

**РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ КРУПНЫХ АВАРИЯХ –
УРОКИ ЧЕЛЯБИНСКА И ЧЕРНОБЫЛЯ****Б. С. Пристер¹, Р. М. Алексахин²**¹*Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Киев, Украина*²*ВНИИ сельхозрадиологии и агроэкологии, Обнинск, Россия*

Обобщение исследований по оценке воздействия облучения населения в первый период после Челябинской и Чернобыльской аварий позволяет сделать вывод, что тяжесть многих медицинских и социальных последствий в значительной мере связана с несвоевременным информированием населения об аварии, основных факторах и степени опасности, с запозданием в проведении контрмер. Несмотря на недостатки и ошибки комплекс контрмер, реализованный в СССР, а затем в Беларуси, России и Украине, был в целом адекватным сложившейся обстановке и позволил существенно снизить влияние негативных факторов аварии и уменьшить ее последствия для жизни и здоровья людей. Сделан вывод, что готовность к аварии включает в себя не только наличие знаний о развитии аварии, формировании ее последствий и возможных путях защиты, но, прежде всего, готовность и умение применить эти знания и опыт.

Безопасность атомных технологий постоянно повышается, однако опыт развития атомной промышленности и энергетики показывает, что, несмотря на принимаемые меры, вероятность аварий существует. Последствия ядерных и крупных радиационных аварий для населения могут оказаться настолько серьезными, что необходимо реагирование на них на государственном уровне.

Факторы радиационной опасности при крупных авариях

Крупные радиационные аварии, несмотря на принципиальные различия в причинах и характере развития, составе выброса и сезоне года, имеют ряд общих черт. К числу наиболее крупных ядерных и радиационных аварий за 50 лет можно отнести:

пожар активной зоны уран-графитового реактора (выброс в окружающую среду около 20 кКи ¹³¹I; Уиндскейл, Великобритания, октябрь 1957 г.) [1];

термохимический взрыв банки с отходами радиохимического производства по переработке облученного урана на химическом комбинате «Маяк» с выбросом в окружающую среду около 100 кКи ⁹⁰Sr – до 5,4 % от общей активности (Челябинская область, СССР, сентябрь 1957 г.) [2, 3];

взрыв активной зоны реактора РБМК и последующие процессы, (выброс в течение 10 сут в окружающую среду около 42 МКи ($1,5 \cdot 10^{18}$ Бк) ¹³¹I и 3,3 МКи ($1,27 \cdot 10^{17}$ Бк) ¹³⁴Cs и ¹³⁷Cs; Чернобыльская АЭС, СССР, апрель 1986 г.) [2, 3].

Общей особенностью крупных аварий с точки зрения радиационной опасности является важность первого (острого) периода, в котором формируется основная часть поглощенной дозы внешнего и внутреннего облучения населения.

В случае выброса в окружающую среду радионуклидов (РН) йода это обусловлено короткими периодами полураспада, высокой скоростью и степенью всасывания из желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) в кровь человека и животных, способностью концентрироваться в щитовидной железе (ЩЖ) и медленным выведением из нее. Даже наиболее значимый из РН йода ¹³¹I успевает распасться до выведения его из органа, формируя за это время основную часть поглощенной дозы.

При выбросе долгоживущего нуклида ⁹⁰Sr важность первого периода определяется накоплением его в костной ткани, из которой он крайне медленно выводится. В результате поступление ⁹⁰Sr в организм в первые дни определяет практически пожизненное внутреннее облучение костного мозга человека.

При загрязнении окружающей среды ^{137}Cs первый период наиболее критичен с точки зрения формирования поглощенной дозы внешнего облучения. Цезий накапливается преимущественно в мягких тканях и сравнительно быстро может быть выведен из организма после эвакуации в незагрязненные регионы или перевода на «чистый» рацион питания. Однако и в этом случае в первый период формируется основная часть интегральной дозы внешнего и внутреннего облучения человека за весь послеаварийный период.

Из сказанного уже ясно, что эффективность радиационной защиты населения определяется своевременным проведением защитных мер.

Основным фактором радиационной опасности при всех описанных выше крупных авариях было загрязнение сельскохозяйственной продукции и, в первую очередь, молока коров (табл. 1), в котором РН ^{131}I , ^{90}Sr и ^{137}Cs обнаруживали спустя всего несколько часов после аварии. В соответствии с этим определяется характер контрмер.

Так, немедленно **после аварии в Уиндскейле** у фермеров было изъято и переработано на сухое молоко и масло около 3 млн л молока. Если бы это не было сделано, доза облучения ЩЖ детей по расчетам могла достичь 5 Зв. Фактически поглощенные дозы в ЩЖ детей и взрослых не превышали 16,1 и 4,0 сЗв соответственно. Через 1,5 мес после аварии ограничения на использование молока на всей территории были полностью отменены [1].

Таблица 1. Особенности и факторы радиационной опасности наиболее крупных аварий

| Место аварии | Значимый нуклид | Критерии опасности | Площадь загрязнения |
|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Уиндскейл, Великобритания | ^{131}I | Загрязнение молока коров, находящихся на пастбище | 500 км ² |
| Челябинская область, Южный Урал, СССР | ^{90}Sr | Превышение ПДУ в 120 - 230 раз для молока и от 10 до 360 раз для продукции растениеводства | Более 10 000 км ² пахотных земель |
| Чернобыль, Украина, СССР | ^{131}I , ^{137}Cs | Содержание нуклидов в молоке в сотни раз превышало допустимые значения | Только в Украине: > 5 млн га с/х угодий, 2162 населенных пункта, > 3 млн чел. |

После аварии на Южном Урале с выбросом в окружающую среду ^{90}Sr в составе выдержанной смеси продуктов деления ^{235}U были приняты разнообразные и крупномасштабные меры по защите населения, однако в обстановке строгой секретности они не могли быть проведены своевременно в необходимом объеме. Первая очередь эвакуации жителей, которая в последующем стала отселением, была закончена к 7 - 10 дню после аварии. К моменту вывоза населения поглощенные дозы уже достигли биологически значимых величин и составляли 24 - 40 сГр [2, 3].

Радиационный контроль был введен несвоевременно, а заменить изъятое продовольствие с превышением временных допустимых уровней загрязнения (ВДУ) чистым оказалось невозможным. Правительством было принято решение о второй (май 1958 г., 6007 чел.), а затем и последующих 3-й (ноябрь - декабрь 1958 г., 3367 чел.) и 4-й (октябрь 1959 г., 2006 чел.) очередях эвакуации. Предотвращенные ожидаемые эффективные дозы сочетанного облучения (внешнего и внутреннего) при эвакуации первой очереди оцениваются в 95 - 96 % ожидаемой за весь период после аварии, в то время как для последующих очередей эвакуации они составили только 33 - 36, 24 - 28 и 6 - 14 % соответственно [2, 3]. Такова цена промедления с проведением экстренных контрмер.

В дальнейшем на загрязненной территории, названной Восточно-Уральским радиоактивным следом (ВУРС), были проведены исследования и разработаны эффективные контрмеры. Это позволило использовать основную часть загрязненной территории для

производства сельскохозяйственной продукции и обеспечить безопасное проживание населения. В 1973 г. в СССР изданы “Рекомендации по ведению сельского и лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения внешней среды” [4]. В них обобщены результаты работ по изучению глобальных выпадений после испытания ядерного оружия в атмосфере и на ядерных полигонах, опыт ликвидации аварии на комбинате «Маяк» в 1957 г. и экспериментального моделирования аварийных ситуаций на ядерных объектах. После усовершенствования и доработки они были приняты как руководство по ведению сельского и лесного хозяйства для случая радиоактивного загрязнения на всей территории бывшего СССР.

После Чернобыльской аварии основным источником формирования дозы облучения ЩЖ населения на территориях Беларуси, России и Украины был ^{131}I , поступающий в организм человека в период прохождения радиоактивного облака ингаляционным путем (через легкие при вдыхании), а в последующем с продуктами питания. Вклад короткоживущих нуклидов ^{132}Te , ^{133}I и ^{135}I в суммарную дозу облучения ЩЖ при пероральном (через рот) их поступлении составлял всего несколько процентов.

