

Д. Бугай<sup>1,\*</sup>, О. Скальський<sup>1</sup>, К. Ханеке<sup>2</sup>, С. Терфілд<sup>2</sup>, О. Ніцше<sup>2</sup>, О. Третьяк<sup>3</sup>, Ю. Кубко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна

<sup>2</sup> Brenk Systemplanung GmbH, Аахен, Німеччина

<sup>3</sup> ДСП "Центральне підприємство з поводження з радіоактивними відходами", Чорнобиль, Україна

\*Відповідальний автор: dmitri.bugai@igs-nas.org.ua

### **МОНИТОРИНГ ПІДЗЕМНИХ ВОД І МОДЕЛЮВАННЯ МАЙДАНЧИКА «ВЕКТОР» ДЛЯ ПРИПОВЕРХНЕВОГО ЗАХОРОНЕННЯ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ У ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ ЗОНІ ВІДЧУЖЕННЯ**

Наведено результати цільових досліджень із моніторингу підземних вод і моделювання, які було виконано з метою кращого розуміння процесів фільтрації підземних вод від майданчика «Вектор» для приповерхневого захоронення та зберігання радіоактивних відходів у чорнобильській зоні відчуження в напрямку річкової мережі. Як дані спостережень по локальній мережі спостережних свердловин на майданчику «Вектор», що були виконані у 2015 - 2016 рр., так і моделювання за допомогою регіональної фільтраційної моделі чорнобильської зони відчуження вказують, що контуром розвантаження підземних вод, що фільтруються з майданчика «Вектор», є р. Сахан – притока р. Прип'ять. Відповідний час фільтрації підземних вод оцінюються в 210 - 340 років. Час міграції підземним шляхом <sup>90</sup>Sr, <sup>137</sup>Cs і трансуранових радіонуклідів (ізотопів плутонію, <sup>241</sup>Am) оцінюється відповідно в тисячі, десятки тисяч, сотні тисяч, мільйон років. Зазначені результати, а також наведені дані дослідження літологічних властивостей геологічних відкладів із ненасиченої зони майданчика «Вектор» свідчать про добру захищеність поверхневих вод від джерел радіоактивності (радіоактивних відходів), що мають бути захоронені у приповерхневих сховищах на майданчику «Вектор».

*Ключові слова:* чорнобильська зона відчуження, поводження з радіоактивними відходами, моделювання підземних вод, оцінки ризику.

Д. Бугай<sup>1,\*</sup>, А. Скальський<sup>1</sup>, К. Ханеке<sup>2</sup>, С. Тьєрфілд<sup>2</sup>, О. Ніцше<sup>2</sup>, О. Третьяк<sup>3</sup>, Ю. Кубко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Інститут геологических наук НАН Украины, Киев, Украина

<sup>2</sup> Brenk Systemplanung GmbH, Аахен, Германия

<sup>3</sup> ГСП «Центральное предприятие по обращению с радиоактивными отходами», Чернобыль, Украина

\*Ответственный автор: dmitri.bugai@igs-nas.org.ua

### **МОНИТОРИНГ ПОДЗЕМНИХ ВОД И МОДЕЛИРОВАНИЕ УЧАСТКА «ВЕКТОР» ДЛЯ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО ЗАХОРОНЕНИЯ РАДІОАКТИВНИХ ОТХОДОВ В ЧЕРНОБИЛЬСКОЙ ЗОНЕ ОТЧУЖДЕНИЯ**

Приведены результаты целевых исследований по мониторингу подземных вод и по моделированию, которые были выполнены с целью лучшего понимания процессов фильтрации подземных вод от участка «Вектор» для приповерхностного захоронения и хранения радиоактивных отходов в чернобыльской зоне отчуждения в направлении речной сети. Как данные наблюдений по локальной сети наблюдательных скважин на участке «Вектор», которые были выполнены в 2015 - 2016 гг., так и моделирование с использованием региональной фильтрационной модели чернобыльской зоны отчуждения указывают, что контуром разгрузки подземных вод, которые фильтруются от участка «Вектор», является р. Сахан – приток р. Припять. Соответствующее время фильтрации подземных вод оценивается в 210 - 340 лет. Время миграции подземным путем <sup>90</sup>Sr, <sup>137</sup>Cs и трансурановых радионуклидов (изотопов плутония, <sup>241</sup>Am) оценивается соответственно в тысячи, десятки тысяч, сотни тысяч, миллион лет. Указанные результаты, а также приведенные данные изучения литологических характеристик геологических отложений из ненасыщенной зоны участка «Вектор» свидетельствуют о хорошей защищенности поверхностных вод от источников радиоактивности (радиоактивных отходов), которые будут захораниваться в приповерхностных хранилищах на участке «Вектор».

