

УДК 331.435 622.349.5

Сорока Ю. Н., канд. техн. наук,
Рец Ю. Н., аспирант
(Государственное ВУЗ «ДГТУ»)
Руденко С.А., магистр,
Подрезов А.А., магистр
(ООО «ЦРЭМ»)

**О НЕОБХОДИМОСТИ УЧЕТА ОПАСНОСТИ ДЕЙСТВИЯ
ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ
ГОРНОЙ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛЕЙ**

Сорока Ю.М., канд. техн. наук,
Рець Ю.М., аспирант
(Державний ВНЗ «ДДТУ»),
Руденко С.А., магистр,
Подрезов О.А., магистр
(ТОВ «ЦРЕМ»)

**ПРО НЕОБХІДНІСТЬ ОБЛІКУ НЕБЕЗПЕКИ ДІЇ ІОНІЗУЮЧОГО
ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРИ РОБОТІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ГІРНИЧОЇ І
МЕТАЛУРГІЙНОЇ ГАЛУЗЕЙ**

Soroka Yu.N., Ph.D. (Tech.),
Rets Yu.N., Doctoral Student
(State HEI "DSTU"),
Rudenko S.A., M.S., (Tech.),
Podrezov A.A., M.S., (Tech.),
(LLC "CREM")

**ABOUT THE NECESSITY TO TAKE INTO CONSIDERATION RISK OF
IONIZING IRRADIATION OF EMPLOYEES IN THE ENTERPRISES OF
MINING AND METALLURGICAL INDUSTRIES**

Аннотация. Целью исследований являлась оценка дозовой нагрузки на работающих при выполнении работ на горных и металлургических предприятиях, что необходимо для безопасного выполнения работ и сохранения здоровья работников. Для целей оценки радиационного воздействия на работающих была разработана методика расчета эффективной дозы, которая учитывала следующие пути облучения рабочих и служащих:

- внешнее облучение персонала и рабочих;
- внутреннее облучение от вдыхания радионуклидов ряда урана, актиноурана и тория;
- внутреннее облучение от радона и продуктов его распада;
- внутреннее облучение при пероральном поступлении радионуклидов.

Разработана и опробована методика расчета доз облучения работающих природными радионуклидами.

Рассмотрены вопросы радиационной опасности для рабочих и служащих на предприятиях горной и металлургической отрасли промышленности.

Проведенные исследования и расчеты показали, что годовая эффективная доза при выполнении технологического цикла работ различна для разных рабочих мест и предприятий и радиационные исследования должны быть составной частью работ по аттестации рабочих мест.

Ключевые слова: охрана труда, эффективная доза, внутреннее облучение, внешнее облучение, природные радионуклиды ряда урана и тория, горные и металлургические предприятия.

Введение. В настоящее время проблема облучения работников не атомной промышленности радиоактивными источниками природного происхождения остается актуальной. В серьезных масштабах исследования уровней радиационно-опасных факторов (РОФ) на предприятиях горно-металлургического комплекса начались в бывшем СССР во второй половине 80-х годов прошлого столетия, после аварии на ЧАЭС. Именно в этот период появляются основные публикации по этой проблеме: материалы обследований предприятий и нормативные документы по радиационной безопасности [1-5]. В первую очередь они касались горнодобывающих предприятий и в меньшей степени обогащательных и металлургических. Исследования показали, что в технологическом процессе обогащения руд наблюдается концентрирование сопутствующих природных радионуклидов (ПРН) в конечном продукте производства. Тогда и появился термин «технологическое обогащение природных радионуклидов». Знание уровней нахождения ПРН в сырьевых материалах и понимание процессов их перераспределения на разных технологических этапах обогащения руд и металлургии важно не только для сертификации продукции и характеристики отходов, но и, в первую очередь, для защиты работников предприятий от необоснованного сверхнормативного облучения. На отдельных рабочих местах, вследствие процессов концентрирования ПРН (в основном уранового и ториевого рядов), могут создаваться условия с высокими уровнями радиационно-опасных факторов. В Директиве ЕС 2013/59 / ЕВРАТОМ от 05.12.2013 указывается, что государства-члены должны обеспечить идентификацию классов или типов деятельности, которые предусматривают использование радиоактивных материалов природного происхождения (РМП) и применение которых приводит к радиационному облучению работников [6]. В перечень промышленных предприятий, где возможно использование радиоактивных материалов природного происхождения, в соответствии со статьей 23 Директивы включены:

