

УДК 614.876: 615.849.114: 615.849.5: 616-073.75

АНАЛИЗ РАДИАЦИОННОГО РИСКА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

© 2015 Г.Х. Мавлютова, Л.З. Рашитов, Л.Р. Тухватуллина, С.Н. Габидуллина

Казанский государственный медицинский университет

Статья поступила в редакцию 23.11.2015

В работе проанализированы научные публикации и методические документы, посвященные оценке радиационного риска для здоровья человека. Оценку радиационного риска рекомендуется проводить с целью определения вероятности нанесения ущерба здоровью человека вследствие воздействия ионизирующего излучения. Радиационный риск для здоровья персонала, характеризуется вероятностью возникновения нарушений здоровья самого работника или его потомства, вызванного облучением.

Ключевые слова: *профессиональный риск, радиационный риск, безопасность*

Профессиональный риск – это возможность нарушения состояния здоровья с учётом тяжести последствий в результате неблагоприятного влияния условий труда. Риск понимается и как возможность возникновения опасности, и как мера вероятности возникновения неблагоприятных последствий. Согласно трактовки из Доклада Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) о состоянии здравоохранения в мире (2002 г) «риск» определен как «вероятность негативных последствий или фактор, повышающий такую вероятность». Термин «риск» широко употребляется как в науке, так и в бытовой речи. Универсально определено, в котором под риском понимают величину, включающую: вероятность возникновения опасного воздействия и неблагоприятный эффект, связанный с этим воздействием.

В отличие от разного рода добровольных рисков существуют так называемые вынужденные риски, обусловленные в основном воздействием различных отраслей промышленности: химической, металлургической, энергетической и многих других. Как и другие виды техногенных рисков, радиационный риск (РР), обусловленный деятельностью предприятий атомной промышленности и энергетики и др., характеризуется вероятностью возникновения у человека или его потомства какого-либо негативного эффекта,

вызванного облучением. Принципиальная невозможность достижения абсолютной безопасности приводит к установлению уровней приемлемого риска, который соответствует условию равновесия между риском негативных последствий и пользой от конкретного вида деятельности. Уровень риска, обеспечивающий максимум пользы за вычетом суммы потерь и затрат, можно условно назвать приемлемым риском.

Цель работы: изучить литературные источники, методические указания, нормативные документы по оценке профессиональных рисков и проанализировать имеющиеся данные по РР.

Производственная обстановка в одних условиях способствует выполнению работы, а в других оказывает отрицательное влияние на здоровье и работоспособность работающего человека. По данным ВОЗ свыше 100 000 химических веществ, около 50 физических и 200 биологических факторов, около 20 неблагоприятных эргономических условий и столько же видов физических нагрузок могут быть вредными факторами и повышать риск несчастных случаев, болезней или стресс-реакций, вызывать неудовлетворенность трудом и нарушать благополучие. Впервые о применении оценки рисков в социально-гигиеническом мониторинге было упомянуто в постановлении Правительства РФ № 60 от 06.02.2006 г. «Об утверждении Положения о социально гигиеническом мониторинге». При ведении мониторинга выявляются причинно-следственные связи между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания человека на основе системного анализа и оценки риска для здоровья населения».

С позиций гигиены труда профессиональный риск рассматривается в аспекте установления количественных закономерностей возникновения профессиональной заболеваемости работников и разработки механизмов ее предупреждения. Изучаются факторы производственной

Мавлютова Гузель Хурматовна, аспирантка. E-mail: otlichnica2006@mail.ru

Рашитов Ленар Зулфарович, доктор медицинских наук, доцент кафедры общей гигиены с курсом радиационной гигиены. E-mail: rashitov_lenar@mail.ru

Тухватуллина Лилия Рашитовна, кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры общей гигиены с курсом радиационной гигиены. E-mail: tlr37@mail.ru

Габидуллина Светлана Назаровна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей гигиены с курсом радиационной гигиены. E-mail: mar228@mail.ru

среды (шум, вибрация, химические и биологические вещества, радиационное и другие виды проникающего излучения и т.д.) и трудового процесса (интенсивность труда, темп работы и т.д.) как источники повреждения здоровья. Уровень риска определяется путем сравнения степени распространения тех или иных заболеваний по определенным профессиональным группам работающих в конкретных условиях труда (экспозиция факторов производственной среды, класс опасности веществ и превышение их концентрации по отношению к санитарным нормам) [3].

