

**С. В. Хижняк¹, О. О. Кисіль², В. В. Жирнов³, О. А. Лапоша¹,
В. С. Морозова¹, В. М. Войціцький¹**

¹ Національний університет біоресурсів і природокористуванням України, Київ

² Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

³ Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України, Київ

ІНІЦІЙОВАНА ІОНІЗУЮЧОЮ РАДІАЦІЄЮ ДОЗОЗАЛЕЖНА РЕОРГАНІЗАЦІЯ КЛІТИННИХ МЕМБРАН

Показано радіаційно-індукований ефект іонізуючого випромінювання потужністю 0,35 Гр/хв (опромінення *in vivo*) та надмалих доз (опромінення *in vitro*) на структурний стан клітинних мембран. Методом флуоресцентних зондів встановлено модифікацію білкової та ліпідної компонент клітинних мембран та їхнього динамічного стану, що має місце при опроміненні в досліджуваних дозах. Методом факторного аналізу виявлено дозозалежні зміни структурної впорядкованості плазматичної мембрани еритроцитів тонкої кишки за дії іонізуючої радіації в дозах 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 Гр потужністю 0,35 Гр/хв. Водночас спостерігається складна відповідь плазматичної мембрани еритроцитів на дію надмалих доз іонізуючої радіації (10^{-8} - 10^{-5} Гр), яка реалізується через макромолекулярні структурні перебудови мембрани. Виявлено особливості структурних перебудов клітинних мембран залежно від дози (потужності) іонізуючої радіації.

Ключові слова: іонізуюча радіація, потужність опромінення, надмалі дози, метод факторного аналізу, клітинні мембрани, структура.

**С. В. Хижняк¹, Е. А. Кисиль², В. В. Жирнов³, Е. А. Лапоша¹,
В. С. Морозова¹, В. М. Войцицкий¹**

¹ Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев

² Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев

³ Институт биоорганической химии и нефтехимии НАН Украины, Киев

ІНІЦІЙОВАНА ІОНІЗУЮЧОЮ РАДІАЦІЄЮ ДОЗОЗАВИСИМАЯ РЕОРГАНІЗАЦІЯ КЛІТИННИХ МЕМБРАН

Показан радиационно-индуцируемый эффект ионизирующего излучения мощностью 0,35 Гр/мин (облучение *in vivo*) и ультрамалых доз (облучение *in vitro*) на структурное состояние клеточных мембран. Методом флуоресцентных зондов установлена модификация белковой и липидной компонент клеточных мембран, их динамического состояния, которое имеет место при облучении в исследуемых дозах. Методом факторного анализа выявлено дозозависимое изменение структурной упорядоченности плазматической мембраны эритроцитов тонкой кишки при действии ионизирующей радиации в дозах 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 Гр мощностью 0,35 Гр/мин. Наблюдается сложный ответ плазматической мембраны эритроцитов в поле действия ультрамалых доз (10^{-8} - 10^{-5} Гр) ионизирующей радиации, реализуемый через макромолекулярные структурные перестройки мембраны. Отмечены особенность структурных перестроек клеточных мембран в зависимости от дозы (мощности дозы) ионизирующей радиации.

Ключевые слова: ионизирующая радиация, мощность дозы, ультрамалые дозы, метод факторного анализа, клеточные мембраны, структура.

S. V. Khyzhnyak¹, O. O. Kysil², V. V. Zhirnov³,
O. A. Laposha¹, V. S. Morozova¹, V. M. Voitsitskiy¹

¹ National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

² Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

³ Institute of Bioorganic Chemistry & Petrochemistry, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

DOSE DEPENDENT REARRANGEMENT OF CELLULAR MEMBRANES INDUCED BY IONIZING RADIATION

The radiation-induced effects at dose rate of 0.35 Gy/min (in vivo) and of ultra-low doses (in vitro) on the cell membranes structural state were shown. The modifications of the membrane protein and lipid components and their dynamic state were revealed at experimental irradiation conditions by fluorescent probe analysis. The principal component analysis of the research data indicates the dose-dependent decrease of plasma membrane structural orderliness of the small intestine enterocytes with the increase of the ionizing irradiation acute dose of 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 Gy at dose rate of 0.35 Gy/min. The complex response of the biological structure – the erythrocytes plasma membrane, on the ionizing radiation action at ultra-low doses that occurred through macromolecular structural rearrangements was also demonstrated. The features of the structural rearrangement of the cellular membranes depending on the ionizing radiation dose (dose rate) are found out.

Keywords: ionizing irradiation, dose rate, ultra-low doses, factor statistical analysis, cell membranes, structure.