- добыча редкоземельных элементов с монацитов;
- добыча соединений тория и производство продуктов с содержанием тория;
- обработка руды ниобия / тантала;
- добыча нефти и газа;
- промышленная отрасль добычи и обработки циркона и циркония;
- производство фосфатных удобрений;
- первичная добыча железа и другие.

Радиационная безопасность и противорадиационная защита населения и персонала предприятий в Украине, осуществляющих деятельность с использованием РМП, в том числе при обращении с технологическим оборудованием,

имеющим загрязнение РМПП, в настоящее время регламентируется разделами № 16 - 19 «Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности Украины» [7].

В процессе технологического цикла при выполнении работ на предприятиях горной и металлургической отраслей промышленности за счет концентрирования (накопления) природных радионуклидов рядов урана, актиноурана и тория происходит увеличение эффективной дозы облучения рабочих и служащих. Вследствие этого возникает вопрос об определении фактической величины эффективной дозы облучения рабочих и служащих.

Целью работы является оценка эффективной годовой дозы облучения на рабочих и служащих занятых в горной и металлургической отраслях промышленности для принятия решений по радиационно-безопасному производству работ.

Согласно Государственных Санитарных Норм и Правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» [8] в качестве основного гигиенического критерия оценки условий труда та классификации рабочих мест при работе с источниками ионизирующего излучения принята годовая эффективная доза облучения, которая состоит из годовой эффективной дозы внешнего облучения и годовой эффективной дозы внутреннего облучения.

Основными составляющими эффективной дозы являются:

- для эффективной дозы внешнего облучения – внешнее облучение в пределах рабочей зоны;
- для эффективной дозы внутреннего облучения – ингаляционная составляющая от вдыхания природных радионуклидов, включая радиоактивные газы в воздухе рабочей зоны и пероральная составляющая от поступления радионуклидов в организм.

Эффективная доза внешнего облучения на работающих [9] от внешнего гамма излучения рассчитываются по формуле

$$E_{ext} = f_c \cdot (H(10)_s - H(10)^u) \cdot T_w \quad (1)$$

где E_{ext} – эффективная доза за год, Зв; f_c – дозовый коэффициент перерасчета эквивалентной дозы в эффективную, $f_c = 0,6$; $H(10)_s$ – мощность эквивалентной дозы гамма излучения на рабочем месте, $\text{Зв} \cdot \text{ч}^{-1}$; $H(10)^u$ – фоновая мощность эквивалентной дозы гамма излучения, $\text{Зв} \cdot \text{ч}^{-1}$; T_w – продолжительность облучения работника, 1700 часов, (36 часовая рабочая неделя).

Для оценки эффективной дозы внутреннего облучения большое значение имеют пути поступления ПРН в атмосферу рабочей зоны, величина медианного за активностью аэродинамического диаметра (АМАД) [10] и состава аэрозолей, референтного типа системного поступления ПРН.

При работе на земной поверхности, где поступление радионуклидов в атмосферу обусловлено движением транспорта, погрузочно-разгрузочными работа-

ми, действием ветра, рекомендовано использовать величину АМАД равную 5 мкм.

В этом случае эффективная доза рассчитывается по формуле

$$E_{inh,5} = V_w \cdot \sum \sum C_r^{inh} \cdot K_{r,5}^{inh} \cdot T_w \quad (2)$$

где $E_{inh,5}$ – эффективная доза облучения работающих вследствие вдыхания аэрозолей с АМАД = 5 мкм; $K_{r,5}^{inh}$ – дозовый коэффициент для радионуклида r при АМАД = 5 мкм; C_r^{inh} – объемная активность радионуклида r в воздухе рабочей зоны, Бк·м⁻³; V_w – референтный объем дыхания, 1,2 м³·час⁻¹.

