

УДК 614.876

ОЦЕНКА ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ПРИ МЕДИЦИНСКОМ РЕАГИРОВАНИИ НА РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ АВАРИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Буздакин К. Н.¹, Власова Н. Г.^{1,2}, Рожко А. В.¹, Бортновский В. Н.²

¹Государственное учреждение
«Республиканский научно-практический центр
радиационной медицины и экологии человека»,
²Учреждение образования
«Гомельский государственный медицинский университет»
г. Гомель, Республика Беларусь

Введение

В случае радиационной аварии на специализированное лечение пострадавшие будут направляться на основании результатов предварительной оценки доз облучения, полученных при нахождении в зоне воздействия аварийного объекта, а также ожидаемых в результате ингаляционного и перорального поступления, сорбции радионуклидов через кожу и раны в аварийных условиях [1, 2, 3]. Во внутреннем и внешнем аварийных планах Белорусской АЭС ГУ «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека» указано учреждением, осуществляющим специализированное лечение персонала, а также пострадавших лиц из населения, проживающего в зоне аварийного воздействия станции, случайных свидетелей аварии. В ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ» величина дозы облучения будет уточняться при определении степени тяжести и стадии заболевания, прогнозировании характера течения болезни и возможных осложнений. Эти значения необходимы, прежде всего, для правильного выбора средств и методов квалифицированного лечения.

Цель

Инициировать разработку и экспертизу методик оценки и реконструкции доз облучения, полученных в аварийной ситуации или в случае незапланированного облучения.

Материал и методы исследования

При подготовке статьи использовались методические указания Российской Федерации [2] и локальные правовые акты учреждений и предприятий, участвующих в медицинском реагировании на ядерные и радиологические аварийные ситуации в Республике Беларусь. Учтены уровни облучения персонала и населения в результате аварий на Чернобыльской АЭС и АЭС Фукусима-дайити, а также результаты собственных оценок возможных запроектных аварий на Белорусской АЭС, других авторов. Применялись рекомендации МАГАТЭ и Всемирной организации здравоохранения в области обеспечения аварийной готовности и реагирования на радиологические аварии и радиационной безопасности [1, 3–5].

Результаты исследования и их обсуждение

Проведен анализ требований, предъявляемых к результатам оценок доз облучения при медицинском реагировании на радиологические аварии. Установлено, что в Республике Беларусь нет разрешенных к применению в установленном порядке методик оценки доз аварийного облучения (превышающих 0,1 Зв). В зависимости от уровня и характера аварийного облучения определение дозиметрических характеристик может включать четыре этапа (далее термин «аварийное облучение» включает и незапланированное облучение) [2].

На первом этапе в течение 1–3 ч после облучения и вне зависимости от его уровня специалистам АЭС следует провести анализ показаний индивидуальных дозиметров и данных, поступивших по измерительным каналам автоматизированных систем радиа-

ционного контроля из зоны аварии или зоны проведения работ. На основании показаний индивидуальных дозиметров и данных дозиметрического контроля определяется значение индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$.

В случае поступления радиоактивных веществ в воздух рабочих помещений и радиоактивного загрязнения поверхностей оцениваются максимальные уровни загрязнения кожных покровов и проводится предварительная оценка дозы облучения кожи. При повреждении кожных покровов определяется уровень радиоактивного загрязнения поврежденных участков кожи и ран. При подозрении на поступление короткоживущих радионуклидов проводится сбор мочи, кала и рвотных масс (при их наличии). Проводится предварительный оперативный анализ проб биосубстратов, одежды и т. п.

После проведения дезактивации кожных покровов на установке СИЧ проводится определение содержания в теле и отдельных органах гамма-излучающих радионуклидов, включая короткоживущие. В том числе в щитовидной железе оценивается содержание радиоизотопов йода. По результатам измерений оценивается ожидаемая доза внутреннего облучения, обусловленная поступлением в организм гамма-излучающих радионуклидов, включая дозу облучения щитовидной железы.

Если аварийное облучение произошло вследствие самоподдерживающейся цепной реакции деления, то по содержанию в организме ^{24}Na проводится предварительная оценка накопленной дозы нейтронного облучения всего тела и отдельных органов.

Российские методические указания [2] требуют в случае аварийного облучения проводить оценку индивидуальной эффективной дозы, и, по ситуации, дозы облучения хрусталика глаза, кожи, кистей и стоп, а также оценку поступления радиоактивного вещества в организм, а в случае неравномерного облучения — доз облучения отдельных органов и тканей, которые могли быть наиболее облучены.