Население не было предупреждено об опасности йодной атаки сразу после аварии. Даже в городе энергетиков Припять взрослые и дети находились на открытом воздухе. В то же время эвакуация населения из Припяти и окружающих сел, несмотря на некоторое запоздание, предотвратила поступление значительной части РН йода в организм человека. Если факт засекречивания аварии на комбинате «Маяк» можно хотя бы как-то объяснить спецификой периода, то в случае с аварией на ЧАЭС это выходит за рамки разумного.

Для населения, особенно сельского, загрязненных территорий Белорусского и Украинского Полесья и России реализовался наихудший радиологический сценарий:

авария произошла ранней весной, когда запасы кормов практически закончились, в коллективных и личных хозяйствах скот находился на пастбищах;

РН осаждались на поверхность травы и дернину, попадали в организм коров, радиоактивный йод через три часа после поступления в организм коровы уже обнаруживается в молоке, с такой же скоростью он всасывается из ЖКТ в кровь человека;

население не было оповещено о возможной йодной опасности, поэтому овощи, молоко и молочные продукты потребляли без ограничений, выдержки или специальной переработки.

Городское население потребляло в основном молоко, произведенное в коллективных хозяйствах (КСП), в которых коровам скармливают корма, произведенные на пашне, культурных или окультуренных пастбищах. Загрязнение кормов в этом случае в 3 – 10 раз меньше по сравнению с личными хозяйствами, где скот выпасают на природных пастбищах. Уже в первых числах мая 1986 г., к сожалению, только частично и в ближней к аварии зоне, скот в КСП в соответствии с разработанными ранее рекомендациями был переведен с пастбищ в стойла и получал концентрированные корма из резерва. Концентрация РН в молоке из этих КСП была до 10 раз меньше по сравнению с молоком из личных фермерских хозяйств. Это более чистое молоко поступало в систему государственного обеспечения городского населения, получавшего основную часть молока и молокопродуктов через молочные заводы и молокоприемные пункты, на которых проводили входной и выходной радиологический контроль продукции. Молоко с превышением допустимых уровней загрязнения направляли на переработку в продукты для длительного хранения – сухое молоко и сливочное масло.

Население неадекватно восприняло рекомендации по ограничению потребления цельного молока, которые, к сожалению, были выданы практически после окончания радиоактивных выпадений. Вначале это было воспринято с недоверием, а позже вызвало чувство тревоги и страха. Однако значительная часть поглощенной дозы облучения ЩЖ от радиоактивного йода к этому времени была уже сформирована.

В результате указанных особенностей сельское население подверглось действию йодной атаки в значительно большей степени, чем городское.

Перечисленные особенности питания сельского населения проявились и в отдаленном периоде, когда дозу внутреннего облучения определяло поступление ^{137}Cs в организм человека с молоком и сельское население продолжало оставаться критическим контингентом.

Меры защиты от йодной атаки после Чернобыльской аварии

Существовало несколько способов, кроме эвакуации, избежать или уменьшить последствия йодной атаки для населения, из которых два являются наиболее эффективными.

Первый. Упомянутые выше “Рекомендации” [4], имевшиеся у руководства каждого административного района бывшего Союза, предусматривали немедленно после получения предупреждения о возможности йодной атаки прекратить потребление молока и зеленых овощей; прекратить выпас коров на пастбищах и скармливание кормов, заготовленных после прохождения радиоактивного облака, перевести молочный скот на стойловое содержание; перерабатывать цельное молоко в пригодные для длительного хранения продукты, например масло, или сдавать его для переработки на сухое или сгущенное молоко; не забивать животных на мясо без радиологического контроля и при необходимости содержать их на чистых кормах до выведения основной части РН из организма. Основанием для отмены этих ограничений может быть только уточнение радиационной обстановки по результатам мониторинга.

Запретительные и ограничительные меры особенно эффективны в первые часы и сутки после аварии, так как за это время растения дополнительно к радиоактивному распаду с высокой скоростью самоочищаются в результате процессов полевых потерь осевших на поверхность РН - в два раза за каждые 0,7 - 3 дня (табл. 2). Данные таблицы получены в экспериментах, проведенных нами в период 1968 - 1978 гг. на Опытной научно-исследовательской станции (ОНИС) химкомбината «Маяк».

Таблица 2. Периоды полууменьшения концентрации РН в растениях, молоке и мясе коров T^1 и T^2 , сут [5]

| Продукт | Период полууменьшения | ^{131}I | ^{137}Cs | ^{90}Sr |
|--------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|------------------|
| Биомасса растений, (аэральное загрязнение) | T^1 | 4 - 6 | 4 | 11 - 24 |
| | T^2 | 12 - 15 | 30 | >100 |
| Молоко коров | T^1 | 1,1 ($T_{эф.} = 1,0$) | 1,7 | 2,2 |
| | T^2 | 5,9 ($T_{эф.} = 3,4$) | - | - |
| Мясо коров | T^1 | 1,7 ($T_{эф.} = 1,4$) | 3,0 | 3,1 - 4,8 |
| | T^2 | 9,0 ($T_{эф.} = 4,2$) | 55 | 180 - 300 |

После аварии на ЧАЭС перечисленные рекомендации, к сожалению, были выполнены только частично из-за длительного сокрытия факта аварии и состава выпадений, что в значительной мере и обусловило массовое облучение и последующее поражение ЩЖ населения Украины, Беларуси и России. Кроме того, выпас на пастбищах привел к облучению ЩЖ коров в дозах, которые в пределах 30-километровой зоны даже превышали 200 Гр и вызвали биологические эффекты вплоть до разрушения фолликулов. Как следствие облучения ЩЖ на значительных территориях длительное время после аварии на ЧАЭС у коров, овец и лошадей наблюдали гипотиреоз [6, 7].

В Украине и Беларуси в острый период в наиболее загрязненных областях (Киевской и Житомирской) организовали переработку цельного молока на масло, сухое и сгущенное молоко с последующей выдержкой в холодильниках в течение 2 мес. Это позволило предотвратить значительную часть дозы от РН йода для населения. Случаи уничтожения молока с высоким содержанием ^{131}I не зарегистрированы [6].

Рекомендация о переработке молока после аварии на ЧАЭС была достаточно своевременно и масштабно реализована только в Киеве, где благодаря оперативному мониторингу

молока, проведенному учеными и ветеринарной службой, организовали дифференцированный по уровням загрязнения сбор молока на разные молочные заводы из условно чистых и загрязненных хозяйств. Чистое молоко использовали для производства продукции для детских кухонь и учреждений. Загрязненное молоко перерабатывали, в основном, на масло и твердые сыры и выдерживали в холодильниках. Эти мероприятия позволили в 7 - 10 раз уменьшить дозу облучения ЩЖ населения киевской городской агломерации, насчитывающей с пригородами около 4 млн чел. [6].

Второй способ защиты от йодной атаки относится к области медицинских (в такой же мере и ветеринарных) мероприятий: проведение йодной профилактики - блокирование ЩЖ путем приема препаратов стабильного йода в виде таблеток йодистого калия KI. Тактика йодного блокирования ЩЖ разработана задолго до аварии под руководством академика АМН СССР Л. А. Ильина [8].

Превентивное (до выпадений) или оперативное (сразу после радиоактивных выпадений) проведение запретительных и профилактических мер (йодная профилактика и др.) позволяет, по крайней мере, на порядок уменьшить дозу внутреннего облучения животных и человека. Прием таблетки йодистого калия (100 мг йода для взрослых) через 1 ч после поступления нуклида позволяет сократить поглощение ^{131}I в ЩЖ до 12 раз. В то же время прием препаратов йода после поступления РН может даже ухудшить ситуацию за счет уменьшения скорости выведения йода из ЩЖ.

По сообщениям органов здравоохранения СССР было роздано около 5 млн йодных таблеток, однако есть основания предполагать, что лишь около 20 % розданных таблеток было использовано. По заключению Международного “Чернобыльского проекта” МАГАТЭ решение о приеме таблеток йодистого калия было оправдано и соответствовало установившейся практике вмешательства после радиационных аварий [9].

Всего по линии Министерства охраны здоровья Украины по официальным данным йодным блокированием охвачено около 5 млн чел., в том числе 1,6 млн детей [10]. Реально областные органы приняли решение о выдаче препаратов йода только 6 мая - фактически уже после прекращения интенсивных выбросов из реактора. “Временная инструкция по профилактике поражения радиоактивным йодом” утверждена МЗ СССР 7 мая 1986 г. (№ 05-15/3) и только 9 мая направлена в Министерство охраны здоровья Украины [10].

