

5. Воробьев, Е. А. Теория ультразвуковых колебаний как основа построения и применения технических средств получения информации / Е. А. Воробьев. – Санкт-Петербург : СПбГУАП, 2002. – 54 с.

## Study of the Automated Control System for the Underwater Dosimetry Kit in a Remote Measurement of the Bottom Radioactivity in Deepwater Areas

A.P. Elokhin<sup>\*1</sup>, A.A. Vasilenko<sup>\*2</sup>, S.E. Ulin<sup>\*3</sup>, S. Yuksekler<sup>\*\*4</sup>, M. Yuksekler<sup>\*\*5</sup>

*\*National Research Nuclear University Moscow Engineering Physics Institute (NRNU MEPhI), Kashirskoye shosse, 31, Moscow, Russia 115409*

*\*\*AKKUYU NUCLEAR JSC, Buyukejeli District, Akkuyu Avenue No: 0 Gulnar / Mersin, Turkey 33715*

*<sup>1</sup>e-mail: elokhin@yandex.ru*

*<sup>2</sup>e-mail: im-ver@yandex.ru*

*<sup>3</sup>e-mail: seulin@gmail.com*

*<sup>4</sup>e-mail: millinukleer@gmail.com*

*<sup>5</sup>e-mail: m.yuksekler@akkuyu.com*

**Abstract** – The paper presents a study of the automated control system for the underwater radio-controlled unmanned vehicle (as a prototype), which monitors the radiation in the bottom in the deepwater areas (with the depth over 10 m), and a system of the operator-vehicle communication line. A standard approach to the radiation monitoring is applied with the help of spectrometric and dosimetry equipment, as well as an echo sounder mounted on the underwater vehicle. The communication line with a facility located on the ground is exercised in the following two ways: when in water, it is arranged through the information transmission by ultrasound to the buffer gear floating on the surface of the water area, and through the gear it gets in a retransmission to the operator on the ground via a radio channel. The control of the underwater vehicle is exercised in the reversed sequence: from the operator to the buffer gear, it goes through a radio channel, then it goes from the latter to the underwater vehicle by the retransmission into ultrasound, and then it reaches the receiving device of the underwater vehicle through further retransmission.

*Keywords:* ultrasound data transmission, radio-controlled underwater vehicle, radiation monitoring of the bottom of water areas, spectrometric, dosimetry equipment, radio communication channel.

УДК 614 876:502:613:621.039

## ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ; ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЕГО РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

**Б.К. Орумо, А.П. Елохин, А.И. Ксенофонтов**

*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия*

В работе приводится краткий аналитический обзор радиационных эффектов, связанных с воздействием ионизирующего излучения на биологические объекты. Рассматриваются процессы воздействия ионизирующего излучения на молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), возникающие в организме на клеточном уровне при его поглощении. Показано, что в широком диапазоне мощностей доз, создаваемых ионизирующим излучением при воздействии последнего на биологические объекты и, в частности, на человека, наиболее опасными являются генетические последствия, играющие важную роль для населения стран, активно использующих ионизирующее излучение в промышленности, медицине, особых видах производств, а также при производстве электроэнергии на атомных электростанциях. Особое внимание в работе уделяется воздействию ионизирующего излучения на детей, требуя повышенного внимания при диагностике заболеваний при постядерных авариях, а также во время диагностики или лечения радиацией. В качестве методов радиационного контроля ионизирующего излучения в статье приводится краткое представление автоматизированной системы радиационного

контроля окружающей среды с её целями, задачами и методами, позволяющими минимизировать последствия радиационных аварий на действующих АЭС.

*Ключевые слова:* ионизирующее излучение, радиационное повреждение, дезоксирибонуклеиновая кислота ДНК, радиочувствительность, автоматизированная система радиационного контроля окружающей среды (АСКРО), доза и мощность дозы ионизирующего излучения.