Полученные значения содержания радионуклидов в организме и оценки доз облучения сравниваются с установленными критериями. В случае направления работника, подвергшегося аварийному облучению, в специализированное медицинское учреждение предварительные результаты оценки содержания радионуклидов в организме и доз облучения, а также отобранные пробы направляются вместе с пострадавшим.

На втором этапе к оценке доз аварийного облучения привлекаются эксперты ситуационного кризисного центра Министерства здравоохранения Республики Беларусь (по прибытии на предприятие). В течение первых суток после облучения необходимо уточнить данные об изотопном составе и уровнях аварийного поступления радиоактивных веществ в организм, дозах внутреннего облучения и уровнях загрязнения кожных покровов, а также наведенной активности в теле пострадавшего по результатам измерения содержания ^{24}Na в экскретах (в случае аварийного облучения, связанного с самоподдерживающейся цепной реакцией деления). На втором этапе продолжается отбор проб мочи и кала, проведение измерений активности гамма-, бета- и альфа-излучающих радионуклидов в экскретах, определение их содержания в организме, вклад в ожидаемую дозу внутреннего облучения и дозу облучения отдельных органов. На основании анализа собранной на втором этапе информации выполняется уточненная предварительная оценка доз облучения.

На третьем этапе полученные предварительные оценки доз облучения в течение недели верифицируются сотрудниками специализированного медицинского учреждения с применением методов биоанализа.

На заключительном четвертом этапе в соответствии с международными рекомендациями [3, 4, 5] и в зависимости от условий облучения оцениваются дозиметрические характеристики облучения отдельных органов и тканей пострадавшего с применением методов цитогенетических исследований.

Во внутреннем и внешнем аварийных планах Белорусской АЭС указан критерий отправки на специализированное лечение — доза облучения пораженных должна превышать 1 Зв. Для определения доз должны применяться методики оценки полученных и ожидаемых доз, превышающих 0,1 Зв, аттестованные и согласованные в установленном порядке. Однако в Республике Беларусь нет разрешенных к применению методик оценки доз аварийного облучения (превышающих 0,1 Зв). Необходимо разработать и согласовать единые методики оценки и реконструкции доз, полученных в аварийных условиях персоналом, которые будут использоваться как на Белорусской АЭС, так и в специализированном медицинском учреждении.

В комплект методик, согласно действующим методическим указаниям Российской Федерации [2] и рекомендациям МАГАТЭ [3], должны входить методики оценки доз аварийного облучения с применением цитогенетической дозиметрии, а также на основе результатов биоанализов *in vitro* и *in vivo*. Методики для оценки доз аварийного облучения принципиально отличаются от тех, которые применяются в ситуации существующего облучения в Республике Беларусь. Вероятность наступления стохастических эффектов оценивается по взвешенной по органам и тканям дозе облучения, которая определялась как сумма произведений поглощенных в соответствующих органах доз и весовых множителей [4]. Для оценки детерминированных эффектов, развивающихся вследствие аварийного облучения, используется ОБЭ-взвешенная (взвешенная по относительной биологической эффективности) поглощенная в органе или ткани доза. ОБЭ-взвешенная доза определяется как произведение усредненной поглощенной дозы и относительной биологической эффективности [3]. В общем случае, относительная биологическая эффективность зависит от таких факторов как мощность дозы, качество излучения, облученного органа или ткани и ожидаемого эффекта.

Первоочередной задачей, в соответствии с российскими методическими указаниями [2] и рекомендациями МАГАТЭ [3] является разработка следующих методик:

— определения доз по результатам биоанализов *in vitro* и *in vivo*. В *in vivo* измерениях может быть задействованы спектрометры излучения человека и переносные приборы Белорусской АЭС и ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ» для измерения плотности потока частиц и мощности дозы гамма-излучения. Анализ *in vitro* заключается в определении удельной активности радионуклидов в крови, моче и кале, а также для качественной оценки в мазках из носовой полости и рта, в пробах выдыхаемого воздуха, волос, удаленных тканей и т. д.;

— цитогенетической дозиметрии на основе подсчета хромосомных aberrаций, микроядерного анализа и флуоресцентной гибридизации *in situ*. Оценка хромосомных aberrаций и FISH-технология анализа сложных структурных перестроек хромосом и изменений в молекуле ДНК в настоящее время уже применяются в ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ», но в иных целях. Для калибровки методов может использоваться оборудование для облучения крови, также имеющееся в центре;

— отдельной задачей выделена реконструкция доз нейтронного облучения по результатам измерений содержания ^{24}Na в пробах крови *in vitro*, и *in vivo* с использованием имеющихся СИЧ.

