

С. П. Люшня, А. Д. Скорбун, М. І. Панасюк, Г. В. Левін

Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, вул. Кірова, 36а, Чорнобиль, 07270, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ГАММА-КАРОТАЖУ В УМОВАХ ЗАБРУДНЕННЯ СТІНОК СВЕРДЛОВИН

При будівництві фундаментів нового безпечного конфайнмента було пробурено велику кількість свердловин для шпунтового огороження. Ці свердловини було використано для проведення гамма-каротажу з метою оцінки забрудненості ґрунтів радіонуклідами, прогнозу кількості радіоактивних відходів, які утворюються при видаленні ґрунту з котловану, та дозових навантажень на персонал при розкритті активного шару ґрунтів. Вимірювання гамма-поля проводилися майже в 500 свердловинах. При обробці даних гамма-каротажних вимірювань у цих свердловинах було виявлено збільшені значення потужності експозиційної дози нижче активного шару, яке могло бути пов'язане як із перенесенням радіоактивних частинок вниз по стовбуру свердловини у процесі буріння, так і з об'ємним забрудненням ґрунтів. У зв'язку з цим було розроблено й використано новий підхід для інтерпретації результатів, а саме використовувалось нормування на максимум гамма-каротажної діаграми. Такий прийом дав змогу порівнювати результати гамма-каротажу в різних свердловинах, а також проаналізувати природу та походження надлишкового забруднення на вибої свердловин. У результаті було встановлено, що надлишкове випромінювання нижче активного шару в більшості свердловин повністю пояснюється просипанням уздовж стінок на вибої радіоактивного ґрунту з верхніх шарів.

Ключові слова: гамма-каротаж, забруднення свердловин, радіонукліди, об'єкт «Укриття».

Вступ

Загальноприйнято й підтверджено в даній роботі, що радіоактивне забруднення ґрунтів навколо зруйнованого 4-го енергоблока внаслідок аварії на ЧАЕС зосереджено, в основному, на глибині до аварійної поверхні землі і утворює так званий активний шар, тобто шар ґрунту, в якому зосереджена основна частина радіонуклідів, що випали на поверхню під час аварії. Інформація про реальний просторовий розподіл і ступінь радіоактивного забруднення цих ґрунтів надзвичайно важлива як для планування будівельних робіт, так і на майбутнє, оскільки після будівництва нового безпечного конфайнмента (НБК) ці ґрунти залишаються джерелом постійного забруднення підземних вод і можуть розглядатися як неорганізоване захоронення радіоактивних відходів з небезпекою випадкового їхнього розкриття в майбутньому.

Роботи по будівництву фундаментів НБК передбачали улаштування котлованів, у тому числі буріння свердловин для паль шпунтового огороження. Ці свердловини було ~~було використано~~ використано для аналізу радіоактивного, забруднення ґрунтів на території котлованів шляхом застосування методу гамма-каротажу – вимірювання розподілу гамма-поля по осі свердловини. Особливості та проблеми використання гамма-каротажу в цих умовах пов'язані з тим, що свердловини були не глибокі й порівняно великого діаметра, що не дозволило використовувати стандартні методи аналізу даних- гамма-каротажу. Крім того, на відстанях до декількох метрів нижче активного шару, тобто в області потенційно чистих ґрунтів, часто спостерігалися підвищені значення гамма-поля, що помітно перевищували фонові значення. Проте на глибинах нижче до аварійної поверхні землі ґрунти повинні бути чистими й могли бути забруднені тільки в результаті міграції радіонуклідів після аварії. Як можна бачити на рис. 1, хоча крива гамма-каротажу нижче активного шару не має піків, підвищені значення дають підозру, що стовбур свердловини забруднений. Отже, виникло питання, чи не пов'язано це із забрудненням нижче залягаючих ґрунтів. Тому таке явище потребувало більш детального вивчення.

