

УДК 613.31:546.13

©Ю.М. Рець

**ОЦІНКА РАДІАЦІЙНОГО СТАНУ ЗАБРУДНЕНИХ ОБ'ЄКТІВ НА  
ПРОМИСЛОВОМУ МАЙДАНЧИКУ КОЛИШНЬОГО ПІДПРИЄМСТВА  
ПО ПЕРЕРОБЦІ УРАНОВИХ РУД ДЛЯ ОБГРУНТУВАННЯ МЕЖ  
САНІТАРНО-ЗАХИСНИХ ЗОН.**

©Yu. Rets

**EVALUATION OF RADIATION CONTAMINATED OBJECTS AT THE  
INDUSTRIAL SITE FORMER ENTERPRISES ON PROCESSING URANIUM  
ORE TO JUSTIFY EXTENT BUFFER ZONES.**

Проведено аналіз стану радіаційно-забруднених об'єктів на промисловому майданчику колишнього ВО «Придніпровський хімічний завод» (ВО ПХЗ) та підготовлено матеріали до обґрунтування меж санітарно-захисних зон та демаркації радіаційно-забруднених об'єктів.

Проведен анализ состояния радиационно-загрязненных объектов на промышленной площадке бывшего ПО «Приднепровский химический завод» (ПО ПХЗ) и подготовка материалов к обоснованию границ санитарно-защитных зон и демаркации радиационно-загрязненных объектов.

**Вступ.** Виробниче об'єднання "Придніпровський хімічний завод" (далі – ВО «ПХЗ», м. Дніпродзержинськ) у періоди з 1949 до 1991 рр. переробляло уранову руду, урановмісні концентрати та збагачений ураном доменний шлак. Відходи переробки уранової сировини накопичували на території проммайданчика та прилеглих територіях. Завершення робіт підприємства з переробки уранової сировини у зв'язку із розпадом СРСР було незапланованим. Виведення із експлуатації ВО «ПХЗ» не планувалося та тому зупинення його було здійснено без необхідного довготривалого комплексу рекультиваційних та дезактиваційних робіт. Протягом більше 10 років з моменту зупинення виробництва (1991-2000рр.) на проммайданчику колишнього ВО «ПХЗ» не проводилися системні заходи з перепрофілювання промислового виробництва на цій території. На території проммайданчика залишена значна кількість не очищених виробничих цехів (будівлі), елементи інфраструктури і хвостосховища відходів колишнього уранового виробництва, залишки рудних матеріалів, ділянки із значно забрудненими ґрунтами радіонуклідами уран-торієвого ряду. На території проммайданчика колишнього ВО «ПХЗ» та за його межами за роки діяльності колишнього уранового виробництва було утворено сім хвостосховищ, а також сховища залишків радіоактивних руд. Захисні бар'єри хвостосховищ перебувають у незадовільному стані і не відповідають вимогам інженерно-технічного та радіаційного захисту.

На території проммайданчика колишнього ВО «ПХЗ» і у деяких будівлях колишнього уранового виробництва спостерігаються підвищені рівні ПЕД (по-

тужності еквівалентної дози) гама-опромінювання, високі рівні вмісту радону-222, а також високі рівні радіоактивного аерозольного забруднення.

Це все обумовлює високі ризики потенційного опромінення персоналу підприємств, які продовжують здійснювати свою діяльність на території проммайданчика.

**Метою роботи** є аналіз стану радіаційно-забруднених об'єктів на промисловому майданчику колишнього виробничого об'єднання «Придніпровський хімічний завод» та підготовка матеріалів до обґрунтування меж санітарно-захисних зон радіаційно-забруднених об'єктів.

**Основні результати досліджень радіаційного забруднення на майданчиках.** Загальна площа уранового майданчика заводу – 260 гектарів. Найбільша концентрація промислових потужностей – у її південній частині, яка займає 115 га. Там розташовано понад 300 будівель різного призначення, більшість із яких у дуже поганому конструкційному стані.

На території південного проммайданчика колишнього ВО "ПХЗ" розташовані також хвостосховища "Західне", "Центральний Яр" і "Південно-східне", у яких розміщені відходи переробки уранових руд.

Площа території, на якій розташовані будівлі та споруди, становить 82718м<sup>2</sup>. Загальна площа проммайданчика – 518 150 м<sup>2</sup>.

