

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕНДА КЛИМАТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ДЛЯ РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А. Н. Ненахов, О. Ф. Сенюк

*Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль*

В реальной жизни ионизирующие излучения оказывают воздействие на человека в комплексе с другими низкоинтенсивными факторами – химическими загрязнениями, электромагнитными, шумовыми, вибрационными, температурными воздействиями, психоэмоциональным напряжением и др. Возникающие гомеостатические нарушения во многом зависят от эффекта наложения влияний отдельных факторов. Для изучения эффектов наложения влияния микроклиматических условий и радиационного фактора на человека предлагается использовать стенд климатического воздействия, который позволяет задавать и контролировать параметры температуры и влажности внешней среды.

На современном этапе для безопасности предприятий атомной энергетики все большее значение приобретает человеческий фактор, с которым связаны наиболее тяжелые по своим последствиям аварии и наименее вероятные запроектные катаклизмы [1 - 3]. Объект “Укрытие” - одно из наиболее опасных последствий ядерной аварии 1986 г., где все виды работ определяются как экстраординарные [4]. Для персонала источником постоянного специфического психоэмоционального стресса является недостаточный уровень знаний о реальном состоянии объекта “Укрытие” и о комплексном негативном влиянии его производственной среды на организм человека. В результате выполнения фундаментальных работ установлено, что эффекты радиационного поражения и психоэмоционального стресса во многом сходны и проявляются как невротические, сердечно-сосудистые, желудочно-кишечные расстройства, иммунные и эндокринные дисфункции. Возникшие гомеостатические нарушения во многом зависят от взаимного потенцирования (синергизма) либо уменьшения самостоятельных эффектов (антагонизма) неблагоприятных производственных факторов и реализуются посредством развития липоперекисного стресса и включения патогенетических механизмов, аналогичных развитию лучевой болезни [5]. При сочетанном взаимодействии двух агентов имеет место чередование чувствительных и нечувствительных периодов, оптимальное соотношение которых позволяет достичь синергического эффекта [5 - 7]. Выполнение определенных работ в объекте «Укрытие» сопряжено с негативным влиянием на персонал ионизирующих излучений и не исчерпывается периодическим наложением на регламентные дозовые нагрузки сравнительно больших кратковременных доз облучения. Здесь также невозможно исключить развитие потенцирования эффектов ионизирующих излучений и экстраординарных производственных вредностей нерадиационной природы, среди которых наиболее значимыми являются:

особые микроклиматические условия – высокая влажность и дискомфортный температурный режим, далеко не отвечающие требованиям техники безопасности и увеличивающие вероятность перегрева работников при выполнении интенсивных работ с использованием полного комплекта пластиковой спецодежды; недостаточное и исключительно искусственное освещение;

стрессовый эмоциональный фактор, создаваемый сложной геометрией большинства рабочих мест, загроможденностью и сложностью доступов к местам проведения работ, наличие факторов высоты и “замкнутого пространства”;

химические компоненты производственной среды, такие как токсичные аэрозоли; озон и аэроионы, образующиеся в повышенных концентрациях в местах скопления топливосодержащих материалов и способные разрушать сурфактан легких.

Существует аргументированное мнение, что каждый из этих факторов в отдельности и их совокупность способны существенно модифицировать ощущения, самочувствие и поведение персонала вплоть до возникновения пароксизмальных нарушений сознания и отказов персонала [8], внося ощутимый вклад в появление технологических нарушений и увеличение риска возникновения запроектных аварий [9]. Показано, что в механизмах дезадаптации центральной нервной системы и возникновения психоневрологических нарушений у облученных лиц вследствие аварии на ЧАЭС решающую роль играет сочетание воздействий радиационного (внешнего и особенно внутреннего) и стрессового факторов [9 - 11]. При изучении адаптационных реакций сотрудников ЧАЭС и объекта “Укрытие” в 1990 - 1997 гг. с разной накопленной дозой облучения в связи с наличием у определенных рабочих мест “стрессогенных” свойств получены такие данные: у 70 % обследованных по показателям крови выявлены адаптационные реакции по типу повышенной активации и хронического стресса; при этом “стрессовая” кровь у 53 % обследованных коррелирует с наличием пароксизмальной активности, предшествующей нарушению сознания и резко снижающей качество операторской деятельности персонала. О критическом состоянии этой проблемы свидетельствует также тот факт, что за период 1990 - 1995 гг. количество вызовов неотложной медицинской помощи на рабочие места ЧАЭС возросло в 16 раз [8].

