

О. В. Михайлов

Институт проблем безпеки АЕС НАН України, Чорнобиль,

ЩОДО ПИТАННЯ ПРО МАТЕРІАЛЬНІ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ ДЖЕРЕЛА УТВОРЕННЯ ПАЛИВОВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ ПІД ЧАС АВАРІЇ НА 4-МУ БЛОЦІ ЧАЕС

Наведено результати детального аналізу джерел матеріального наповнення лавоподібних паливовмісних матеріалів (ПВМ) та скупчень із високою концентрацією урану. Для оптимальної композиції жертвонних матеріалів і ПВМ зведено матеріально-енергетичний баланс у моделі процесів. Здійснено кількісну оцінку залишкового тепловиділення відпрацьованого ядерного палива в ряду інших джерел теплової енергії тепла в шахті реактора. Зроблено висновок, що за умови 50 % втрат тепла кількості «корисного» тепла, що може залишитися, достатньо для реалізації доменної версії сценарію утворення ПВМ.

Ключові слова: уран, паливовмісні матеріали, жертвонні матеріали, джерела тепла, залишкове тепловиділення палива, матеріально-енергетичний баланс.

А. В. Михайлов

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль

К ВОПРОСУ О МАТЕРИАЛЬНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКАХ ОБРАЗОВАНИЯ ТОПЛИВОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ВО ВРЕМЯ АВАРИИ НА 4-М БЛОКЕ ЧАЭС

Представлены результаты детального анализа источников материального наполнения лавообразных топливосодержащих материалов (ТСМ) и скоплений с высокой концентрацией урана. Для оптимальной композиции жертвенных материалов и ТСМ сведен материально-энергетический баланс в модели процессов. Дана количественная оценка остаточному тепловыделению отработавшего ядерного топлива в ряду других источников тепловой энергии в шахте реактора. Сделан вывод о том, что при условии 50 % теплотерь оставшегося количества «полезного» тепла достаточно для реализации доменной версии сценария образования ТСМ.

Ключевые слова: уран, топливосодержащие материалы, жертвенные материалы, источники тепла, остаточное тепловыделение топлива, материально-энергетический баланс.

O. V. Mikhailov

Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants, National Academy of Sciences of Ukraine, Chornobyl

ON MATERIAL AND ENERGY SOURCES OF FORMATION OF FUEL-CONTAINING MATERIALS DURING CHERNOBYL NPP UNIT 4 ACCIDENT

Results of detailed analysis material substance of lava-like fuel-containing materials sources (FCM) and clusters with high uranium concentration were presented. Material and energy balance are aggregated in a process model for optimal composition of sacrificial materials and FCM. Quantitative estimate is given for spent nuclear fuel' afterheat in a number of other heat energy sources in reactor vault. Conclusion was made that upon condition of 50 % heat loss, remained amount of "useful" heat would be sufficient for proceeding of blast furnace version of fuel-containing materials (FCM).

Keywords: uranium, fuel-containing materials, sacrificial materials, heat sources, fuel afterheat, material and energy balance.

REFERENCES

1. *The safety problems of the nuclear power. The lessons of Chernobyl: A Monograph / B. S. Prister, A. A. Kljuchnikov, V. G. Bariakhtar, V. M. Shestopalov, V. P. Kukhar'; Ed. by B. S. Prister; - 2-nd edition. - Chernobyl': Institute for Safety Problems of NPP, 2016. - 356 p. (Rus)*
2. *The Chernobyl accident: overcoming the experience. Lessons learned / A. V. Nosovskij, V. N. Vasilchenko, A. A. Kljuchnikov, B. S. Prister; Ed. by A. V. Nosovskij. - K.: Tekhnika, 2006. - 264 p. (Rus)*
3. *Savonenkov V.G., Anderson E.B., Smirnova E.A., Shabalev S.I. Radiogeochemical study of fuel morbid growth resulting from the Chernobyl accident // Proc. V. G. Khlopin Radium Institute. - 2009. - Vol. XIV. - P. 87 - 117. (Rus)*
4. *Cherkashov Yu. M., Novosel'skij O. Yu., Checherov K.P. Investigation of processes at the Chernobyl nuclear power plant accident // Atomnaja energiya. - 2006. - Vol. 100, Iss. 4. - C. 243 - 258. (Rus)*
5. *Borovoj A. A., Velikhov E. P. Chernobyl experience (work on the project "Ukrytyta"). Part 1. Moskva: NITs*