В России с июня до середины августа препараты йода выданы 71930 чел., в том числе 26060 детей [11]. В Беларуси препараты стабильного йода в массовом порядке *не применяли или выдавали с большим опозданием*. Имеются сведения о выдаче таблеток детям и взрослым, перемещенным на “чистые” или слабозагрязненные места из южных районов Гомельской области [12, 13]. **В г. Припять**, по имеющимся данным, йодным блокированием было охвачено 70 % населения, в том числе **26 апреля – 60 %**.

Фактическая эффективность по кратности снижения дозы облучения ЩЖ населения Украины (табл. 3) убедительно свидетельствует о неполноте и несвоевременности проведения йодного блокирования.

Таблица 3. Фактическая эффективность йодного блокирования по кратности снижения дозы облучения ЩЖ после аварии на ЧАЭС [14]

| | | |
|-----------------------------------|-------------------|---------------------|
| Припять, около 45 тыс. чел. | однократный прием | 2,3 раза |
| | двукратный прием | 1,6 раза |
| Эвакуированные села | | <1,4 раза для детей |
| Остальные загрязненные территории | | незначительная |

Население Полесья на территории Беларуси, Украины и на загрязненной территории России в абсолютном большинстве имело в личных хозяйствах скот и потребляло цельное молоко и молочные продукты. Ингаляционное поступление радиойода может рассматривать-

ся как значимое только для ограниченного контингента: эвакуированных жителей Припяти и населенных пунктов Киевской и Гомельской областей, расположенных в непосредственной близости к ЧАЭС; лиц, не потреблявших продукты питания местного производства, а также жителей городов, работавших в дни аварийных выбросов на дачных участках. Доза облучения ЩЖ за счет ингаляции составляла несколько десятков мГр.

В реальной ситуации 1986 г. произошло широкомасштабное загрязнение радиоактивными выпадениями территорий, на которых проживали миллионы пострадавших. Обеспечить экспрессный радиационный мониторинг, позволяющий надежно оценить дозы облучения всего тела и, особенно, ЩЖ, было практически невозможно. В условиях отсутствия объективной информации ученые физики и радиологи, практические работники здравоохранения провели сотни тысяч прямых измерений активности ЩЖ, что позволило создать базу для верификации последующих реконструкций дозовых нагрузок и принятия первоочередных решений. Потребовалось разработать комплексы моделей, учитывающих сложное распределение в пространстве и времени интенсивности, типа и состава выпадений, экологических, демографических и других факторов, влияющих на величину дозы облучения ЩЖ [15 - 19]. Для реконструкции доз были созданы трехуровневые модели, позволившие рассчитать средние дозы для различных возрастных групп и средневзвешенные дозы для населения административных районов и областей [20]. Только индивидуальные дозы восстановлены более чем для 200 тыс. жителей трех стран! В настоящей работе мы не обсуждаем все детали и сложности этой проблемы, а рассматриваем оценки, позволяющие понять масштаб аварии и адекватность защитных мер.

Реконструкция плотности выпадений ^{131}I сделана с использованием карт плотности загрязнения почв ^{137}Cs , поскольку отношение ^{131}I к ^{137}Cs в выпадениях было практически одинаковым [21]. В подходах к оценке и реконструкции поглощенных доз от ^{131}I в ЩЖ, также как и доз от ^{137}Cs , нет принципиальных разногласий. Оценки доз, выполненные в Беларуси, России и Украине практически независимо, хорошо совпадают [20, 22].

Биологически значимые дозы облучения ЩЖ были сформированы на территории десятков областей Беларуси, России и Украины (рис. 1). Приведенные значения доз являются средневзвешенными по числу жителей населенных пунктов, районов и областей. Поглощенные дозы в пределах ограниченной территории характеризуются логнормальным распределением, поэтому индивидуальные дозы отдельных жителей выше средних значений, показанных на картах [23]. Средние дозы облучения ЩЖ детского и подросткового населения и их размах для наиболее критических районов трех областей севера Украины приведены в табл. 4.

Высокие дозы облучения ЩЖ в отдельных населенных пунктах свидетельствуют либо о позднем реагировании, либо о не соблюдении рекомендаций даже в том случае, если

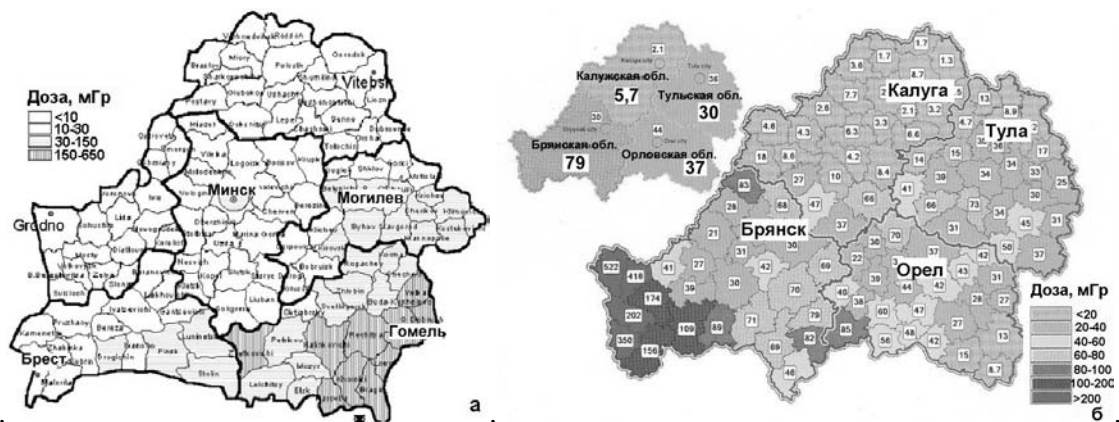


Рис. 1. Средние по районам и областям дозы облучения ЩЖ у детей Беларуси (а) и России (б) [12, 16, 19].

они были даны [23]. В результате на загрязненных территориях в ЩЖ детей и взрослых были сформированы биологически значимые дозы, приведшие к резкому увеличению частоты раковых заболеваний.

Таблица 4. Средние поглощенные дозы облучения ЩЖ от ¹³¹I детского и подросткового населения по некоторым районам Киевской, Житомирской и Черниговской областей Украины [17, 18, 23]

| Область | Район | Количество населенных пунктов | Количество населения 0 - 18 лет в 1986 г. | Доза по району, мГр | | |
|--------------|--------------|-------------------------------|-------------------------------------------|---------------------|-------------|--------------|
| | | | | средняя | минимальная | максимальная |
| Житомирская | Коростенский | 113 | 33 600 | 221 | 37 | 1470 |
| | Народический | 76 | 7 000 | 1559 | 119 | 6879 |
| | Овручский | 154 | 22 700 | 533 | 82 | 2166 |
| Киевская | Вышгородский | 58 | 18 400 | 263 | 69 | 757 |
| | Макаровский | 63 | 10 400 | 205 | 85 | 716 |
| | Полесский | 61 | 8 100 | 778 | 16 | 7269 |
| Черниговская | Козелецкий | 107 | 16 100 | 130 | 26 | 605 |
| | Репкинский | 112 | 9900 | 236 | 34 | 1471 |
| | Черниговский | 125 | 18 200 | 427 | 43 | 6528 |

Эффекты, индуцированные ¹³¹I, и медицинское реагирование

Драматический рост заболеваемости раком ЩЖ среди населения загрязненных РН территорий Беларуси, России и Украины через 20 лет после аварии является одной из наиболее острых проблем медицинских последствий Чернобыльской катастрофы (рис. 2).



Рис. 2. Динамика заболеваемости раком ЩЖ у населения Беларуси (а), Украины (б) и России (в) [12, 19, 22, 24, 25].

В России анализ динамики заболеваемости раком ЩЖ населения Брянской, Калужской, Тульской и Орловской областей за периоды наблюдения 1982 - 1990 гг. и 1991 - 2003 гг. показал, что за второй период наблюдения заболеваемость значительно выросла во всех возрастных группах мужского и женского населения. Для взрослого населения этот показатель вырос в 2 - 3 раза, а для детей и подростков – более чем в 10 раз.