Критериями безвредных условий труда является сохранение: жизни, здоровья, функциональных способностей организма, предстоящей продолжительности жизни, здоровья будущих поколений. Качество жизни и здоровья обеспечивается комплексом этих показателей [3]. Для оценки профессионального риска используют следующие критерии:

- гигиенические (предварительные) по Р 2.2.2006-05;
- категорирование риска по классам условий труда;
- медико-биологические показатели здоровья работников, в т.ч. репродуктивного и здоровья потомства;
- тяжесть нарушений здоровья работников;
- категорирование риска по степени доказанности;
- степень связи нарушений здоровья с работой по эпидемиологическим данным.

В Российской Федерации проблема анализа риска здоровью рассматривается в контексте безопасности. В качестве критериев безопасности окружающей среды для жизни и здоровья граждан целесообразно рассматривать допустимые (приемлемые) уровни риска для здоровья [6]. Проблемы радиоактивного загрязнения окружающей среды, здоровья облученного населения, персонала и его потомства – одни из самых сложных и трудноразрешимых, которые имеют радиобиологическое, а также социально-экономическое значение для страны. РР рассчитываются как вероятность возникновения дополнительных случаев злокачественных новообразований и как вероятность возникновения ущерба здоровью в связи с такими случаями злокачественных новообразований [2]. Согласно Нормам радиационной безопасности (НРБ-99/2009): «Радиационный риск – вероятность возникновения у человека или у его потомства какого-либо вредного эффекта в результате облучения».

Материалы и методы. При оценке РР, как и при оценке рисков при действии химических веществ, используется линейная зависимость; по данным НРБ-99/2009: «В соответствии с общепринятой в мире линейной беспороговой теорией

зависимости риска стохастических эффектов от дозы величина риска пропорциональна дозе излучения и связана с дозой через линейные коэффициенты радиационного риска...»[5]. Оценка рисков для здоровья подразумевает реализацию 4 основных этапов работы:

1. Идентификация опасности.
2. Оценка экспозиции.
3. Оценка зависимости доза – эффект.
4. Характеристика риска. [1]

Для расчета значений показателей РР необходима информация о демографических характеристиках популяции или отдельного человека (пол, возраст), а также сведения о величинах поглощенных доз облучения и о значении коэффициентов РР. В рамках социально-гигиенического мониторинга в единой системе контроля индивидуальных доз облучения и в радиационно-гигиенических паспортах территорий и предприятий накапливаются сведения о значениях годовых эффективных доз облучения. Сведения о ежегодных коллективных эффективных дозах облучения недостаточны для расчета РР в отдельных социальных и половозрастных группах населения, для различных сценариев облучения, для ситуаций облучения в течение ряда лет и т.д.

Для выполнения расчетов при равномерном облучении тела человека достаточно сведений, которые содержатся в официальных отчетных и статистических документах. Рассчитывается показатель риска «число злокачественных новообразований», т.е. показатель канцерогенного риска, который приводится в Руководстве по оценке риска при воздействии химических веществ. Расчет РР выполняется для ситуаций облучения в течение одного и более лет как для популяции в целом, так и для отдельных половозрастных групп населения.

