

*Федоров В. П*

## **ЦЕРЕБРАЛЬНЫЕ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПАТТЕРНЫ ФРАКЦИОНИРОВАННОГО ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ**

*Воронежский государственный институт физической культуры,*

*Воронеж, Россия*

*В радиобиологическом эксперименте изучена реакция нейронов головного мозга крыс при фракционированном гамма-облучении в суммарных дозах 10, 20, 50 и 100 сГр. Проведенные исследования показали, что нейроны реагируют на облучение однотипными неспецифическими изменениями, которые протекают волнообразно и не имеют линейной дозовой или временной зависимости. При всех изученных дозах и сроках пострадиационного периода преобладали различной выраженности изменения, отражающие варианты функциональной активности нейронов*

*Ключевые слова: малые дозы ионизирующего излучения, головной мозг, нейроны, ликвидаторы радиационной Чернобыльской аварии*

*Fyodorov V.P.*

## **CEREBRAL THE STRUCTURAL-FUNCTIONAL PATTERNS OF THE FRACTIONATED GAMMA- IRRADIATION**

*Voronezh State Institute of Physical Culture, Voronezh, Russia*

*In radiobiological experiment on rats exposed to fractionated gamma-irradiation in total doses of 10, 20, 50 and 100 cGy, studied the response of neurons of the brain. Studies of neurons have shown that cells respond to ionizing radiation similar non-specific changes, which occur in waves and have no linear dose or time dependencies. At all studied doses and terms of the post-radiation period, was dominated changes in various intensities, which reflecting the options of the functional activity of neurons.*

*Key words: low dose of the ionizing radiation, brain, neurons, the liquidators of the Chernobyl radiation accident.*

Психические и неврологические нарушения у лиц, принимавших участие в ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, занимают значительное место в структуре их заболеваемости, превышая данные контрольной группы более чем в 5 раз [1]. Однако сведений о патогенезе заболеваний у ликвидаторов радиационных аварий нет. Зачастую органические изменения нервной системы трактуются как функциональные и наоборот, а нередко жалобы ликвидаторов расцениваются как проявление установок на получение льгот или отражение радиофобии [2]. Хотя у вертолетчиков-ликвидаторов радиационный контроль

соблюдался, тем не менее, нейропсихические заболевания у них являются ведущей причиной инвалидности и с возрастом заболеваемость нарастала [3, 5]. Резистентность к традиционной терапии свидетельствует о возникновении органических изменений в ЦНС. Однако эксперименты, прослеживающие изменения в нейронах после фракционированных облучений, достаточно редки [4, 5]. Целью исследования являлось изучение нейроморфологических коррелят нарушения психоневрологического статуса вертолетчиков-ликвидаторов после выполнения работ на радиоактивно загрязненной местности.

На базе Центрального научно-исследовательского авиационного госпиталя и Государственного научно-исследовательского испытательного института Военной медицины МО РФ изучены данные о состоянии здоровья вертолетчиков, выполнявших поставленные задачи по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС в 1986–1987 годах и получивших дозы облучения  $22,6 \pm 0,6$  сГр. Средний возраст ликвидаторов  $33,6 \pm 6$  лет. Изучались медицинские документы (экспертные решения врачебно-лётной комиссии, результаты диспансерного наблюдения и т.д.) с 1986 по 2000 гг., т.е. до того срока, когда практически все ликвидаторы были дисквалифицированы по состоянию здоровья или демобилизованы по выслуге лет. Проследить все стадии изменений в ранние и отдаленные сроки, выявить доза-временные зависимости и наиболее критические мишени для ионизирующего излучения возможно только в эксперименте на животных, когда будут исключены все посторонние влияния и использованы методики, неприемлемые для человека. В основу радиобиологического эксперимента положены данные о лучевой нагрузке у ликвидаторов аварии на ЧАЭС и состоянии их здоровья в ранние и отдаленные сроки пострадиационного периода. Исследование выполнено на половозрелых беспородных крысах-самцах в возрасте 4 мес. (к началу эксперимента), что соответствует 27 – 28 годам возраста военнослужащих [4]. Животных подвергали внешнему фракционированному (равными порциями в течении 5 дней) облучению  $\gamma$ -квантами  $^{60}\text{Co}$  на установке «Хизатрон» в суммарных дозах 10, 20, 50 и 100 сГр (для человека это соответствует дозам от 5 до 50 сГр) с

мощностью дозы 50 сГр/ч. Материал забирали через 1 сут (это время, соответствующее возможной первичной реакции на облучение), 6 мес. (возраст профессионального долголетия вертолетчиков 38 – 40 лет), 12 мес. (предельный возраст для военнослужащих на то время 45–50 лет), 18 и 24 мес. пострадиационного периода, т.е. исследование, проведено на полную продолжительность жизни. Каждой группе соответствовал адекватный возрастной контроль. Протокол эксперимента в разделах выбора, содержания животных и выведения их из опыта был составлен в соответствии с принципами биоэтики и правилами лабораторной практики (Приказ МЗ РФ № 267 от 19.06.2003, об утверждении правил лабораторной практики). Объектом исследования служили теменная (поле PA<sup>s</sup>) и лобная (поле FP<sub>a</sub>) кора, гиппокамп (поле A<sub>4</sub>), червь мозжечка, таламус и неостриатум. Алгоритм обработки и исследования материала представлен нами в монографиях [4, 5].