Для того чтобы разработанные методики можно было применять они должны быть согласованы в Министерстве здравоохранения Республики Беларусь и должна быть проведена их экспертиза в Белорусском государственном институте метрологии.

Выводы

Необходимо разработать, согласовать в Министерстве здравоохранения Республики Беларусь и провести метрологическую экспертизу пригодности методик оценки и реконструкции как накопленных и ожидаемых эффективных доз аварийного облучения, так и доз, взвешенных с учетом относительной биологической эффективности, в том числе:

1. Методики оценки доз облучения от поступления в организм α -излучающих трансураниевых элементов и «чистых» β -излучателей. Методики должны быть основаны на лабораторных анализах *in vitro* биосубстратов (мочи, крови, спинномозговой жидкости, кала и т. д.) на содержание $^{238,239,240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{89}Sr и ^{90}Sr . По результатам лабораторных биоанализов рассчитываются поступление радионуклидов в организм и ожидаемые дозы облучения.

2. Методика прогноза доз облучения от ожидаемого поступления радионуклидов через кожу и раны. Необходимо обеспечить готовность к оценке и реконструкции доз работников, подвергшихся загрязнению кожных покровов α -, β - и γ -излучающими радионуклидами.

3. Методика оценки доз от нейтронного облучения. Методика должна быть основана на определении ^{24}Na *in vitro* в крови и *in vivo* в теле использованием спектрометров излучения человека. По результатам измерений реконструируются содержание ^{24}Na в организме и накопленные дозы облучения.

4. Методика реконструкции доз облучения на основе применения технологии флуоресцентной гибридизации *in situ*. Методика должна быть основана на методах цитогенетической дозиметрии. Используется подсчет хромосомных aberrаций (микроядерный анализ), в том числе с применением FISH-технологии анализа сложных структурных перестроек хромосом и изменений в молекуле ДНК.

ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ» оценки доз облучения будут необходимы, прежде всего, для обоснования декорпоративной терапии, правильного выбора средств и методов последующего квалифицированного лечения. Современные данные свидетельствуют том, что при правильном использовании средств комплексной терапии острой лучевой болезни в большинстве случаев с сублетальной и, в отдельных наблюдениях, с летальной дозой облучения можно надеяться на успех лечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Готовность и реагирование на ядерную или радиологическую чрезвычайную ситуацию, Серия норм безопасности МАГАТЭ, Общие требования по безопасности GSR-7 / Международное агентство по атомной энергии. — Вена, 2016. — 160 с.
2. МУ 2.6.5.040-2016. Определение дозы незапланированного или аварийного облучения персонала предприятий Госкорпорации «Росатом». Методические указания. Утв. ФМБА России 27.05.2016.
3. Общие процедуры медицинского реагирования при ядерной или радиологической аварийной ситуации. Серия «Аварийная готовность и реагирование», IAEA-EPR-MEDICAL / Вена: Международное агентство по атомной энергии, 2009. — 327 с.
4. Радиационная защита и безопасность источников излучения: Международные основные нормы безопасности. Общие требования безопасности GSR-3 / Вена: Международное агентство по атомной энергии, 2015. — 520 с.
5. Критерии для использования при обеспечении готовности и реагирования в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации. Общее руководство по безопасности GSG-2 / Вена: Международное агентство по атомной энергии, 2012. — 132 с.

УДК 616.98-084:[613:378.17]

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОФИЛАКТИКИ ОСТРЫХ РЕСПИРАТОРНЫХ ИНФЕКЦИЙ В МЕДИЦИНСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Бурак И. И., Миклис Н. И., Григорьева С. В.

Учреждение образования

«Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет»
г. Витебск, Республика Беларусь

Введение

Медицинский университет является профильным высшим учреждением образования, в котором осуществляется воспитание, обучение, приобретение навыков и формирование личности будущего врача.

В процессе подготовки врачей важная роль отводится образовательной среде. Согласно гигиеническим требованиям образовательная среда должна быть безопасной,