сублиматных урановых производств. Описана процедура определения фактической суммарной активности на рабочих местах урановых производств с учётом данных о загрязнённости рабочих поверхностей и объёмной активности аэрозолей урана в воздухе рабочей зоны. Данные методические подходы были реализованы в Методических указаниях МУ 2.6.1.02-03 «Установление класса работ с открытыми радионуклидными источниками при обращении с ураном и его соединениями на предприятиях ОАО «ТВЭЛ», в Методических указаниях МУ 2.6.1.044-08 «Установление класса работ при обращении с открытыми источниками излучения» а также в проекте актуализированных Методических указаний по установлению класса работ при работах с открытыми источниками ионизирующего излучения, разработанных в 2024 г.

**Ключевые слова:** радиационная безопасность, открытые источники излучения, класс работ, радионуклиды, группы радиационной опасности, минимально значимая активность

**Для цитирования:** Симаков А.В., Абрамов Ю.В., Проскурякова Н.Л., Алфёрова Т.М., Майер А.К. Методические подходы к установлению класса работ с открытыми источниками ионизирующего излучения // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2024. Т. 69. № 5. С. 28–33. DOI:10.33266/1024-6177-2024-69-5-28-33

A.V. Simakov, Yu.V. Abramov, N.L. Proskuryakova, T.M. Alferova, A.K. Mayer

## Methodological Approaches to Establishment of Class of Work with Open Sources of Ionizing Radiation

A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia

Contact person: A.V. Simakov, e-mail: asimakov1948@mail.ru

### ABSTRACT

One of the requirements of the current Basic Sanitary Rules for Radiation Safety (OSPORB-99/2010) for the organization of work with open sources of radiation (radioactive materials) is the establishment of class of work that determines the zonality of industrial premises, requirements for their decoration, layout of technological equipment, ventilation, using of personal protective equipment, etc. Formalization of such requirements is necessary as in the design of enterprises, as well as for the organization safety working conditions for personnel in existing production facilities. The accumulated long-term experience of the country's nuclear industry has shown the validity of the requirements imposed by the existing regulatory documents for the organization of work with open nuclides at the initial stage organisation of large-scale production. In article presents methodological approaches to the procedure for establishing class of work as at the projected enterprises of the nuclear industry and when adjusting the established classes of work at existing enterprises. Substantiated approaches to determining the value of the minimum significant activity of a radionuclide based on data on its radiotoxicity under internal irradiation (with inhalation intake), as required according to OSPORB-99/2010. In article proposed new values of the minimum significant activity for a number of radionuclides. Unified classes of work are recommended for individual sections of separation and sublimate uranium production. The procedure for determining the actual total activity at the workplaces of uranium production is described, taking into account data on the contamination of work surfaces and the volumetric activity of uranium aerosols in the air of the working area. These methodological approaches were implemented in the Guidelines of MU 2.6.1.02-03 "Establishment of class of work with open radionuclide sources in the handling of uranium and its compounds at the enterprises of JSC "TVEL", in the Guidelines of MU 2.6.1.044-08 "Establishment of class of work when dealing with open sources of radiation" as well as in the draft updated Guidelines for establishing the class of work when working with open sources of ionizing radiation, developed in 2024.

**Keywords:** radiation safety, open sources of radiation, class of work, radionuclide, radiation hazard group, minimal significant activity

**For citation:** Simakov AV, Abramov YuV, Proskuryakova NL, Alferova TM, Mayer AK. Methodological Approaches to Establishment of Class of Work with Open Sources of Ionizing Radiation. Medical Radiology and Radiation Safety. 2024;69(5):28–33. (In Russian). DOI:10.33266/1024-6177-2024-69-5-28-33

С первых лет создания отечественной атомной промышленности и энергетики одним из основных мероприятий по обеспечению радиационной безопасности персонала при работах с радионуклидами в открытом виде являлось установление класса работ, который зависит от группы радиационной опасности радионуклида и от его количества на рабочем месте. Классом работ определяется зональность производственных помещений, требования к их отделке, компоновке технологического оборудования, вентиляции, применению средств индивидуальной защиты и т.д.