При прохождении ионизирующего излучения (ИИ) через какую-либо биологическую среду или ткань какого-либо биологического объекта необходимо учитывать вид ИИ ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $n_0$ ,  $p$  и пр.), поскольку его поглощенная доза существенно зависит от качества излучения, т.е. свойств ионизирующих частиц, зависящих от их ионизирующей способности, которые, в свою очередь зависят от массы частицы ее заряда и энергии, равно как от заряда и плотности вещества, в котором распространяется ИИ. Величина поглощенной дозы вычисляется по формуле (1), [1-3] и носит название *эквивалентной дозы* ( $H_{T,R}$ ), единицей измерения которой служит Зиверт (Зв).

$$H_{T,R} = W_R \times D_{T,R}, \quad (1)$$

где  $D_{T,R}$  – средняя поглощенная доза в органе или ткани  $T$ ;

$W_R$  – взвешивающий коэффициент для излучения  $R$ , значения которого для различных видов ИИ приводятся в специальной литературе.

При воздействии различных видов излучения с различными взвешивающими коэффициентами эквивалентная доза определяется как сумма эквивалентных доз для этих видов излучения.

При воздействии ИИ на какой-либо биологический объект находят *эффективную эквивалентную дозу* ( $H_E$ ), величина которой используется как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности [2]. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты, формула (2):

$$H_E = \sum_T W_T \cdot H_T, \quad (2)$$

где  $H_T$  – эквивалентная доза в  $T$ -м органе или ткани;

$W_T$  – взвешивающий коэффициент для органа или ткани  $T$ , представляющий собой отношение стохастического риска смерти в результате облучения  $T$ -го органа или ткани к риску смерти от равномерного облучения тела при одинаковых эквивалентных дозах, величина  $W_T = 0,30$ , отведенная на все другие органы, распределяется поровну между пятью оставшимися органами и тканями, которые получили самую высокую эквивалентную дозу.

Результаты исследований постядерных эффектов жителей, выживших после атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки показали [4], что интенсивное воздействие ИИ приводит к возникновению онкологических заболеваний, а воздействие в детском возрасте может привести к увеличению избыточного риска развития рака у детей по сравнению со взрослыми, что указывает на их более высокую чувствительность к воздействию радиации и образованию опухолей. Это показали результаты исследований, проведенные в Чернобыле группой авторов указанной работы, в которой рассматривался вопрос онкологических заболеваний щитовидной железы у детей и взрослых, которые подвергались воздействию высоких доз облучения щитовидной железы (более 1 Гр).

Доза ионизирующего излучения, поглощенная в биологической среде, инициирует сложный процесс различных событий. Во-первых, это физическая активность с передачей энергии от ионизирующих частиц к атомам и молекулам окружающих тканей, процесс, который занимает около  $10^{-13}$  с. Далее следуют физико-химические методы, такие как передача внутримолекулярной энергии, возбуждение и ионизация атомов с длительностью около  $10^{-10}$  с. Затем химические процессы и в этот момент первичное повреждение биологических структур начинается на продолжительности около  $10^{-6}$  с. Далее следуют биологические процессы. На этом этапе поврежденные органические структуры могут быть восстановлены или необратимо повреждены. Наблюдаемое повреждение может привести к гибели клеток, которая может происходить в течение периодов от нескольких секунд до нескольких лет. Все эти процессы приводят к окончательному радиобиологическому воздействию радиации на организм человека [5].

Воздействие ионизирующего излучения на клетку может происходить непосредственно, например, путем взаимодействия  $\gamma$ - или  $\beta$ -излучения с атомами или молекулами хромосом, или опосредованно при радиоллизе воды или других химических веществ, содержащейся в цитоплазме клетки. В первом случае, при невысокой плотности ИИ, ДНК может восстановиться, если разрыв связи произошел только на одной нити, если же эффект разрыва связи произошел на двух нитях ДНК, то она не подлежит восстановлению (рис. 1), но в дальнейшем может принимать участие в создании неполноценных молекул, создавая, таким образом, очаг поражения, который может привести в дальнейшем к негативным последствиям. В процессе деления происходит расхождение нитей ДНК и синтез на каждой нити, как на матрице еще по одной нити с сохранением последовательности оснований. В отличие от ядра, содержащего уникальные молекулы ДНК, в цитоплазме содержатся многочисленные дублирующие структуры, отвечающие за энергетику клетки, синтез белка, транспорт питательных веществ и т.д.

