

Є. П. Люшня¹, І. А. Литвин¹, М. І. Панасюк¹, Г. В. Левін¹, І. П. Онищенко²

¹ Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, вул. Кірова, 36а, Чорнобиль, 07270, Україна

² Науково-інженерний центр радіогідроекологічних полігонних досліджень НАН України, вул. О. Гончара, 55б, Київ, 01054, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ ГАММА- ТА ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧНОГО КАРОТАЖУ ДЛЯ ЦІЛЕЙ РАДІОГІДРОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Представлено часткові результати проведення моніторингу навколо об'єкта «Укриття». Наведено дані по гамма-каротажу та спектрометричному гамма-каротажу, отримані в мережі спостережних свердловин за 2014 р., та порівняння деяких вимірювань із вимірюваннями, отриманими в попередні роки. У результаті були зроблені певні висновки щодо можливих змін радіологічної обстановки ґрунтів навколо об'єкта «Укриття».

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

Вступ

Ґрунти в локальній зоні об'єкта «Укриття» продовжують залишатися одним із найбільш небезпечних джерел радіаційного забруднення, у зв'язку з чим відбувається розповсюдження радіонуклідів у ґрунтових водах і опромінення персоналу, який виконує земляні роботи на території локальної зони [1]. Для контролю та оцінки радіоактивного забруднення ґрунтів використовується гамма-каротаж, тобто аналіз гамма-випромінювання, що надходить на детектор з оточуючих його ґрунтів [2, 3]. В умовах локальної зони об'єкта «Укриття» основним гамма-випромінюючим радіонуклідом є ¹³⁷Cs з енергією гамма-квантів 662 кеВ.

За перше півріччя 2014 р. було проведено гамма-каротаж у свердловинах 4-3А, 9-2А, 9-3А, 16-1А, 16-2А, 1-4А, 12-2А, 13-3А, 13-2А. У 2014 р. значення потужності експозиційної дози (ПЕД) по стовбуру свердловин в інтервалі залягання активного шару, в основному зафіксовано в межах від 54 до 120 мР/год. Основною задачею таких вимірювань є контроль за можливими змінами рівнів і просторового розподілу радіоактивного забруднення ґрунтів і відповідно забруднення підземних вод гамма-випромінюючими радіонуклідами. За даними гамма-каротажу, виконаного у 2013 р. [4], зафіксовано збільшення ПЕД у свердловинах 4-2Г і 1-2А в порівнянні з результатами вимірювання за попередні роки. У решті свердловин будь-яких помітних змін у 2013 р. не було помічено.

Результати проведення гамма-каротажу свердловин у 2014 р.

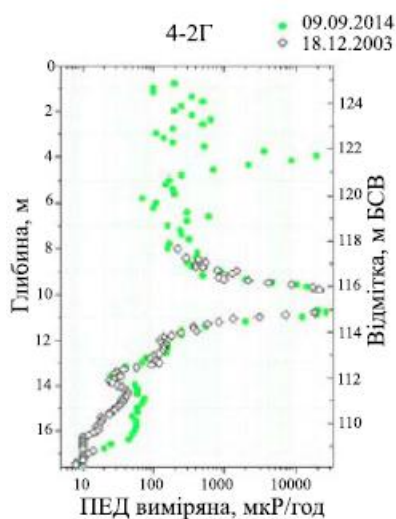


Рис. 1. Діаграма гамма-каротажу свердловини 4-2Г.

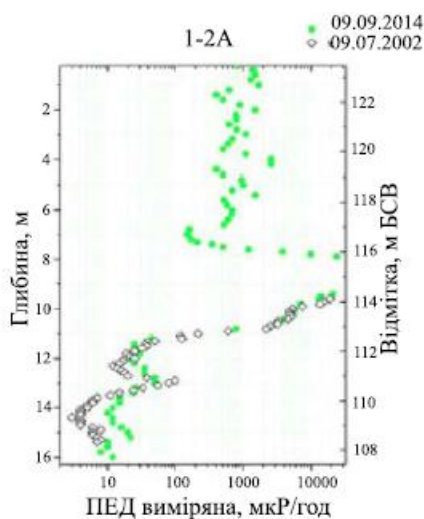


Рис. 2. Діаграма гамма-каротажу свердловини 1-2А.