Формализация таких требований необходима как при проектировании предприятий, так и для организации безопасных условий труда персонала на действующих производствах.

Весь накопленный многолетний опыт работы атомной промышленности страны показал обоснованность требований, предъявляемых действовавшими нормативными документами к организации работ с открытыми нуклидными источниками на начальном этапе организации масштабных производств.

Так, например, можно сравнить организацию работ с плутонием и ураном – это производства двух наиболее крупных типов. Предприятия, цеха или отдельные производственные участки, работающие с природным ураном и ураном обогащенным, были спроектированы и построены согласно требованиям, предъявляемым к работам II класса. Результаты радиационного контроля показывают, что урановые производства соблюдают требования Норм радиационной безопасности. Но те приёмы работы, которые хорошо зарекомендовали себя в урановом производстве, во многом непригодны для производства плутониевого. И дело вовсе не в количестве активности на рабочем месте, но главным образом в физико-химических свойствах плутония, например, его способности к миграции. Поэтому производство плутония проектируется с учётом более жёстких требований, предъявляемых к работам I класса (работа в боксах, зонирование помещений, санитарно-пропускной режим и т.д.).

На наш взгляд, с накоплением опыта работы крупномасштабных производств само понятие «класс работ» в нынешнем виде во многом устарело, требования к оборудованию помещений и рабочих мест уже выработаны и практически проверены для различных типов производств. Но сейчас «класс работ» используется не только для формализации требований к производству, но пока ещё и в вопросах социального (пенсионного) обеспечения, поэтому просто отказаться от «класса работ» было бы преждевременно ещё и с точки зрения социальной.

Класс работ устанавливается сейчас и устанавливался ранее в зависимости от группы радиационной опасности радионуклида, как потенциального источника внутреннего облучения, и суммарной активности радионуклидов на рабочем месте. В действующих НРБ-99/2009 [1] для определения группы радиационной опасности использовано значение минимально значимой активности (МЗА), определяемой как «активность открытого источника ионизирующего излучения в помещении или на рабочем месте, при превышении которой требуется разрешение органов исполнительной власти, уполномоченных осуществлять государственный федеральный санитарно-эпидемиологический надзор, на использование этих источников, если при этом также превышено значение минимально значимой удельной активности».

Т.е. исходными данными для установления класса работ является некая минимально значимая величина активности, приписываемая каждому радионуклиду.

Проблема состоит в том, что если ранее (в НРБ-76/87 [2]) для плутония эта величина была в 10 раз меньше, чем для урана (и соответственно, требования организации безопасных условий труда для плутониевого производства были жёстче), то теперь для плутония и урана установлена одинаковая величина МЗА –  $10^4$  Бк, а значит, и требования по организации производственного процесса стали формально одинаковы. Хотя многолетний опыт эксплуатации уранового производства показал достаточность требований II класса для урановых производств.

Одним из путей решения этой надуманной проблемы явилась разработка для урановых производств специальных Методических указаний по установлению класса работ с открытыми радионуклидными источниками при обращении с ураном и его соединениями на предприятиях ОАО «ТВЭЛ» (МУ 2.6.1.02–03 [3]).

Основанием для такой разработки явилось примечание 3 табл. 3.8.1. ОСПОРБ-99 [4], где сказано: «Для предприятий, перерабатывающих уран и его соединения, класс работ определяется в зависимости от характера производства и регламентируется специальными нормативно-методическими документами».

На большинстве рабочих мест в комплексе зданий и сооружений разделительных и сублиматных производств урана максимальная активность радионуклидов урана превышает верхнюю границу, установленную ОСПОРБ 99/2010 [5] для работ II класса с открытыми радионуклидными источниками излучения ( $10^8$  Бк), достигая сотен ГБк. Однако, как показывает многолетний опыт работы этих производств, комплекс мероприятий по радиационной безопасности обеспечивает защиту персонала от внутреннего и внешнего облучения, ограничивает загрязнение воздуха и поверхностей рабочих помещений, кожных покровов, одежды персонала, а также объектов окружающей среды ниже уровней, установленных НРБ-99/2009 [1], как при нормальной эксплуатации, так и при проведении работ по ликвидации последствий радиационных аварий.