*Ключевые слова:* чернобыльская зона отчуждения, обращение с радиоактивными отходами, моделирование подземных вод, оценки риска.

D. Bugai<sup>1,\*</sup>, A. Skalskyi<sup>1</sup>, K. Haneke<sup>2</sup>, S. Thierfeldt<sup>2</sup>, O. Nitzsche<sup>2</sup>, A. Tretyak<sup>3</sup>, Yu. Kubko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Geological Sciences, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup> Brenk Systemplanung GmbH, Aachen, Germany

<sup>3</sup> SSE "Central Enterprise for Radioactive Waste Management", Chornobyl, Ukraine

\*Corresponding author: dmitri.bugai@igs-nas.org.ua

## GROUNDWATER MONITORING AND MODELLING OF THE “VECTOR” SITE FOR NEAR-SURFACE RADIOACTIVE WASTE DISPOSAL IN THE CHORNOBYL EXCLUSION ZONE

Results of purposeful groundwater monitoring and modelling studies are presented, which were carried out in order to better understand groundwater flow patterns from the “Vector” site for near-surface radioactive waste disposal and storage in the Chernobyl exclusion zone towards river network. Both data of observations at local-scale monitoring well network at “Vector” site carried out in 2015 - 2016 and modelling analyses using the regional groundwater flow model of Chernobyl exclusion zone suggest that the groundwater discharge contour for water originating from “Vector” site is Sakhan River, which is the tributary to Pripyat River. The respective groundwater travel time is estimated at 210 - 340 years. The travel times in subsurface for  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , and transuranium radionuclides (Pu isotopes,  $^{241}\text{Am}$ ) are estimated respectively at thousands, tenths of thousands, hundreds of thousands – million of years. These results, as well as presented data of analyses of lithological properties of the geological deposits of the unsaturated zone at “Vector” site, provide evidence for good protection of surface water resources from radioactivity sources (e.g., radioactive wastes) to be disposed in the near-surface facilities at “Vector” site.

*Keywords:* Chernobyl exclusion zone, radioactive waste management, groundwater modelling, risk assessment.

### REFERENCES

1. L.M. Shehtman et al. Estimation of protective capacity from radioactive contamination of geological environment at the site of “Vector” complex in the 30-km zone of ChNPP. *Problems of Chernobyl exclusion zone. Issue 3* (Kyiv: Naukova Dumka, 1996) 134 (Rus)
2. M.G. McDonald, A.W. Harbaugh. A Modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model. U.S. Geological Survey Open-File Report 83-875, 1984. 528 p.
3. N. Guiger, T. Franz. User’s manual for Visual MODFLOW (Waterloo Hydrogeologic Inc., 1996).
4. A.S. Skalsky, Y.I. Kubko. Filtration models of the Chernobyl NPP site In: Water Exchange and Chernobyl Accident. Vol. 2. Modeling of water exchange and radionuclide migration in hydrogeology structures. Ed. by V. Shestopalov (Kyiv, National Academy of Sciences of Ukraine, 2000) p. 448 (Rus)
5. M.J. Buckley et al. Drawing up and evaluating remediation strategies for the Chernobyl cooling pond. Project ref. No. B7-5230/2000/306958/MAR/ C2, NNC Limited, 2002.
6. D. Bugai et al. Geology structure and hydrogeology conditions of the Chernobyl Pilot Site, Report DEI/SARG no.04-16, Institute for Radioprotection and Nuclear Safety, Fontenay aux Roses, 2004.
7. A. Matoshko et al. Sedimentological study of the Chernobyl NPP site to schematize radionuclide migration conditions. *Env. Geol.* 46 (2004) 820.
8. *Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments*. Technical Reports Series No. 472 (Vienna, International Atomic Energy Agency, 2010).

Надійшла 19.10.2017  
Received 19.10.2017