Характеристика хвостосховищ відходів уранового виробництва наводиться в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристики хвостосховищ на територіях колишнього ВО «ПХЗ»

№№ п/п	Назва об'єкту	Період експлуатації	Площа, га	Маса відходів, 10 <sup>6</sup> тон	Об'єм відходів, 10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup>	Загальна активність відходів, ТБк
1	Хвостосховище «Західне»	1949-1954	6,0	0.77	0,35	180
2	Хвостосховище «Центральний Яр»	1951-1954	2,4	0.22	0,10	104
3	Хвостосховище «Південно-Східне»	1956-1980	3,6	0.33	0,15	67
4	Хвостосховище «Дніпровське»	1954-1968	73	12.0	5,9	1400

На протязі 2010-2016 рр. були виконані радіоекологічні дослідження на хвостосховищах "Західне", "Центральний Яр", "Південно-східне" і "Дніпровське", а також біля будівлі 103.

Були виміряні на цих об'єктах потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання, а також об'ємна активність радону в повітрі та активності природних радіонуклідів в аерозолях атмосферного повітря.

**Визначення вмісту природних радіонуклідів в аерозолях атмосферного повітря на території радіаційно-небезпечних об'єктів (хвостосховищ «Західне», «Центральний Яр», «Південно-Східне», «Дніпровське», біля будівлі 103).** Була проведена серія аерозольних спостережень на території досліджуваних об'єктів колишнього ПХЗ. Було відібрано 6 проб повітря на скловолоконні фільтри діаметром 10 см. Проби аерозолів відбирали за допомогою високопродуктивних ( $1\text{ м}^3/\text{хв.}$ ) пробовідбірних засобів типу TF1A-2 та CF 903/230 фірми HI-Q Environmental Products Company (США), прокачано повітря не менше  $100\text{ м}^3$ . Загальний вигляд цих пробовідбірників та спосіб установки на місцевості показані на рис. 1.



Рис. 1. Відбір проб повітря біля будівлі 103 розташованого на території колишнього ВО «ПХЗ»

Як видно з рис. 1, пробовідбір повітря відбувався на висоті дихання дорослої людини, тобто на висоті 1,5-1,6 м. Результати гама-спектрометричного та радіохімічного аналізу фільтрів приведені у табл. 2.

**Визначення об'ємної активності радону в повітрі на території об'єктів досліджень на проммайданчику.** Протягом 2010-2014 рр. було виконано вимірювання об'ємних концентрацій (ОА) радону на різних секторах поверхні хвостосховищ Дніпродзержинського проммайданчику.

Таблиця 2

Активність природних радіонуклідів в аерозолях атмосферного повітря на території проммайданчика у місцях досліджень

Майданчик	Радіонуклід				
	$^{234}\text{U}$ , Бк/м <sup>3</sup>	$^{238}\text{U}$ , Бк/м <sup>3</sup>	$^{230}\text{Th}$ , Бк/м <sup>3</sup>	$^{210}\text{Po}$ , Бк/м <sup>3</sup>	$^{210}\text{Pb}$ , Бк/м <sup>3</sup>
Хвосховище «Західне»	$(1,35 \pm 0,34) \cdot 10^{-4}$	$(1,19 \pm 0,30) \cdot 10^{-4}$	$(8,53 \pm 2,13) \cdot 10^{-5}$	$(1,16 \pm 0,29) \cdot 10^{-4}$	$(4,67 \pm 1,17) \cdot 10^{-4}$
Хвосховище «Південно-Східне»	$(3,17 \pm 0,79) \cdot 10^{-4}$	$(2,39 \pm 0,60) \cdot 10^{-4}$	$(1,73 \pm 0,43) \cdot 10^{-4}$	$(1,27 \pm 0,32) \cdot 10^{-4}$	$(6,07 \pm 1,52) \cdot 10^{-4}$
Хвосховище «Дніпровське»	$(1,12 \pm 0,28) \cdot 10^{-4}$	$(1,21 \pm 0,30) \cdot 10^{-4}$	$(6,08 \pm 1,52) \cdot 10^{-5}$	$(3,24 \pm 0,81) \cdot 10^{-4}$	$(6,12 \pm 1,53) \cdot 10^{-4}$
Хвосховище «Центральний Яр»	$(2,27 \pm 0,57) \cdot 10^{-4}$	$(2,11 \pm 0,53) \cdot 10^{-4}$	$(1,50 \pm 0,38) \cdot 10^{-4}$	$(1,57 \pm 0,39) \cdot 10^{-4}$	$(8,61 \pm 2,15) \cdot 10^{-4}$
ВО «ПХЗ», біля будівлі 103	$(3,59 \pm 0,90) \cdot 10^{-4}$	$(2,88 \pm 0,72) \cdot 10^{-4}$	$(2,07 \pm 0,52) \cdot 10^{-4}$	$(1,98 \pm 0,50) \cdot 10^{-4}$	$(5,96 \pm 1,49) \cdot 10^{-4}$

