

УДК 574.546.79:631.438

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРІОРИТЕТНИХ НАПРЯМКІВ МОЖЛИВОГО ВИКОРИСТАННЯ ТЕРИТОРІЇ СХОВИЩ ВІДХОДІВ УРАНОВОГО ВИРОБНИЦТВА

*О. Г. Вагонова, д. е. н., професор, Д. В. Аржевічев, аспірант,
ДВНЗ «Національний гірничий університет, vagonova@ntu.org.ua*

Оцінено вплив об'єктивних і суб'єктивних факторів, що здатні впливати на прийняття техніко-економічних рішень щодо технологій, які можуть застосовуватися при реалізації стратегії подальшого поводження з відходами уранового виробництва виробничого об'єднання «Придніпровський хімічний завод» (ВО «ПХЗ») в рамках проведення програми реабілітаційних заходів. Запропоновані підходи до економічного обґрунтування напрямків можливого використання території сховищ з відходами уранового виробництва, які спрямовані на мінімізацію витрат на обслуговування сховищ.

Ключові слова: економічна оцінка, стратегія, реабілітаційні заходи, забруднення територій, відходи, уранове виробництво.

Постановка проблеми. З 1948 по 1991 рр. на ВО «ПХЗ» здійснювалась промислова переробка уранових руд та іншої ураномісткої сировини. Відходи уранового виробництва без необхідного еколого-економічного обґрунтування були захоронені в безпосередній близькості до місця переробки на території м. Кам'янське та прилеглих територіях Дніпропетровського району. Нині тут розташовано 9 сховищ радіоактивних відходів (РАВ) в яких накопичено біля 42 млн. тон РАВ загальною активністю більше $31,8 \cdot 10^{14}$ Бк.

Згідно чинного законодавства України [1, 2] до виведення сховищ РАВ з регулюючого контролю потрібно здійснювати охорону та нагляд за станом сховищ, а також періодично проводити роботи, спрямовані на підтримку їх в безпечному стані, що потребує значних витрат. Зважаючи на те, що радіаційно-небезпечними продуктами в цих сховищах є довго існуючі радіоактивні ізотопи, активність яких фактично не знижується протягом тисяч років, питання використання території сховищ з відходами уранового виробництва є надзвичайно актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням поводження з РАВ та використання території при поверхневих сховищ відходів уранового виробництва присвячені роботи таких науковців як В. Лисиченка, Ю. Лисенка, Ю. Мельника [3], В.

Войцеховича, І. Махоні [4] та інших.

За думкою В. Войцеховича, І. Махоні [4] при вирішенні питань подальшого поводження з відходами уранового виробництва та прийнятті рішень стосовно тих чи інших варіантів використання території сховищ РАВ слід керуватися принципом оптимізації і серед усіх можливих варіантів необхідно вибрати найбільш оптимальний виходячи з прийнятої стратегії радіаційного захисту.

Раніше в ряді європейських країн при виборі стратегії радіаційного захисту намагалися використати підходи, що спиралися на порівнянні вартості протирадіаційних заходів із грошовим еквівалентом ризику, який полягав у визначенні збитків від опромінювання населення за умовної кількості смертельних наслідків від опромінювання у випадку якщо не здійснювати ніяких заходів [4]. Проте такий підхід часто не спрацьовував і у більшості випадків при виборі заходів визначальною була соціальна і політична складова, а не радіологічна доцільність.

Виходячи з вимоги довготривалого збереження відповідності стану сховищ РАВ чинним нормативно-правовим актам та мінімізації витрат на обслуговування сховищ була запропонована стратегія подальшого поводження з відходами уранового виробництва ВО «ПХЗ», яка зводиться до здійснення комплексу заходів з ремедіації на забруднених територіях, що дозволяють вивести їх з обслуговування й регулюючого

контролю та повернути ці території до вільного, необмеженого або принаймні корисного використання місцевими громадами або новими власниками [5].

Проте донині питання, які стосуються безпосередньо економічного обґрунтування питання подальшого поводження з конкретними сховищами відходів уранового виробництва, процесу виведення сховищ з регулюючого контролю, передачі їх новим користувачам та напрямків можливого використання території сховищ з відходами уранового виробництва ВО «ПХЗ» потребують подальшого дослідження.

