

15. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды по состоянию на ноябрь 2007 г. [Электронный ресурс] / Постановлением Госплана СССР, Госстроя СССР, Президиума АН СССР от 21 октября 1983 г. N 254/284/134. – Режим доступа: http://www.lawrussia.ru/bigtexts/law_2902/index.htm. – Название с экрана.
16. Методика оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру [Електронний ресурс] / Постанова Кабінету Міністрів України № 175 від 15 лютого 2002 р. – Режим доступу: <http://zakon.nau.ua/doc/?code=175-2002-%EF>. – Назва з екрану.
17. Методика визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства [Електронний ресурс] : Затвердж. наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища 27.10.1997 N 171. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0285-98>. – Назва з екрану.
18. Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів [Електронний ресурс] : Затвердж. наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища 20.07.2009 N389. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0767-09>. – Назва з екрану.
19. Київська область. Чисельність населення на 1 число звітного місяця в розрізі міст та районів у 2012 р. [Електронний ресурс] / Головне управління статистики у Київській області. – Режим доступу: http://da-ta.com.ua/guest_atricle/2362.htm. – Назва з екрану.
20. В Украине определили уровень автомобилизации страны. [Електронний ресурс] / ИА «Свободная пресса». – Режим доступу: <http://inpress.ua/ru/society/3492-v-ukraine-opredelili-uroven-avtomobilizatsii-strany>. – Назва з екрану.
21. Минхайдарова Г. В. Экологические аспекты утилизации твердого углеродного остатка пиролиза изношенных шин [Текст]: дис. канд. техн. наук // Г. В. Минхайдарова. – Казань, 2004. – 155 с.
22. Blumenthal, Michael A Brief History of Scrap Tyre Stockpiles and Open-Air Tyre Fires [Text] // Michael Blumenthal. - Rubber Manufacturers Association, Washington, DC, 2005. – 22 p.

У статті описана сучасна технологія зниження радонобезпеки відходів від переробки уранової сировини сховища Сухачівське II секція.

Основною метою дослідження є покращення екологічного стану на територіях Кіровоградської та Дніпропетровської областей України, що розташовані поблизу сховищ переробки уранової сировини і забезпечують захист населення від небезпечного впливу природних джерел іонізуючого випромінювання

Ключові слова: сучасна технологія, зниження радонобезпеки, відходи уранової сировини, екранування, примислові відходи

В статье описана современная технология снижения радоноопасности отходов от переработки уранового сырья хранилища Сухачёвское II секция. Основной целью исследования является улучшение экологической обстановки на территориях Кировоградской и Днепропетровской области Украины, прилегающих к хранилищам переработки уранового сырья и обеспечение защиты населения от вредного влияния природных источников ионизирующего излучения

Ключевые слова: современная технология, снижение радоноопасности, отходы уранового сырья, экранирование, промышленные отходы

1. Введение

Настоящая статья относится к экологической безопасности окружающей среды, связанной с добычей и переработкой уранового сырья в Украине.

УДК 614.73 (035.3)

ЭКОЛОГО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И РАДОНООПАСНОСТЬ ОТХОДОВ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ УРАНОВОГО СЫРЬЯ В УКРАИНЕ

Л. Н. Солодовникова

Заместитель заведующего отделом экологии*

E-mail: marinaoot@isc.kharkov.com

В. А. Тарасов

Доктор физико-математических наук, заведующий отделом

Отдел сцинтилляционной радиометрии*

E-mail: tarasov@isc.kharkov.com

*ГНАУ НТК «Институт монокристаллов» НАН Украины пр. Ленина, 60, г. Харьков, Украина, 61001

Современная технология снижения радоноопасности отходов от переработки уранового сырья хранилища Сухачёвское II секция, предложенная в настоящей статье, является актуальной проблемой и связана с государственной программой «Приведение опасных

объектов производственного объединения «Приднепровский химический завод» (ПО «ПХЗ») в экологически безопасное состояние и обеспечения защиты населения от вредного влияния ионизирующего излучения [1].

2. Постановка проблемы

За время работы ПО «ПХЗ» с 1949 по 1991 г. образовались хранилища радиоактивных отходов уранового производств, приведенные в табл. 1.