Ця проблема виявлення забруднення стовбура свердловини шляхом переносу вниз від активного шару невеликої кількості забрудненого ґрунту уже виникла при аналізі радіоактивного забруднення ґрунтів локальної зони об'єкта "Укриття" [1]. Локальним забрудненням відповідали додаткові піки на діаграмах гамма-каротажу. Для виявлення цього ефекту, тобто для того, щоб приписати такі піки локальному (поверхневому) забрудненню чи пов'язати його з об'ємним забрудненням ґрунтів навколо свердловини, було розроблено методику гамма-спектрометричних вимірювань [2,3]. Проте цей метод має обмеження – він придатний лише для виявлення локальних забруднень стовбура свердловини. Але для випадку, коли рівномірно забруднений практично весь стовбур свердловини, цей метод спектрометричного гамма-каротажу не працює застосувати складно.

Отформатировано: украинский

Нижче-У зв'язку з цим було розроблено й описано нижче описується-принципово інший спосіб кількісного оцінювання-описаного рівномірного забруднення стовбура свердловини-забруднення, що дало змогу розглянути питання:

© С. П. Люшня, А. Д. Скорбун, М. І. Панасюк, Г. В. Левін, 2013

яка частина випромінювання, що детектується, може бути приписана дійсному (об'ємному) забрудненню оточуючих свердловину ґрунтів і, отже, який буде рівень забруднення ґрунтів котловану і рівень радіаційних полів у котловані після видалення активного шару.

Теоретична частина

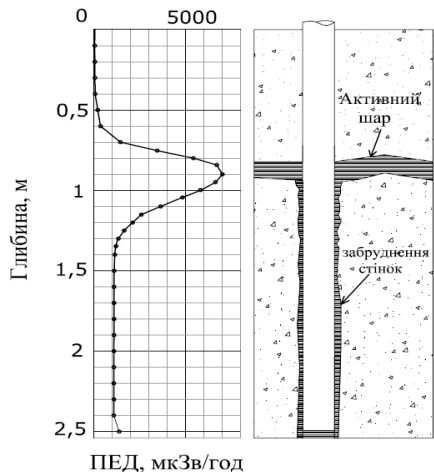


Рис. 1. Схема свердловини з активним шаром (справа), крива гамма-каротажу (зліва).

ловинах проммайданчика ЧАЕС знаходиться в межах 10 - 50 см. Отже, для того щоб описати ситуацію, досить провести розрахунки лише для обмеженого набору свердловин з різними параметрами активного шару. Нами були проведені розрахунки для свердловин діаметром 40 см, які буряться в котловані, та активних шарів потужністю 20 – 50 см.

Очевидно, що максимальні значення гамма-поля для всіх свердловин знаходяться в центрі активного шару і залежать як від активності ґрунту, так і від геометрії вимірювань (діаметр свердловини, потужність активного шару) і властивостей ґрунтів. Проте якщо значення в центрі активного шару нормувати на максимум, то отримані зміни поля з глибиною в заданій геометрії будуть універсальними для будь-яких активностей. Це дає змогу порівнювати вимірювання в різних свердловинах й аналізувати відхилення вимірених значень від теоретичних. Наявність таких відхилень буде вказувати на те, що є додаткові причини існування гамма-поля у свердловині.

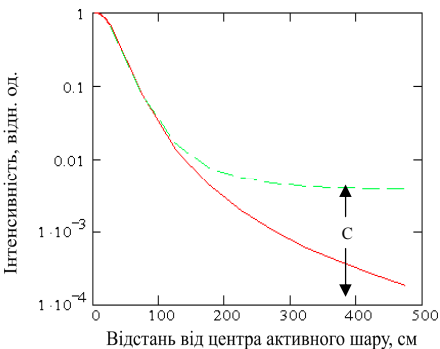


Рис. 2. Теоретичні криві гамма-каротажу, нормовані на одиницю. Суцільна крива – активність зосереджена лише в активному шарі, оточуючі ґрунти чисті; пунктирна – оточуючі ґрунти рівномірно забруднені.

Як добре відомо із теорії гамма-каротажу [3], активний шар створює у свердловині гамма-поле не тільки на глибині свого залягання, але й на деякій відстані вище й нижче. При використанні гамма-каротажу для розвідки уранових руд, де питомі активності майже завжди невеликі, гамма-поле у свердловині, що безпосередньо випромінюється пластом уранової руди, вище й нижче нього спадає до фонових значень на відстані приблизно 70 см від пласту [4].

