

**С. О. Люльченко, М. О. Жовнер, О. М. Калінкевич**

*Институт прикладной физики НАН Украины, Сумы*

### **МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ІОНІВ З БІОЛОГІЧНИМИ СЕРЕДОВИЩАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ GEANT4**

Створено модель, за допомогою якої можна досліджувати процес взаємодії іонного пучка з біологічними об'єктами. Також досліджено внесок вторинних частинок у формування загального дозового навантаження. Модель містить усі необхідні елементи системи формування іонного пучка, параметри яких можуть інтерактивно змінюватися, а також додаткові програмні коди для обробки результатів віртуального експерименту. Дослідження проводилися на об'єкті, розміри і фізико-хімічні властивості якого відповідали біологічній клітині людського організму.

*Ключові слова:* Geant4, дозове навантаження, біологічна клітина, довжина пробігу, пік Брегга, метод Монте-Карло, вторинні процеси.

**С. А. Люльченко, М. А. Жовнер, А. Н. Калинкевич**

*Институт прикладной физики НАН Украины, Сумы*

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИОНОВ С БИОЛОГИЧЕСКИМИ СРЕДАМИ С ПОМОЩЬЮ GEANT4**

Создана модель, которая позволяет исследовать процесс взаимодействия ионного пучка с биологическими объектами. Также исследован вклад вторичных частиц в формирование общей дозовой нагрузки. Модель содержит все необходимые элементы системы формирования ионного пучка, параметры которых могут интерактивно меняться, а также дополнительные приложения для обработки результатов виртуального эксперимента. Исследования проводились на объекте, размеры и физико-химические свойства которого соответствовали биологической клетке.

*Ключевые слова:* Geant4, дозовая нагрузка, биологическая клетка, длина пробега, пик Брегга, метод Монте-Карло, вторичные процессы.

**S. O. Liulchenko, M. O. Zhovner, O. M. Kalinkevich**

*Institute of Applied Physics, National Academy of Sciences of Ukraine, Sumy*

### **SIMULATION OF IONS INTERACTION WITH BIOLOGICAL ENVIRONMENT USING GEANT4**

Computer model that makes it possible to study the interaction of ion beam with biological objects has been created. Contribution of secondary particles to the formation of the total radiation dose was investigated. The model contains all the necessary elements of formation of ion beam and we can interactively change the parameters of the model. For processing of simulation results additional program codes were created. Studies were carried out on the object which size and physicochemical properties are similar to biological cell in the human body.

*Keywords:* Geant4, dose distribution, biological cell, free path of particle, Bragg peak, Monte Carlo method, secondary processes.

#### **REFERENCES**

1. *McLane V. et al.* ENDF-102 Data formats and procedures for evaluated nuclear data file ENDF-6 // [Technical report BNL-NCS44945/04-Rev. Brookhaven National Laboratory, National Nuclear Data Centre. - Upton, NY, USA, 1997.](#)
2. *Access mode:* <http://www.geant4.org/>
3. *Agostinelli S. et al.* GEANT4 - a simulation toolkit // [Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. - 2003. - Vol. A506. - P. 250 - 303.](#)
4. *Berger M.J.* Penetration of proton beams through water I. Depth-dose distribution, spectra and LET distribution // [Report NISTIR 5226, National Institute of Standards and Technology, Physics Laboratory. - Gaithersburg, 1993.](#)
5. *Bortfeld T.* An analytical approximation of the Bragg curve for therapeutic proton beams // [Med. Phys. 1997. - Vol. 24 \(12\). - P. 2024 - 2033.](#)
6. *Briesmeister J.F.* MCNP - a general Monte Carlo N-particle transport code // [Report No. La-12625-M. Los Alamos National Laboratory, 1997.](#)
7. *Evans R.D.* The Atomic Nucleus. - Malabar, FL: Robert E. Krieger, 1982.

8. *Fippel M., Soukup M.* A Monte Carlo calculation algorithm for proton therapy // *Med. Phys.* - 2004. - Vol. 31 (8). - P. 2263 - 2273.
9. *GEANT4* collaboration // *Physics Reference Manual*, 2003.
10. *ICRU Report 49: Stopping powers and ranges for protons and alpha particles.* - Bethesda, MD, 1993.
11. *Paganetti H.* Nuclear interactions in proton therapy: dose and relative biological effect distributions originating from primary and secondary particles // *Phys. Med. Biol.* - 2002. - Vol. 47. - P. 747 - 764.
12. Access mode: <http://gsi.de/>
13. *Kawrakow I.* Accurate condensed history Monte Carlo simulation of electron transport, I. EGSnrc, the new EGS4 version // *Med. Phys.* - 2000. - Vol. 7. - P. 485 - 498.
14. *Lee M., Nahum A.E., Webb S.* An empirical method to build up a model of proton dose distribution for a radiotherapy treatment planning package // *Phys. Med. Biol.* - 1993. - Vol. 38. - P.989 - 998.
15. *Paganetti H., Jiang H., Parodi K. et al.* Clinical implementation of full Monte Carlo dose calculation in proton beam therapy // *Phys. Med. Biol.* - 2008. - Vol. 53. - P. 4825 - 4853.

Надійшла 18.04.2017  
Received 18.04.2017