REFERENCES

1. *Eidus L.Kh.* Membrane mechanism of biological influence of low doses. - M.: Inst. Theor. & Exp. Physics Publishers, 2001. - 81 p.
2. *Burlakova E.B.* New aspect of regularities in the action of low doses of low-level irradiation. In Low doses of radiation: are they dangerous? / Ed. E. B. Burlakova. - N.Y.: Nova Science Publishers, Inc. Huntington, 2000. - Ch. 1. P. 1 - 14.
3. *Baverstok K.* Radiation-induced genomic instability: a paradigm-breaking phenomenon and its relevance to environmentally induced cancer // *Mutat. Res.* - 2000. - Vol. 454, No. 1 - 2. - P. 89 - 109.
4. *Eidus L.Kh.* About the induction mechanism of DNA destruction repair at the ionizing radiation influence on the cells // *Radiation Biology and Ecology.* - 2000. - Vol. 40, No. 6. - P. 674 - 677.
5. *Kudryashov Yu.B.* Main principles in radiobiology // *Radiation Biology and Ecology.* - 2001. - Vol. 41, No. 5. - P. 531 - 547.
6. *Kudryashov Yu.B.* Radiation biophysics (ionizing radiation). - M.: Phys. Mat. Lit., 2004. - 448 p.
7. *Kutlakhmedov Yu.O., Voitsitskiy V.M., Khyzhnyak S.V.* Radiation Biology. - K.: Kyiv University, 2011. - 543 p.
8. *Benderitter M., Vincent-Genod L., Berroud A. et al.* Radio-induced structural membrane modifications: a potential bioindicator of ionizing radiation exposure // *Int. J. Radiat. Biol.* - 1999. - Vol. 75. - P. 1043 - 1053.
9. *Choudhary D., Srivastava M., Sarma A., Kale R.K.* Effect of high linear energy transfer radiation in biological membranes // *Radiat. Environ. Biophys.* - 1998. - Vol. 73. - P. 177 - 185.
10. *Khyzhnyak S.V., Voitsitskiy V.M.* Radiation-induced structural metabolic modification of enterocytes and lymphoid tissue / Ed. by Ukraine NSA academician M. E. Kucherenko. - K.: Phytosociocenter, 2006. - 245 p.
11. *Schmidt-Ullrich R.K., Dent P., Gramt S. et al.* Signal transduction and cellular radiation responses // *Radiat. Res.* - 2000. - Vol. 153. - P. 245 - 257.
12. *Gennis R.B.* Biomembranes. Molecular structure and function. - M.: Mir, 1997. - 624 p.
13. *Ryskulova S.T.* Radiation biology of plasmatic membranes. - M.: Energoatomizdat, 1986. - 126 p.
14. *Kycherenko M.E., Khyzhnyak S.V., Vekslyarsky R.Z., Voitsitskiy V.M.* Small intestine enterocytes and radiation. - K.: Phytosociocenter, 2003. - 176 p.
15. *Khyzhnyak S.V.* Radiosensitivity of the small intestine epithelium cells. - K.: Kyiv University, 1997. - 148 p.
16. *Khyzhnyak S.V.* The comparative study of physical properties of apical and basolateral membranes of small intestine enterocytes affected by ionizing radiation // *Ukr. Biochem. J.* - 1998. - Vol. 70, No. 1. - P. 44 - 48.
17. *Khyzhnyak S.V., Kysil O.O., Laposha E.A. et al.* The chronic ionizing radiation influence on the structural properties of the apical and of the mitochondrial membranes of small intestine enterocytes // *Radiation Biology. Radioecology.* -

2006. - Vol. 46, No. 1. - P. 27 - 33.
18. *Kysil O., Khyzhnyak V., Klepko A., Voitsitskiy V.* The structural and functional state of enterocyte mitochondria under chronic and single ionizing irradiation In book "Current problems of radiation research". - K.: Ukraine NSA, 2007. - P. 134 - 151.
 19. *Dobrecov G.E.* Using of fluorescence probes in cell, membrane and lipoprotein study. - M.: Nauka, 1989. - 277 p.
 20. *Vladimirov Yu.A., Dobrecov G.E.* Using of fluorescence probes in biological membrane study. - M.: Nauka, 1980. - 320 p.
 21. *Dergunov A.D., Kaprelyanc A.S., Kabishev A.A. et al.* The existence of boundary lipids in the reconstructed hydrophobic protein-lipid system // *Biochemistry.* - 1982. - Vol. 47, No. 2. - P. 296 - 303.
 22. *Voitsitskiy V.M., Khyzhnyak S.V., Zhirnov V.V., Laposha O.A.* The structural organization of erythrocyte membranes at the action of ionizing radiation at low doses // *Physics of Alive.* - 2008. - Vol. 16, No. 2. - P. 58 - 64.
 23. *Zhirnov V., Khyzhnyak S., Voitsitskiy V.* The effects of ultra-low dose β -radiation on the physical properties of human erythrocyte membranes // *Int. J. of Radiation Biology.* - 2010. - Vol. 86, No. 6. - P. 499 - 506.
 24. *Loevinger R., Budinger T.F., Watson E.E.* MIRD primer for absorbed dose calculations // New York: Society of Nuclear Medicine. - 1991. - 41 p.
 25. *Demchenko A.P.* Luminescence and dynamics of protein structure. - K.: Naukova dumka, 1988. - 280 p.
 26. *Lactovich J.* Principles of fluorescence spectroscopy. - M.: Mir, 1986. - 321 p.
 27. *Ehutkyn G., Jakubowski S., Hatsko G.G.* The physical and chemical state of plasmatic membranes of rats' adipose tissue and liver in the definite periods after γ -irradiation at the dose of 1 Gy // *Radiation Biology. Radioecology.* - 1993. - Vol. 33, No. 1. - P. 61 - 65.
 28. *Iberla K.* Principal component analysis. - M.: Mir, 1972. - 316 p.
 29. *Kramer G.* Mathematical methods of statistics. - M: Mir, 1975. - 648 p.

Надійшла 24.02.2014

Received 24.02.2014