Это достигается выполнением соответствующих требований к технологическому оборудованию и организацией технологического процесса на всех циклах разделительных и сублиматных производств (загрузки сырья, упаковки готовой продукции, отсоединения и присоединения емкостей с гексафторидом урана (ГФУ) к коллекторам питания и др.).

Класс работ с ураном и его соединениями в разделительных и сублиматных производствах в МУ 2.6.1.02–03 [3] устанавливается применительно к типу производства и виду работ на данном участке (табл. 1).

Для установления класса работ с открытыми источниками излучения при переработке урана и его соединений на предприятиях по фабрикации ядерного топлива, добыче и переработке урановой руды в качестве гигиенического критерия в МУ 2.6.1.02–03 [3] принимается фактическая суммарная активность радионуклидов – суммарная активность радионуклидов, поступающая в воздушную среду производственных помещений и определяющая потенциальную опасность внутреннего облучения персонала на рабочем месте.

Таблица 1

**Класс работ с ураном и его соединениями в разделительных и сублиматных производствах**  
**Class of work with uranium and its compounds in separation and sublimation industries**

№ п/п	Вид работ, участок	Краткая характеристика выполняемых работ	Класс работ
1. Разделительное производство			
1.1.	Газоцентрифужное разделение изотопов урана	Выполнение работ на разгерметизированном оборудовании	II
1.2.	Работы на участке конденсационно-испарительных установок	Эксплуатация коллекторов питания, отбора и отвала. Очистка ГФУ от примесей	II
1.3.	Работы на сбросных установках	Заполнение и опустошение емкостей с ГФУ. Выполнение работ на разгерметизированном оборудовании	II
1.4.	Работы с жидким ГФУ	Заполнение транспортных контейнеров ГФУ в жидкой фазе	II
1.5.	Газодиффузионное разделение изотопов урана	Демонтаж оборудования, разборка, дезактивация	II
2. Цех ревизии машин			
2.1.	Ликвидация агрегатов центрифуг, выработавших свой ресурс	Пирометаллургическая очистка загрязненного металлолома, разборка, дезактивация, утилизация оборудования	II
2.3.	Возврат демонтированного разделительного оборудования в производство	Ремонт, ревизия и изготовление оборудования разделительного производства	II
3. Цех (участок) регенерации			
3.1.	Переработка отходов разделительного производства	Переработка урансодержащих растворов, прокатка, сушка, размол урансодержащих продуктов	II
3.2.	Участки дезактивации оборудования, металлолома, подготовки твердых радиоактивных отходов (ТРО) для захоронения	Химическая дезактивация оборудования и металлолома, промывка внутренних полостей оборудования, сжигание твердых и жидких сгораемых отходов, компактирование отходов	II
4. Пункты временного хранения и захоронения твердых радиоактивных отходов			
4.1.	Места временного хранения ТРО на производственных участках, складах, пункты захоронения ТРО	Сбор и временное хранение ТРО в контейнерах, подготовка ТРО к транспортированию, периодическая загрузка ТРО на пунктах захоронения	II
5. Сублиматное производство			
5.1.	Производство ГФУ	Фторирование $UF_4$ ( $U_3O_8$ ) до $UF_6$ Обращение с ТРО	II
5.2.	Участок подготовки производства ГФУ	Вакуумное освобождение и отмывка емкостей от нелетучих остатков	II
5.3.	Газоочистка	Ремонт оборудования со вскрытием внутренних полостей	II
5.4.	Переработка отходов производства ГФУ	Фильтрация, сорбция, экстракция	II
5.5.	Спецпрачечная	Дезактивация загрязненной спецодежды	III
5.6.	Сжигание отходов	Сжигание твердых и жидких сгораемых отходов	II