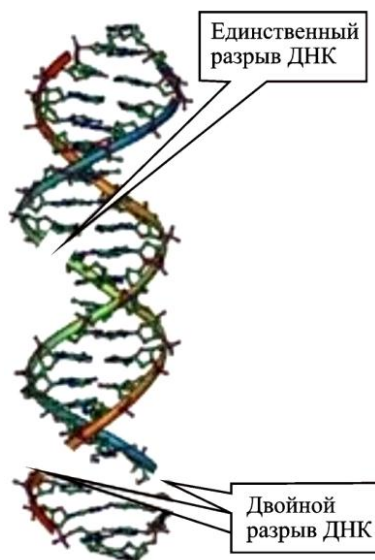


Рисунок 1 – Виды разрывов ДНК при воздействии ионизирующего излучения [6]

В активно делящихся клетках период между двумя клеточными делениями занимает от 12 до 48 ч. При этом на сам процесс деления приходится не более часа. Пока клетка не делится, ее системы не воспринимают факт нарушений, который возник от действия ионизирующих излучений (или от некоторых химических соединений). Однако в процессе деления в месте поврежденной ДНК образуется разрыв хромосомы и образуются фрагменты, обрывки хромосом. Новообразованная клетка, лишенная части ДНК, утрачивает способность к синтезу жизненно важных веществ и может быть обречена на гибель. Поэтому интенсивно делящиеся клетки в большей степени

подвержены действию ионизирующих излучений. Вместе с тем в организме действует механизм репараций, который может «залечивать» некоторые повреждения. Это относится, прежде всего, к одноразрывным дефектам в нитях хромосом.

Механизм биологического действия ионизирующего излучения на биологическую ткань можно определить несколькими актами. В первом (физическом акте) энергия ионизирующего излучения при прохождении через биологическую ткань передается атомам и молекулам. Это приводит к образованию ионов и возбужденных молекул. Следующий акт определяется химическим этапом поражения клетки.

В основе первичных радиационно-химических изменений молекул могут лежать два механизма:

1) прямое действие, когда данная молекула испытывает изменения за счет ионизации или возбуждения непосредственно при взаимодействии с излучением;

2) косвенное действие, когда молекула непосредственно не поглощает энергию ионизирующего излучения, а получает ее путем передачи от другой молекулы.

Таким образом, из результатов исследований воздействия ИИ на клетку следует, что за ионизацией часто образуются свободные радикалы, которые весьма эффективно взаимодействуют с биологическими молекулами, включая очень восприимчивый генетический материал. Этими уязвимыми участками в ядре являются хромосомы, представляющие собой двухспиральные структуры, состоящие из ДНК и белка, количество которых варьируется у разных организмов, вызывая наибольшее повреждение в делящихся клетках. Из последнего следует, что негативный результат от косвенного воздействия ИИ оказывается более распространенным, чем от его непосредственного воздействия, главным образом для излучения с низкой удельной ионизацией [7].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормы радиационной безопасности. НРБ – 99/2009. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523 – 09.
2. *Машкович, В. П.* Защита от ионизирующих излучений. Справочник / В. П. Машкович, А. В. Кудрявцева. – Москва : Энергоатомиздат, 1995.
3. Защита от ионизирующих излучений. Т. 1. Физические основы защиты от излучений / Н. Г. Гусев, Л. Р. Кимель, В. П. Машкович, Б. Г. Пологих, А. П. Суворов. – Москва : Атомиздат, 1969.
4. Kristy R. Kutanzi, Annie Lumen, Igor Koturbash, and Isabelle R. Miousse. Pediatric Exposures to Ionizing Radiation: Carcinogenic Considerations. *Int J Environ Res Public Health*. 2016 Nov; 13 (11): 1057.
5. *Кемп, П.* Введение в биологию / П. Кемп, К. Армс. – Москва : Мир, 1988. – 672 с.
6. *Елохин, А. П.* Основы экологии и радиационно-экологического контроля окружающей среды / А. П. Елохин, А. И. Ксенофонтов, И. В. Пырков. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2016. – 680 с.
7. Effects of Ionizing Radiation on DNA. – URL : <https://teachnuclear.ca/all-things-nuclear/radiation/biological-effects-of-radiation/effects-of-ionizing-radiation-on-dna/>.