При работе в закрытых цехах, лабораториях, при отсутствии движения воздуха, где поступление радионуклидов имеет характер диффузии, используется величина АМАД равная 1 мкм. В этом случае эффективна доза равна

$$E_{inh,1} = V_w \cdot \sum \sum C_r^{inh} \cdot K_{r,1}^{inh} \cdot T_w \quad (3)$$

где $E_{inh,1}$ – эффективная доза облучения работающих вследствие вдыхания аэрозолей с АМАД = 1 мкм; $K_{r,1}^{inh}$ – дозовый коэффициент для радионуклида r при АМАД = 1 мкм.

Эффективная доза от действия радона-222 на работающих определяется по формуле

$$E_{Rn-222} = q_{eec(Rn-222)} \cdot (C_{Rn-222,s} - C_{Rn-222}^u) \cdot T_w \quad (4)$$

где E_{Rn-222} – эффективная доза от вдыхания радона-222 для работающих, Зв; $C_{Rn-222,s}$ – эффективная равновесная объемная активность (ЭРОА) радона-222 в воздухе рабочей зоны, Бк·м⁻³; C_{Rn-222}^u – фоновая ЭРОА радона-222 в воздухе, Бк·м⁻³; $q_{eec(Rn-222)}$ – дозовый коэффициент, 7,8·10⁻⁹ Зв·м³·Бк⁻¹·ч⁻¹.

Аналогично для радона-220 (торона) эффективная доза составляет

$$E_{Rn-220} = q_{eec(Rn-220)} \cdot (C_{Rn-220,s} - C_{Rn-220}^u) \cdot T_w \quad (5)$$

где E_{Rn-220} – эффективная доза от вдыхания радона-220 для работающих, Зв; $C_{Rn-220,s}$ – ЭРОА радона-220 в воздухе рабочей зоны, Бк·м⁻³; C_{Rn-220}^u – фоновая ЭРОА радона-220 в воздухе, Бк·м⁻³; $q_{eec(Rn-220)}$ – дозовый коэффициент, 40·10⁻⁹ Зв·м³·Бк⁻¹·ч⁻¹.

Пероральное поступление радионуклидов возможно как в случае случайного заглатывания частиц радиоактивного материала, так и поступления из загрязненных рук работника. Эффективная доза от перорального поступления рассчитывается по формуле

$$E_{ing,soil} = U_{soil} \cdot T_w \cdot \sum (C_{soil(0.5),r} - C_{soil(0.5),r}^u) \cdot g_{ing,r} \quad (6)$$

где $E_{ing,soil}$ – эффективная доза от перорального поступления радионуклидов, Зв; $C_{soil(0.5),r}$ – активность радионуклида r в дробной фракции зерна ($<0,5$ мм) верхнего шара почвы (поверхности/пыли) на рабочем месте, Бк·кг⁻¹; $C^u_{soil(0.5),r}$ – фоновая активность радионуклида r , Бк·кг⁻¹; U_{soil} – поступление частиц через органы пищеварения для работников, $U_{soil} = 6 \cdot 10^{-6}$ кг·год; $g_{ing,r}$ – дозовый коэффициент перорального поступления радионуклида r для работника [11], Зв·Бк⁻¹.

Методика проведения радиационного исследования. Измерение мощности эквивалентной дозы гамма излучения на рабочем месте производят прямым методом с использованием соответствующих приборов. Как пример, может, использоваться дозиметр-радиометр ДКС-96 с блоком детектирования БДМГ-96 (диапазон измерений от 0,1 мкЗв до 40,0 Зв). Измерения производят непосредственно на рабочем месте на высоте 1 м от поверхности пола.

Для определения ингаляционной составляющей от вдыхания радионуклидов в воздухе рабочей зоны производится отбор воздуха на рабочем месте на специальный фильтр с использованием высокопроизводительного пробоотборника воздуха. Отбор пробы воздуха выполняется на высоте органов дыхания, например, пробоотборником SMR-TFIA/230 с фильтром фирмы Munktell. Фильтры после пробоотбора поступают в лабораторию для дальнейшей обработки. На этом этапе производится последовательная радиохимическая подготовка и анализ на наличие исследуемых природных радионуклидов, а также производится расчет объемной активности каждого из радионуклида.