Фактическая суммарная активность радионуклидов определяется для конкретного производственного помещения по формуле:

$$C_{\text{факт.}} = C_{\text{пов.}} + C_{\text{возд.}}, \quad (1)$$

где:  $C_{\text{факт.}}$  – фактическая суммарная активность радионуклидов в производственном помещении, Бк;  $C_{\text{пов.}}$  – суммарная активность радионуклидов, обуславливающая поверхностное загрязнение оборудования и строительных конструкций данного производственного помещения, Бк;  $C_{\text{возд.}}$  – суммарная активность радионуклидов, обуславливающая загрязнение воздушной среды данного производственного помещения, Бк.

$C_{\text{пов.}}$  представляет собой суммарную активность снимаемого поверхностного загрязнения оборудования и строительных конструкций данного помещения, которое определяется по формуле:

$$C_{\text{пов.}} = C_{\text{пол}} + C_{\text{об}} + C_{\text{стен}}, \quad (2),$$

где  $C_{\text{пол}}$  – суммарная активность снимаемого поверхностного загрязнения полов, Бк;  $C_{\text{об}}$  – суммарная активность снимаемого поверхностного загрязнения оборудования, Бк;  $C_{\text{стен}}$  – суммарная активность снимаемого поверхностного загрязнения стен, Бк.

$C_{\text{возд.}}$  представляет собой суммарную объемную активность газов и/или аэрозолей в воздушной среде данного помещения, которая определяется по формуле:

$$C_{\text{возд.}} = V \times OA, \quad (3)$$

где  $V$  – объем данного производственного помещения,  $m^3$ ;  $OA$  – среднегодовое значение объемной активности газов и/или аэрозолей в воздушной среде данного производственного помещения, Бк/ $m^3$ .

Понятно, что введение новых понятий усложняет систему нормирования, но это оказалось наиболее простым и приемлемым способом выйти из создавшегося положения, не посягая напрямую на принципы определения класса работ, заложенные в ОСПОРБ-99/2010 [5].

Для совершенствования процедуры установления класса работ необходимо также уточнить значения МЗА для некоторых радионуклидов.

Те значения МЗА, что приведены в НРБ-99/2009 [1] и используются в ОСПОРБ-99/2010 [5], взяты из международного документа «International Basic Safety Standards for protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources» – IAEA 1996 [6], где они рекомендованы для использования при выведении практики или источника из-под регулирующего контроля, но не более того.

Подробно процедура определения этих величин описана в документе Commission of European Communities под названием «Principles and Methods for Establishing Concentrations and Quantities (Exemption values) Below which Reporting is not Required in the European Directive (Radiation protection – 65) Doc. XI-028/93» [7].

На определении МЗА по этой методике следует остановиться подробнее, т.к. от её результатов зависит

группа радиотоксичности радионуклида и, следовательно, класс работ с конкретным радионуклидом согласно ОСПОРБ-99/2010 [5].

В основу определения МЗА положены дозовые критерии. Дозы рассчитаны для каждого радионуклида с помощью определенных моделей, характеризующих рассматриваемую практическую деятельность.

Регулирующая основа для изъятия из-под регулирующего контроля рассматривалась МКРЗ, которая пришла к выводу, что годовая индивидуальная доза в «несколько десятков мЗв» или меньше служит основой для изъятия. Более того, для учета воздействия на человека в ходе более чем одной практической деятельности такое изъятие было рекомендовано, чтобы критическое групповое воздействие от одной подобной практической деятельности было порядка 10 мЗв/год. Этой рекомендации и придерживались.

Однако были использованы и дополнительные критерии. В некоторых случаях это возможно для отдельных локальных воздействий на кожу, скажем, при работе с радиоактивными источниками. Чтобы исключить возможность проявления каких бы то ни было детерминированных эффектов, был установлен предел годовой дозы на кожу, равный 50 мЗв. Этот предел используется для участков кожи, вступающих в контакт с источником, т.е. для участков в несколько квадратных сантиметров.