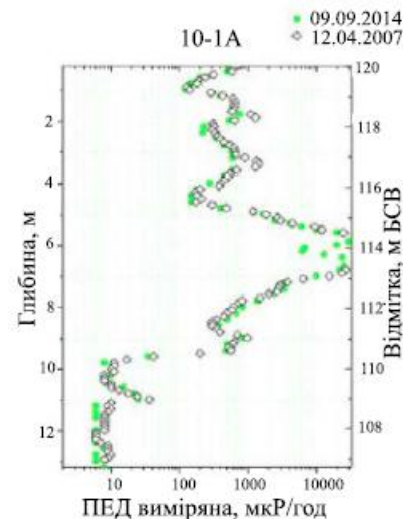


Рис. 3. Діаграма гамма-каротажу свердловини 10-1А.

Свердловина 4-2Г. Спостерігається підвищення ПЕД в інтервалі відміток 109 – 112 м. На діаграмі гамма-каротажу (рис. 1) легко помітити підвищення значень ПЕД у вимірюваннях за 2014 р.

© Є. П. Люшня, І. А. Литвин, М. І. Панасюк, Г. В. Левін, І. П. Онищенко, 2016

у порівнянні з вимірюваннями за 2003 р. Значення ПЕД у 2003 р. знаходились у межах величин 10 – 40 мкР/год, а у 2014 р. в даному інтервалі величина ПЕД підвищилась до 20 – 75 мкР/год. Це чітко видно й на графіках зміни активності у свердловині 4-2Г по роках. Підвищення активності ґрунтів навколо стовбура свердловини можна пояснити привнесенням ^{137}Cs з ґрунтовими водами. Рівень ґрунтових вод за період спостереження змінювався від 109,86 до 111,31 м.

Свердловина 1-2А. Підвищення ПЕД зафіксовано в інтервалі відміток 108 – 110 м. На діаграмі гамма-каротажу (рис. 2) легко помітити деяке підвищення значень ПЕД у вимірюваннях за 2014 р. у порівнянні з вимірюваннями за 2002 р. Значення ПЕД у 2002 р. знаходились у межах 3 – 8 мкР/год, а у 2014 р. ці величини підвищились до 10 – 22 мкР/год. На графіках зміни активності ^{137}Cs в ґрунтах навколо свердловини 1-2А можна бачити незначне підвищення активності ^{137}Cs з 2002 по 2014 р. Рівень ґрунтових вод у свердловині 1-2А за період спостереження змінювався від 109,86 до 111,28 м.

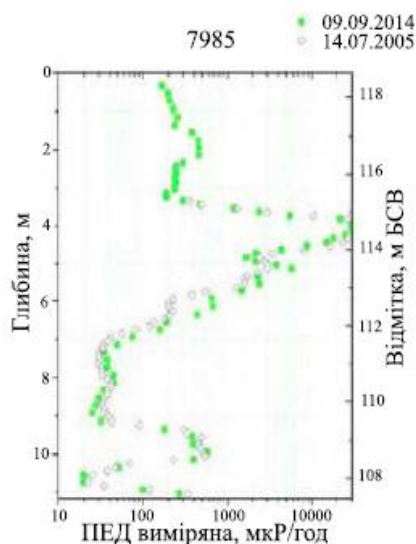


Рис. 4. Діаграма гамма-каротажу свердловини 7985.

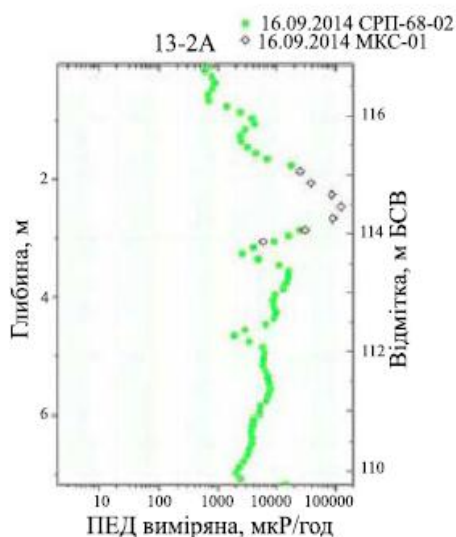


Рис. 5. Діаграма гамма-каротажу свердловини 13-2А.