Измерения ЭРОА радона-222 и ЭРОА радона-220 (торона) осуществляется прямым/косвенным методом на рабочем месте на высоте органов дыхания. Обычно используется прямой метод измерений радиометром ЭРОА радона (торона) РГА-09М с применением фильтра АФА-РСП. Диапазон измерения для данного радиометра составляет для радона-222 – от 5 до 10000 Бк·м⁻³, а для торона (радона-220) – от 0,5 до 1000 Бк·м⁻³.

Для определения пероральной составляющей от поступления радионуклидов в организм на рабочем месте отбирается проба производственной пыли (верхнего слоя почвы) и в лабораторных условиях определяется активность каждого интересующего радионуклида.

В лабораторных исследованиях, для достижения поставленных целей, возможно применение следующих категорий приборов: полупроводниковый спектрометр гамма-излучения, спектрометр энергий альфа-излучения, низкофоновый альфа/бета радиометр УМФ-2000.

Результаты исследования. В 2014-2016 годах были проведены натуральные исследования (измерения) и произведен расчет годовой эффективной дозы работающих на следующих предприятиях:

- ПАО «Днепровский Меткомбинат» г. Каменское (2015 год);
- шахтоуправление по подземной добычи руды ПАО «АрселорМитталл Кривой Рог» г. Кривой Рог (2014 год);
- филиал «Вольногорский ГМК» ГП «ОГХК» г.Вольногорск (2016 год).

Так на ПАО «Днепровский Меткомбинат» превышения дозового предела 1 мЗв в год не наблюдалось и основной вклад в дозу облучения при высокой

запыленности воздуха вносит внутренняя эффективная доза от вдыхания ПРН.

В конвертерном цехе годовая эффективная доза составляла от 0,00176 до 0,208 мЗв в год. Максимальная эффективная годовая доза наблюдалась на рабочем месте оператора печей на участке вращающихся печей в конвертерном цехе – 0,247 мЗв. Причем 35% от этой дозы принадлежит дозе от действия радона-222, 33% от действия радона-220 и 26% от внешнего гамма - излучения. В тоже время, годовая эффективная доза сушильщика на шихтовом дворе сыпучих и ферросплавов в этом же цехе составляет 0,115 мЗв, где 93% от дозы составляет доза от гамма излучения.

В доменном цехе годовая эффективная доза составляла от 0,00923 до 0,270 мЗв в год. Максимальная эффективная годовая доза наблюдалась на рабочем месте приготовителя заправочных огнеупорных материалов и термических смесей в глиномяльном отделении – 0,270 мЗв. Здесь 66% дозы составляет внутренняя от вдыхания ПРН и 26% – внешняя доза от внешнего гамма - излучения (0,212 мкЗв/ч).

В агломерационном цехе годовая эффективная доза составляла от 0,04902 до 0,265 мЗв в год. Максимальная эффективная годовая доза наблюдалась на рабочем месте машиниста конвейера А1-Ш2 – 0,265 мЗв. На этом рабочем месте 75% дозы – внутренняя от вдыхания ПРН и 25% – внешняя доза от гамма - излучения.

Работники шахтоуправления по подземной добыче руды ПАО «Арселор-Митталл Кривой Рог» основную годовую эффективную дозу облучения получают за счет влияния радона-222 и радона-220 (торона). Непосредственно в шахте, в зависимости от рабочего места, годовая эффективная доза колеблется от 0,80 для проходчика на горизонте 1135 м до 6,16 мЗв для работников, обслуживающих шх. «Слепая».

Анализ результатов исследований указывает на то, что, основными источниками загрязнения воздуха ДПР радона-222 в горных выработках шахтоуправления являются зоны обрушения, обусловленные технологией ведения работ.

На предприятии - филиал «Вольногорский ГМК» ГП «ОГХК» годовые эффективные дозы от 4,8 до 5,1 мЗв получают работники на участке измельчения концентратов и от 1,47 до 1,63 мЗв на участке доведения.