Формулювання мети статті. Метою даної статті є економічне обґрунтування напрямків можливого використання території сховищ з відходами уранового виробництва ВО «ПХЗ».

Виклад основного матеріалу дослід-

ження. Вибір пріоритетних напрямків можливого використання території сховищ РАВ та виконання програми з ремедіації потребує певної послідовності дій. Цей процес регламентується настановою МАГАТЕ № WS-G-3.1 [6]. Вибір заходів з ремедіації потрібно здійснювати з врахуванням мети її проведення, визначеної згідно прийнятої стратегії подальшого поводження з сховищами РАВ, всіх об'єктивних і суб'єктивних факторів, що здатні впливати на прийняття остаточного рішення та можливих технічних рішень і технологій, які можуть застосовуватися в рамках програми реабілітаційних заходів.

Концептуальні підходи до вибору напрямків ремедіації територій хвостосховищ уранового виробництва ВО «ПХЗ», виходячи з зазначених рекомендацій МАГАТЕ наведено на рис. 1.

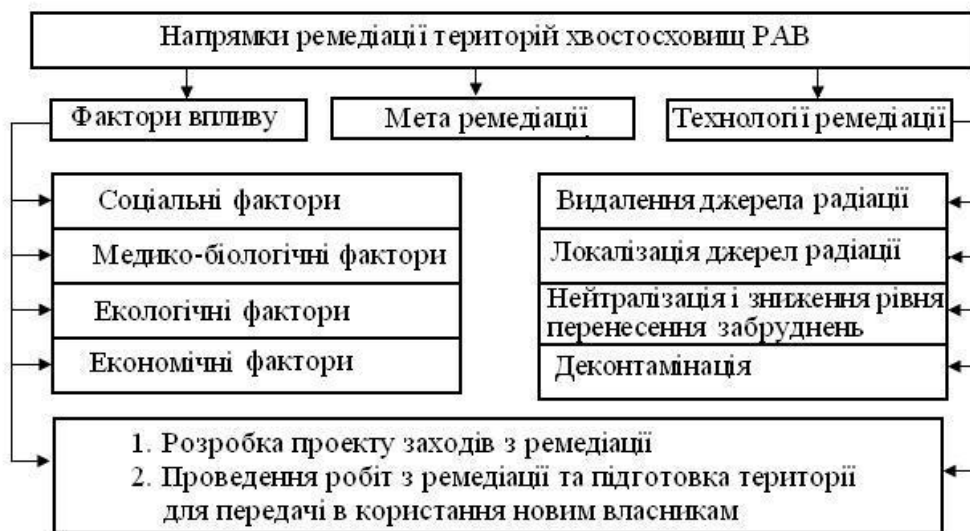


Рис. 1. Концептуальні підходи до вибору напрямків ремедіації територій хвостосховищ уранового виробництва ВО «ПХЗ» (розробка автора)

Всі наявні технології ремедіації спрямовані на зниження впливу радіації та ризику для людей, які живуть поряд з забрудненими територіями, чи людей та персоналу, при їх знаходженні на об'єктах, розміщених на цих територіях. Ці технології прийнято поділяти на чотири основні категорії:

Видалення джерела випромінювання (ліквідація сховища). Як правило такі технології використовують до локальних місць скупчення РАВ чи визначених на місцевості скупчень забрудненого ґрунту. В окремих випадках повне видалення може стосуватися

і локалізованих хвостосховищ уранового виробництва. При цьому здійснюється їх перенесення в інші безпечні спеціалізовані сховища. Іноді можливе їх очищення, повторне використання або ж переробка. Технологія видалення може застосовуватися і для локально зосереджених ареалів забруднених підземних вод, які можна викачати і спрямувати на очищення.

Ліквідація джерела забруднення, що випромінює радіацію, є одним із найефективніших заходів. Проте у багатьох випадках повне видалення забруднення не-

правдане і недоцільне як з економічної, так і з радіологічної точки зору. По-перше, сам процес переміщення великих обсягів РАВ, накопичених в сховищах, є досить затратним заходом. По-друге, технічні засоби, які при цьому використовуються, як правило самі стають джерелами іонізуючого випромінювання і непридатними для подальшого використання. По-третє, процес відкриття сховища, навантаження, транспортування, розвантаження та складування РАВ супроводжується значним виносом радіоактивних речовин в довкілля у вигляді аерозолів, а персонал, що задіяний до переміщення РАВ, отримує сумарну дозу опромінення, що інколи на порядки перевищує дози опромінення населення, яке проживає в зонах впливу сховищ РАВ та персоналу, який задіяний для охорони та нагляду за цими сховищами.