Класична геометрія свердловини, згідно з якою активний шар знаходиться перпендикулярно до осі свердловини й горизонтально по відношенню до поверхні землі, дозволяє виконати розрахунок зміни гамма-поля з глибиною (рис. 1). Специфіка обробки даних гамма-каротажу, згідно з якою виконується перерахунок виміряного гамма-поля в активність оточуючих ґрунтів, вимагає проведення вимірювань з інтервалом 10 см по глибині. У результаті, після обробки даних, на практиці отримують активний шар потужністю 10, 20 см і т.д. За малими винятками потужність активного шару у сверд-

На рис. 2 показано результати розрахунку полів у свердловинах для двох випадків. Нижня крива – зміна гамма-поля з глибиною для випадку, коли активність зосереджена лише в активному шарі, а оточуючі свердловину ґрунти чисті. По горизонталі відкладено глибину, що рахується від центра активного шару, а по вертикалі – інтенсивність гамма-поля в частинах від одиниці, тобто в частинах від максимального значення. Верхня штрихова крива – розрахунок у припущенні, що оточуючі свердловину ґрунти рівномірно забруднені нижче активного шару (фонове природне забруднення) і створюють постійне гамма-поле, яке в даному випадку становить 0,01 від максимуму.

- Отформатировано: не выделение цветом
- Отформатировано: не выделение цветом
- Отформатировано: не выделение цветом
- Отформатировано: не выделение цветом
- Отформатировано: не выделение цветом
- Отформатировано: не выделение цветом
- Отформатировано: не выделение цветом
- Отформатировано: не выделение цветом
- Отформатировано: не выделение цветом
- Отформатировано: не выделение цветом

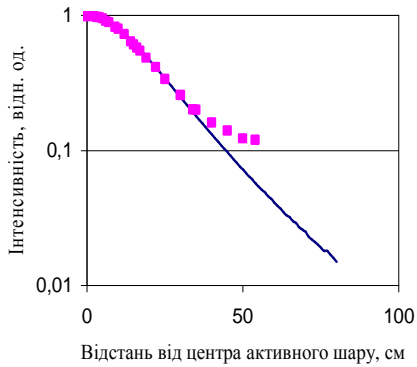


Рис. 3. Теоретична крива (суцільна) та експериментально отримані дані (квадрати) для моделі 2.

Отримані залежності є універсальними і повинні спостерігатися для всіх гамма-каротажних вимірювань.

Це припущення було перевірене на спеціально створеній моделі свердловини, яка має контрольоване забруднення й чітко визначені параметри [5, 6].

На рис. 3 показано: суцільна крива – теоретичний розрахунок для параметрів свердловини моделі № 2, квадрати – експериментальні дані, отримані шляхом вимірювання в моделі № 2. Можна бачити, що теоретичні розрахунки підтверджуються експериментальними виміряними вимірюваннями, хоча на глибині понад 40 см можна бачити спостерігаються помітні відхилення, що свідчить про наявність додаткового гамма-поля.

Експериментальна частина

На рис. 4, для прикладу, на один графік винесено результати вимірювань, виконаних у різних свердловинах з однаковою потужністю активного шару. На легенді біля позначок із значками цифри типу 59.5 означають номери свердловин, а цифри біля суцільних ліній – потужність активного шару.