Большинство рабочих мест на предприятии относится к II та III классу условий труда [8].

На предприятии вклад в годовую эффективную дозу определяют следующие составляющие:

- внешнее гамма-излучение от 0,142 до 0,545 мЗв;
- вдыхание ПРН – от 0,135 до 4,459 мЗв;
- ЭРОА радона-222 – от 0,066 до 0,242 мЗв;
- ЭРОА радона-220 – от 0,034 до 0,170 мЗв;
- пероральное поступление – 0,00292 мЗв.

Выводы. Таким образом, в результате проведенных исследований получены следующие результаты:

1. Была разработана для целей оценки радиационного воздействия на работающих методика расчета эффективной дозы, которая учитывала следующие пути облучения рабочих и служащих:

- внешнее облучение персонала и рабочих;
- внутреннее облучение от вдыхания радионуклидов ряда урана, актиноурана и тория;
- внутреннее облучение от радона и продуктов его распада;
- внутреннее облучение при пероральном поступлении радионуклидов.

2. Разработана и опробована методика измерения на рабочих местах радиационных параметров, необходимых для расчета доз облучения работающих природными радионуклидами.

3. Проведенные исследования и расчеты показали, что годовая эффективная доза при выполнении технологического цикла работ различна для разных рабочих мест и предприятий и радиационные исследования должны быть составной частью работ по аттестации рабочих мест.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способи нормалізації радіаційної обстановки в шахті “Першотравнева” в період здійснення демонтажних робіт та експлуатації в спеціальному режимі гідрозахисту / П.Г.Гагауз, Ю.М. Сорока, О.І. Молчанов [та ін.] // Охорона праці та навколишнього середовища на підприємствах гірничо-металургійного комплексу: Зб. наук. праць.- Кривий Ріг: НДІБПГ, 1999. - Вип.1. - С.3-12.
2. Методика расчета дозовых нагрузок на персонал производств, занятых работой с сырьем, содержащим повышенные концентрации естественных радионуклидов/ Ю.Н.Сорока, А.И.Молчанов, О.Н. Беднарик [и др.] //Сборник научных трудов.-Севастополь:СИЯЭиП, 2000.- Вып.3.- С.132-137.
3. Soroka, Yu. Identification and characterization of radioactively contaminated sites in Ukraine and planning for environmental restoration activities // Site characterization techniques used in environmental restoration activities / Yu. Soroka // Vienna: IAEA, 2000.- IAEA-TECDOC. – no. 1148. - Pp.201-218.
4. Підприємства чорної металургії. Державні санітарні правила. ДСП 3.3.1.038-99. [Чинний від 1999-12-01]. - К.: Міністерство охорони здоров'я України, 1999. – 129 с.
5. Контроль радіаційної обстановки на залізорудних шахтах України. Настанова Міністерства промислової політики України. СОУ-Н МПП 17.240-046:2005 [Чинний від 2005-03-25]. – Київ: Мінпромполітики України, 2005. - 14 с.
6. COUNCIL DIRECTIVE 2013/59/EURATOM of 5 December 2013. Laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom) // Official Journal of the European Union, 17.01.2014. – 73 p.
7. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України. Державні санітарні правила. 6.177-2005-09-02 [Чинний від 2005-05-20]. - Київ: Міністерство охорони здоров'я України, 2005. – 62 с.
8. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. ДСанПін -2014 [Чинний від 2014-04-28]. – Київ: Міністерство охорони здоров'я України, 2014. – 44 с.
9. Calculation Guide Mining. Calculation Guide for the Determination of Radiation Exposure due to Environmental Radioactivity Resulting from Mining. BfS-SW-09/11. – Berlin: Department Radiation Protection and Environment, 2011. – 84 p.
10. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи [Чинний від 1998-01-01]. –Київ: Відділ поліграфії Українського центру Держсанепіднагляду Міністерства охорони здоров'я України, 1998. – 135 с.
11. Clement, C.H. (ed.) Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60 / C.H. Clement (ed.) // ICRP Publication 119, Ann. ICRP Elsevier, 2013. - vol.42, no 4. – 132 p.