В Украине за 1994 - 2004 гг. зарегистрировано существенное возрастание заболеваемости раком ЩЖ: для ликвидаторов-мужчин в 6 раз выше ожидаемого уровня, для эвакуированных в 5,5 раза, для жителей наиболее загрязненных РН территорий в 8,45 раза по сравнению с национальными показателями. В группах эвакуированных и проживающих на

загрязненных территориях рост отмечен не только у детей и подростков (на момент аварии), но и у взрослого населения [24 - 26].

Избыточная заболеваемость, уровень которой зависит от дозы облучения ЩЖ, обнаружена среди взрослого населения Беларуси, России и Украины. Выявлена зависимость между величиной поглощенной дозы облучения ЩЖ и уровнем избыточной заболеваемости, что также подтверждает роль радиационного фактора в ее возникновении. Основные трудности в реагировании были связаны с отсутствием системы эндокринологического обследования и помощи, адекватной сложившейся ситуации, недостатком квалифицированных и специализированных эндокринологов, отсутствием аппаратов для ультразвукового обследования. В короткий срок в трех республиках бывшего Союза были организованы специализированные стационары, созданы выездные группы специалистов и проведены массовые обследования населения, в первую очередь детей и подростков.

Проведены исследования по совершенствованию и созданию новых методов обследования и диагностики, включая методы молекулярной биологии. В результате исследований во всех группах пострадавших установлено преобладание после Чернобыля папиллярных, а не фолликулярных форм рака ЩЖ. Вместе с тем следует отметить, что особых молекулярно-генетических особенностей «радиогенного» рака ЩЖ выявлено не было, что имеет фундаментальное значение для радиобиологии [27]. Большое значение для обеспечения современного методического уровня исследований имело международное научное сотрудничество.

После 1990 г. создана эффективная, беспрецедентная в истории медицины по масштабам, система мониторинга для ранней диагностики, лечения и реабилитации больных раком ЩЖ. Также была создана сеть учреждений для обследования, консервативного и оперативного лечения и послеоперационной реабилитации больных, проведения лучевой терапии с использованием радиоактивного йода. Комплексное лечение больных раком ЩЖ обычно успешное (летальность около одного процента через 10 лет после операции), тем не менее качество жизни прооперированных пациентов остается сниженным в связи с необходимостью постоянного врачебного наблюдения и пожизненного использования медикаментов, замещающих гормоны ЩЖ.

Суммарное число прооперированных раков превысило в трех странах 5000 случаев.

После воздействия РН йода описаны радиационно-индуцированные нераковые заболевания ЩЖ, такие как доброкачественные узлы, неаутоиммунный гипотиреозидизм и аутоиммунный тиреоидит. У небольших групп детей дозы облучения ЩЖ превышали 10 Гр и у них могли проявляться временные изменения функции ЩЖ в отдаленном периоде, которые не были зарегистрированы. Вместе с тем имеются данные об эффектах в диапазоне малых доз. Специалистами Российского государственного медико-дозиметрического регистра совместно с фондом Сасакава (Япония) исследована частота нераковых заболеваний ЩЖ у 2457 детей Калужской и Брянской областей, для которых имелись данные о дозах облучения ЩЖ в мае - июне 1986 г. Средняя доза составляла 132 мГр. Было установлено, что заболеваемость диффузным зобом имеет статистически достоверную дозовую зависимость [12].

Учитывая эндемический йодный дефицит региона Полесья, работы по оценке радиационного воздействия на ЩЖ нуждаются в дополнительных серьезных исследованиях и осторожной интерпретации. К сожалению, обеспеченность этих работ финансированием не только недостаточная, но и сокращается во всех трех странах СНГ.

Обобщение исследований по оценке воздействия облучения населения в первый период после Челябинской и Чернобыльской аварий позволяет сделать вывод, что тяжесть многих медицинских и социальных последствий связана с несвоевременным информированием населения и с запозданием в проведении контрмер в несколько часов, дней или недель. Компенсировать эти последствия невозможно – их необходимо предупреждать.

Государственная политика в области защиты населения должна обеспечивать немедленное введение всех запретительных мер. Снятие (последовательная отмена) их возможна только по результатам анализа фактической обстановки с участием ведущих ученых. Ученые

должны быть морально готовы к выдаче рекомендаций об эвакуации, отселении, введении специальных режимов поведения и т.д.

Отдаленный период

Авария на химическом комбинате „Маяк” в Челябинской области в 1957 г. подтвердила предвидение академика ВАСХНИЛ В. М. Ключковского о том, что для сельскохозяйственного производства наиболее значимо изучение поведения долгоживущих продуктов деления, среди которых „особое значение принадлежит стронцию с массовым числом 90” [28]. Радиационная опасность на территории ВУРС была обусловлена в основном ^{90}Sr . При аварии на ЧАЭС 1986 г. дозу облучения в отдаленном периоде определял другой долгоживущий продукт деления - ^{137}Cs [2].

После аварии на ЧАЭС долгоживущие РН стронция и плутония осели в составе «тяжелых» частиц топлива, поэтому плотность загрязнения поверхности почвы превышала установленные для них пределы только в границах 30-километровой зоны. Роль ^{90}Sr как источника радиационной опасности за счет включения в пищевые цепи существенно меньше, чем ^{137}Cs . Лишь в нескольких районах Украины и Беларуси вклад ^{90}Sr в общую дозу облучения населения относительно высок, а на территории России этот РН практически не представляет опасности. В Беларуси особо проблемными являются 262 тыс. га сельскохозяйственных угодий с плотностью выпадения ^{137}Cs от 185 до 1480 кБк/м², одновременно загрязненных также ^{90}Sr с плотностью от 11 до 111 кБк/м² (0,3 - 3,0 Ки/км²) на площади 163 тыс. га [22].

После аварии 1957 г. Минсредмаш СССР по инициативе В. М. Ключковского и И. В. Курчатова создал уникальное научное учреждение ОНИС химического комбината „Маяк”, ставшее в последующем базой для широкого развития радиоэкологических исследований. В. М. Ключковский регулярно приезжал в ОНИС, ежегодно проводил выездные заседания 8-й (радиоэкологической) секции НТС Минсредмаша СССР, которую он создал в 1963 г. и возглавлял до конца жизни. Эта секция обеспечила широкое участие в решении проблемы реабилитации территории ВУРС ведущих научных учреждений СССР и высокий методологический уровень работ. Исследования на Южном Урале позволили сформулировать основополагающие радиоэкологические закономерности миграции ^{90}Sr в пищевых цепях, обосновать и внедрить ряд контрмер, позволяющих существенно уменьшить поступление РН в организм человека [4].

После аварии на ЧАЭС плотность загрязнения почвы долгоживущими нуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr изменялась в широких пределах - от нескольких кБк до сотен кБк·м⁻² (от десятых до десятков Ки·км⁻²). Загрязненные территории простираются на сотни километров с севера на юг и с запада на восток и характеризуются чрезвычайной пестротой почвенного покрова. В отличие от ВУРС здесь широко распространены разновидности торфяных, дерново-подзолистых, серых лесных почв, черноземов и др.

Мы провели мониторинг радиационной обстановки на сельскохозяйственных территориях Украины, загрязненных чернобыльскими выпадениями. За период с 1987 по 2005 г. сформирована база данных, которые обработаны по специальному алгоритму. Наши исследования поведения ^{90}Sr и ^{137}Cs после Чернобыльской аварии носили систематический характер, наблюдения продолжаются уже 21 год и проводятся на одних и тех же полигонах по неизменяемой методике [29]. Исследовано около 3500 значений коэффициентов перехода РН из почвы в растения TF ^{137}Cs по 16 культурам и более 500 значений TF ^{90}Sr по пяти культурам на четырех типах почвы. Обработка подтвердила, что значения коэффициента перехода РН из почвы в растения TF ^{137}Cs и ^{90}Sr не зависят от уровня загрязнения почвы, на которых они получены. Значения TF определяются свойствами почвы, биологическими особенностями растений и временем пребывания РН в почве. Это позволяет использовать полученные результаты для радиационных прогнозов в других ситуациях.

Знание параметров динамики формирования дозы является основой стратегии радиационной защиты населения и применения контрмер в сельскохозяйственном производстве и требует детального исследования. Однако в первых опытах В. М. Ключковского [28] и в иссле-

дованиях ОНИС четкие закономерности динамики трансформации форм состояния РН в почве не выявлены. При длительном пребывании в почве становится ощутимой роль процессов изоморфного замещения кальция стронцием и образования нерастворимых соединений РН. Длительные наблюдения за поведением ^{90}Sr глобальных выпадений после испытаний ядерного оружия позволили Ф. И. Павлоцкой [30] выявить роль этих процессов (она назвала их “старением”), которые и обуславливают динамику TF ^{90}Sr .