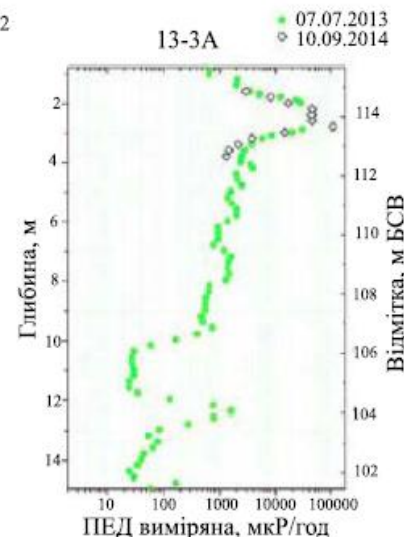


Рис. 6. Діаграма гамма-каротажу свердловини 13-3А.

Свердловина 10-1А. Значних змін значень ПЕД за період з 2007 по 2014 р. не спостерігається (рис. 3). Рівень ґрунтових вод за період спостереження змінювався від 109,47 до 111,26 м.

Свердловина 7985. Значних змін розподілу гамма-поля по стовбуру свердловини з 2005 по 2014 р. не спостерігається (рис. 4). Проте слід зауважити, що на графіку зміни активності спостерігається деяке підвищення активності у вимірюваннях за 2014 р. у порівнянні з вимірюваннями за 2013 р. Рівень ґрунтових вод за період спостережень змінювався від 109,77 до 111,426 м.

У цілому на графіках гамма-каротажу прослідковуються деякі підвищення чи пониження значень залежно від глибини, на якій було зроблено вимірювання, а також дати його проведення. Але робити певні висновки щодо таких змін активності не представляється можливим через відсутність закономірності таких змін.

Окремо треба відзначити свердловини 13-2А і 13-3А (рис. 5 і 6). По всьому стовбуру свердловини 13-2А спостерігаються підвищені значення ПЕД. Це може свідчити про наявність додаткового джерела радіоактивного забруднення. Рівень ґрунтових вод за період спостережень змінювався від 110,51 до 111,19 м. На діаграмі гамма-каротажу видно, що високі значення ПЕД також спостерігаються нижче рівня ґрунтових вод. Нижче активного шару значення ПЕД знаходяться в інтервалі від 2000 до 10000 мкР/год. У свердловині 13-3А на глибинах 5 – 9 м також спостерігаються підвищені значення ПЕД. Значення змінюються в інтервалі від 560 до 4000 мкР/год. Рівень ґрунтових вод за період спостережень змінювався від 110,43 до 111,21 м.

Спектрометричний гамма-каротаж

Спектрометричний гамма-каротаж є ще однією можливістю контролю змін радіологічної обстановки у ґрунтах локальної зони об'єкта «Укриття».