REFERENCES

1. Gagauz, P.G., Soroka, Yu.M., Molchanov, O.I, Podrezov, O.A. and Dzhenyuk, E.G. (1999), “Methods normalize the radiation situation in the mine “Pershotravneva” during the dismantling of the implementation and operation of a special regime hydro”, *Okhorona pratsi ta navkolyshnogo seredovysshcha na pidpnyemstvakh girnycho-metalurgiyynogo kompleksu*, vol.1, pp. 3-12.
2. Soroka, Yu.M., Molchanov, A.I., Bednarik, O.N., Krivoshey, L.A. and Gagauz, F.G. (2000), “Method of calculation of dose loads on the personnel of production involved work with raw materials containing enhanced concentrations of natural radionuclides”, *Sbornik nauchnykh trudov SIYAEiP*, vol.3, pp. 132-137.
3. Soroka, Yu. (2000), “Identification and characterization of radioactively contaminated sites in Ukraine and planning for environmental restoration activities”, *Site characterization techniques used in environmental restoration activities*, no. 1148, pp.201-218.
4. Ministry of Health of Ukraine (1999), *DSP 3.3.1.038-99 Pidpnyemstva metallurgii. Derzhavni sanitarni pravyla* [DSP 3/3/1/038-1999 Ferrous Metallurgy. Public health rules], Ministry of Health of Ukraine, Kiev, Ukraine.
5. Ministry of Industrial Policy of Ukraine (2005), *17.240-046:2005 Kontrol radiatsiyynoy obstanovky na zalizorudnykh shakhtakh Ukrainy. Nastanova Ministerstva promislovyoy politiki Ukrainy* [17.240-046: 2005. Monitoring of radiation situation in the iron ore mines of Ukraine: The guidance of the Ministry of Industrial Policy of Ukraine], Ministry of Industrial Policy of Ukraine, Kiev, Ukraine.
6. COUNCIL DIRECTIVE 2013/59/EURATOM (2013), “Laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom”, *Official Journal of the European Union*, 17.01.2014, 73 p.
7. Ministry of Health of Ukraine (2005), *6.177-2005-09-02 Osnovni sanitarni pravyla zabezpechennya radiatsiyynoy bezpeky v Ukraine. Derzhavni sanitarni pravyla* [6.177-2005-09-02 Basic sanitary rules of radiation safety of Ukraine: State sanitary rules], Ministry of Health of Ukraine, Kiev, Ukraine.
8. Ministry of Health of Ukraine (2005), *DSaNPIn – 2014. Gigienichna klasifikatsiya pratsi za pokaznykamy shkidlyvosti ta nebezpechnosti faktoriv vyrobnychogo seredovysshcha, vazhkosti ta napruzhenosti trudovogo protsesu* [Hygienic classification of work in terms of hazard and danger environment factors, severity and intensity of the work process: State sanitary rules and regulations], Ministry of Health of Ukraine, Kiev, Ukraine.
9. Department Radiation Protection and Environment (2011), “Calculation Guide Mining. Calculation Guide for the Determination of Radiation Exposure due to Environmental Radioactivity Resulting from Mining. BfS-SW-09/11”, Department Radiation Protection and Environment, Berlin, Germany.
10. Ministry of Health of Ukraine (1998), *NRBU-97Normy radiatsiyynoi bezpeky Ukrainy. Derzhavni gigienichni normatyvy* [Radiation Safety Standards of Ukraine (): State Hygienic Standart], Department of printing of the Ukrainian Center of Sanitary Inspection Ministry of Health of Ukraine, Kiev, Ukraine.
11. Clement, C.H. (ed.) (2013), “Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60”, *ICRP Publication 119, Ann. ICRP Elsevier*, vol.42, no 4,132 p.

Об авторах

Сорока Юрий Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры Экологии и охраны окружающей среды, Государственное высшее учебное заведение «Днепропетровский государственный технический университет» (ГВУЗ «ДГТУ»), Каменское, Украина, yuriy_sor@ukr.net.