Были установлены сопутствующие уровни изъятия, такие, что даже в самой пессимистической ситуации дозовый предел для представителей населения, 1 мЗв/год, не будет превышен. Применяемые дозовые критерии даны в табл. 2.

Таблица 2

**Радиологические критерии для выведения практики или источника из-под контроля**

**Radiological criteria for getting a practice or source out of control**

	Годовая индивидуальная доза, мЗв	
	Эффективная	Эквивалентная на кожу
Нормальная работа	0,01	50
Чрезвычайная ситуация	1	50

Для расчёта были использованы конкретные сценарии облучения.

#### 1. Нормальная эксплуатация

- внешнее облучение от точечного источника, находящегося на расстоянии 1 м;
- внешнее облучение от точечного источника при ручных операциях.

#### 2. Аварии радиационные

##### 2.1. Разлитие (разбрызгивание, рассыпание порошка и пр.)

- внешнее облучение загрязнённых рук;
- внешнее облучение загрязнённого лица;
- внешнее облучение от загрязнённой поверхности;
- ингаляция;
- внешнее облучение от облака аэрозолей;

##### 2.2. Пожар

- загрязнение кожи;
- ингаляция порошка или паров;
- внешнее облучение от продуктов сгорания

#### 3. Облучение населения

- внешнее облучение на загрязнённой территории;
- ингаляция при нахождении на загрязнённой территории;
- внешнее облучение кожи при нахождении на загрязнённой территории;
- проглатывание загрязнённого объекта.

Проведя расчёты по всем сценариям (моделям) формирования дозы, в качестве окончательной величины были взяты минимальные значения. При этом рассчитанные значения были округлены по правилам округления.

Несмотря на многообразие использованных моделей, реально значимыми оказываются лишь некоторые из них, которые и определяют итоговое значение МЗА. В рассмотренном документе указаны те сценарии (модели), на основании которых получены окончательные величины МЗА. Они приведены в табл. 3 для основных долгоживущих радионуклидов.

Таблица 3

**Критические пути формирования дозы и определения величины МЗА**

**Critical ways of dose formation and determination of the value of MSA**

Нуклид	Сценарий определения МЗА
<sup>3</sup> H	Ингаляция для населения
<sup>60</sup> Co	Облучение кожи для персонала
<sup>90</sup> Sr	Облучение кожи для персонала
<sup>90</sup> Y	Облучение кожи для персонала
<sup>95</sup> Zr	Внешнее облучение для персонала
<sup>95</sup> Nb	Внешнее облучение для персонала
<sup>99</sup> Tc	Аварийная ингаляция для населения
<sup>129</sup> I	Аварийная ингаляция для населения
<sup>137</sup> Cs	Облучение кожи для персонала
<sup>210</sup> Po	Аварийная ингаляция для населения
<sup>226</sup> Ra	Аварийная ингаляция для населения
<sup>228</sup> Th	Аварийная ингаляция для населения
<sup>232</sup> Th <sub>N</sub>	Аварийная ингаляция для населения
<sup>232</sup> U	Аварийная ингаляция для персонала
<sup>233</sup> U	Аварийная ингаляция для персонала
<sup>234</sup> U	Аварийная ингаляция для населения
<sup>235</sup> U	Аварийная ингаляция для персонала
<sup>236</sup> U	Аварийная ингаляция для персонала
<sup>238</sup> U	Аварийная ингаляция для населения
<sup>238</sup> U <sub>N</sub>	Облучение кожи для персонала
<sup>237</sup> Np	Аварийная ингаляция для персонала
<sup>238</sup> Pu	Аварийная ингаляция для населения
<sup>239</sup> Pu	Аварийная ингаляция для населения
<sup>240</sup> Pu	Аварийная ингаляция для персонала
<sup>241</sup> Pu	Аварийная ингаляция для персонала
<sup>241</sup> Am	Аварийная ингаляция для населения
<sup>244</sup> Cm	Аварийная ингаляция для населения

Для многих применяемых в промышленности радионуклидов критичным путём для определения МЗА является совсем не ингаляция радионуклида персоналом. Для всех приведенных в табл. 3 радионуклидов были проведены расчёты МЗА по приведенным выше формулам для сценария ингаляционного поступления персонала. Результаты приведены в табл. 4.