Хранилища (табл. 1) являются радоноопасными объектами.

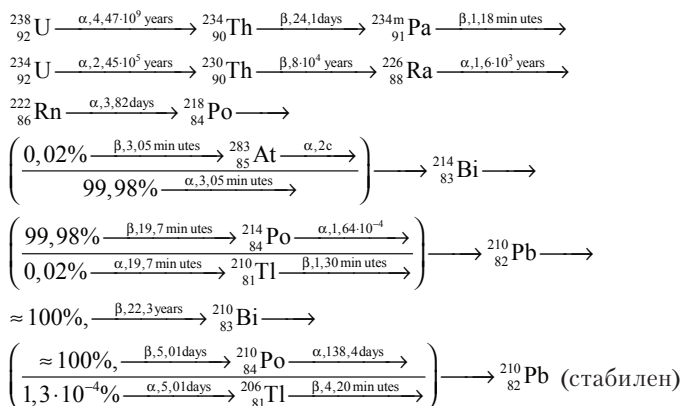


Таблица 1

Характеристики хранилищ радиоактивных отходов уранового производства

Название объекта	Период эксплуатации, годы	Площадь, тыс. кв.м	Количество накопленных отходов -хвостов, млн.тонн	Общая активность, Бк	МЭД гамма-излучения на поверхности, мкР/ч
«Хвостохранилища»					
Западное	1949-1954	40	0,77	1,8x10 ¹⁴	30
Центральный Яр	1950-1954	24	0,22	1,04x10 ¹⁴	50
Юго-восточное	1956-1990	36	0,33	6,7x10 ¹³	34800
Днепро-ское	1954-1968	730	12	1,4x10 ¹⁵	450
Сухачёвское	1968-1983	900	19	7,1x10 ¹⁴	1800
	1983	700	5,6	2,7x10 ¹⁴	30
Лантановая фракция	1965-1988	0,6	0,0066	8,6x10 ¹¹	30
Хранилища отходов уранового производства					
База С	1960-1990	250	0,15	4,4x10 ¹⁴	10800
ДП-6	1982	2	0,04	1,3x10 ¹²	30
Здание N 103			300-8000		

Снижение радоноопасности хранилищ возможно путём их экранирования, как классическими, так и современными технологиями с последующим радоновым мониторингом [2] территории экранирования.

Проблемой есть выбор материалов для экранирования и их толщина, обеспечивающие отсутствие растворимых в воде комплексов радиоактивных элементов и распад ядер радона-222 при их диффузии к дневной поверхности [3] хранилища Сухачёвское II секция.

3. Основная часть

3.1. Анализ литературных источников по теме исследования

В работе [4] приведена схема распада природного урана-238 в следующем виде:

Из схемы распада видно, что в нормальных условиях в открытом «хвостохранилище» атомы радона-222 образуются при альфа-распаде радия-226. Они получают определённую энергию отдачи и движутся в среде «хвостохранилища».

Часть атомов, что образовались, теряют энергию и останавливаются, не оставляя среды «хвостохранилища». Эти атомы образуют «связанный» [5] радон. Оставшаяся часть атомов покидает среду «хвостохранилища» в виде «свободного» [5] радона.

«Свободный» радон путём диффузионно-конвективных процессов распространяется в приземном слое атмосферы и создаёт радоноопасную обстановку [6] на территории, окружающей «хвостохранилище».

В работе [7] представлена технология изоляции Силламяэского хранилища радиоактивных отходов уранового производства в Эстонии.

Работы по изоляции выполнялись по проекту, разработанному совместно немецким концерном Wismut и Эстонским предприятием Okosil, включающим следующие этапы:

- разработка общей концепции;
- стабилизация дамбы «хвостохранилища»;
- строительство диафрагмовой стены;
- промежуточное покрытие «хвостохранилища»;
- конечное покрытие «хвостохранилища»;
- мониторинг плотности потока радона с конечного покрытия «хвостохранилища».

Задачей промежуточного слоя «хвостохранилища» Силламяэ является придать внешней поверхности «хвостохранилища» подходящую форму поверхности и способствовать осушению массива отходов за счет выхода воды под собственной тяжестью отходов.