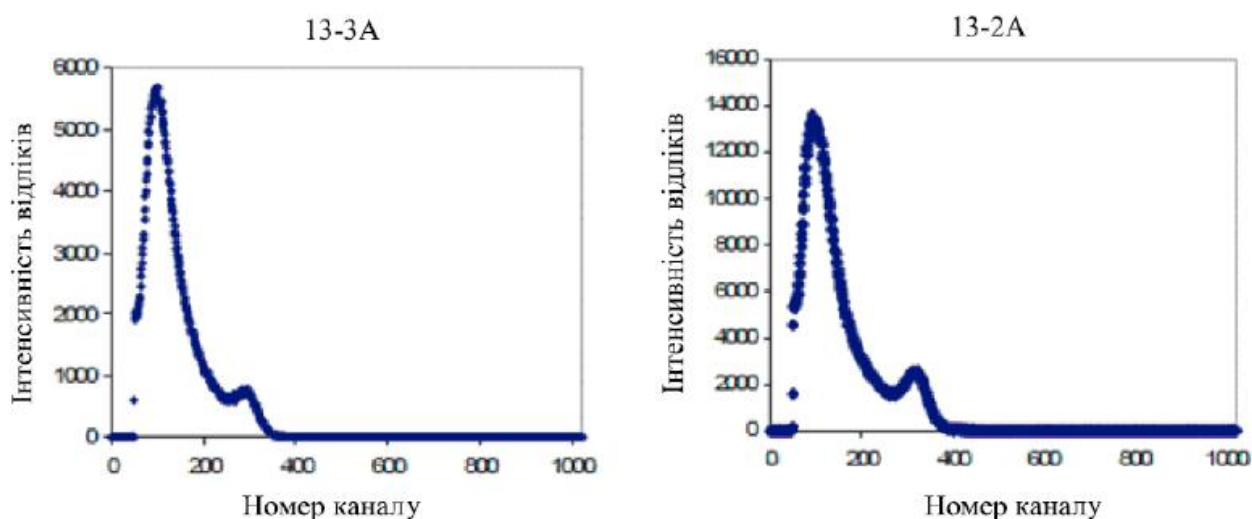


Рис. 7. Гамма-спектри, отримані у свердловині 7982 на глибині 9,3 м за 2014 (зліва) та 2004 р. (справа).

Ідеї і принципи методу описано в [5, 6]. Контрольованим параметром є співвідношення фотопік/комптон для ^{137}Cs , тобто співвідношення інтенсивності лінії ^{137}Cs 662 кеВ до інтенсивності максимуму комптонівського континууму. Для детекторів типу D2 було прийнято коефіцієнт 0,2. Відповідно значення, менші за даний коефіцієнт, характерні для об'ємного типу забруднення, а решта значень – для поверхневого. У попередні роки було виконано ряд гамма-спектрометричних вимірювань у свердловинах на різних глибинах.

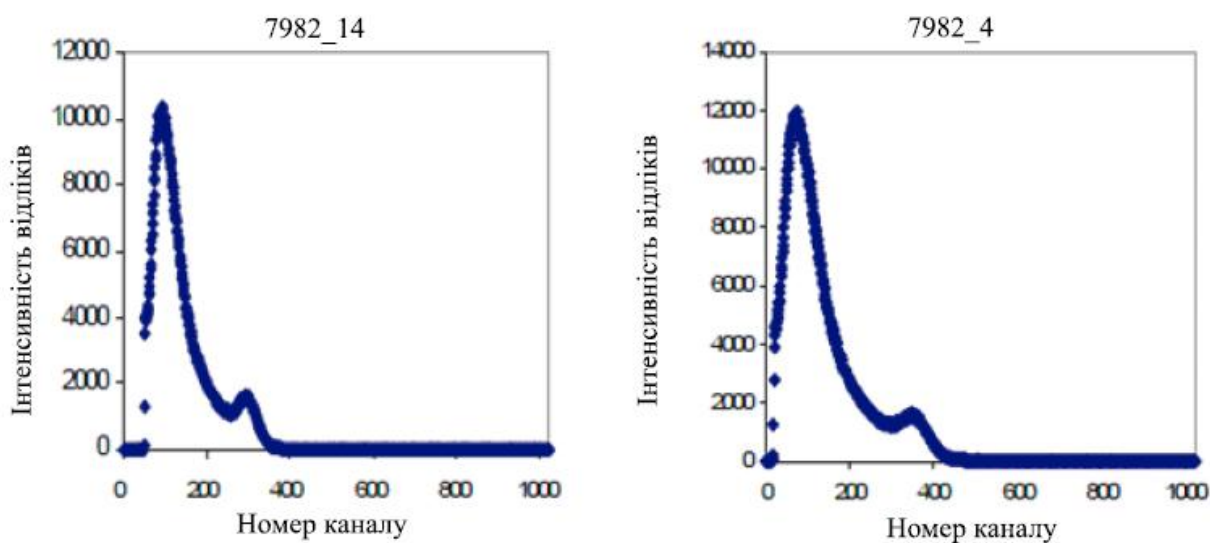


Рис. 8. Гамма-спектри, отримані у свердловинах 13-3А (зліва) та 13-2А (справа) на глибинах 5,0 і 4,6 м відповідно за 2014 р.