Локалізація джерел забруднення, екранування. Ця технологія найчастіше використовується в тих випадках, коли довготривале і безпечне зберігання можна забезпечити на місці розташування забруднень. Суть технології полягає в облаштуванні інженерних або геохімічних бар'єрів між забрудненим і чистим середовищем. Частіш за все це ґрунтове покриття поверхні хвостосховищ та облаштування глиняних чи інших геотехнічних протифільтраційних бар'єрів.

В час, коли споруджувалися об'єкти утримання РАВ ВО «ПХЗ», технології спорудження захисних бар'єрів і вимоги до них були недостатньо розвинутими. Тому нині виникають проблеми пов'язані з їх реконструкцією. Сучасні технології дозволяють ефективно вирішувати проблеми ексхаляції радону, розносу забруднених часток пилу вітром і навіть довготривалої надійності гідротехнічних споруд та ерозії ґрунтового покриття. Проте, через відсутність надійних протифільтраційних бар'єрів, попередити міграцію радіоактивних речовин водоносним горизонтами у багатьох випадках практично неможливо. В таких випадках екранування поверхні сховищ ґрунтовим покриттям доповнюють заходами по відводу атмосферних опадів, облаштуванням систем дренажу фільтраційних вод, а також зниженням рівнів підземних вод. Доцільність застосування різних технологій визначають шляхом

урахування витрат на проведення заходів та зацікавленості в їх проведенні потенційних користувачів сховищ.

Нейтралізація і зниження рівня перенесення забруднюючих речовин. Ці заходи в основному спрямовані на зменшення інтенсивності перенесення радіонуклідів на частках пилу та у воді. Розроблені нині способи зниження здатності радіоактивних речовин до перенесення в основному використовуються на етапі підготовки радіоактивних відходів до довготривалого зберігання. До відходів додають цементний розчин або хімічні речовини, здатні зв'язувати забруднювальну речовину та зменшувати її мобільність. На діючих сховищах деякі речовини можна додавати у ґрунти для зменшення потрапляння радіонуклідів у рослини, а також зменшення переходу у водні та водно-ґрунтові розчини. Тобто додаванням різних речовин намагаються змінити фізико-хімічний стан відходів із більш рухомого у фіксований (сорбований). Такі заходи є досить специфічними і доцільність їх проведення розглядається фахівцями окремо у кожному конкретному випадку з врахуванням очікуваної ефективності та вартості заходів. Для відходів колишніх підприємств переробки уранових руд, в тому числі і ВО «ПХЗ», де для екстракції урану з рудних матеріалів використовували кислотні розчини, нейтралізацію середовища рекомендують здійснювати додаванням лугів, що дозволяє знизити кислотність середовища і схильність забруднюючих речовин до міграції.

Деконтамінація. Деконтамінація розглядається як процес проведення заходів з метою усунення забруднень різної природи з ділянок ґрунту, поверхні тіла людини, продуктів, приготуваних для споживання, предметів тощо, які можуть становити ризик для здоров'я населення. У випадку радіоактивно забруднених територій деконтамінація виступає як метод механічного або хімічного очищення поверхонь і матеріалів. Вона може застосовуватися для видалення забруднень з ділянок поверхні ґрунту, підземних і поверхневих вод, будівельних конструкцій та обладнання. Є безліч технічних рішень щодо проведення деконтамінації в умовах сховищ РАВ, проте всі вони досить коштовні і тому випадків їх практичного за-

стосування небагато. В кожному конкретному випадку такі рішення потребують ретельного економічного обґрунтування, а крім того вирішення питань щодо поводження з радіоактивними відходами, які будуть накопичуватися внаслідок деконтамінації.