Рец Юрий Николаевич, аспирант кафедры Экологии и охраны окружающей среды, Государственное высшее учебное заведение «Днепропетровский государственный технический университет» (ГВУЗ «ДГТУ»), Каменское, Украина, smsgv1978@gmail.com

Руденко Сергей Анатольевич, магистр, инженер, Общество с ограниченной ответственностью «Центр радиэкологического мониторинга» (ООО «ЦРЭМ»), Желтые Воды, Украина, yuriy_sor@ukr.net.

Подрезов Алексей Аркадьевич, магистр, инженер, Общество с ограниченной ответственностью «Центр радиэкологического мониторинга» (ООО «ЦРЭМ»), Желтые Воды, Украина, yuriy_sor@ukr.net.

About the authors

Soroka Yuriy Nikolaevich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor in Department of Ecology and Environmental Protection, State Higher Educational Institution "Dneprovsky State Technical University" (SHEI "DGTU"), Kamenske, Ukraine, yuriy_sor@ukr.net.

Rets Yuriy Nikolaevich, Doctoral Student in Department of Ecology and Environmental Protection, State Higher Educational Institution "Dneprovsky State Technical University" (SHEI "DGTU"), Kamenske, Ukraine, msgv1978@gmail.com.

Rudenko Sergey Anatolyevich, Master of Sciences, (M.S.), Engineer of Limited Liability Company "Center of Radioecological Monitoring" (LLC "CREM"), Zheltye Vody, Ukraine, yuriy_sor@ukr.net.

Podrezov Aleksey Arkadyevich, Master of Sciences, (M.S.), Engineer of Limited Liability Company "Center of Radioecological Monitoring" (LLC "CREM"), Zheltye Vody, Ukraine, yuriy_sor@ukr.net.

Анотація. Метою досліджень була оцінка дозового навантаження на працюючих при виконанні робіт на гірничих і металургійних підприємствах, що необхідно для безпечного виконання робіт і збереження здоров'я працівників. Для цілей оцінки радіаційного впливу на працюючих була розроблена методика розрахунку ефективної дози, яка враховувала наступні шляхи опромінення робітників і службовців:

- зовнішнє опромінення персоналу і робітників;
- внутрішнє опромінення від вдихання радіонуклідів ряду урану, актиноурана і торію;
- внутрішнє опромінення від радону і продуктів його розпаду;
- внутрішнє опромінення при пероральному надходженні радіонуклідів.

Розроблено і випробувано методику розрахунку доз опромінення працюючих природними радіонуклідами.

Розглянуто питання радіаційної небезпеки для робітників і службовців на підприємствах гірничої та металургійної галузі промисловості.

Проведені дослідження і розрахунки показали, що річна ефективна доза при виконанні технологічного циклу робіт різна для різних робочих місць і підприємств і радіаційні дослідження повинні бути складовою частиною робіт по атестації робочих місць.

Ключові слова: охорона праці, ефективна доза, внутрішнє опромінення, зовнішнє опромінення, природні радіонукліди ряду урану і торію, гірничі і металургійні підприємства.

Abstract. The aim of research was to evaluate a radiation dose for the workers in the mining and metallurgical enterprises, as it is necessary for their safety labour and health protection. For the purpose to assess how radiation impacts on the workers, a method for calculating an effective dose was developed, which took into account the following types of irradiation:

- external irradiation of the staff and workers;
- internal irradiation through inhalation of radionuclides of the uranium, thorium and actinouranium classes;
- internal irradiation by radon and its decay products;
- internal irradiation through the oral intake of radionuclides.

A method for calculating doses of the employee irradiation by natural radionuclides is developed and tested.

The problems of irradiation risk for workers and employees at enterprises of mining and metallurgical industries are considered.

The studies and calculations have showed that the annual effective dose during the technological cycle of works is different for different jobs and enterprises, and radiological studies should be included into certification of the workplaces.

Keywords: labor protection, effective dose of internal irradiation, external irradiation, natural radionuclides of the uranium and thorium classes, mining and metallurgical enterprises.

Статья поступила в редакцию 08.12.2016

Рекомендовано к публикации д-ром технических наук Четвериком М.С.