В 1967 г. в результате ветрового подъема и переноса ^{137}Cs в составе иловатых частиц с обмелевших берегов оз. Карачай, использовавшегося как хранилище жидких высокоактивных отходов комбината «Маяк», произошло загрязнение значительной территории. Это стимулировало изучение поведения ^{137}Cs в системе «почва - растение». Однако четкой динамики накопления РН растениями не выявлено. Отмечено снижение TF со временем только в первые три года после выпадений. Очевидно, за длительное время пребывания в водоеме ^{137}Cs пришел в равновесие с твердой фазой и был сорбирован преимущественно в устьевых зонах и в межпакетных пространствах глинистых минералов. Таким образом, процесс фиксации прошел еще до попадания частиц ила в почву.

Концентрацию РН в растениях в первую очередь определяют плотность загрязнения почвы D , время инкубации t и комплекс свойств почвы S_{ef} . Нами показано, что зависимость TF от времени поступления их в почву может быть хорошо аппроксимирована экспоненциальной зависимостью – однокомпонентной для ^{90}Sr и двухкомпонентной для ^{137}Cs [29]. На основании обобщения полученных данных и закономерностей была разработана модель поведения ^{137}Cs и ^{90}Sr в системе «почва – растение» [29]. Впервые в аналитической форме учтено влияние свойств почвы на величину коэффициента перехода РН в растения.

На рис. 3 показана зависимость TF_{ij} ^{137}Cs и ^{90}Sr для разных культур j от свойств почвы i и S_{ef} и времени после выпадений t . Видно, что в результате фиксации РН почвенным поглотительным комплексом (процессы природной реабилитации) доступность РН для усвоения растениями в первые годы после загрязнения резко снижается. Очевидно, что чем раньше проведены контрмеры, тем большую дозу они позволяют предотвратить. На малоплодородных почвах процессы природной реабилитации способствуют улучшению радиационной обстановки в первые 3 - 5 лет после выпадений и это следует учитывать при планировании контрмер. В отдаленном периоде улучшение радиационной обстановки может быть достигнуто только путем проведения контрмер.

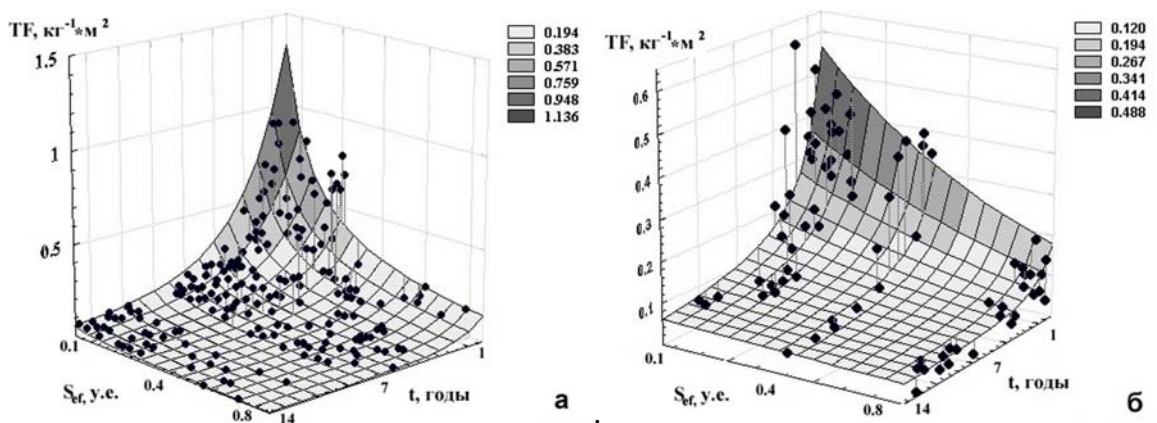


Рис. 3. Зависимость TF ^{90}Sr и ^{137}Cs из почвы в растения от времени после выпадений t и свойств почвы S_{ef} : а – ^{137}Cs в клубни картофеля; б – ^{90}Sr в корнеплоды свеклы.

Контрмеры в сельском хозяйстве

Проведение контрмер в начальный период после аварии обеспечивает более высокую дозовую эффективность, так как позволяет предотвратить формирование значительно большей коллективной дозы, чем в более поздний период, когда абсолютное значение концент-

рации РН в продукции ниже. От времени проведения контрмеры после аварии зависит так же экономическая эффективность, так как одни и те же затраты позволяют предотвратить существенно разные поглощенные дозы. Особенно важно соблюдение приоритетов – направлять средства в первую очередь на производство продукции пропорционально дозе, создаваемой от ее потребления.

Растениеводство. Основным источником включения РН ^{90}Sr и ^{137}Cs в пищевые цепи является почва, поэтому защитные мероприятия в первую очередь направлены на предотвращение поступления РН в растения. Следует отметить, что большинство контрмер были предложены и испытаны в ходе ликвидации последствий аварии на комбинате «Маяк».

Район аварии на комбинате «Маяк» представлен, в основном, выщелоченными черноземами, способными достаточно прочно поглощать основную часть РН. Экологические условия региона Чернобыльской аварии существенно отличаются, прежде всего, широкой распространенностью органогенных торфяно-болотных и дерново-подзолистых супесчаных почв. Кислая реакция почвенного раствора и низкая емкость поглощения оснований определяют высокую подвижность ^{90}Sr и ^{137}Cs и доступность для усвоения растениями по сравнению с почвами ВУРС. Если на территории ВУРС по отношению к ^{90}Sr наиболее эффективными были фосфорные удобрения, то в зоне влияния аварии на ЧАЭС по отношению к ^{137}Cs наиболее эффективными оказались калийные удобрения.

Известные к 1986 г. контрмеры были проверены в послеаварийный период и адаптированы к разнообразным условиям загрязненных территорий. К первоочередным контрмерам относятся известкование загрязненных кислых почв, внесение основных и дополнительных доз фосфорно-калийных удобрений, создание культурных сенокосов и пастбищ. В зоне влияния Чернобыльской аварии было отработано и рекомендовано внесение элементов минерального питания в нетрадиционном соотношении $\text{N} : \text{P} : \text{K} = 1,0 : 1,5 : 2,0$.

Средние значения радиоэкологической эффективности контрмер в растениеводстве, оцениваемые как кратность снижения концентрации радионуклида в продукции, показаны в табл. 5. Проводимые защитные меры позволили многократно снизить объемы производства продукции со сверхнормативным содержанием РН по сравнению с первым послеаварийным периодом, несмотря на неоднократное ужесточение норм содержания РН в продуктах питания и сырье для них.

Таблица 5. Уменьшение радиоактивного загрязнения продукции растениеводства при проведении контрмер, число раз [31 - 34]

| Контрмеры | | ^{137}Cs | | ^{90}Sr | |
|---------------------------|---------------|-------------------|--------------|------------------|--------------|
| | | Почвы | | | |
| | | минеральные | органические | минеральные | органические |
| Известкование, 4 - 6 т/га | | 1,5 - 3,0 | 1,5 - 2,0 | 1,5 - 2,6 | - |
| Внесение NPK | | 1,5 - 2,0 | 1,5 - 3,0 | 0,8 - 1,2 | - |
| Навоз, 50 т/га | | 1,5 - 3,0 | - | 1,2 - 1,5 | - |
| Известкование + NPK | | 1,8 - 2,7 | 2,5 - 4,0 | - | - |
| Цеолиты | | 1,5 - 2,5 | - | 1,5 - 1,8 | - |
| Вспашка, 35 - 40 см | | 8 - 12 | 10 - 16 | 2,0 - 3,0 | - |
| Улучшение лугов и пастбищ | коренное | 1,5 - 9,0 | 4 - 16 | 1,5 - 3,5 | 3,0 - 5,3 |
| | поверхностное | 2-3 | 2 - 14 | 2,0 - 2,5 | 3,0 - 5,0 |

Критическими ландшафтами Белорусского и Украинского Полесья остаются леса, потребление грибов и ягод из которых обуславливает в некоторых населенных пунктах до 50 % дозы облучения от потребления всех пищевых продуктов.