При оценке опасности стохастических эффектов используют понятие «риск облучения». Наиболее опасным отдаленным стохастическим эффектом облучения является рак. В настоящее время не существует методов, позволяющих различать рак, полученный вследствие облучения, и рак, возникающий в результате других причин. В том случае, когда известно число лиц в облученной группе, и дозы, которые они получили, и известно число заболеваний раком, наблюдаемых в группе, то превышение числа случаев, которое можно было бы ожидать в подобной же группе, но не подвергшейся облучению, вероятно, считают обусловленным облучением. При этом можно вычислить коэффициент риска - риск возникновения рака на единицу эквивалентной дозы. Риск, отнесенный к дозе 1 Зв называется коэффициентом риска. Вычислить коэффициент риска возникновения эффекта от облучения можно следующим образом:

если каждый из 50000 человек получил дозу 2 Зв на определенный орган и если в этой группе возникнет на 100 случаев больше эффектов (раковых заболеваний, серьезных наследственных эффектов) чем в такой же, но необлученной группе, то коэффициент риска составит: $100 / (50000 \cdot 2) = 10^{-3}$ Зв⁻¹, что означает один случай на 1000 человек на 1 Зв.

В Нормах приводится коэффициент пожизненного риска сокращения длительности периода полноценной жизни в среднем на 15 лет на один стохастический эффект. Коэффициенты риска для малых доз и низких мощностей доз (т. е. условий нормальной эксплуатации), принятые в НРБ-99, вычислены для населения России, с учетом данных МКРЗ из публикации 60 и на основе данных об ожидаемой среднестатистической продолжительности жизни населения.

Пожизненный риск равен вероятности возникновения стохастического эффекта в течение всей среднестатистической продолжительности жизни для человека. Конечно, эти вероятности при равных дозах зависят от возраста облученных людей: с уменьшением возраста вероятность растет. Поскольку введение возрастных зависимостей в систему нормирования привело бы к большим осложнениям, было принято пользоваться в практике радиационной безопасности двумя параметрами риска, связанными с двумя различными с точки зрения пожизненных рисков облучаемыми группами людей: населением вообще со всем спектром возрастов и профессиональными работниками с возрастом более 20 лет. Разница в коэффициентах пожизненного риска, обусловлена именно зависимостью пожизненных рисков от возраста для стандартного пологого и возрастного состава этих групп людей.

Для упрощения системы радиационной безопасности принято, что коэффициенты риска не зависят от возраста и их величина определяется только принадлежностью индивида к одной из облучаемых групп: к населению вообще или к профессиональным работникам. Поэтому по мере роста дозы облучения человека, пожизненный риск для него растет, не смотря на то, что со временем человек стареет, и этот риск может просто не успеть реализоваться и человек умрет своей смертью, не дождавшись радиогенного рака.

Расчет РР. Риск (или количество ожидаемых последствий облучения) R может быть рассчитан путем умножения эффективной дозы на принятое значение коэффициента риска. НРБ-99 ограничивает прирост пожизненного риска в условиях нормальной эксплуатации: для облучения лиц из персонала - 1×10^{-3} за год; для облучения населения - 5×10^{-5} за год. Для персонала: $R_{\text{перс.}} = 0,056 \text{ чел.} \cdot \text{Зв}^{-1}$; 20 мЗв - годовой предел дозы персонала группы А. $R_{\text{перс.}} = 0,056 \text{ чел.} \cdot \text{Зв}^{-1} \times 20 \text{ мЗв} = 1 \times 10^{-3} / \text{год}$. $1 \times 10^{-3} / \text{год}$ - граница

неприемлемого риска для персонала. $R_{\text{нас.}} = 0,073 \text{ чел.} \cdot \text{Зв}^{-1} \times 20 \text{ мЗв} = 10^{-6} \cdot 10^{-6} / \text{год}$ - уровень пренебрежимого риска [7]. Не существует безопасных источников воздействия, поэтому существуют уровни социально приемлемого риска, которые стихийно формируются в обществе.

В радиационной безопасности риск заболевания раком с летальным исходом является предметом пристального рассмотрения вследствие его большой значимости. Оценка риска заболевания раком в результате радиационного воздействия облегчает сравнение с другими рисками с летальным исходом, встречающимися в жизни, в то время как сравнение случаев риска без смертельного исхода представляет некоторые трудности. Оценка уровня приемлемого риска является сложной научной проблемой. Уровнем приемлемого риска можно управлять, воздействуя на условия его формирования с учетом экономических, технических, социальных и других условий. Социальные аспекты приемлемого риска проявляются в том, что преимущества от осуществления того или иного вида деятельности могут концентрироваться у одних членов общества, а риск неблагоприятных последствий, связанных с ее недостатками, может распределяться на других или на общество в целом.