Спостереження за об'ємними концентраціями проведено адсорбційними методами на сорбційні колонки СК-13 з активованим вугіллям СКТ-3 із використанням приладу багатофункціонального комплекс радону «Камера-01».

Таблиця 3

Осереднені дані рівнів ОА радону-222 в повітрі на території об'єктів досліджень на проммайданчику у період з 2010 по 2014 рр.

Об'єкт дослідження	Середня за 2010 рік	Середня за 2011 рік	Середня за 2012 рік	Середня за 2013 рік	Середня за 2014 рік
Дніпродзержинський проммайданчик					
Хвосховище «Дніпровське»				76	79
Хвосховище «Західне»	188	215	208	113	116
Хвосховище «Центральний Яр»	153	340	222	161	546
Хвосховище «Південно-Східне»	178	185	235	92	142
Територія біля буд. 103,104.	90	190	183	117	100

За результатами спостережень було встановлено, що об'ємні концентрації радону-222 у повітрі у різні сезони незначно коливаються. На поверхні хвос-

тосховищ рівні ОА радону-222 змінюються у просторі залежно від якості покриття і метеорологічних факторів.

За результатами спостережень впродовж року можливо зробити висновок, що суттєвих змін із порівнянням із попередніми роками не спостерігається, (табл.3)

**Визначення вмісту природних радіонуклідів у ґрунті на території об'єктів досліджень на проммайданчику.** В таблиці 4 наведено результати виміру вмісту природних радіонуклідів у ґрунті на території проммайданчика.

Таблиця 4

Середній вміст природних радіонуклідів у ґрунті на робочому Майданчику

Радіонуклід	Робочий майданчик				
	«Дніпровське», Бк·кг <sup>-1</sup>	«Західне», Бк·кг <sup>-1</sup>	«Центральний Яр», Бк·кг <sup>-1</sup>	«Південно- Східне», Бк·кг <sup>-1</sup>	Територія бі- ля буд. 103,104, Бк·кг <sup>-1</sup>
<sup>238</sup> U	24	30	29	36	34
<sup>234</sup> U	22	28	28	33	33
<sup>230</sup> Th	28	34	32	38	36
<sup>226</sup> Ra	30	36	35	39	41
<sup>210</sup> Pb	36	40	39	43	47
<sup>210</sup> Po	29	23	22	33	26

Таблиця 5

Результати вимірювання потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання на радіаційно-небезпечних об'єктах проммайданчика

Назва пункту відбору	Середнє значення. ПЕД γ-випромінювання, мкЗв·год <sup>-1</sup>
Хвостосховище «Західне»	0,24
Хвостосховище «Центральний Яр»	2,45
Хвостосховище «Південно-Східне»	0,18
Хвостосховище «Дніпровське»	0,28
Територія біля буд. 103,104.	0,32

**Оцінки потужності еквівалентної дози гамма – випромінювання на досліджуваних уранових об'єктах проммайданчика.** Спостереження за рівнем потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання (ПЕД) від забрудненої поверхні або джерел випромінювання є невід'ємною частиною всіх видів робіт, що проводились за регламентами і програмами радіаційного моніторингу на території і радіаційно-небезпечних об'єктах Дніпродзержинського проммайдан-

чиків колишнього ВО «ПХЗ». Вимірювання потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання проводилися під час виконання всіх регламентних польових спостережень. Роботи виконувались із використанням дозиметрів ДКС-96 із блоками детектування БДКС-96 разом із навігаційними системами типу GPS-60. Результати зйомок ПЕД у порівнянні із результатами, що були отримані раніше не виявили суттєвих змін в характері забруднення територій (табл. 5).