Для строительства промежуточного слоя использовали приблизительно 1,5 миллионов кубометров различного материала: сланцевую золу, радиоактивно загрязнённую почву, а также так называемый «шведский шлак», оставшийся от обработки сланца в 1930-е годы.

На рис. 1а показана толщина промежуточного покрытия «хвостохранилища», достигающая 13 м в его центре. На рис. 1б показано завершающее радононепроницаемое покрытие



а



б

Рис. 1. «Хвостохранилище» Силламяэ

3.2 Результаты исследований

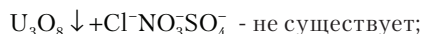
Для дальнейшего рационального использования свободного объёма второй секции Сухачёвского «хвостохранилища» и обеспечения нормальных функционирований предприятий, образовавшихся на территории ПО «ПХЗ» программой [1], предусмотрена реконструкция второй секции для приёма промышленных отходов ГНПО «Цирконий», ГП «Смолы», ГП «Барьер» и устранения диффузионно-конвективного процесса выноса радона-222 из «хвостохранилища» [8].

При этом возникла необходимость исследовать химические процессы взаимодействия сбрасываемых промышленных отходов в «хвостохранилище».

В Сухачёвском «хвостохранилище» содержится $U_3O_8 \downarrow$ (закись урана), $ThO_2 \downarrow$ (окись тория) в равновесии с продуктами их распада.

Промышленные отходы ГНПО «Цирконий», ГП «Смолы», ГП «Барьер» и др. представляют NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- (табл. 2).

Теоретический анализ взаимодействий радиоактивного содержимого «хвостохранилища» и сбрасываемых промышленных отходов показал, что при существующих значениях pH от 5,7 до 8,3 в «хвостохранилище» образование растворимых в воде комплексов радиоактивных элементов не происходит:



Таким образом, наибольшую опасность для окружающей среды составляет свободный радон, распространяющийся от «хвостохранилища» в приземный слой атмосферы [9].

Таблица 2
Концентрации сбрасываемых промышленных отходов (мг/дм³)

Наименование	Объем жидких отходов, м ³ /год	pH	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Минерализация, мг/дм ³
Вода в «хвостохранилище»	2076300	5,7-7,7	140-402	6700-14700	1815-2100	18700-29700
ГП «Смолы»	25000		50000	50000		
ГП «Цирконий»	2500	8,3	179	160	1844	1641,6
ООО «Завод Полихимпром»	25000		2870	36478,87	3464,7	
«Феррэкспо ЛТД»	40000		10	1000		
Σ ₁	92500		9257,7	4774,78	986,2	44,36
Ливневка	706818	7,3-8,65	146,382	259,342	125,238	1193,95
Σ ₂	799318		1200,7	5811,17	224,87	1060,9

При построении математической модели переноса-диффузии свободного радона из отходов уранового сырья (Ω_1) в область суглинков (Ω_2) и в область промышленных отходов (Ω_3), целесообразно представить «хвостохранилище» масштабом 8000:1 (8 м соответствует 1 мм) как по оси Ox, так и по оси Oz (рис.2).

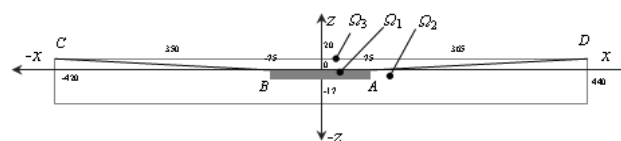


Рис. 2. Разрез хранилища «Сухачёвское» II секция (масштаб 8000:1)

Из рис. 3 видно, что размеры отходов уранового сырья (Ω_1) в плоскости xOz следующие $-75m \leq x \leq 75m$; $-17m \leq z \leq 0$ м, а размеры промышленных отходов (Ω_3) в плоскости xOz представляются трапецией ABCD с длинами сторон $AB=150$ м, $BC=350$ м, $CD=860$ м и $DC=365$ м. Для консервативной оценки толщины промышленных отходов при изоляции свободного радона-222, диффундирующего из области Ω_1 в область Ω_2 и Ω_3 , потоком радона в область Ω_2 можно пренебречь, адаптировать решение трёхмерной задачи соавтора [10] в одномерное и варьируя истинным коэффициентом диффузии D получить полное экранирование свободного радона-222 промышленными отходами.