- «Kurchatovskij institut», 2012. - 168 p. (Rus)
6. *Kiselev A.N.* Post-accident balance of nuclear fuel on the Unit 4 of the Chernobyl Nuclear Power Plant. - Moskva, 1994. - 20 p. - (Prepr. / RNTs «Kurchatovskij institut»; 5716/3). (Rus)
 7. *Pazukhin E.M.* Lava-like fuel containing mass of the 4 Unit of the Chernobyl NPP: topography, physical and chemical properties, scenario of formation // *Radiokhimiya*. - 1994. - Vol. 36, No. 2. - P. 97 - 142. (Rus)
 8. *Anderson E.B., Bogatov S.A., Borovoj A.A. et al.* Lava-like fuel containing masses of "Ukryttya" object. - Kyiv, 1993. - 44 p. - (Prepr. / V. M. Glushkov Cybernetics Institute NAS Ukraine; 93). (Rus)
 9. *Bogatov S. A.* Interaction of Chernobyl NPP power Unit 4's emergency fuel with structural materials - quantitative estimates // Object "Ukryttya" - 10 years. The main results of research. - Chernobyl', 1996. - P. 112 - 127. (Rus)
 10. *Nuclear fuel in the "Ukryttya" encasement of the Chernobyl NPP / R. V. Arutyunyan, L. A. Bolshov, A. A. Borovoj, E. P. Velikhov, A. A. Kljuchnikov.* - M.: Nauka, 2010. - 240 p. (Rus)
 11. *Pazukhin E.M., Lagunenکو A.S., Dovyđ'kov S.A.* New quantitative estimates of nuclear fuel in Room 305/2 Objects "Ukryttya" // *Problemy bezpeky atomnykh elektrostantsii i Chornobyliya*. - 2010. - Iss. 14. - P. 85 - 94. (Rus)
 12. *Object "Ukryttya": 30 years after the accident: A monograph / V. O. Krasnov, A. V. Nosovs'kyj, V. M. Rud'ko, V. M. Shcherbin.* - Chornobyl': Institute of NPP Nuclear Safety, 2016. - 512 p. (Ukr)
 13. *Rudja K.G.* Research of developments of accident and formation of fuel containing materials of the destroyed reactor of the Chernobyl NPP Unit 4: Ph. D. thesis. - K.: Chornobyl Center for Nuclear Safety, 2003. - 130 p. (Rus)
 14. *Vysotskij Ye.D., Krasnov V.O., Lagunenکو O.S., Pazukhin E.M.* Fuel in Room 305/2 of the Chernobyl Nuclear Power Station Unit 4. Zones of critical mass risk. Specification of the scenario of formation of lava-like fuel containing materials // *Problemy bezpeky atomnykh elektrostantsii i Chornobyliya*. - 2007. - Iss. 8. - P. 77 - 85. (Rus)
 15. *Lagunenکو O.S.* Search and study of the hidden accumulations of fuel containing materials of the destroyed Chernobyl NPP Unit 4: Ph. D. thesis / Institute of NPP Nuclear Safety, NAS of Ukraine. - Kyiv, 2008. - 148 p. (Ukr)
 16. *Radioactive aerosols object "Ukryttya": 1986 - 2006 // B. I. Ogorodnikov, E. M. Pazukhin, A. A. Kljuchnikov.* - Chernobyl': Institute of NPP Nuclear Safety, NAS of Ukraine, 2008. - 456 p. (Rus)
 17. *Borovoj A.A., Pazukhin E.M., Strizhov V.F.* Effectiveness of measures to eliminate the consequences of the Chernobyl accident (active phase of the accident). - Moskva, 2007. - 38 p. - (Prepr. / RNTs «Kurchatovskij institut»; IAE-6471/11). (Rus)
 18. *Talerko N.* Mesoscale modeling of radioactive contamination formation in Ukraine caused by the Chernobyl accident // *Journal of Environmental Radioactivity*. - 2005. - Vol. 78(3). - P. 311 - 329.
 19. *Talerko N.N., Garger E.K.* Estimates of primary emissions from emergency Chernobyl Unit via atmospheric transport modeling (review) / *Problemy bezpeky atomnykh elektrostantsij i Chornobyliya* - 2006. - Iss. 5. - P. 80 - 90. (Rus)
 20. *Lagunenکو A.S., Krasnov B.A., Dovyđ'kov S.A.* Fuel in the room 305/2. A possible scenario for the formation of nuclear-hazardous zones // *Ibid.* - 2015. - Iss. 24. - P. 51 - 61. (Rus)