Экономические аспекты выявляются при рассмотрении затрат, связанных со снижением риска до заданного уровня, и при анализе потерь из-за недостаточно низкого уровня риска. Уровень риска, обеспечивающий максимум пользы за вычетом суммы потерь и затрат, можно условно назвать приемлемым.

Психологические аспекты приемлемого риска мало изучены. Каждый человек имеет свою собственную систему оценки риска неблагоприятных последствий, которая складывается на индивидуальном жизненном опыте. Особенно наглядно это проявляется в тех сферах деятельности, в которых он принимает участие на добровольной основе. Многие охотно идут на большой риск ради развлечений, считая, что удовольствие, которое они получают, было бы неполным без наличия опасности. Другие пренебрегают опасностью из альтруистических побуждений. В то время как свобода рисковать собственной жизнью и здоровьем является неотъемлемым элементом личной свободы, принуждение к такому риску других людей будет покушением на личную свободу. И то и другое всегда находит свое отражение в общественном мнении, которое всегда более враждебно воспринимает вынужденный риск. Если люди чувствуют себя к тому же беспомощными перед лицом грозящей им опасности, не имея возможности ее контролировать, либо не располагая средствами защиты от нее, они проявляют еще меньше терпимости. Кроме того, люди опасаются катастроф и

катаклизмов, даже если они случаются очень редко, больше, чем мелких опасностей, как бы ни были они распространены. Отношение людей к той или иной опасности определяется тем, насколько хорошо она им знакома [7].

Полученные результаты. Оценку РР рекомендуется проводить, прежде всего, при:

- выполнении анализа радиационной безопасности объектов использования атомной энергии для населения и персонала при их нормальной эксплуатации и при возможных на них проектных и запроектных авариях;
- оценке фактического уровня радиационной безопасности объектов использования атомной энергии для населения и персонала;
- ретроспективных исследованиях индивидуального облучения лиц из населения и персонала;
- оптимизации планируемого повышенного облучения лиц из персонала;
- разработке и реализации планов оптимизации радиологической защиты.

Оценку РР рекомендуется проводить с целью определения вероятности нанесения ущерба здоровью человека вследствие воздействия ионизирующего излучения при:

- фактическом облучении;
- облучении при нормальной эксплуатации объектов использования атомной энергии, которое может произойти в будущем с вероятностью, равной единице;
- потенциальном облучении, которое может произойти в будущем вследствие возможной аварии на объектах использования атомной энергии с некоторой вероятностью, меньшей единицы [1].

Остаются актуальными следующие направления исследований в области методологии оценки РР:

1. Нормативно-методические документы для расчета РР при неравномерном облучении в течение одного и более лет.
2. Методические пособия оценки РР при сочетанном равномерном и неравномерном облучении в течении одного года и более.
3. Методологическое и методическое обеспечение оценки риска для здоровья в различных ситуациях воздействия внешних факторов радиационной и нерадиационной природы.

РР, обусловленный профессиональной деятельностью, характеризуется вероятностью возникновения у человека или его потомства какого-либо вредного эффекта, вызванного облучением, например, летального исхода, повышения вероятности онкологических заболеваний или наследственных дефектов.

Управление РР. Рекомендации. При выборе комплекса мер профилактики (управление риском) нужно учитывать следующие приоритеты:

- устранение опасного фактора или риска;
 - борьба с опасным фактором или риском в источнике;
 - снижение уровня опасного фактора или внедрение безопасных систем работы;
 - при сохранении остаточного риска использование средств индивидуальной защиты (СИЗ).
- Меры профилактики включают также:
- регулярное наблюдение за условиями труда;
 - регулярное наблюдение за состоянием здоровья работников (предварительные и периодические медосмотры, группы диспансерного наблюдения, целевые медосмотры и др.);
 - регулярный контроль защитных приспособлений и применения СИЗ;
 - систематическое информирование работников о существующем риске нарушений здоровья, необходимых мерах защиты и профилактики;
 - пропаганду здорового образа жизни (борьба с вредными привычками, занятия физкультурой и профессионально ориентированными видами спорта) и другие меры оздоровления.