П. 3.8.1 ОСПОРБ-99/2010 [5] делит радионуклиды по группам радиационной опасности как потенциальные источники внутреннего облучения. Поэтому для нашего случая использования рассчитанных значений активности в целях установления класса работ применимы только сценарии ингаляционного поступления персонала в данном случае при диспергировании источника и при пожаре. Остальные сценарии противоречат постановке задачи.

При оценке полученных данных и сравнении их с величинами МЗА, приведёнными в НРБ-99/2009, следует учитывать и агрегатное состояние соединений радионуклидов, которое было заложено в модель расчёта доз.



Таблица 4

МЗА для случая ингаляционного поступления  
радионуклидов персоналу

MSA for the case of inhalation of radionuclides to personnel

Радионуклид	МЗА для случая ингаляционного поступления персоналу	МЗА, приведенная в НРБ-99/2009	Отличие МЗА
$^3\text{H}$	1E + 10	1E + 09	+
$^{60}\text{Co}$	1E + 06	1E + 05	+
$^{90}\text{Sr}$	1E + 06	1E + 04	+
$^{90}\text{Y}$	1E + 08	1E + 05	+
$^{95}\text{Zr}$	1E + 07	1E + 06	+
$^{95}\text{Nb}$	1E + 08	1E + 06	+
$^{99}\text{Tc}$	1E + 08	1E + 07	+
$^{129}\text{I}$	1E + 06	1E + 05	+
$^{131}\text{I}$	1E + 07	1E + 06	+
$^{137}\text{Cs}$	1E + 07	1E + 04	+
$^{210}\text{Po}$	1E + 04	1E + 04	
$^{226}\text{Ra}$	1E + 04	1E + 04	
$^{228}\text{Th}$	1E + 04	1E + 04	
$^{232}\text{Th}_N$	1E + 03	1E + 03	
$^{232}\text{U}$	1E + 03	1E + 03	
$^{233}\text{U}$	1E + 04	1E + 04	
$^{234}\text{U}$	1E + 04	1E + 04	
$^{235}\text{U}$	1E + 04	1E + 04	
$^{236}\text{U}$	1E + 04	1E + 04	
$^{238}\text{U}$	1E + 04	1E + 04	
$^{238}\text{U}_N$	1E + 03	1E + 03	
$^{237}\text{Np}$	1E + 03	1E + 03	
$^{238}\text{Pu}$	1E + 04	1E + 04	
$^{239}\text{Pu}$	1E + 04	1E + 04	
$^{240}\text{Pu}$	1E + 03	1E + 03	
$^{241}\text{Pu}$	1E + 05	1E + 05	
$^{241}\text{Am}$	1E + 04	1E + 04	
$^{244}\text{Cm}$	1E + 04	1E + 04	

А именно: модель предполагает 100 % переход в аэрозольную/паровую форму жидкости при пожаре, и лишь 1 % – для капсул, фольг, твердых материалов. Для большинства нуклидов предполагалось именно жидкое состояние. Но не для всех:  $^{234}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}_N$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{244}\text{Cm}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  рассматривались только в твердом состоянии (капсулы, фольги). Если же предположить их присутствие и в виде раствора, то доза от единицы активности вырастет в 100 раз и, соответственно, МЗА надо будет уменьшить в 100 раз.

Сравнение МЗА, полученной для модели ингаляционного поступления радионуклидов персоналу, с МЗА, приведенной в НРБ-99/2009, дает отличия лишь для небольшого количества нуклидов:  $^3\text{H}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{95}\text{Nb}$ ,  $^{99}\text{Tc}$ ,  $^{129}\text{I}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ . В производствах, использующих указанные радионуклиды, нет проблем с установлением

класса работ. Для урановых и плутониевых производств с принятием новой модели ничего не изменится.