Априори производственные вредности объекта «Укрытие» могут обладать разной биологической активностью в зависимости от конкретных условий рабочей деятельности. Эта проблема требует тщательного изучения и разработки профилактических мероприятий и особенно актуальна для предприятий ядерно-энергетического цикла в связи с необходимостью снижения отказов персонала. В свою очередь прогресс в ее решении невозможен без моделирования различных сочетаний и последовательности действующих радиационных и факторов нерадиационной природы.

В Институте проблем безопасности АЭС НАН Украины создана установка – стенд климатических воздействий, позволяющая в широком диапазоне параметров температуры (от минус 40 °С до плюс 60 °С  $\pm$  2 °С) и влажности внешней среды (максимально 96 %  $\pm$  3 %), а также гамма- и нейтронных потоков, осуществлять экспериментальные работы на различных биологических объектах – от переживающих и перевиваемых клеточных культур до мелких лабораторных грызунов.

Принято считать что, внутри объекта “Укрытие” высока вероятность усиления малыми дозами радиоактивного облучения как минимум эффектов психоэмоционального и теплового факторов. Для проверки этой гипотезы использовали возможности стенда Климатических воздействий для моделирования микроклиматических условий определенных помещений этого объекта и исследовали комплексное двухчасовое воздействие иммобилизационного стресса, дополнительного прогревания (при 30 °С и 96 % влажности) и внешнего разового общего острого гамма-облучения (0,25 Зв из источника гамма-излучения  $^{137}\text{Cs}$  ГС С 7.023.1 № 30 с фокусным расстоянием 70 см и мощностью дозы 6,099 Р/ч) на половозрелых самцов мышей линии BALB/c (в возрасте от 6 до 8 мес и массой 25 - 30 г).

Спустя 24 ч оценивали абсолютное и относительное количество белых клеток всех ростков, уровни сенсibilизации Т-клеток к антигенам (АГ) почек, печени, сердца, легких и серого вещества мозга и определяли сывороточные уровни аутоантител (АуАТ) такой же специфичности. АГ-комплексы получали по стандартным методикам [11 - 13].

Как после иммобилизационного стресса, так и разового общего гамма-облучения в дозе 0,25 Зв у экспериментальных мышей имеет место выраженная тенденция к снижению общего пула лейкоцитов всех ростков (на 44 %) с достоверным уменьшением абсолютного содержания лимфоцитов после иммобилизационного стресса. Наблюдаемые изменения скорее всего связаны с перераспределением и депонированием в тканях циркулирующего пула лейкоцитов вследствие перестройки цитокиновой сети, выброса в кровь острофазных белков, хемоаттрактантов и т.д. Установлено также, что спустя 24 ч как после стрессового воздействия, так и после облучения существенно (на 33 %) снижается абсолютное содержание

лимфоцитов, реагирующих на аутологичные эритроцитарные АГ. При этом резкое снижение количества циркулирующих лимфоцитов ассоциируется с увеличением способности реагировать против спектра АГ собственных органов и тканей. Результаты одновременного определения АуАТ аналогичной специфичности свидетельствуют о том, что в первые сутки процедура облучения влечет за собой исчезновение из циркуляции АуАТ к печени и легким, а также резкое снижение сывороточных уровней АуАТ к веществу головного мозга. Одновременно иммобилизация животных вызвала исчезновение из циркуляции всех изучаемых АуАТ, очевидно, в результате их фиксации на поверхности демаскированных клеток в органах-мишенях. Следовательно, после описанных воздействий уже на протяжении первых суток во внутренних средах организма происходят некие изменения, способствующие демаскировке собственных АГ и усиленному распознаванию их Т-лимфоцитами. При недостаточной компетентности адаптационно-компенсаторных механизмов и дальнейшем прогрессировании гомеостатических нарушений возрастает вероятность развития ближайших и отдаленных медицинских последствий Чернобыльской аварии неракового генеза.