У цій статті наведено результати аналогічних вимірювань для деяких свердловин. Результати аналізу наведено в таблиці. На рис. 7 для порівняння показано спектри, отримані у 2004 і 2014 р. у свердловині 7982. Також у зв'язку з високими значеннями ПЕД по стовбуру свердловин 13-2А та 13-3А за результатами гамма-каротажу було прийнято рішення провести гамма-спектрометричний каротаж у цих свердловинах (рис. 8).

Отже, як видно з таблиці, забруднення у свердловинах є переважно об'ємного типу. Хоча у свердловині 13-2А на глибині 3,5 м було отримано співвідношення, рівне 0,28, що повинно свідчити про наявність поверхневого забруднення. Але оскільки по всьому стовбуру свердловини спостерігаються підвищені значення ПЕД, а на діаграмі гамма-каротажу на глибині 3,5 м можна спостерігати невеликий пік (приблизно 16000 мкР/год), то однією з причин таких значень коефіцієнта може бути забруднення при бурінні (просипання ґрунтів з активного шару нижче по стовбуру свердловини).

Результати спектрометричного гамма-каротажу спостережних свердловин

| Свердловина | Рік вимірювань | Глибина вимірювань | Детектор | Пік Cs, імп. | Пік Compton, імп. | Співвідношення піка Cs до піка Compton |
|-------------|----------------|--------------------|----------|--------------|-------------------|--|
| 7982 | 2004 | 9,3 | D2 | 1599 | 11972 | 0,133562 |
| | | 9,5 | D2 | 6863 | 53369 | 0,128595 |
| | | 9,9 | D2 | 2222 | 17919 | 0,124002 |
| | 2014 | 9,3 | D2 | 1606 | 10386 | 0,154631 |
| | | 9,5 | D2 | 2425 | 16790 | 0,144431 |
| | | 9,9 | D2 | 1214 | 9027 | 0,134485 |
| 13-2A | 2014 | 2,5 | D2 | 820 | 7376 | 0,111171 |
| | | 2,7 | D2 | 2820 | 23015 | 0,122529 |
| | | 3 | D2 | 3935 | 25552 | 0,154 |
| | | 3,5 | D2 | 8117 | 28591 | 0,283901 |
| | | 4,6 | D2 | 2588 | 13456 | 0,192331 |
| 13-3A | 2014 | 1,9 | D2 | 787 | 5682 | 0,138508 |
| | | 2,4 | D2 | 1379 | 10561 | 0,130575 |
| | | 3 | D2 | 2158 | 17425 | 0,123845 |
| | | 3,3 | D2 | 1381 | 12440 | 0,111013 |
| | | 5 | D2 | 646 | 3374 | 0,191464 |

Висновки

1. По стовбуру свердловин 4-2Г і 1-2А у процесі виконання гамма-каротажу в режимі моніторингу спостерігається підвищення ПЕД від ґрунтів і ґрунтових вод навколо свердловини на глибинах залягання водного горизонту. Це пов'язано з принесенням (міграцією) гамма-випромінюючого ¹³⁷Cs до стовбура свердловини з ґрунтовими водами.

2. За даними гамма-каротажу свердловин 10-1А, 7985, 9-3А, 16-1А, 16-2А, 1-4А, 9-2А в режимі моніторингу помітних змін ПЕД по стовбуру свердловин протягом періоду вимірювань 2002 – 2014 рр. не зафіксовано.

3. У результаті проведеного гамма-каротажу свердловин 13-2А і 12-2А виявлено досить високе радіоактивне забруднення ¹³⁷Cs ґрунтів, що залягають на 2 – 10 м нижче активного шару, в інтервалі відміток 102 – 113 м. Значення ПЕД у цих інтервалах змінюються від 560 до 10000 мкР/год.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Cripps A. C. The use of the natural gamma-logging engineering geological investigations / A. C. Cripps and D. M. McCann // Engineering Geology. - March 2000. - Vol. 55. – Issue. 4. – P. 313 - 324.*
2. *Integrated monitoring plan for Hanford site Groundwater monitoring project / M. J. Hartman, D. J. Newcomer, P. E. Dressel, E. C. Thornton // PNNL-11989, Sept. 1999.*
3. *Хайкович И. М., Шашкин В. Л. Опробование радиоактивных руд по гамма-излучению. Теория и методика. - М.: Энергоатомиздат, 1982. – С. 158.*
4. *Отчет о НИР "Радиогидроэкологический мониторинг в районе объекта "Укрытие" // Чернобыль, 2013. – № 0112U0066415.*
5. *Использование результатов гамма-спектрометрических исследований при интерпретации данных гамма-каротажа скважин локальной зоны объекта "Укрытие" / А. К. Калиновский, А. И. Малюк, Н. И. Панасюк и др. // Проблемы Чернобиля. - 2001. - Вып. 8. - С. 15 - 20.*
6. *Панасюк М. І., Скорбун А. Д., Павлюченко М. І. Застосування спектрометричного гамма-каротажу для вивчення структури розподілу забруднення в ґрунтах навколо 4-го енергоблока ЧАЕС // Проблемы Чернобиля. - 2003. - Вып. 13. - С. 116 - 119.*