 21. *Vysotskij E.D., Mikhajlov A.V.* Conceptual model of the "blast furnace" version of formation of nuclear-dangerous accumulation of the Chernobyl NPP unit 4 // *Ibid.* - 2013. - Iss. 21. - P. 99 - 106. (Rus)
 22. *Mikhajlov A.V., Doroshenko A.O.* On the results of nuclear fuel temperature dynamics restoration at the Chornobyl NPP Unit 4 during active phase of the accident // *Yaderna fizyka ta enerhetyka (Nucl. Phys. At. Energy)*. - 2015. - Vol. 14, No. 4 - P. 352 - 361. (Rus)
 23. *Gonchar V.V., Zhidkov A.V.* Dynamics of high-temperature interaction of emergency nuclear fuel with constructional materials RBMK // *Problemy Chornobyliya*. - 2002. - Iss. 9. - P. 25 - 33. (Ukr)
 24. *Zhydkov O.V.* 25 years-evolution of "Shelter" object fuel-containing materials comprehension: Formation scenarios and physical considerations // *Problemy bezpeky atomnykh elektrostantsij i Chornobyliya*. - 2011. - Iss. 16. - P. 86 - 100. (Ukr)
 25. *Ozhovan M.I., Poluektov P.P.* The use of glasses in the immobilization of radioactive waste // *Bezopasnost' okruzhajushchej sredy*. - 2010. - No 1. - P. 112 - 115. (Rus)
 26. *Udalov Ju.P., Fedorov N.F., Lavrov B.A., Sidorov A.S.* Functional materials for passive management of severe accident at a nuclear reactor in out-vessel stage of localization core melt. Part 1 // *Izv. Sankt-Peterb. gosud. tekhnol. in-ta (tekhn. un-ta)*. - Sant-Peterburg, 2010. - № 8 (34). - P. 17 - 24. (Rus)
 27. *Pazukhin E.M., Borovoj A.A., Lagunenکو A.S., Kolomiets F. H.* The study of lava-like fuel containing materials' samples taken from different lava depth // *Problemy Chornobyliya*. - 2002. - Iss. 9. - P. 66 - 75. (Rus)
 28. *Bogatov S, Borovoi A., Gavrilov S. et al.* Half an hour after the beginning of the accident. - Moscow, OKPPRINT, 2006. - 22 p.
 29. *Bogatov S.A., Borovoj A.A., Gavrilov S.L. et al.* Database on location of Chernobyl NPP Unit 4's nuclear fuel before and after the accident. - Moskva, 2007. - 146 p. - (Prepr. / RHTs «Kurchatovskij institut»; 130-11/2 ot 01.02.2007 g.). (Rus)
 30. *Thermal and Nuclear Power Plants: Reference book / Ed. by V. A. Grigor'ev and V. M. Zorin.* - Moskva: Energoizdat, 1982. - 624 p. (Rus)
 31. *Burlakov E.V., Bylkin B.K., Garin E.V. et al.* Calculation analysis of the radiation characteristics of the ChNPP Unit 1 reactor structures after the final shutdown. - Chernobyl, 2000. - 12 p. (Prepr. / NAN Ukrainy. Mezhotrasl. naych.-

tekh. tsentr "Ukrytie"; 00-4). (Rus)

32. *Arutjunjan R.V., Bol'shov L.A., Vasil'ev A.V., Strizhov V.F.* Physical models of severe accidents on the NPP / Ed. by N. N. Ponomarev-Stepnoj. - Moskva: Nauka, 1992. - 232 p. (Rus).
33. *Kuprin A.S., Belous V.A., Voevodin V.N. et al.* High-temperature air oxidation of E110 and Zr-1Nb alloys claddings with coatings // VAHT. Ser. FRP i RM. - 2014. - № 1(89). - P. 126 - 132. (Rus)
34. *Toropov N.V., Barzakovskij V.P., Lapin V.V., Kurtseva N.N.* Phase Diagrams of silicate systems: Reference book. The first issue. Dual system. - Leningrad: Nauka, 1969. - 822 p. (Rus)
35. *Poluektov P.P., Sukhanov K.P., Matjunin Ju.I.* Scientific approaches and technical solutions in the treatment of high-level liquid waste management // Ros. khim. zh. - 2005. - Iss. XLIX, No. 4. - P. 29 - 41. (Rus)

Надійшла 06.07.2016

Received 06.07.2016