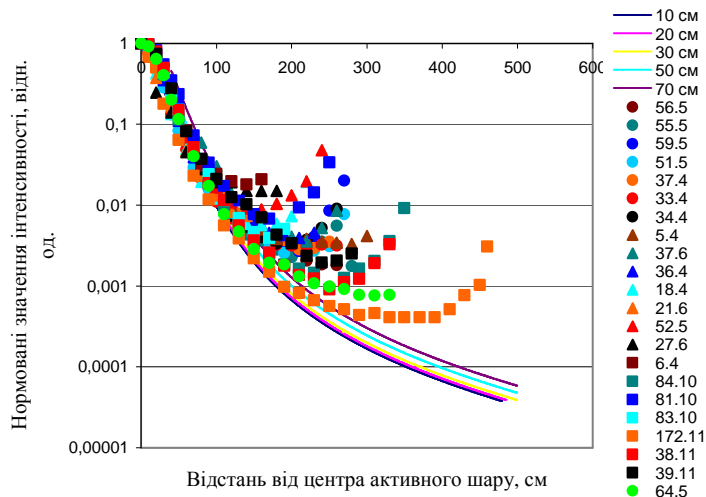


Рис. 4. Розрахункові та експериментальні дані гамма-каротажу у вигляді нормованих на максимум кривих каротажу. Початок відліку – центр активного шару. Суцільні лінії – розрахунок.

Суцільні лінії на рисунку – теоретично розраховані криві для параметрів свердловин котловану НБК з різними потужностями активного шару, нормовані на максимум. Решта ліній, що показані значками, – виміряні значення, нормовані на максимум. Відхилення від теоретичних кривих для різних свердловин доволі помітно відрізняються, іншими словами – спостерігається додатковий, до прямого випромінювання від активного шару, вклад у виміряні значення потужності експозиційної дози. Тому наступне питання, яке виникає, – це питання про природу забруднення ґрунтів, що знаходяться нижче активного шару. Далі ми розглянемо очевидний механізм забруднення, а саме перенесення радіонуклідів униз по стовбуру свердловини у процесі буріння. Це відоме явище, і для боротьби з ним при виконанні бурових робіт на проммайданчику „Укриття” був навіть розроблений спеціальний прийом. Свердловина розбурювалася до підшови активного шару, потім заливалася бетоном, в

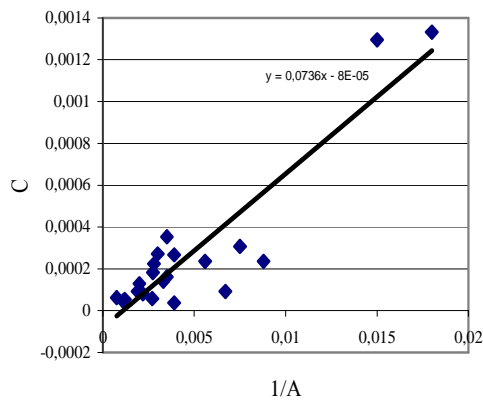


Рис. 5. Залежність рівня забруднення свердловини від питомої активності ґрунтів активного шару.

яка характеризує рівень інтенсивності, з якого починається відхилення від теоретичної кривої (див. рис. 2). Гіпотеза полягає в тому, що це відхилення повністю або частково пов'язане з переносом активності з активного шару вниз по стовбуру свердловини при бурінні. Тоді логічно, у свою чергу, припустити, що кількість перенесеної вниз активності (і величина C) буде залежати від питомої активності ґрунтів активного шару. Оскільки величина C вимірюється в частках максимального значення, то ми припускаємо залежність $C \sim 1/A$, де A – питома активність ґрунтів активного шару в даній свердловині. Ця залежність виміряних для різних свердловин величин C показана на рис. 5, з якого видно, що гіпотеза про зв'язок забруднення з питомою активністю ґрунтів активного шару підтверджується: бачимо, що при збільшенні значення $1/A$, величина величина C також збільшується.

При подальшому аналізі було помічено деяку закономірність. Виявилось, що можна розділити експериментальні дані, які показані на рис. 4, на дві групи. Характеристика такого розділення – забруднення на вибої. На рис. 4 у деяких свердловин спостерігається різке збільшення гамма-поля на вибої. У цих свердловинах відносний рівень забруднення на вибої знаходиться в області 0,1 (від максимуму), у той час як в інших свердловинах відносний рівень забруднення знаходиться нижче 0,1 від максимуму. Результати такого розділення показано на рис. 6 і 7. Суцільними лініями показано теоретично розраховані криві для різних потужностей активного шару, а решта ліній – оброблені експериментальні дані для різних свердловин (номер свердловини можна бачити в легенді до рис. 6 і 7). Відповідно свердловини показано на рис. 6 – свердловини першої групи, а на рис. 7 – другої.