Животноводство. В России в животноводстве были предприняты организационные контрмеры. Из населенных пунктов с плотностью загрязнения ^{137}Cs более $555 \text{ кБк} \cdot \text{м}^{-2}$

(15 Ки км⁻²) был эвакуирован скот из личных хозяйств и организовано снабжение жителей более чистыми продуктами питания, производимыми в общественном секторе либо завозимыми из незагрязненных районов. Эти мероприятия охватывали около 200 населенных пунктов. В 1986 - 1988 гг. было эвакуировано более 15 тыс. голов крупного рогатого скота и более 25 тыс. голов мелкого рогатого скота, овец и свиней. Изъятие скота из индивидуальных хозяйств эффективно с точки зрения прекращения производства молока и мяса с высоким уровнем загрязнения, однако создает значительные социально-экономические трудности в связи необходимостью покупать, а не продавать эти продукты, отсутствием в хозяйствах навоза, который является основным видом удобрений [35, 36].

Средняя эффективность контрмер в животноводстве после аварии на ЧАЭС по данным трех стран приведена в табл. 6. Во всех трех странах доказана высокая эффективность метода откорма животных перед убоем "чистыми" кормами. Животных перевели на откорм с низким содержанием ¹³⁷Cs в рационе за 3 - 10 недель до убоя, при этом ¹³⁷Cs сравнительно быстро выводится из организма животных.

Таблица 6. Уменьшение радиоактивного загрязнения продукции животноводства при проведении контрмер, число раз

| Контрмеры | ¹³⁷ Cs | | ⁹⁰ Sr |
|------------------------------------------------|-------------------|-----------|------------------|
| | молоко | мясо | молоко |
| Ветеринарные | | | |
| Применение Cs-связывающих препаратов | 1,5 - 6,0 | 1,5 - 2,1 | |
| Использование сорбентов | 5,0 | 4,5 | 1,5 |
| Зоотехнические | | | |
| Предубойный откорм «чистыми» кормами | - | 2,0 - 15 | |
| Кормовые добавки | 1,2 - 1,5 | 1,5 - 3,1 | 1,3 - 1,5 |
| Рациональное использование сенокосов и пастбищ | 1,5 - 15 | 3,0 - 4,0 | |
| Подбор кормов | 2,0 | 30 | |

В Украине, а затем в России и Беларуси, разработан и внедрен метод прижизненного контроля содержания ¹³⁷Cs в мышцах при откорме животных на чистых кормах перед убоем. Это позволило в 1987 - 1988 гг. сократить производство мяса с превышением норматива, а с 1994 г. вообще прекратить поступление загрязненного скота на мясокомбинаты [31, 34].

Эффективным способом уменьшения поступления ¹³⁷Cs в организм человека является переработка молока. Для снижения концентрации РН в молоке и мясе до уровней нормативов практически во всех населенных пунктах достаточна суммарная эффективность контрмер от четырех до 10 раз. Она может быть реально достигнута при совместном проведении растениеводческих и зоотехнических контрмер.

Международный форум "Наследие Чернобыля: Медицинские, экологические и социально-экономические последствия" в Вене (5 - 6 сентября 2005 г.) признал мероприятия, принятые правительствами пострадавших государств СНГ для преодоления последствий аварии, в целом своевременными и адекватными. К сожалению, до настоящего времени более чем в 500 населенных пунктах трех стран содержание ¹³⁷Cs превышает национальные нормативы или приближается к ним, что требует продолжения работы в направлении улучшения радиационной обстановки. Современные исследования показывают,

что направление усилий в дальнейшем нужно изменить, предоставив приоритеты экономическому и социальному развитию.

В Беларуси количество населенных пунктов, где регистрируется «грязное» молоко, за 2001 - 2005 гг. снизилось втрое и теперь их 121 в целом по стране [35].

В России критическими являются шесть наиболее загрязненных районов Брянской области. В настоящее время в этих районах находится 3929 населенных пунктов, в 181 из которых (с населением 33,5 тыс. чел.) среднегодовые дозы облучения превышают 1 мЗв. Жители этих населенных пунктов содержат около 4 тыс. голов молочных коров, используя для их выпаса около 12 тыс. га сенокосов и пастбищ. В этих населенных пунктах превышение регламентов на содержание ^{137}Cs в молоке достигает в среднем 20 раз (в отдельные периоды до 30 - 60 раз), а по говядине – трех-четыре раз [36, 37].

В Украине концентрация ^{137}Cs в молоке превышает 100 Бк·л⁻¹ в более чем в 200 критических населенных пунктах. Примерно столько же пунктов, в которых годовая эквивалентная доза облучения всего тела >1 мЗв (из них в 15 пунктах от 4 до 6 мЗв). Население указанных пунктов превышает 600 тыс. чел., в их числе 180 тыс. детей [38].

Как объяснить столь сложную радиационную обстановку в населенных пунктах на загрязненных территориях, несмотря на высокую эффективность контрмер и значительные масштабы их проведения? Главной причиной этого, по нашему мнению, является несоблюдение приоритетов. Многие работы были призваны продемонстрировать активное реагирование на аварию, а не направлены на достижение результата. Так, немедленно после аварии проведена вспашка сельскохозяйственных угодий, в том числе и на территориях, которые в последующем были включены в зону отчуждения. Эта мера способствовала закреплению РН в почве и уменьшению их концентрации в верхнем слое, однако одновременно лишила возможности провести внесение мелиорантов в тонкий загрязненный слой, способствующих снижению подвижности РН в почве и доступность их для усвоения растениями.

В первый и второй годы после аварии большие средства были выделены на дезактивацию населенных пунктов, эффективность которой была низкой [22].

Мониторинг радиационной обстановки был проведен в короткие сроки и наиболее критические пункты с высокой дозой облучения населения были выявлены и известны руководителям всех уровней. Государственный механизм распределения выделяемых на контрмеры средств первые годы после аварии не обеспечивал концентрации средств на наиболее критических зонах. Областные и районные власти часто проводили известкование почв, внесение повышенных доз удобрений не только с учетом реального уровня загрязнения продукции, но и по политическим соображениям. Чернобыльские фонды служили средством социальной поддержки, обеспечения высоких урожаев и продуктивности животных, становились разменной картой в период избирательных компаний. Территориальный принцип распределения помощи пострадавшим регионам приводил к тому, что в одной из пострадавших областей контрмеры проводили в населенных пунктах третьей зоны, в то время как в соседней области не хватало средств для проведения защитных мер во второй. Примерно так обстояло дело и с распределением выплат по социальным льготам – одна область удовлетворяла потребности 4-й категории пострадавших, а в другой не хватало средств на оказание медицинской помощи ликвидаторам, получившим высокие дозы облучения в 1986 г.

Выполнение программ контрмер контролировали по объемам реализованных капитальных вложений, а не достигнутому улучшению радиационной обстановки и фактическому снижению дозы облучения населения.

Анализируя приведенные данные, можно с уверенностью сказать, что СССР был готов к быстрому аварийному реагированию на Чернобыльскую аварию в плане научного обоснования и разработке конкретных мер по снижению дозы облучения населения от внешнего облучения и внутреннего за счет потребления сельскохозяйственной продукции. Вышеупомянутые «Рекомендации» были в составе обязательных документов Гражданской

обороны СССР у руководителей всех районов и областей. К сожалению, они не были изучены до аварии и их крайне ограниченно востребовали после нее.

Таким образом, готовность к аварии включает в себя не только наличие знаний о развитии аварии, формировании ее последствий и возможных путях защиты, в том числе в виде руководств и рекомендаций, но, прежде всего, готовность и умение применить эти знания и опыт.

Недопустимым следует признать снижение объемов финансирования контрмер в Украине и России до уровня процентов от потребности в то время, когда дозы облучения больших контингентов населения все еще продолжают превышать государственные нормативы.

Готовность к действиям была низкой, медленно наращивали объем контрмер фактически в период, когда их эффективность уменьшилась. Проведение их в России и Украине резко сократили, несмотря на то, что превышение дозовых нормативов наблюдается в сотнях населенных пунктов.