### **Методика розрахунку доз опромінення робітників на території промайданчика.**

**Зовнішнє опромінення персоналу та робітників.** Річні дозові навантаження на персонал та робітників від зовнішнього опромінювання на відкритій місцевості розраховуються згідно наступних формул (1, 2):

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

де  $E_{\text{ext}}$  – ефективна доза за рік, Зв;

$f_c$  – дозовий коефіцієнт перерахунку еквівалентної дози в ефективну дозу,  $f_c=0,6$ ;

$H(10)_s$  – потужність еквівалентної дози гамма-випромінювання на робочому майданчику, Зв · год<sup>-1</sup>;

$H(10)^u$  – фонові потужність еквівалентної дози гамма-випромінювання, Зв · год<sup>-1</sup>.

$T_w$  – тривалість опромінювання персоналу, год;

Референтна тривалість опромінювання персоналу  $T_w=1700$  год.

**Внутрішнє опромінення від вдихання радіонуклідів ряду урану.** Для оцінки ефективної дози опромінювання працівників важливим є вивчення шляху надходження радіонуклідів в атмосферу, величини медіанного по активності аеродинамічного діаметру (АМАД) і складу аерозолів, референтного типу системного надходження радіонуклідів.

При роботах на земній поверхні, де надходження радіонуклідів в атмосферу обумовлене, в основному, рухом транспорту, розвантажувально-перевантажувальними роботами, дією вітру, рекомендовано застосування величини АМАД рівного 5 мкм. Ефективна доза опромінювання працюючих унаслідок вдихання аерозолів, які містять природні радіонукліди, визначається згідно наступній формулі (2):

$$E_{\text{inh}} = V_w \cdot \sum \sum C_{r,s}^{\text{inh}} \cdot K_r^{\text{inh}} \cdot T_w, \quad (2)$$

де  $E_{\text{inh}}$  – ефективна доза опромінювання працюючих унаслідок вдихання аерозолів, Зв;

$K_r^{\text{inh}}$  – дозовий коефіцієнт для радіонукліда  $r$ , Зв · Бк<sup>-1</sup>;

$C_{r,s}^{\text{inh}}$  – концентрація радіонукліда у пилу для радіонукліда  $r$  при знаходженні робітника на робочому місці  $S$ , Бк · м<sup>-3</sup>;

$V_w$  – референтний об'єм дихання працівників,  $V=1,2$  м<sup>3</sup> · час<sup>-1</sup>.

У табл. 6 приведені значення дозових коефіцієнтів для радіаційно-значущих радіонуклідів ряду урану, торію і актиноурану.

Таблиця 6

Дозові коефіцієнти для радіонуклідів ряду урану торія, актиноурану, а також суміші [3]

Радіонуклід	Період напіврозпаду, рік	Дозовий коефіцієнт (Зв/Бк) при значенні АМАД, рівному 5 мкм	Дозовий коефіцієнт (Зв/Бк) при пероральному надходженні
Ряд урану			
<sup>238</sup> U	4,47 ? 10 <sup>9</sup>	1,6 ? 10 <sup>-6</sup>	4,4 ? 10 <sup>-8</sup>
<sup>234</sup> U	2,44 ? 10 <sup>5</sup>	2,1 ? 10 <sup>-6</sup>	4,9 ? 10 <sup>-8</sup>
<sup>230</sup> Th	7,7 ? 10 <sup>4</sup>	7,2 ? 10 <sup>-6</sup>	2,1 ? 10 <sup>-7</sup>
<sup>226</sup> Ra	1,6 ? 10 <sup>3</sup>	2,2 ? 10 <sup>-6</sup>	2,8 ? 10 <sup>-7</sup>
<sup>210</sup> Pb	22,3	1,1 ? 10 <sup>-6</sup>	6,8 ? 10 <sup>-7</sup>
<sup>210</sup> Po	138 днів	2,2 ? 10 <sup>-6</sup>	2,4 ? 10 <sup>-7</sup>
Ряд актиноурану			
<sup>235</sup> U	7,04 ? 10 <sup>8</sup>	1,8 ? 10 <sup>-6</sup>	4,6 ? 10 <sup>-8</sup>
<sup>231</sup> Pa	3,27 ? 10 <sup>4</sup>	8,9 ? 10 <sup>-5</sup>	7,1 ? 10 <sup>-7</sup>
<sup>227</sup> Ac	21,8	6,3 ? 10 <sup>-4</sup>	1,1 ? 10 <sup>-6</sup>
Ряд торію			
<sup>232</sup> Th	1,4 ? 10 <sup>10</sup>	1,2 ? 10 <sup>-5</sup>	2,2 ? 10 <sup>-7</sup>
<sup>228</sup> Ra	5,75	1,7 ? 10 <sup>-6</sup>	6,7 ? 10 <sup>-7</sup>
<sup>228</sup> Th	1,91	3,2 ? 10 <sup>-5</sup>	7,0 ? 10 <sup>-8</sup>
Суміш		5,2 ? 10 <sup>-5</sup>	