Таким образом, использование стенда климатических воздействий дает возможность корректного экспериментального воспроизведения уникальных производственных условий различных помещений объекта «Укрытие» и позволяет имитировать комплексное воздействие вредных производственных факторов, прежде всего в атомной энергетике.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Легасов В.А., Демин В.Р.* Экономика безопасности ядерной энергетики. - М.: Знание, 1984. - С. 90.
2. *Третьяков В.П.* Психология безопасности эксплуатации АЭС. - М: Энергоатомиздат, 1993. - С. 123.
3. *Nierburgs H.E., Navarrete M., Strax P. et al.* The role of the stress in human and experimental oncogenesis // *Cancer Detect. And Prevent.* - 1979. –Vol. 2. No. 2. - P. 307 - 336.
4. *Купный В. И.* Международное сотрудничество - важнейший фактор решения проблем повышения текущей безопасности объекта “Укрытие”, его стабилизации и преобразования в экологически безопасную систему // “1998: Міжнародне співробітництво - Чорнобилію”, 13 - 16 жовт. 1998 р., Славутич, 1998. - С. 12.
5. *Барабой В. А., Олейник С. А.* Стресс в развитии радиационного поражения, роль регуляторных механизмов // *Радиац. биол. Радиоэкол.* - 1999. - Т. 39, № 4. - С. 438 - 443.
6. *Витвицкий В. Н., Соболева Л. С., Шевченко В. А.* Модификация мутагенных эффектов гамма-излучения солями хрома (VI) и (II) // Третий съезд по радиационным исследованиям, Москва, 14 - 17 окт. 1997 г.: Тез. докл., Пушино, 1997. - Т. III. - С. 222 - 223.
7. *Кундиев Ю.И., Трахтенберг И.М.* Медицинские последствия Чернобыльской катастрофы. Химические факторы // *Чернобыльская катастрофа.* – К.: Наук. думка, 1995. - С. 406 - 407.
8. *Сенюк О. Ф., Данилов В. М.* Стратегия и тактика радиологической защиты персонала в связи с предстоящими работами по стабилизации и преобразованием объекта “Укрытие” в радиационно безопасную систему // *Радиац. биол. Радиоэкол.* - 1999. - Т. 39, № 2 - 3. - С. 227 - 237.
9. *Барабаш В. И.* Психологическая служба персонала в энергетике // *Психол. журн.* – 1992. - № 3. - С. 175 - 183.

10. *Синицкий В. Н., Ковтун Т. В., Харченко Н. К. и др.* Патологические механизмы дезадаптации центральной нервной системы у людей, подвергшихся воздействию радиации // *Фізіол. журн.* - 1995. - Т. 41, № 3 - 4. - С. 55 - 66.
11. *Скоупс Р.* Методы очистки белков. – М.: Мир, 1985; *Engvall E.* // *Methods Enzymologica.* - 1980. - Vol. 70. - P. 419 - 439.
12. *Bradford M.M.* // *Anal. Biochem.* - 1976. - Vol. 72, No. 1. - P. 248 - 254.
13. *Егоров А.М., Осипов А.П., Дзантиев Б.Б., Гаврилова Е.М.* Теория и практика иммуноферментного анализа. - М.: Высш. шк., 1999. –288 с.

Поступила в редакцию 15.08.05,  
после доработки – 17.08.05.

**ВИКОРИСТАННЯ СТЕНДУ КЛІМАТИЧНИХ ВПЛИВІВ ДЛЯ РАДІОБІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ****О. М. Ненахов, О. Ф. Сенюк**

У реальному житті іонізуючі випромінювання впливають на людину в комплексі з іншими низькоінтенсивними чинниками – хімічними забрудненнями, електромагнітними, шумовими, вібраційними, температурними факторами, психоемоціональним напругою тощо. Для вивчення ефектів накладення впливу мікрокліматичних умов і радіаційного чинника на людський організм пропонується використовувати стенд кліматичних впливів, що дозволяє задавати й контролювати параметри гамма- та нейтронних полів, температури й вологості зовнішнього середовища.

**USE OF STAND OF CLIMATIC INFLUENCES FOR RADIOBIOLOGY RESEARCHES****A. N. Nenakhov, O. F. Senyuk**

In the real life the ionizing radiations render influence on a man in a complex with other low-intensive factors – chemical contaminations, electromagnetic, noise, vibration, temperature influences, psycho-emotional tension and other. For the study of effects of imposition of microclimate and radiation factor influencing on a man it is suggested to use the stand of climatic influence, allowing to set and control the parameters of gamma- and the neutron fields, temperature and humidity of external environment.