### **The Effect of Ionizing Radiation on Biological Objects, and Instrumental Methods of its Radiation Control**

**B.K. Orumo<sup>1</sup>, A.P. Elokhin<sup>2</sup>, A.I. Ksenofontov<sup>3</sup>**

*National Research Nuclear University Moscow Engineering Physics Institute (NRNU MEPhI),  
Kashirskoye shosse, 31, Moscow, Russia 115409*

<sup>1</sup>*e-mail: elokhin@yandex.ru*

<sup>2</sup>*e-mail: -orumokenoll@yahoo.com*

<sup>3</sup>*e-mail: AIKsenofontov@mephi.ru*

**Abstract** – The article provides a brief analytical review of radiation effects associated with the impact of ionizing radiation on biological objects. The processes of the action of ionizing radiation on molecules of deoxyribonucleic acid (DNA), which occur in the body at the cellular

level during its absorption, are considered. It is shown that in a wide range of dose rates generated by ionizing radiation when the latter acts on biological objects and, in particular, on humans, the most dangerous are the genetic consequences, which play an essential role for the population of countries that actively use ionizing radiation in industry. Other uses includes medicine, particular types of production, as well as in the production of electricity at nuclear power plants. Particular attention is paid to the effects of ionizing radiation on children, requiring increased attention in the diagnosis of diseases in post-nuclear accidents, as well as during the diagnosis or treatment of radiation. As methods of radiation monitoring of ionizing radiation, the article provides a brief presentation of an automated system of radiation monitoring of the environment with its goals, objectives, and methods to minimize the consequences of radiation accidents at existing nuclear power plants.

*Keywords:* ionizing radiation, radiation damage, deoxyribonucleic acid DNA, radiosensitivity, automated system of environmental radiation monitoring (ASKRO), dose, and ionizing radiation dose rate.

УДК [628.54 : 628.477] : 621.311.25

## ОРГАНИЗАЦИЯ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА ОТХОДОВ НА РОСТОВСКОЙ АЭС

**Ю.А. Фетисова, О.И. Горская**

*Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция», Волгодонск,  
Ростовская обл., Россия*

В работе сформулированы основные направления деятельности Ростовской АЭС в области обращения с отходами производства и потребления. Разработка и введение в действие процедур по селективному сбору отходов, содержащих полезные компоненты, в соответствии с распоряжением Правительства РФ от 25.07.2017 №1589-р. 3 этапа ввода процедур по раздельному сбору отходов: сбор макулатуры, сбор и накопление химических источников тока (батареек), сбор полиэтиленовой и стеклянной тары, сбор и накопление светодиодных ламп и полиэтиленовой пленки.

*Ключевые слова:* Ростовская АЭС, отходы производства и потребления, сбор, накопление, раздельный сбор, макулатура, химические источники тока, тара, пленка, светодиодные лампы.

Основными направлениями деятельности Ростовской АЭС в области обращения с отходами являются:

- 1) контроль за соблюдением нормативов качества и допустимого воздействия на окружающую среду;
- 2) соблюдение природоохранного законодательства в области обращения с отходами производства и потребления;
- 3) организация и осуществление мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду и рациональному использованию природных ресурсов;
- 4) реализация природоохранных мероприятий при обращении с отходами;
- 5) минимизация объемов их образования;
- 6) обезвреживание, утилизация и размещение отходов всего объема образующихся на станции отходов силами специализированных предприятий на договорной основе.

На Ростовской АЭС организован раздельный сбор отходов производства и потребления с учетом класса их опасности и агрегатного состояния [1].