Важнейшим, очевидно, необходимым условием организации проведения контрмер является дозиметрическое обеспечение. Усилия и средства должны быть направлены на предотвращение формирования доз облучения аварийного персонала и населения. Ко времени Челябинской аварии как расчетные, так и приборные методы дозиметрии были разработаны намного слабее по сравнению с периодом Чернобыльской катастрофы. Однако в остром периоде Чернобыльской аварии не обеспечен необходимый оперативный дозиметрический контроль, с большим отставанием сделаны дозиметрические оценки доз облучения сельского и городского населения. Можно сказать, что тактика оказания медицинской помощи пострадавшим и проведения сельскохозяйственных контрмер не опиралась на дозиметрические данные, а только уточнялась по мере их получения. Проблема дозиметрического обеспечения аварий должна быть решена на государственном, а не на отраслевом уровне.

В ходе ликвидации аварии получен и обобщен громадный материал о закономерностях, путях и особенностях формирования доз облучения. Однако и через 21 год после аварии в Украине отсутствует реально действующая государственная вертикаль, способная оперативно использовать достигнутый уровень знаний и опыта, обеспечить реабилитационные работы в обоснованных масштабах.

Выводы

1. Вероятность радиационных аварий глобального масштаба существует. Необходимо совершенствовать системы их предупреждения и повышения готовности к таким авариям в будущем.

2. Опыт Челябинска подтвержден и развит в ходе ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, однако недостаточно использован в практической деятельности.

3. Главной причиной облучения значительных контингентов населения повышенными дозами при авариях в Челябинской области 1957 г. и на ЧАЭС 1986 г. было несвоевременное информирование населения об аварии, основных факторах и степени опасности и необходимости проведения контрмер. Ошибки и опыт Челябинской аварии не были должным образом учтены при ликвидации Чернобыльской катастрофы, что привело к серьезным медицинским и социальным последствиям.

4. Радиационная составляющая аварии на ЧАЭС является определяющей в формировании последствий. Негативные эффекты социально-психологического (нерадиационного) характера, обусловленные, прежде всего, необъективной и недостаточной информацией, значительно утяжелили последствия аварии.

5. Несмотря на недостатки и ошибки, комплекс контрмер, реализованный в СССР, а затем в Беларуси, России и Украине, был в целом адекватным сложившейся обстановке и позволил существенно снизить влияние негативных факторов аварии и уменьшить ее последствия для жизни и здоровья людей. Радиационные и социально-психологические риски

последствий Чернобыльской аварии сохраняются, что требует продолжения осуществления комплекса необходимых контрмер. Сокращение объемов финансирования контрмер следует признать недопустимой ошибкой властей.

6. На государственном уровне должна быть отработана правовая и нормативная базы, позволяющие своевременно привлекать для ликвидации последствий аварии необходимый ресурсный и экономический потенциал пострадавших регионов и страны в целом.

7. При ликвидации последствий аварии опыт ученых реализуется администраторами, принимающими решения, и отраслевыми специалистами, не имеющими специальной подготовки в области радиационной защиты населения. Следует принять адекватные меры, чтобы к действиям в аварийных ситуациях была готова вся вертикаль государственных органов управления. Последствия промедления при ликвидации радиационных аварий должны быть известны и понятны лицам, принимающим решения на всех уровнях управления.

8. Опыт Челябинска и Чернобыля не должен стать просто историей - он должен быть реализован, прежде всего, в системе радиационной безопасности стран, использующих ядерную энергию.

9. Ликвидация последствий намного дороже предупреждения их развития в первый период аварии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Эйзенбад М.* Радиоактивность внешней среды: Пер. с англ. - М.: Атомиздат. - 1967. - 332 с.
2. *Алексахин Р.М., Булдаков Л.А., Губанов В.А. и др.* Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Под общей ред. Л. А. Ильина и В. А. Губанова. - М.: ИздАТ, 2001. - 752 с.
3. *Романов Г.Н.* Радиационная авария на ПО «Маяк»: практика контрмер, их эффективность и извлеченные уроки // *Вопр. радиац. безопасн.* - 1997. - № 3. - С. 3 - 11.
4. *Федоров Е.А., Пристер Б.С., Романов Г.Н. и др.* Рекомендации по ведению сельского и лесного хозяйства при радиоактивном загрязнении окружающей среды. - М., 1973.- 158 с.
5. *Пристер Б.С.* Проблемы сельскохозяйственной радиозоологии и радиобиологии при загрязнении окружающей среды молодыми смесями продуктов ядерного деления: Дис. ... д-ра биол. наук. - Инв. № 1240(1) в ОНИС. Инв. № 799 в Архиве управления. - М., 1977. - 499 с.
6. *Пристер Б.С.* Сельскохозяйственные аспекты Чернобыльской катастрофы // *Сб. науч. тр. УНИИСХР / Под ред. Б. С. Пристера.* - К., 1996. - Вып. 4. - С. 3 - 9.
7. *Анненков Б.Н., Егоров А.В., Ильязов Р.Г.* Радиационные аварии и ликвидация их последствий в агрофере / Под ред. Б. Н. Анненкова; Академия наук РТ. - Казань: ФЭН, 2004. - 408 с.
8. *Савкин М.Н., Ильин Л.А., Поярко В.А. и др.* Оценка эффективности реагирования на Чернобыльскую аварию на ранней фазе // *Междунар. конф. "15 лет Чернобыльской катастрофы"*. - К., 2001.
9. *Международный чернобыльский проект, технический доклад*, ISBN 92-0-400192-5, IAEA, 1992. - 740 р.
10. *Кондрусев А.И.* Санитарно-гигиенические мероприятия по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС // *Медицинские аспекты аварии на Чернобыльской атомной станции: Материалы науч. конф. 11 - 13 мая 1988 г., Киев.* - К.: Здоровье, 1988. - С. 26 - 31.
11. *20 лет Чернобыльской катастрофы. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России. 1986 - 2006: Российский национальный доклад / Под ред. С. К. Шойгу и Л.А. Большова.* - М., 2006.
12. *Кенигсберг Я.Э., Крюк Ю.Е.* Облучение щитовидной железы жителей Беларуси вследствие Чернобыльской аварии: дозы и эффекты. - Гомель, 2004. - 121 с.
13. *Кенигсберг Я.Э., Крюк Ю.Е.* Ионизирующая радиация и риски для здоровья. - Гомель, 2005. - 70 с.
14. *Ильин Л.А., Кенигсберг Я.Э., Линге И.И. и др.* Радиационная защита населения при реагировании на Чернобыльскую аварию. Чернобыль 20 лет спустя. Стратегия восстановления и устойчивого развития пострадавших регионов // *Материалы Междунар. конф. 19 - 21 апр. 2006 г., - Минск, Беларусь.* - Минск, 2006. - С. 74 - 88.