Серед зазначених на рис. 1 груп факторів в першу чергу зупинимось на тих, що являються визначальними при виборі напрямків реанімації. Одним із важливих чинників, який впливає на вибір напрямку майбутнього використання території сховища після проведення заходів з ремедіації є територіальне розміщення сховищ по відношенню до наявних промислових об'єктів та житлових районів міста Кам'янське. Так, сховища «Західне», «Центральний яр», «Південно-Східне» та «Дніпровське» розміщені безпосередньо в промисловій зоні і місцеві громади мало зацікавлені у використанні цих територій. Прикладом цього є невдала спроба використання території сховища «Західне» для розміщення гаражів приватних осіб та сховищ. Після припинення експлуатації цього сховища в 1954 році, частина хвостосховища була покрита шаром асфальту а в південно-західній частині хвостосховища були побудовані гаражі та складські приміщення. З часом складські приміщення були демонтовані, а гаражі покинуті власниками і зруйновані. Причини цього полягають як в неврахуванні можливості значного накопичення радону в закритих приміщеннях (внаслідок його ексхаляції з поверхні сховища) так і незручність користування гаражами із-за значної відстані від місць проживання їх господарів та відсутності можливості скористатись громадським транспортом для подолання цієї відстані.

Серед медико-біологічних чинників важливими є ті, що визначають рівень радіаційної безпеки для різних випадків опромінення. Так при використанні територій сховищ, річна доза додаткового опромінювання (поверх фонові дози для даної місцевості) для населення повинна не перевищувати 1 мЗв/рік, а для персоналу, який буде задіяний для виконання робіт на території сховищ не більше 20 мЗв/рік. При виборі напрямків можливого використання території сховищ необхідно зважати на можливість накопи-

чення радону в будинках та спорудах внаслідок його ексхаляції з поверхні сховищ, що обмежує можливі напрями використання сховищ. При цьому зведення будівель, необхідних для майбутніх користувачів сховищ, повинно здійснюватись на прилеглих до сховищ територіях з низьким рівнем ексхаляції радону.

Екологічні фактори, які впливають на вибір напрямків можливого використання території сховищ, в першу чергу пов'язані з попередженням можливого негативного впливу сховищ на довкілля. За нормальних умов можливі напрямки використання території сховищ не повинні призводити до підвищення інтенсивності міграції радіонуклідів в підземних водах та виносу радіоактивних речовин у вигляді аерозолів.

Серед можливих аварійних ситуацій на території сховищ найбільш ймовірними є пожежі. Тому на їх території повинні бути передбачені обмеження щодо наявності високих дерев, коренева система яких може досягати похоронених радіоактивних відходів, оскільки розчинні форми радіонуклідів накопичуються в деревині і при пожежі, у вигляді аерозолів, здатні призвести до додаткового радіоактивного забруднення довкілля [7].

Розглянуті соціальні, медико-біологічні та екологічні чинники є факторами які в основному обмежують можливі напрями використання території сховищ РАВ. Головним же фактором, щодо прийняття рішення стосовно вибору тих чи інших заходів у рамках процесу ремедіації, є економічний. Відповідно до вибраної нами стратегії подальшого поводження зі сховищами РАВ основним принципом вибору заходів з ремедіації є отримання як можна більшої користі від їх впровадження, тобто витрати на проведення таких заходів після передачі сховища новому користувачу повинні по можливості в коротший термін окупатися.

Нині найпоширенішим показником, який використовують для оцінки ефективності інвестицій, є чиста приведена вартість (Net Present Value – NPV)

$$NPV = -INV + \sum_{k=1}^T \frac{CF_k}{(1+r)^k}, \quad (1)$$

де INV – загальний обсяг інвестицій за проектом, в даному випадку це витрати на проведення заходів з ремедіації, які дозволяють вивести територію сховища з регулюючого контролю і передати її новому користувачу;

CF_k – річний грошовий потік;

r – зважена середня вартість капіталу;

$k = 1 \dots T$ – номер поточного року дії проекту.

У випадку коли $NPV > 0$ інвестиційний проект вважається прибутковим, якщо $NPV=0$, то це свідчить про беззбитковість проекту для інвестора.

При оцінці ефективності інвестиційних проектів річний грошовий потік визначається різницею між всіма доходами і витратами за проектом за рік

$$CF_k = B_k - C_k, \quad (2)$$

де B_k – доходи за проектом за k -й рік;

C_k – експлуатаційні витрати, пов'язані з проектом за k -й рік.

