

# Защита населения в зонах радиоактивного загрязнения

И. Я. Василенко

*доктор медицинских наук,*

*Государственный научный центр — Институт биофизики*

О. И. Василенко\*

*доктор физико-математических наук,*

*физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова*

Главной целью радиационной защиты при радиоактивном загрязнении среды обитания человека является сохранение здоровья населения и снижение ущерба внешней среде от вредного действия ионизирующих излучений. Возможные уровни облучения населения при радиационных авариях определяются масштабом аварии, сложившейся радиационной обстановкой и эффективностью используемых мер защиты. Обычно облучение носит комбинированный характер — сочетание внешнего и внутреннего облучения в различных дозовых пропорциях. В начальный период в зонах ближних выпадений радионуклидов определяющим является внешнее облучение. Внутреннее облучение возможно от радионуклидов, поступивших в организм ингаляционным путём. Обучение, как правило, сопровождается действием нерадиационных факторов различной природы.

В условиях нормальной (штатной) эксплуатации источников излучения руководствуются нормативами НРБ-99, предусматривающими:

- не превышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения персонала и населения от всех источников излучения (принцип нормирования);
- запрещение всех видов деятельности при использовании источников излучения, когда риск превышает пользу для человека и общества (принцип обоснования);
- поддержание на возможно низком и достигаемом уровне индивидуальных доз облучения при использовании источников ИИ с учётом социально-экономических факторов (принцип оптимизации).

При радиационных авариях основной задачей защиты населения является минимизация облучения:

- предотвращение возникновения детерминированных эффектов путём ограничения доз облучения ниже порога их возникновения;

---

\*E-mail address: [vasilenko@depni.sinp.msu.ru](mailto:vasilenko@depni.sinp.msu.ru)

- принятие обоснованных мер по снижению вероятности индуцирования отдалённых стохастических последствий облучения — канцерогенных и генетических с учётом медицинских и социально-экономических факторов.

В начальный период снижение доз облучения достигается:

- экстренной эвакуацией населения из зон интенсивного загрязнения;
- временным укрытием;
- защитой органов дыхания и кожных покровов слизистых в период формирования, прохождения радиоактивного облака и выпадения радионуклидов;
- оказание экстренной медицинской помощи.

Для выполнения указанных мероприятий в планах противорадиационной защиты предусматривается подготовка персонала, в том числе дозиметристов, транспорта, материальных средств, включая медицинские препараты.

В промежуточной и долгосрочной фазах мероприятия носят длительный комплексный характер и включают:

- своевременное оказание всех видов помощи;
- постоянное или временное отселение жителей с загрязнённых территорий;
- ограничение функционирования населения на загрязнённых территориях;
- дезактивацию зданий, сооружений, территорий;
- снижение содержания радионуклидов в местных продуктах питания (растительных и животных) системой сельскохозяйственных и производственных технологий, кулинарную обработку продуктов, правильное ведение личных приусадебных хозяйств, ограничение сбора "лесных даров" — ягод, грибов, орехов, лекарственных трав и др.;
- нормирование, радиационный контроль, бракераж, технологическую переработку продукции, произведённой на загрязнённых территориях, имеющих уровень загрязнения выше регламентированного;
- снабжение населения чистыми продуктами питания;
- снижение доз медицинского облучения путём оптимизации рентгенологических и радиоизотопных исследований;
- снижение природного облучения за счёт ограничения поступления радона в жилые и производственные помещения;
- ограничение действия других негативных факторов нерадиационной природы;
- повышение резистентности организма и антиканцерогенной защищённости;

- обеспечение мониторинга состояния здоровья и выявление лиц повышенного риска, их эффективное лечение и оздоровление;
- повышение уровня радиационно-гигиенических знаний;
- формирование здорового образа жизни;
- социальную и правовую защиту.