якому потім розбурювалася свердловина меншого діаметра. Таким чином, при подальшому розбурюванні нижче активного шару виключався контакт із радіоактивними ґрунтами активного шару.

При бурінні свердловин для будівництва НБК ніякі спеціальні прийоми для усунення забруднення стінок свердловин не застосовувалися. Отже, забрудненню стінок стовбурів свердловин практично не запобігти. Можна припустити, якщо буріння проводиться більш-менш однаково акуратно, то кількість перенесеної вниз активності буде пропорційна питомій активності ґрунтів активного шару. І враховуючи, що проводиться шнекове буріння, можна сподіватись, що стінки свердловин забруднюються рівномірно, і тому ніякі додаткові піки на діаграмах гамма-каротажу не з'являються. Цю ситуацію проілюстровано на рис. 1. Для кожної експериментальної кривої визначено величину C ,

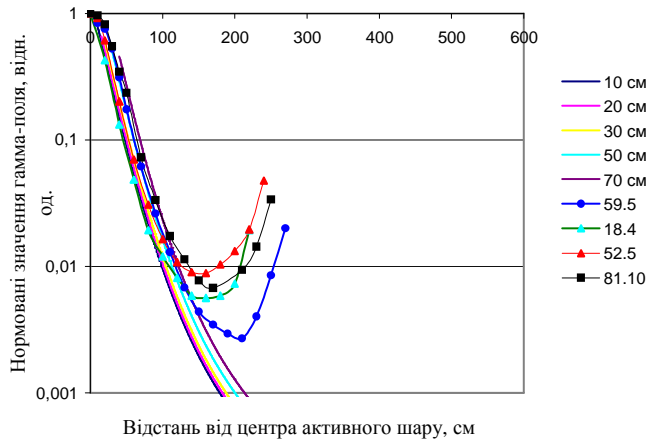


Рис. 6. Залежність форми гамма-каротажної кривої від рівня забруднення ґрунтів і від питомої активності активного шару для свердловин групи 1.

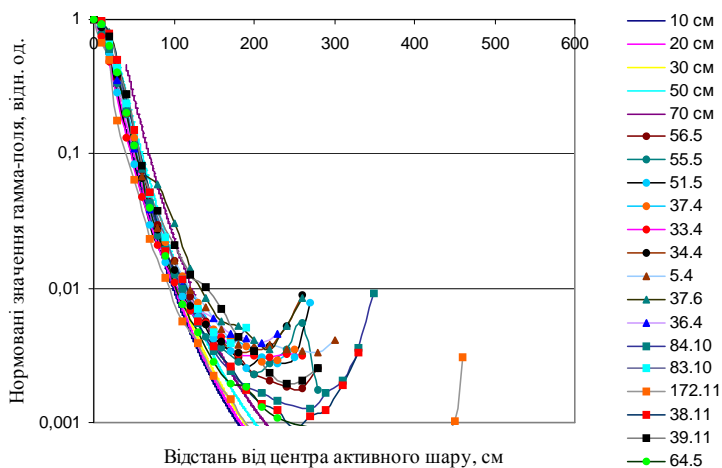


Рис. 7. Залежність форми гамма-каротажної кривої від рівня забруднення ґрунтів і від питомої активності активного шару для свердловин групи 2.