У випадку оцінки ефективності інвестицій в заходи з реанімації території сховищ при визначенні річного грошового потоку доходи за проектом за k -й рік замінює відвернений збиток суспільства в цілому в розрахунку на рік внаслідок впровадження заходів, це кошти, зекономлені в результаті виведення сховища з нагляду і контролю, кошти, які витрачаються державою для проведення поточних заходів, спрямованих на підтримання територій сховищ в екологічно-безпечному стані, податки на прибуток нових користувачів території сховищ, податки на землю, які сплачуються новим користувачем, тощо.

Експлуатаційні витрати, пов'язані з проектом за k -й рік, в загальному випадку можуть включати витрати держави на зовнішній екологічний контроль. У випадку передачі функцій контролю за станом сховища новому користувачу, при оцінці ефективності проекту ці витрати можна не враховувати.

В такому випадку вираз (2) при проведенні заходу на i -му сховищі буде визначатись як

$$CF_{ki} = B_i^{oh} + B_i^{zp} + \Pi_i + \Pi_{zi}, \quad (3)$$

де B_i^{oh}, B_i^{zp} – відповідно, витрати на заходи з охорони та нагляду за станом i -го сховища та витрати держави на проведення поточних заходів, спрямованих на підтримання територій i -го сховища в екологічно-безпечному стані;

Π_i, Π_{zi} – відповідно, податки на прибуток нових користувачів території i -го сховища та податки на землю, які сплачуються новим користувачем.

У цьому випадку річний грошовий потік, що визначається в розрахунку на кожен рік дії проекту є постійною величиною, а вираз (3) можна представити у вигляді

$$NPV = -INV + \sum_1^T \frac{B_i^{oh} + B_i^{zp} + \Pi_i + \Pi_{zi}}{(1+r)^k}. \quad (4)$$

В світовій практиці проведення заходів з ремедіації на сховищах відходів для зацікавлення потенціальних користувачів територій сховищ часто на законодавчому рівні передбачають повне чи часткове (на термін до 10 років) їх звільнення від податків на прибуток та на землю [8]. В таких випадках інколи удається суттєво зменшити витрати на проведення заходів з ремедіації, які дозволяють вивести територію сховища з регулюючого контролю, оскільки зацікавлений користувач частину необхідних робіт в цьому випадку може здійснювати за свій рахунок. Для зниження витрат на утримання сховищ уранового виробництва та їх негативного впливу на довкілля в районі їх розташування розробляються проекти їх застосування, що спрямовані на використання поверхні сховищ для розміщення на ній об'єктів соціальної інфраструктури та різних видів виробничо-господарської діяльності, а саме:

- створення паркових зон;
- будівництва спортивних площадок;
- розбивки зон культурного відпочинку;
- будівництво відкритих складів;
- створення стоянок технічного устаткування;
- розташування енергетичних установок;
- розміщення інших промислових

об'єктів.

Після проведення заходів з ремедіації та передачі територій сховищ для розміщення на ній об'єктів соціальної інфраструктури чи об'єктів виробничо-господарської діяльності, як правило, протягом тривалого періоду часу (сотні років) заборонено проведення земляних робіт, які здатні призвести до порушення цілісності захисного покриття, будівництво житлових будинків та облаштування свердловин для питного водопостачання. Окрім того на таких територіях необхідно контролювати стан рослинного покриву та дренажних систем. Часто на ці території забороняють несанкціонований доступ людей. У випадку розміщення об'єктів соціальної інфраструктури відповідальність за дотримання безпеки використання територій несуть органи місцевого самоврядування, а при розміщенні об'єктів виробничо-господарської діяльності та передачі таких ділянок у використання недержавних власників, відповідають за безпеку природокористування несуть нові власники.

У ряді країн протягом тривалого часу після передачі територій сховищ новим власникам існують програми підтримки. Вони включають підтримку заходів з безпечного використання територій і контроль за дотримання узгоджених режимів їх використання – так званий інституціональний контроль [8].