Дозові коефіцієнти були використані, в основному, для референтного типу М, для радіонуклідів Th - S, Ac - F.

**Внутрішнє опромінення від радону та продуктів його розпаду.** Загальна ефективна доза для працюючих на робочому майданчику визначається наступним чином (3):

$$E_{Rn-222,j} = g_{EEC(Rn-222),j} \cdot \sum_s (C_{Rn-222,s} - C_{Rn-222}^U) \cdot F_{Rn-222,s} \cdot t_{Exp,j,s} \quad (3)$$

де  $E_{Rn-222,j}$  – ефективна доза від вдихання радону та продуктів його розпаду для працюючих, Зв;

$C_{Rn-222,s}$  – середньорічна концентрація <sup>222</sup>Rn в атмосферному повітрі на робочому майданчику, Бк·м<sup>-3</sup>;

$C_{Rn-222}^U$  – фонові концентрація <sup>222</sup>Rn в атмосферному повітрі, Бк·м<sup>-3</sup>.

Якщо фонові концентрація включається в моделі спільно з радоном від видобутку руд, то в розрахунках приймається  $C_{Rn-222}^U = 0$ .

$F_{Rn-222,s}$  – фактор рівноваги між радоном <sup>222</sup>Rn і продуктами його розпаду на робочому майданчику, забрудненій внаслідок видобутку уранових руд,  $F_{Rn-222,s} = 0,4$ ;

$q_{\text{eec(Rn-222)}}$  – дозовий коефіцієнт для працюючих при експозиції продуктів розпаду радону  $q_{\text{eec(Rn-222)}} = 7,8 \cdot 10^{-9}$  (Sv · m<sup>3</sup> · Bq<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup>);

$t_{\text{Exp,j,s}}$  – час опромінення працюючих,  $t_{\text{Exp,j,s}} = 1700$  год.

### Внутрішнє опромінення при пероральному надходженні радіонуклідів.

Пероральне надходження радіонуклідів можливо як у виді випадкового заковтування часток радіоактивного матеріалу (хвостів), так і надходження, наприклад, із забруднених рук при виконанні будівельних, земляних і сільськогосподарських робіт на забруднених робочих майданчиках та на хвостосховищах. Ефективна доза робітників від перорального надходження радіонуклідів на робочому майданчику розраховується за формулою (4):

$$E_{\text{Ing,Soil,j}} = U_{\text{Soil,j}} \cdot \sum_s t_{\text{Exp,j,s}} \cdot \sum_r (C_{\text{Soil(0,5),r,s}} - C_{\text{Soil(0,5),r}}^U) \cdot g_{\text{Ing,r,j}} \quad (4)$$

де,  $E_{\text{Ing,Soil,j}}$  - ефективна доза від перорального надходження радіонукліду  $r$  на робочому майданчику  $S$ , Зв;

$C_{\text{Soil(0,5),r,s}}$  - Активність радіонукліду  $r$  в дрібній фракції зерна (діаметр частинок < 0,5 м) верхнього шару ґрунту на робочому майданчику  $S$  (Бк · кг<sup>-1</sup> (0 – 30 см)), Бк · кг<sup>-1</sup>;

$C_{\text{Soil(0,5),r}}^U$  - Фонові значення активності радіонукліду  $r$ , Бк · кг<sup>-1</sup>.

Якщо  $C_{\text{Soil(0,5),r,s}}$  включають забруднені фракції внаслідок гірничої діяльності, то  $C_{\text{Soil(0,5),r}}^U \equiv 0$ ;

$U_{\text{soil,j}}$  - надходження ґрунту через органи травлення для робітників,  $U_{\text{soil,j}} = 6 \cdot 10^{-6}$  кг·год;

$g_{\text{Ing,r,j}}$  - дозовий коефіцієнт перорального надходження для радіонукліду  $r$  та робітників, Зв · Бк<sup>-1</sup>.