15. Ковган Л.М. Еколого-дозиметричні моделі опромінювання населення у разі глобальної радіаційної аварії (за досвідом Чорнобильської катастрофи): Дис. ... д-ра техн. наук / ПІБ НАН України. - К., 2005. - 547 с.
16. Кенигсберг Я.Э., Крюк Ю.Е. Облучение населения Беларуси в результате аварии на Чернобыльской АЭС // Материалы Междунар. конф. 19 - 21 апр. 2006 г. - Минск, Беларусь. - Минск, 2006. - С. 266 - 274.
17. Likhtarov I., Kovgan L., Vavilov S. et al. Post-Chernobyl thyroid cancers in Ukraine. Report 1. Estimations of thyroid doses // Radiation Research. Vol. 163. - 2005. - P. 125 - 136.
18. Likhtarev I.A., Goulko G.M., Sobolev B.G. et al. Thyroid dose assessment for the Chernigov region (Ukraine): estimation based on ^{131}I thyroid measurements and extrapolation of the results to districts without monitoring / Radiation and Environmental Biophysics. - 1994. - Vol. 33. - P. 149 - 166.
19. Иванов В.К., Цыб А.Ф. Медицинские радиологические последствия Чернобыля для населения России: оценка радиационных рисков. - М.: Медицина, 2002. - 392. - С. 57.
20. Ковган Л., Лихтарьов І.А. Чорнобиль-орієнтований комплекс еколого-дозиметричних моделей та узагальнені оцінки доз опромінення населення України в результаті Чорнобильської аварії (1986 - 2 000 pp.) // Ядерная и радиационная безопасность. - 2004. - Т. 2. - С. 13 - 25.
21. Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and Their Remediation: Twenty Years of Experience // Report of the UN Chernobyl Forum, Expert Group "Environment" (EGE). Working material. - August 2005. - 164 p.
22. Пристер Б.С., Алексахин Р.М., Бебешко В.Г. и др. Чернобыльская катастрофа: эффективность мер защиты населения, опыт международного сотрудничества / Под ред. Б. С. Пристера. - К.: Центр. техн. инф. УЯО.- 2007.- 100 с.
23. Лихтарев И.А., Ковган Л.Н., Лось И.П. и др. Дозы облучения населения Украины в результате чернобыльской аварии./20 лет Чернобыльской катастрофы. Взгляд в будущее: Национ. докл. Украины. - К.: Аттика. -2006. - С. 33 - 53.
24. Демидчик Ю.Е., Демидчик Е.П., Кенигсберг Я.Э. и др. Рак щитовидной железы в Республике Беларусь. Заболеваемость и результаты лечения больных за период с 1965 по 2004 г. // Материалы Междунар. конф. 19 - 21 апреля 2006 г., Минск, Беларусь. - Минск, 2006. - С. 192 - 197.
25. Review of epidemiological finding in study of medical consequences of the Chernobyl accident in Ukrainian population / A. Prysyzhnyuk, V. Gristchenko, Z. Fedorenko et al. // Recent Research Activities about the Chernobyl NPP Accident in Belarus, Ukraine and Russia / Ed. T. Imanaka. - Kyoto, 2002. - P. 188 - 201.
26. Чорнобиль та рак. Онкоепідеміологічні аспекти проблеми / С. А. Шалимов, А. Е. Присяжнюк, В. Г. Грищенко та ін. // Журн. АМН України. - 2006. - Т. 12, № 1. - С. 98 - 109.
27. Absence of a specific radiation signature in post-Chernobyl thyroid cancer / V. Detours, S. Watte, D. Venet et al. // Br. J. Cancer. - 2005. - Vol. 92. - P. 1545 - 1552.
28. Клечковский В.М. О поведении радиоактивных продуктов деления в почвах, их поступлении в растения и накоплении в урожае. - М.: Изд-во АН СССР, 2006. - 177 с.
29. Prister B.S., Baryakhtar V.G., Perepelyatnikova L.V. et al. Experimental Substantiation and Parameterization of the Model Describing ^{137}Cs and ^{90}Sr Behavior in a Soil-Plant System // Environmental Science and Pollution Research. - 2003. - Special Issue No 1. - P. 126 - 136.
30. Павлоцкая Ф.И. Формы нахождения и миграция радиоактивных продуктов глобальных выпадений в почвах: Автореф. дис. ... д-ра хим. наук. - М., 1981. - 44 с.
31. Алексахин Р.М., Богдевич И.М., Фесенко С.В. и др. Роль защитных мероприятий в реабилитации загрязненных территорий // Материалы Междунар. конф. 19 - 21 апреля 2006 г., Минск, Беларусь. - Минск, 2006. - С. 103 - 108.
32. Prister B.S., Belli M., Sanzharova N.I. et al. Behaviour of radionuclides in meadows including countermeasures application. The radiological consequences of the Chernobyl accident // Proceedings of the first international conference, 18 - 22 March 1996, Minsk, Belarus. - Minsk, 1996. - P. 59 - 68.
33. Deville-Cavelin G., Alexakhin R.M., Bogdevich, I.M. et al. Countermeasures in Agriculture: assessment of efficiency // Proceeding of the International Conference "Fifteen Years after the Chernobyl Accident. Lessons Learned", Kiev, 2001, p. 118 - 128.
34. Prister B., Alexakhin R., Firsakova S., Howard B. Short and Long Term Environmental Assessment // Proceedings of the EU/CIS Workshop on Restoration of Contaminated Territories Resulting from the Chernobyl Accident, Report EUR 18193 EN. - Brussels, 2000. - P. 103 - 114.

35. *15 лет после Чернобыльской катастрофы: последствия в Республике Беларусь и их преодоление: Национальный доклад / Под ред. В. Е. Шевчука, В. Л. Гурачевского. - Минск: Комитет по проблемам последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, 2001. - 118 с.*
36. *Алексахин Р.М., Санжарова Н.И., Фесенко С.В. и др. Чернобыль, сельское хозяйство, окружающая среда // Материалы К 20-й годовщине аварии на Чернобыльской атомной электрической станции в 1986 г. / Россельхозакадемия. ВНИИСХРАЭ. - Обнинск, 2006. - 24 с.*
37. *Алексахин Р.М., Санжарова Н.И., Фесенко С.В. и др. Основные итоги работы по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в области агропромышленного производства // Чернобыль: 15 лет спустя / Под общей ред. Н. В. Герасимовой. - М., 2001. - С. 105 - 141.*
38. *Пристер Б.С., Перепелятникова Л.В., Дутов А.И. и др. Сельскохозяйственные аспекты реабилитации радиоактивно загрязненных территорий и радиационной защиты населения. 20 лет Чернобыльской катастрофы. Взгляд в будущее: Национальный доклад Украины / Гл. ред. В. И. Балоба, В. И. Холоша, Н. А. Евдин. - К.: Аттика, 2006. - 224 с.*
39. *Пристер Б.С., Кашипаров В.А., Перепелятникова Л.В. и др. Ведение сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения территории Украины в результате аварии на Чернобыльской АЭС на период 1999 - 2002 гг. (Методические рекомендации) / Под ред. Б. С. Пристера. - К., 1998. - 103 с.*

Поступила в редакцию 25.06.07

20 РАДІАЦІЙНА БЕЗПЕКА НАСЕЛЕННЯ ПРИ КРУПНИХ АВАРІЯХ - УРОКИ ЧЕЛЯБІНСЬКА І ЧОРНОБИЛЯ

Б. С. Прістер, Р. М. Алексахін

Узагальнення досліджень за оцінкою дії опромінювання населення в перший період після Челябінської і Чорнобильської аварій дає змогу зробити висновок, що тяжкість багатьох медичних і соціальних наслідків значною мірою пов'язана з невчасним інформуванням населення про аварію, основні чинники та ступінь небезпеки, із запізненням у проведенні контрзаходів. Незважаючи на недоліки й помилки комплекс контрзаходів, реалізований в СРСР, а потім в Білорусі, Росії та Україні, був у цілому адекватним обстановці, що склалася, і дозволив істотно понизити вплив негативних чинників аварії та зменшити її наслідки для життя та здоров'я людей. Зроблено висновок, що готовність до аварії включає не тільки наявність знань про розвиток аварії, формування її наслідків і можливі шляхи захисту, але, перш за все, готовність та уміння застосувати ці знання й досвід.

20 RADIATION SAFETY OF POPULATION AT LARGE FAILURES - IS LESSONS OF CHELYABINSK AND CHORNOBYL

B. S. Prister, R. M. Alexakhin

Generalization of researches as evaluated by influence of irradiation of population in a first period after the Chelyabinsk and Chernobyl's failures allows to draw a conclusion, that weight of many medical and social consequences to a great extent is related to the ill-timed informing of population, about a failure, basic factors and degree of danger, and with lateness in conducting of counter-measures. In spite of failings and errors the complex of counter-measures, realized in the USSR, and then in Byelorussia, Russia and Ukraine, was adequate on the whole to the folded situation and allowed substantially to reduce influencing of negative factors of failure and decrease its consequences for life and health of people. A conclusion is done, that readiness to the failure plugs in itself not only the presence of know ledges about development of failure, forming of its consequences and possible ways of defense, but, foremost, readiness and ability to apply these know ledges and experience.

Таблиця 2. Періоди полууменьшения концентрации РН в растениях, молоке и мясе коров T^1 и T^2 , сут [5]

| Продукт | Период полууменьшения | ^{131}I | ^{137}Cs | ^{90}Sr |
|--------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|------------------|
| Биомасса растений, (аэральное загрязнение) | T^1 | 4 - 6 | 4 | 11 - 24 |
| | T^2 | 12 - 15 | 30 | >100 |
| Молоко коров | T^1 | 1,1 ($T_{эф.} = 1,0$) | 1,7 | 2,2 |
| | T^2 | 5,9 ($T_{эф.} = 3,4$) | - | - |
| Мясо коров | T^1 | 1,7 ($T_{эф.} = 1,4$) | 3,0 | 3,1 - 4,8 |
| | T^2 | 9,0 ($T_{эф.} = 4,2$) | 55 | 180 - 300 |

30. Павлоцкая Ф.И. Формы нахождения и миграция радиоактивных продуктов глобальных выпадений в почвах. // Автореф. диссерт. на соиск. ученой степени доктора хим. наук. М.-1981. 44 с.