Висновки. Виходячи з вимоги довготривалого збереження відповідності стану сховищ РАВ чинним нормативно-правовим актам, запропоновані підходи до економічного обґрунтування напрямків можливого використання території сховищ з відходами уранового виробництва, які спрямовані на мінімізацію витрат на обслуговування сховищ. Подальше поводження з відходами уранового виробництва ВО «ПХЗ», повинне

зводитися до здійснення комплексу заходів з ремедіації на забруднених територіях, які дозволяють вивести їх з обслуговування й регулюючого контролю.

Література

1. Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами». Відомості Верховної Ради України, 1995, № 27, ст. 198 (Редакція від 01.01.2017). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/255/95-вр>.

2. ДСП 6.074.120-01. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України. Затверджено наказом МОЗ України 02.02.2005 № 54. – К. : Офіційний вісник України, 2005 – № 23. – 105 с.

3. Уранові руди України: Геологія, використання, поводження з відходами виробництва / Г. В. Лисиченко, Ю. П. Мельник, О. Ю. Лисенко, Т. В. Дудар, Н. В. Нікітіна. – К. : Наукова думка НАН України, 2010. – 221 с.

4. Рекомендації щодо залучення населення до програм реабілітаційних заходів природного середовища в районах спадщини уранового виробництва. Адаптований та авторизований реферат робочих матеріалів МАГАТЕ і світового досвіду / За редакцією О. В. Войцеховича та І. І. Махоні. – Київ : «Інтерпрес ЛТД», 2014. – 52 с.

5. Вагонова О. Г. Обґрунтування та організаційно-економічний механізм реалізації стратегії поводження з накопиченими відходами уранового виробництва / О. Г. Вагонова, Д. В. Аржевичев // Економічний простір. – 2017. – №127. – С. 214–223.

6. International Atomic Energy Agency. IAEA Safety Glossary. Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection. 2007 Edition.

7. Vandecasteele C. M., Hardeman F., Pauwels O., Barnaerts M., Carle B. and Sombre L. (2005). Attitude of a group of Belgian Stakeholders towards proposed agricultural countermeasures after a radioactive contamination: synthesis of the discussion within the Belgian EC-FARMING group. Journal of Environmental Radioactivity. 83. – 319–332.

8. Howard B. J., Beresford N. A., Nisbet A., Cox G., Oughton D. H., Hunt J., Alvarey B., Andersson K. G., Liland A., and Voigt G. (2005). The STRATEGY project: decision tools to aid sustainable restoration and long-term management of contaminated agricultural ecosystems. Journal of Environmental Radioactivity. 83. – 275–295

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ВОЗМОЖНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ХРАНИЛИЩА ОТХОДОВ УРАНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

*А. Г. Вагонова, д. э. н., профессор, Д. В. Аржевичев, аспирант,
ГВУЗ «Национальный горный университет»*

Оценено влияние объективных и субъективных факторов, способных повлиять на принятие технико-экономических решений касательно технологий, которые могут применяться при реализации стратегии дальнейшего обращения с отходами уранового производства про-

производственного объединения «Приднепровский химический завод» в рамках проведения программы реабилитационных мероприятий. Предложены подходы к экономическому обоснованию направлений возможного использования территории хранилищ с отходами уранового производства, направленные на минимизацию затрат на обслуживание хранилищ.

Ключевые слова: экономическая оценка, стратегия, реабилитационные мероприятия, загрязнение территорий, отходы, урановое производство.

ECONOMIC EVALUATION OF PRIORITY DIRECTIONS OF POSSIBLE USE OF URANIUM WASTE STORAGE TERRITORY

O. H. Vagonova, D. E., Professor, D. V. Argevichev, post-graduate student, SHEI «National Mining University»

The influence of various objective and subjective factors that can affect the adoption of the final decision is assessed, as well as possible technical solutions and technologies that can be applied in the implementation of the strategy for the further management of uranium waste of the production association «Prydniprovsky Chemical Plant» within the framework of the program of rehabilitation measures. Approaches to economic substantiation of possible use of the territory of uranium waste storage facilities, which are aimed at minimizing maintenance costs, are offered.

Keywords: economic evaluation, strategy, rehabilitation measures, pollution of territories, waste, uranium production.

Рекомендовано до друку д. т. н., проф. Прокопенко В. І. Надійшла до редакції 23.12.2017.