Защитные мероприятия производят с учётом радиоактивного загрязнения. По плотности радиоактивного загрязнения территорий выделяют зоны:

- 1 зона. Уровень дополнительного облучения населения меньше 1 мЗв/год. Жизнь и работа протекают в обычном для данного региона режиме.
- 2 зона. Дополнительное облучения не должно превышать 1 мЗв/год. Проводится периодический дозиметрический контроль.
- 3 зона. Свободное отселение. Дополнительное облучения может превышать 1 мЗв/год (плотность загрязнения  $5 \div 15$  Ки/км<sup>2</sup>).
- 4 зона. Зона отселения. Дополнительное облучения может превышать 5 мЗв/год (плотность загрязнения  $15 \div 40$  Ки/км<sup>2</sup>).
- 5 зона. Обязательное отселение. Плотность загрязнения более 40 Ки/км<sup>2</sup>.

В 2, 3 и 4 зонах осуществляется мониторинг окружающей среды, сельскохозяйственных продуктов, доз внешнего и внутреннего облучения критических групп населения (дети, беременные женщины, лица, которые по специфике своей работы подвергаются максимальному облучению). Осуществляются меры по снижению доз облучения населения на основе принципа оптимизации. В зоне 5 постоянное проживание населения не допускается. Хозяйственная деятельность и природопользование в зоне регулируется специальными актами.

Выведение поступивших в организм радионуклидов, особенно инкорпорированных в органах и тканях, представляет сложную задачу. Среди комплексных мер профилактики центральное место занимают меры недопущения (снижения) поступления радионуклидов в организм человека. Основным их источником являются местные продукты питания. Уровни зависят от интенсивности радиоактивных выпадений, физико-химических свойств радионуклидов, региональных особенностей района загрязнения, анатомо-физиологических особенностей растений и животных, эффективности мер защиты.

Начальным звеном многих пищевых цепочек являются растения. Растения могут иметь поверхностные и структурные загрязнения. Растения способны задерживать радионуклиды в форме аэрозолей, растворов, газов. Нерастворимые аэрозоли задерживаются на поверхности растений, а растворимые всасываются через листья, стебли, плоды. На сорбцию радионуклидов оказывают влияние особенности строения поверхности листьев, стеблей, плодов, температура, влажность воздуха и многие другие факторы. Растения поглощают радионуклиды в основном из почвы. Процессы резорбции практически не отличаются от всасывания стабильных изотопов.

Из почвы растения поглощают только растворимые радионуклиды. Нерастворимые практически не всасываются, хотя со временем их всасывание может повыситься в результате медленно протекающих процессов растворения аэрозолей. В целом процессы всасывания протекают медленно и практическое значение могут иметь только долгоживущие радионуклиды ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ). Коэффициенты накопления радионуклидов различными растениями различаются в десятки раз. Доступность радионуклидов со временем снижается за счёт заглубления (вертикальной миграции) и связывания их почвой в ходе химико-физических и биологических процессов. На поступление радионуклидов оказывает влияние наличие в почве стабильных нуклидов (калия, кальция и др.). В тканях растений происходит биологическая сепарация радионуклидов. Стронций, например, в значительных количествах накапливается в листьях, а цезий — в листьях, зёрнах, клубнях и корнеплодах, рутений, цирконий, церий — в основном в корнях.

Основным источником поступления радионуклидов населению являются мясомолочные продукты, особенно молоко. Переход радионуклидов из рациона животных в молоко, мясо, субпродукты, яйцо связан с возрастом животных и птицы, условиями их кормления и содержания, продуктивностью, физиологическим состоянием организма, а также физико-химическими свойствами радионуклидов. У коров с 1 литром молока выводится  $0,4 \div 1,6$ ;  $0,2 \div 0,3$ ;  $0,2 \div 1,1$  поступившего количества  $^{131}\text{I}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ . Другие радионуклиды выводятся в меньших количествах.

Источником загрязнения гидробионтов являются радионуклиды, поступившие в водоёмы (реки, озёра, моря). Гидробионты в больших количествах и в короткие сроки накапливают радионуклиды. Коэффициенты накопления планктоном, водорослями, рыбами достигают соответственно  $200 \div 800$ ;  $100 \div 300$ ;  $10 \div 100$ .

Снижение поступления радионуклидов населению в зонах радиоактивного загрязнения достигается агротехническими приёмами ведения сельского хозяйства (способы обработки почвы, внесение удобрений, глубокая вспашка, подбор растений и др.), технологической переработкой пищевого сырья, кулинарной обработкой пищевых продуктов.