Висновки

Запропонований метод аналізу дає змогу аналізувати природу виникнення гамма-поля нижче активного шару. За результатами такого аналізу, проведеного на великій кількості незалежних свердловин, показано, що існування додаткових полів у свердловинах шпунтового огороження котловану НБК на відстані декількох метрів нижче активного шару (без появи піків локального забруднення на діаграмах гамма-каротажу) повністю пояснюється прямим випромінюванням від активного шару і просипанням вниз на забій радіоактивного ґрунту з верхніх шарів. Невеликі залишкові поля (2 – 3 мкЗв/год) знаходяться в межах точності польових вимірювань і також можуть бути приписані слабкому випромінюванню від забруднених стінок стовбурів свердловин.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Панасюк М. І., Скорбун А. Д., Павлюченко М. І. 1.—Застосування спектрометричного гамма-каротажа для вивчення структури розподілу забруднення в ґрунтах навколо 4-го енергоблока ЧАЕС // Проблеми Чорнобиля – 2003. – Вип. 13. – С. 116 - 119.
2. Скорбун А. Д., Панасюк М. І., Павлюченко М. І. Методика визначення питомої активності ^{137}Cs у ґрунтах за даними спектрометричного гамма-каротажа свердловин // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – 2005. – Вип. 2. – С. 104 - 107.
3. 2.—Хайкович І. М., Шапкин В. Л. Опробование радиоактивных руд по гамма-излучению. Теория и методика. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – С. 158.
4. 3.—Инструкция по гамма-каротажу при поисках и разведке полезных ископаемых. – М., 1987.
5. Панасюк Н. И., Скорбун А. Д., Павлюченко Н. И. и др. 4.—Определение пересчетного коэффициента для гамма-каротажа скважин в условиях локальной зоны объекта „Укрытие” // Проблеми Чорнобиля. – 2004. – Вип. 9. – С. 105 - 109.
6. Панасюк Н. И., Скорбун А. Д. Теоретическое описание модели скважины с активным слоем // Наукові та технічні аспекти міжнародного співробітництва в Чорнобилі: зб. наук. ст. – К.: Політехніка, 2004. – Вип. 14. – С. 56 - 58.

Е. П. Люшня, А. Д. Скорбун, Н. И. Панасюк, Г. В. Левин

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, ул. Кирова, 36а, Чернобыль, 07270, Украина

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ГАММА-КАРОТАЖА В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТЕНОК СКВАЖИН

Известно, что радиационное загрязнение ґрунтов около объекта «Укрытие» сосредоточено, в основном, на доаварийной поверхности земли, которая была закрыта чистым ґрунтом при ликвидации последствий аварии. При строительстве фундаментов нового безопасного конфинемента было пробурено большое количество скважин для шпунтового ограждения. Эти скважины были использованы для проведения гамма-каротажа с целью оценки загрязненности ґрунтов радионуклидами, прогноза количества радиоактивных отходов, которые образуются при удалении ґрунта из котлована, и дозовых нагрузок на персонал при раскрытии активного слоя ґрунтов. Измерения гамма-поля проводились почти в 500 скважинах. При обработке данных, полученных в ходе гамма-каротажных измерений в этих скважинах, были выявлены увеличенные значения мощности экспозиционной дозы ниже активного слоя и на забое некоторых скважин. Такое явление могло свидетельствовать о наличии дополнительного загрязнения ниже активного слоя, которое могло быть связано как с объемным загрязнением ґрунтов вокруг скважины, так и с перенесением радиоактивных частиц вниз по стволу скважины в процессе бурения или с миграцией радионуклидов вглубь ґрунта от активного слоя. В связи с этим был разработан и использован новый подход для интерпретации результатов, а именно использовалось нормирование на максимум гамма-каротажной диаграммы. Такой прием позволил сравнивать и исследовать результаты гамма-каротажа в разных скважинах, в том числе проанализировать природу и происхождение избыточного загрязнения на забое скважины. В результате было установлено, что избыточное излучение ниже активного слоя в большинстве скважин полностью объясняется прямым излучением от активного слоя, а также просыпанием на забой радиоактивного ґрунта из верхних слоев.

Ключевые слова: гамма-каротаж, загрязнение скважин, радионуклиды, объект «Укрытие».