В табл. 3 приведены истинные значения коэффициентов диффузии радона-222 в компонентах промышленных отходов (Ω_3) и соответствующее ослабление потока радона-222 промышленными отхо-

дами с толщиной 20 м при постоянной распаде радона $\lambda=2,1\cdot 10^{-6}\text{c}^{-1}$.

4. Выводы

Таблица 3

Коэффициенты диффузии и ослабление потока радона-222

$D_1=2,1\cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{м}^2\text{с}}$	$D_2=2,1\cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{м}^2\text{с}}$	$D_3=2,1\cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{м}^2\text{с}}$	$D_4=2,1\cdot 10^{-7} \frac{1}{\text{м}^2\text{с}}$
$\frac{N_1}{N_0}=1,4\cdot 10^{-1}$	$\frac{N_2}{N_0}=1,66\cdot 10^{-3}$	$\frac{N_3}{N_0}=2\cdot 10^{-7}$	$\frac{N_4}{N_0}=1,6\cdot 10^{-26}$

Таким образом, полученные оценки ослабления потока свободного радона-222 промышленными отходами позволяют экранировать хранилище «Сухачёвское» секция II от выноса радиоактивной пыли и конвективных потоков радона-222, что существенно улучшит экологическую обстановку в городе Днепропетровске и сёлах Торомское и Сухачёвское.

Литература

1. Государственная программа приведения опасных объектов производственного объединения «Приднепровский химический завод» (ПО «ПХЗ») в экологически безопасное состояние и обеспечение защиты населения от вредного воздействия ионизирующего излучения», утверждённая постановлением Кабинета Министров Украины от 26.11.2003г. №1846.
2. Dispersion of Radon in the atmosphere around old Uranium mill tailings / O. Molchanov, Y. Soroka, M. Buzinny, T. Pavlenko, A.Podrezov, M.Soroka // Radon in environment 2009: book abstr. intern. conf. (Zakopane, May 10-14, 2009) The Henryk Niewodniczanski institute of nuclear physics. – Krakow, 2009. – P. 22.
3. Nazaroff W.W. Radon Transport from Soil to Art // Rev. Geophys. 1992. V. 30. P. 137-160.
4. Солодовникова, Л.Н. Метрологическое обеспечение экологических мониторингов радона в Украине. Труды VIII Международной научно-технической конференции «Метрология и измерительная техника» (Метрология-2012) т. II [Текст] / Л.Н. Солодовникова – Харьков: ННЦ «Институт метрологии». – 2012г. С. 592-599
5. Porstenddrfer J. Properties and behaviour of radon and toron and their desay products in the air // J. Aerosol Sci. -1994. – V.25. - № 2. – P. 219 – 263
6. Pavlenko T. The peculiarity of radiological protection's system due to natural sources on Ukraine/ T. Pavlenko, A.Serdyuk, I. Los// Solid state nuclear track detectors and their applications: book of abstracts 22 intern. conf. (Barcelona, 23 – 27 August, 2004). – Barcelona, 2004. – P. 54.
7. www.ecosil.ee/index.php.Проекты: Сонирование Силламяэского хранилища радоноактивных отходов.
8. Etiope G., Martinelli G. Migration of carrier and trace gases in the geosphere: an overview // Physics of The Earth and Planetary Interiors. – 2002. – V. 129. – P. 185 – 204.
9. Pavlenko T. The peculiarity of radiological protection's system due to natural sources on Ukraine/ T. Pavlenko, A.Serdyuk, I. Los// Solid state nuclear track detectors and their applications: book abstr. 23 intern. conf. (Beijing, September 11 – 15, 2006). – Beijing, 2006. – P. 306.
10. Кравченко, М.І. Моделювання процесів поширення радону при будівельних роботах. Матеріали XVI міжнародної науково-технічної конференції «Прикладні задачі математики і механіки». Севастополь, 15-19 вересня 2008г. [Текст] / М. І. Кравченко, Н.Д. Сізова, Л.М. Солодовнікова - Севастополь: СевНТУ. - 2008. - с.24-30.