Рассмотрение конкретных моделей формирования дозы при ингаляционном поступлении, характерном для внутреннего облучения персонала атомной промышленности, позволяет избежать многообразия моделей формирования дозы внутреннего облучения, сохранив общую схему установления класса работ с учетом МЗА.

На наш взгляд, установление класса работ с открытыми радионуклидными источниками должно основываться не только на группе радиационной опасности радионуклида и его суммарной активности на рабочем месте, но и на реальной радиационной обстановке, сложившейся в течение многолетней эксплуатации цехов и участков, на достаточности и надежности существующих барьеров на пути распространения радиоактивных веществ.

### Заключение

1. По мере повышения качества и надежности технологического оборудования, улучшения его герметичности и более широкого внедрения механизации производственных операций роль класса работ, как одного из основных мероприятий по обеспечению радиационной безопасности персонала, будет постепенно уменьшаться. Однако, понятие «класс работ» используется не только для формализации требований к производству, но и в вопросах социального обеспечения, поэтому просто отказаться от него было бы преждевременно.
2. Представленные подходы были использованы при разработке Методических указаний по установлению класса работ при работах с открытыми источниками ионизирующего излучения, актуализирующих положения МУ 2.6.1.02–03 [3] и МУ 2.6.1.044–08 [8].
3. При установлении класса работ с открытыми источниками ионизирующего излучения, содержащих  $^3\text{H}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{95}\text{Nb}$ ,  $^{99}\text{Tc}$ ,  $^{129}\text{I}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , следует использовать величину МЗА, определённую по потенциальной опасности внутреннего облучения.
4. При установлении класса работ с открытыми источниками ионизирующего излучения, содержащих другие радионуклиды (кроме урана и его соединений) следует руководствоваться разделом 3.8. ОСПОРБ-99/2010 [5].
5. При установлении класса работ с открытыми источниками ионизирующего излучения, содержащими уран и его соединения, следует использовать величину фактической суммарной активности радионуклидов, т.е. суммарную активность радионуклидов в производственном помещении, которая определяет потенциальную опасность внутреннего облучения персонала на рабочем месте.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).
2. Нормы радиационной безопасности НРБ-76/87.
3. МУ 2.6.1.02-03. Установление класса работ с открытыми радионуклидными источниками при обращении с ураном и его соединениями на предприятиях ОАО «ТВЭЛ».
4. СП 2.6.1.799-99. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99).
5. СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010).
6. International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources – IAEA 1996.
7. Radiation Protection-65 “Principles and Methods for Establishing Concentration and Quantities (Exemption values) Below which Reporting is not Required in the European Directive” (Doc. XI-028/93).
8. МУ 2.6.1.044-08. Установление класса работ при обращении с открытыми источниками излучения.

## REFERENCES

1. SanPiN 2.6.1.2523-09. Radiation Safety Standards (NRB-99/2009) (In Russ.).
2. Standards of Radiation Safety NRB-76/87 (In Russ.).
3. MU 2.6.1.02-03. Establishment of a Class of Work with Open Radionuclide Sources When Handling Uranium and its Compounds at the Enterprises of JSC «TVEL» (In Russ.).
4. SP 2.6.1.799-99. Basic Sanitary Rules for Radiation Safety (OSPORB-99) (In Russ.).
5. SP 2.6.1.2612-10. Basic Sanitary Rules for Radiation Safety (OSPORB-99/2010) (In Russ.).
6. International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources – IAEA 1996.
7. Radiation Protection-65 “Principles and Methods for Establishing Concentration and Quantities (Exemption values) Below which Reporting is not Required in the European Directive” (Doc. XI-028/93).
8. MU 2.6.1.044-0.8 Establishment of the Class of Work when Handling Open Sources of Radiation (In Russ.).

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.  
**Участие авторов.** Статья подготовлена с равным участием авторов.  
**Поступила:** 20.05.2024. Принята к публикации: 25.06.2024.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.  
**Financing.** The study had no sponsorship.  
**Contribution.** Article was prepared with equal participation of the authors.  
**Article received:** 20.05.2024. Accepted for publication: 25.06.2024.