Е. P. Liushnya, A. D. Skorbun, M. I. Panasyuk, G. V. Levin

Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants NAS of Ukraine, Kirova str., 36a, Chornobyl, 07270, Ukraine

FEATURES OF GAMMA-LOGGING USING IN CONDITIONS OF CONTAMINATION OF BOREHOLES WALLS

It is known that the radioactive contamination of soil around «Ukrytyta» object is concentrated basically on pre-accident surface, which was closed by clean soil layers during liquidation of the accident consequences. During building of foundations for New Safe Confinement a lot of boreholes were drilled for sheet piling. These boreholes were used for gamma-logging to assess soil contamination with radionuclides, forecast of radioactive waste quantities, which will appear after deleting soil from the pit, and doses to the staff at the reaching the active layer of soil. Measurements of a gamma-field have been carried out almost in five hundred boreholes. In processing of gamma-logging data in these boreholes increased values of exposure dose rate below the active layer and on the bottom of some boreholes were discovered. Such phenomenon could indicate on availability of additional contamination below active layer, which can be associated with moving of radioactive particles down through a borehole or with migration of radionuclides deep into the soil from active layer. In this regard the new approach for interpretation of results was developed and applied, namely unification of all gamma-logging chart by dividing each of them on its maximal value. Such method allowed to examine and compare of the gamma-logging results in different boreholes, including analyzing the nature and origin of additional contamination on the bottom of boreholes. As a result, it was found that the additional radiation

Отформатировано: Шрифт: 10 пт, русский

Отформатировано: По ширине, Отступ: Слева: 0 см, Выступ: 0,75 см, нумерованный + Уровень: 1 + Стиль нумерации: 1, 2, 3, ... + Начать с: 1 + Выравнивание: слева + Выровнять по: 1,27 см + Табуляция после: 1,9 см + Отступ: 1,9 см, Поз.табуляции: 0,75 см, Выровнять по позиции табуляции + нет в 1,9 см

Отформатировано: Шрифт: 10 пт, русский

Отформатировано: украинский

Отформатировано: украинский

below the active layer in most part of boreholes is completely explained by the strait radiation from active layer and by pouring out radioactive soil from upper layers to the bottom of boreholes.

Keywords: gamma-logging, boreholes contamination, radionuclides, object "Ukrytya".

REFERENCES

1. *Panasyuk M. I., Skorbun A. D., Pavliuchenko M. I.*
1. *А. Г. Граммаков, А. И. Никонов, Г. П. Тафеев. Радиометрические методы поисков и разведки урановых руд. // М.: Геологиздат. 1957. — С. 484-504.*
2. *Kasi S.S.H. Cesium deposition in soil and its effects // Radiation Physics and Chemistry, 2001. — V.61. — P. 673-675.*
- 3.
5. *1. Applying of spectrometric gamma-logging to study the structure of distribution of contamination in soil around 4th power supply of CNPP // Problemy Chornobylya (Problems of Chornobyl). — 2003. — Iss. 13. — P. 116 - 119. (Ukr)*
6. *2. Skorbun A. D., Panasyuk M. I., Pavliuchenko M. I. Method for determining the specific activity of ¹³⁷Cs in soils according spectrometric gamma-logging of boreholes // Problemy bezpeky atomnyh electrostantsiy i Chornobylya (Problems of nuclear power plants' safety and of Chornobyl). — 2005. — Iss. 2. — P. 104 - 107. (Ukr)*
7. *3. Haikovych I. M., Shashkin V. L. Testing of radioactive ores by gamma radiation. Theory and methods. - Moskva: Energoatomizdat, 1982. — P. 158. (Rus)*
8. *4. Instruction of gamma-logging in prospecting and mineral exploration. — Moskva, 1987. (Rus)*
9. *5. Panasyuk M. I., Skorbun A. D., Pavliuchenko M. I. et al. Determination of recalculation coefficient fo gamma-logging of boreholes in terms of local area "Ukrytya" object // Problemy Chornobylya (Problems of Chornobyl) — 2004. — Iss. 9. — P. 105 - 109. (Rus)*
10. *6. Panasyuk M. I., Skorbun A. D. Theoretical description of borehole with active layer // Naukovi ta tehnicni aspekty mizhnarodnogo spivrobotnitstva v Chornobyli: zb. nauk. st. — Kyiv: Politehnika, 2004. — Iss. 14. — P. 56 - 58. (Rus)*

Отформатировано: По центру,
Отступ: Первая строка: 0 см,
Междустр.интервал: одинарный

Формат: Список

Отформатировано: Шрифт: 10 пт,
английский (Великобритания)

Надійшла 23.01.2013
Received 23.01.2013