С помощью технологической переработки пищевого сырья можно существенно снизить уровень загрязнения продуктов питания. При переработке зерна в муку и крупу удаляются оболочки, на которых сорбированы радионуклиды. Переработка зерна пшеницы и ржи в муку снижает содержание  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в  $2 \div 3$  раза. Переработка плодов в соки, картофеля в крахмал, подсолнечника и сои в растительное масло существенно снижает уровни загрязнения. Из картофеля, свёклы, моркови при очистке удаляется  $30 \div 40$  % активности, а в процессе варки ещё  $10 \div 20$  %. Однократное отваривание грибов снижает содержание  $^{137}\text{Cs}$  на  $80$  %, а двукратное — на  $95$  %, вымачивание — на  $80 \div 90$  %.

Для получения чистой мясной продукции рекомендуется включать в рацион (комбикорма) животных препараты феррацина, связывающего  $^{137}\text{Cs}$  в нерастворимую форму. Из мяса в бульон переходит до  $50$  % содержащегося в нём  $^{90}\text{Sr}$  и до  $60 \div 70$  %  $^{137}\text{Cs}$ . При добавлении в воду лимонной или молочной кислот процесс перехода повышается. Из мяса коров, овец, свиней, затравленных молодыми ПЯД, в бульон перешло свыше  $50$  % активности, а из костей — до  $30$  %. Перетопка сала сопровождается переходом свыше  $95$  % активности в шкварки. Снизить концентрацию радионуклидов в мясе можно при его длительном хранении в засоленном виде с последующим вымачиванием, при этом концентрация  $^{137}\text{Cs}$  снижается на  $60 \div 90$  %. Эффект зависит от размера нарезанных

кусочков.

После сепарирования молока  $85 \div 90$  %  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$  остаётся в обрете и  $8 \div 16$  % в сливках. Двукратная промывка сливок питьевой водой снижает содержание в них  $^{90}\text{Sr}$  ещё в 50 раз. При переработке сливок в сливочное масло основная часть активности остаётся в пахте и промывной воде. Перетопка сливочного масла позволяет практически полностью снизить содержание  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и на 10 %  $^{131}\text{I}$ . Переработка молока в сыр, творог, порошковое и сгущённое молоко, которые могут длительное время храниться, позволяет значительно снизить или исключить содержание в них короткоживущих радионуклидов ( $^{131}\text{I}$ ,  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{140}\text{Ba}$  и др.). Очистка молока от радионуклидов может быть проведена с использованием ионообменных методов и электродиализа.

Повышению резистентности организма в профилактике последствий облучения следует уделять большое внимание. Среди таких факторов, укрепляющих здоровье человека, как здоровый образ жизни, спорт, оздоровление и др., важное значение имеет рациональное питание, полностью удовлетворяющее физиологические потребности организма в пищевых веществах и энергии. В рационе необходимо:

- увеличить содержание белков (до 15 % калорийности);
- ограничить поступление полинасыщенных жирных кислот при общем содержании жиров не более 30 % калорийности;
- повысить содержание витаминов на  $30 \div 40$  % по сравнению с возрастной нормой;
- увеличить количество растительных волокон, обеспечивающих нормальную моторику кишечника и способствующих выведению сорбированных радионуклидов;
- повысить содержание в рационе микроэлементов (Ca, K, I и др.).

Рацион должен включать достаточное количество:

- мяса, птицы, рыбы, субпродуктов, белка с высокой биологической ценностью;
- овощи, фрукты — источник витаминов, каротина, растительных волокон;
- молоко и молочные продукты, богатые белком и кальцием;
- морские продукты, богатые йодом и альгинатами (морская капуста, водоросли и др.).

Рациональное питание нормализует возможные негативные последствия биохимических изменений в организме, повышает уровень иммунологической защиты, репаративных процессов и снижает возможность проявления бластомогенных и генетических эффектов.

При проведении комплексных защитных мероприятий следует учитывать предельные психоэмоциональные нагрузки на организм пострадавших. В этих условиях оказание психологической помощи приобретает первостепенное значение.