Дозові коефіцієнти перорального надходження для робітників наведені у табл. 6.

**Результати розрахунку ефективних доз опромінення робітників на промайданчику колишнього ВО «ПХЗ».** За нижчеподаній методикою були розраховані ефективні дози опромінення працюючих. Загальна ефективна доза на тих, що працюють визначається таким чином (5) [4]:

$$E_{\text{total}} = E_{\text{ext}} + E_{\text{inh}} + E_{\text{Rn-222,j}} + E_{\text{Ing,Soil,j}} \quad (5)$$

Вихідні дані для розрахунку ефективних доз від *природних радіонуклідів в аерозолях атмосферного повітря та від радону в повітрі* наведені в табл. 2,3. Активності природних радіонуклідів були прийняті як середні значення їх у ґрунті на поверхні хвостосховищ. Ці значення активностей природних радіонуклідів були одержані за результатами польових досліджень (табл. 4). Потужність еквівалентної дози гамма-випромінювання визначалася в табл. 5. Фонове значення потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання приймалося за даними «Доповіді про стан ядерної та радіаційної безпеки в Україні у 2009 році».

Результати розрахунку ефективних доз опромінення робітників приведені у табл. 7.



Таблиця 7

## Ефективні дози коефіцієнти опромінення робітників на території об'єктів досліджень на проммайданчику

Майданчик	Шлях опромінення робітника, мкЗв				Загальна ефективна доза, мкЗв
	зовнішнє опромінення робітника	внутрішнє опромінення			
		від вдихання радіонукліду ряду урану	від радону та продуктів його розпаду	при пероральному надходженні радіонукліду	
Хвостосховище «Західне»	209,1	4,147	784,992	0,222	998,462
Хвостосховище «Південно-Східне»	147,9	7,149	774,384	0,297	929,732
Хвостосховище «Центральний Яр»	2463,3* 229.5	7,003* 7,003	1400,256* 1400,256	0,213* 0,213	3870,772* 1636,972
Територія біля буд. 103,104.	321,3	8,507	615,264	0,308	945,380
Хвостосховище «Дніпровське»	249,9	4,877	307,632	0,181	562,591

\* - з урахуванням вихідних даних - максимальних значень які знаходяться в центрі сховища.

1. Ситуація на колишньому ВО «ПХЗ» є кілька нестандартної, тому що об'єкти підприємства є недіючими, вони не були виведені з експлуатації і для них не може поширюватися вимога НРБУ-97 (пп. 5.5.3-5.5.7). Для цих же підприємств та об'єктів немає і вимог щодо обґрунтування санітарно-захисних зон. У зв'язку з цим, для цих територій повинні бути сформульовані вимоги щодо обґрунтування санітарно-захисної зони, які будуть відповідно до п. 9.4.7 ОСПУ-2005 [6]: на стадії проектування погоджуватися закладами державної санітарно-епідеміологічної служби МОЗ України.

Оцінки доз показали, що в більшості місць, де були проведені дослідження річна сумарна ефективна доза від внутрішнього і зовнішнього опромінення знаходиться в межах 1 мЗв. Відповідно до Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці» [5]: всі ці місця на території промислового майданчика відносяться до Класів умів праці *Допустимий та Шкідливий (3.1)*.

Виняток становлять деякі місця, де дози становлять 3 і більше мЗв. До них можуть ставитися місця на хвостосховищі «Центральний яр» і деякі невеликі території, де є в ґрунті протоки розчинів і заскладованих руд.

У цьому випадку ці робочі місця можуть бути віднесені до Класів умів праці *Шкідливий (3.3-3.4)*.

**Висновки.** За результатами проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1) Консервативно оцінені сумарні ефективні дози опромінення працюючих в районі радіаційно-забруднених об'єктів (хвостосховища «Західне», «Центральний Яр», «Південно-Східне», територія біля буд. 103,104 та інші об'єкти) становить близько 1 мЗв. У рідкісних місцях (хвостосховище «Центральний Яр») вони можуть перевищити 3 мЗв.