Проведенные исследования показали наличие четкой разницы между ликвидаторами и контрольной группой, а также отсутствием односложной связи между изучаемыми причинами и следствиями. В частности, и в группе ликвидаторов, и в контрольной группе все обозначенные нозологические единицы выступают дисквалифицирующим признаком, различия заключаются лишь в их процентном распределении. Для контрольной группы за 15 лет наблюдения больший вес в заболеваемости имеют болезни опорно-двигательного аппарата. Для группы ликвидаторов характерно формирование хронических нервных заболеваний, патогенетическим механизмом которых выступают психогенно-травмирующие факторы. Экспериментальные исследования показали, что нервные клетки головного мозга реагируют на ионизирующее излучение однотипными неспецифическими изменениями, протекающими волнообразно и не имеющими линейной дозовой или временной зависимости, а также зависимости от мощности дозы облучения. Преобладали различной выраженности изменения, отражающие варианты функциональной активности нейронов. Количество деструктивных нейронов увеличивалось только в конце жизни животных и вокруг них наблюдалась

гиперплазия нейроглиальных клеток. Но в течение всего пострadiационного периода нейрон–глиальные отношения не играют заметной роли в реакции нервных клеток на малые дозы ионизирующего излучения. Наибольшие изменения отмечались в сенсомоторной коре и мозжечке и были более лабильными при самой малой дозе облучения – 10 сГр. Это подтверждает данные о преобладании при малых дозах эффекта раздражения над ионизацией. Большой чувствительностью к гамма-облучению отличались структуры нейронов, имеющих отношение к синтезу белка (ядра, ядрышки). Содержание общего белка в нейронах к концу наблюдения снижалось независимо от режима облучения (рис.1).

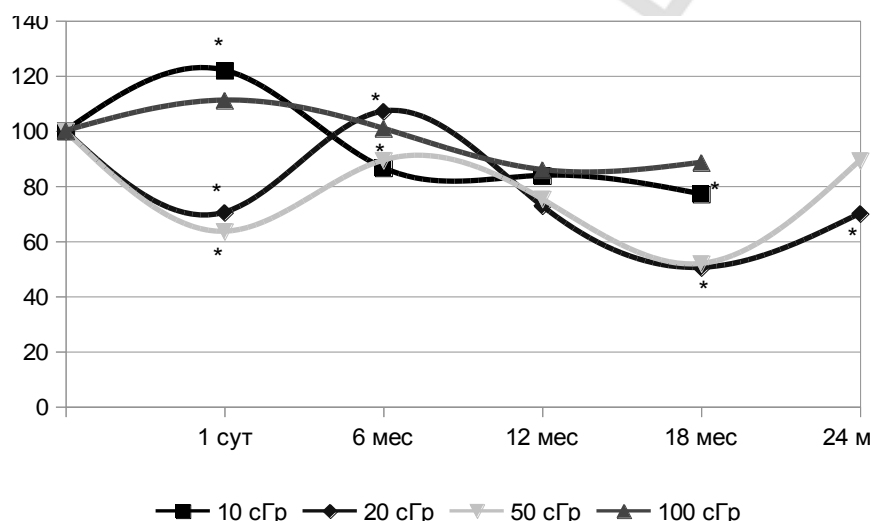


Рис. 1. Динамика содержания в клетках Пуркинью белка после фракционированного облучения в малых дозах. Примечание: по оси абсцисс – сроки пострadiационного периода; по оси ординат – содержание белка в е.о.п.(в % к возрастному контролю).

При математическом моделировании подтверждено, что нейроморфологические показатели при облучении имеют нелинейный характер изменений с довольно слабой корреляционной связью между эффектом и такими факторами как доза, время после воздействия, а также совместное влияние дозы и времени. При этом совместное влияние дозы и времени пострadiационного периода часто нивелировало изменения и большинство нейроморфологических эффектов не имело существенных различий в начальных и конечных значениях доза–временных параметров, а эффекты отличались в большей степени при их средних значениях. Характер

морфологических изменений, возникающих в головном мозге, показывает, что ионизирующее излучение в малых дозах приводит в некоторых случаях к разнонаправленным эффектам, снижая одни показатели и повышая другие. Это свидетельствует об определенном риске увеличения неблагоприятных последствий. Видимо, наряду с психоэмоциональными факторами, повлиявшими на структуру заболеваемости у ликвидаторов, нельзя исключать нарастающее со временем влияние инкорпорированных радионуклидов. В целом внешнее фракционированное облучение в регламентированных дозах само не вызывает в головном мозге значимых органических изменений, но при сочетании с другими неблагоприятными факторами, видимо, может predispose и служить фоном для развития нарушений функционирования нервной системы.

#### Литература

1. Гундарова О.П. Оценка психоневрологического статуса ликвидаторов радиационных аварий / О.П. Гундарова, В.П. Федоров, Р.В. Афанасьев. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2012. – 232 с.
2. Гуськова А.К. Радиация и мозг человека / А.К. Гуськова // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2001. – Т. 46, № 5. С. 47 – 55.
3. Ушаков И.Б. Анализ состояния здоровья вертолетчиков, участвующих в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС / И.Б. Ушаков, С.К. Солдатов // Военно-медицинский журнал. – 1993. - №4. С. 77-79.
4. Ушаков И.Б. Малые радиационные воздействия и мозг / И.Б. Ушаков, В.П. Федоров. - Воронеж: «Научная книга», 2015. - 536 с.
5. Федоров В.П. Церебральные эффекты у ликвидаторов Чернобыльской аварии / В. Федоров, И. Ушаков, Н. Федоров. – LAPLAMBERT Academic Publishing, 2016. - 390 с.