Е. П. Люшня¹, І. А. Литвин¹, Н. І. Панасюк¹, Г. В. Левин¹, І. П. Онищенко²

¹Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, ул. Кирова, 36а, Чернобыль, 07270, Украина

²Научно-инженерный центр радиогидроэкологических полигонных исследований НАН Украины, ул. О. Гончара, 55б, Киев, 01054, Украина

ПРИМЕНЕНИЕ ГАММА- И ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО КАРОТАЖА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РАДИОГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Представлены частичные результаты проведения радиогидроэкологического мониторинга в районе объекта «Укрытие». Приведены данные по гамма-каротажу и спектрометрическому гамма-каротажу, которые получены благодаря использованию сети наблюдательных скважин за 2014 г. Также проведены сравнения некоторых измерений с измерениями, выполненными в предыдущие годы. В результате были сделаны некоторые выводы относительно возможных изменений радиологической обстановки вокруг объекта «Укрытие».

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

E. P. Liushnya¹, I. A. Lytvyn¹, M. I. Panasyuk¹, G. V. Levin¹, I. P. Onyshchenko²

¹*Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants NAS of Ukraine, Kirova str., 36a, Chornobyl, 07270, Ukraine*

²*Radio-Environmental Center, National Academy of Sciences of Ukraine, 55b, O. Gonchara str., Kyiv, 01054, Ukraine*

APPLYING GAMMA- AND GAMMA-SPECTROMETRIC LOGGING FOR GOALS OF RADIOHYDROECOLOGICAL MONITORING

Presented partial results of radiohydroecological monitoring near object “Ukrytya”. The gamma-logging and spectrometric gamma-logging data of using the web of observation boreholes in 2014 is represented below. Also, we made the comparisons of some measurements, that were made in previous years. As a result, some conclusions were made about possibility of changing radiologic conditions around object “Ukrytya”.

Keywords: gamma-logging, radionuclides, monitoring, object “Ukrytya”.

REFERENCES

1. *Cripps A. C. The use of the natural gamma-logging engineering geological investigations / A. C. Cripps and D. M. McCann // Engineering Geology. - March 2000. - Vol. 55. – Iss. 4. – P. 313 - 324.*
2. *Integrated monitoring plan for Hanford site Groundwater monitoring project / M. J. Hartman, D. J. Newcomer., P. E. Dressel, E. C. Thornton // PNNL-11989, Sept. 1999.*
3. *Haykovich I. M., Shashkin V. L. Assaying for radioactive ores by gamma radiation. Theory and methods. - Moskva: Energoatomizdat, 1982. – P. 158. (Rus)*
4. *Report of SRW “Radiohydroecological monitoring near object “Urytya” // Chornobyl, 2013. – № 0112U0066415. (Rus)*
5. *Using of gamma-spectrometric researches in interpretation of gamma-logging data from boreholes in local area of object “Ukrytya” / A. K. Kalinovskiy, A. I. Maliuk, N. I. Panasyuk et al. // Problems of Chornobyl. – 2001. – Iss. 8. - P. 15 – 20. (Rus)*
6. *Panasyuk M. I., Skorbut A. D., Pavliuchenko M. I. Applying of spectrometric gamma-logging for learning structure distribution of contamination in soils near 4-th power unit of CNPP // Problems of Chornobyl. – 2003. – Iss. 13. – P. 116 -119. (Rus)*

Надійшла 01.09.2015
Received 01.09.2015