В комплексе мер защиты и профилактики используют СИЗ в тех случаях, когда другие меры не могут быть применены или не обеспечивают безопасных условий труда. При этом учитывают следующее:

- необходимость правильного использования и обслуживания СИЗ;
- СИЗ могут создавать неудобства или быть вредными для здоровья или опасными для работы;
- СИЗ защищают только пользователя, в то время как другие работники, оказывающиеся в данной рабочей зоне, остаются незащищенными;
- СИЗ могут создавать ложное чувство безопасности при неправильном использовании или обслуживании.

Выводы: эффекты воздействия ионизирующего излучения носят сложный характер и трудно говорить о каких-либо прогнозах. К радиационному фону Земли присоединяются и техногенные источники ионизирующих излучений, которые несмотря на то, что могут быть в пределах норм, они входят в область малых доз облучения, носящие стохастические эффекты. У каждого человека индивидуальная реакция на ионизирующее облучение, и там где у некоторых сработает положительный эффект, для некоторых даже малые дозы излучения могут вызвать повреждающие эффекты. В связи с этим вопрос о воздействии ионизирующего излучения всегда волнует население и в некоторых случаях приводит к паническому страху. И одним из профилактических мер уменьшения паники будет формирование адекватного восприятия наличия радиационного воздействия. Тем самым, опровергается мнение о безопасном воздействии малых доз ионизирующего излучения и для уменьшения РР

более безопасным является уменьшение предельных доз воздействия радиации на население и персонал, подвергающийся облучению [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Библин, А.М. Методологические подходы к оценке риска для здоровья в гигиенических исследованиях / А.М. Библин, И.А. Зыкова, Т.М. Королева, М.С. Николаевич // Радиационная гигиена. 2013. Том 6, №2. С. 31-38.
2. Галлямов, А.Б. Гигиеническая характеристика естественного радиационного фона территории г. Казани и формируемая дозовая нагрузка / А.Б. Галлямов, Л.З. Рашитов, Г.Х. Мавлютова // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. С. 41-49.
3. Измеров, Н.Ф. Профессиональный риск для здоровья работников: руководство / Н.Ф. Измеров, Э.И. Денисов. – М.: Медицина, 2003. 443 с.
4. Мавлютова, Г.Х. Повреждающие и стимулирующие эффекты ионизирующего излучения / Г.Х. Мавлютова, А.Б. Галлямов, Л.З. Рашитов // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. №7. С. 37-39.
5. «Нормы радиационной безопасности» СанПин 2.6.1.2523-09
6. Федеральный Закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 N 184-ФЗ
7. <http://www.aes.pp.ua/RSafety/Index.html> 23.11.2015

THE ANALYSIS OF RADIATION RISK IN INDUSTRY

© 2015 G.H. Mavlyutova, L.Z. Rashitov, L.R. Tukhvatullina, S.N. Gabidullina

Kazan State Medical University

In paper the scientific publications and methodical documents devoted to an assessment of radiation risk for human health are analyzed. The assessment of radiation risk is recommended to be carried out for the purpose of definition the probability of causing damage to the human health owing to influence of ionizing radiation. The radiation risk for the human health is characterized by probability of emergence the violations of health of the worker or his posterity called by radiation.

Key words: *professional risk, radiation risk, safety*

Guzel Mavlyutova, Post-graduate Student. E-mail: otlichnica2006@mail.ru

Lenar Rashitov, Doctor of Medicine, Associate Professor at the Department of Common Hygiene with the Course of Radiation Hygiene. E-mail: rashitov_lenar@mail.ru

Liliya Tukhvatullina, Candidate of Medicine, Senior Lecturer at the Department of Common Hygiene with the Course of Radiation Hygiene. E-mail: tlr37@mail.ru

Svetlana Gabidullina, Candidate of Medicine, Associate Professor at the Department of Common Hygiene with the Course of Radiation Hygiene. E-mail: mar228@mail.ru