2) Відповідно до Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці» всі ці місця на території промислового майданчика відносяться до класу умов праці *Допустимий та Шкідливий (3.1)*

Виняток становлять деякі місця, де дози становлять 3 і більше мЗв. До них можуть ставитися місця на хвостосховищі «Центральний яр» і деякі невеликі території, де є в ґрунті протоки розчинів і закладовано руд.

У цьому випадку ці робочі місця можуть бути віднесені до класу умов праці *Шкідливий (3.3-3.4)*.

3) При встановленні санітарно-захисних зон радіаційно-забруднених об'єктів (хвостосховища «Західне», «Центральний Яр», «Південно-Східне», територія біля буд. 103,104 та інші об'єкти) необхідно керуватися наступними вимогами нормативних документів:

– межа санітарно-захисної зони повинна проходити по межі ізолінії сумарної ефективної дози від внутрішнього і зовнішнього опромінення яка дорівнює 1 мЗв;

– доцільно згідно п. 9.4.5 ОСПУ-2005. СЗЗ за узгодженням з державною санітарно-епідеміологічною службою МОЗ України обмежити межами території хвостосховища та території біля буд. 103,104;

– згідно п. 9.4.8 ОСПУ-2005. У СЗЗ цих об'єктів здійснюється радіаційний контроль силами служби радіаційної безпеки підприємства ДП «Бар'єр». Радіаційний контроль здійснюється відповідно до відомчого інструктивно-технічного документа, узгодженого територіальними закладами державної санітарно-епідеміологічної служби МОЗ України.

#### **Перелік посилань**

1. НРБУ-97. Норми радіаційної безпеки України. Державні гігієнічні нормативи ДГН 6.6.1.-6.5.001-98. – К. – 1998.
2. BfS-SW-09/11 Calculation Guide Mining. Calculation Guide for the Determination of Radiation Exposure due to Environmental Radioactivity Resulting from Mining. Department Radiation Protection and Environment. Salzgitter, – 2011.
3. International commission on radiological protection, Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60, ICRP Publication 119. Ann. ICRP Vol.42. – Elsevier. – 2013. – № 4.
4. Методика расчета дозовых нагрузок на персонал производств, занятых работой с сырьем, содержащим повышенные концентрации естественных радионуклидов/ Сорока Ю.Н., Молчанов А.И., Беднарик О.Н., Кривошей Л.А., Гагауз Ф.Г.//Сборник научных трудов. – Севастополь: СИЯЭиП. – 2000. – вып. 3. – С 132-137.
5. ДСанПін. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. – К. – 2014.

6. ОСПУ-2005. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України. – 2005.

#### ABSTRACT

**Purpose.** The aim is analysis of radiation-contaminated sites at the industrial site of former industrial association "Pridneprovskiy Chemical Plant" and training materials to study the boundaries of sanitary protection zones of radiation-contaminated objects.

**The methods** The method of field dosimetric measurements and laboratory spectrometric analysis was used.

**Findings.** The results of the research the following conclusions: conservatively estimated total effective dose working in the area of radiation-contaminated objects (tailings "Western", "Central Jar", "South East", the area near the house. 103.104 and other objects) is about 1 mSv. In rare places (tailing "Central Yar"), they may exceed 3 mSv.

**The originality.** For the first time, the analysis of effective radiation doses in the area of tailing dumps and justified the requirements for the size of the sanitary protection zone.

**Practical implications.** This method can be used in the design of sanitary protection zones of uranium objects

*Keywords: volume activity, equivalent dose, gamma, uranium facilities, industrial site.*

УДК 504.3.054:622.012.3

© О.М. Савотченко, О.В. Зберовський

### МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ НЕІЗОТЕРМІЧНИХ РЕАКТИВНИХ ПАРОВОДО-ПОВІТРЯНИХ СТРУМЕНІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ВІД ПИЛОГАЗОВИХ ВИКИДІВ НА КАР'ЄРАХ

© O. Savotchenko, O. Zberovskyi

### METHODOLOGY FOR CALCULATING NON-ISOTHERMAL REACTIVE STEAM-WATER-AIR JETS TO PROTECT THE ENVIRONMENT FROM DUST AND GAS EMISSIONS IN QUARRIES

У статті представлена методика розрахунку неізотермічних реактивних паро-водо-повітряних струменів для захисту навколишнього середовища від пилогазових викидів на кар'єрах.

В статье приведена методика расчета неізотермических реактивных паро-водо-воздушных струй для защиты окружающей среды от пылегазовых выбросов на карьерах.