

# Радиологические последствия Чернобыльской аварии в Советском Союзе и меры, предпринятые с целью их смягчения

*Анализ данных подтверждает эффективность  
крупномасштабных мер по ограничению последствий  
аварии*

Л.А. Ильин и О.А. Павловский

В результате происшедшей 26 апреля 1986 г. в 1 час 23 мин аварии на четвертом энергоблоке Чернобыльской АЭС значительное количество радиоактивных материалов, накопившихся в реакторе за время его эксплуатации, вышло за пределы станции. Образовавшееся в момент аварии облако сформировало радиоактивный след на местности в западном и северном направлениях в соответствии с метеорологическими условиями переноса воздушных масс. В последующие 10 суток продолжался интенсивный выброс радиоактивных газов и аэрозолей, что обусловило загрязнение местности в различных направлениях и на значительных удалениях от станции. Суммарный выброс радиоактивных веществ (без радиоактивных благородных газов) составил, в расчете на 6 мая 1986 г., около 1,9 ЭБк (эксабеккерель или  $10^{18}$  Бк), что соответствует 3,5 % всего количества радионуклидов в реакторе на момент аварии. Выброс наиболее значимых в медикобиологическом отношении нуклидов, таких как стронций-90, йод-131 и цезий-137, составил 8,1; 270 и 37 ПБк (пэтабеккерель или  $10^{15}$  Бк) соответственно.

## Решение об эвакуации

В первые часы после аварии радиоактивное облако проходило в стороне от г. Припять. В последующем, когда высота подъема выбрасываемых продуктов из аварийного реактора существенно снизилась,

из-за флуктуаций направления ветра в приземном слое воздуха радиоактивный факел в некоторые интервалы времени захватывал территорию города, постепенно загрязняя его. До 21 часа 26 апреля 1986 г. на отдельных улицах города мощность дозы гамма-излучения, измеренная на высоте 1 м от поверхности земли, находилась в пределах 14 – 140 миллирентген в час (мР/ч). В ночь с 26 на 27 апреля радиационная обстановка в городе стала ухудшаться. 27 апреля 1986 г. к 7 часам утра в районе, ближе всего находящемся к АЭС (ул. Курчатова), мощность дозы гамма-излучения достигла 180–600 мР/ч, а на других улицах – 180–300 мР/ч. Учитывая, что прогнозируемая величина дозы внешнего облучения людей за первые несколько дней после аварии могла превысить уровень, принятый в Советском Союзе в качестве критерия для принятия решения об экстренных мерах защиты населения, было решено эвакуировать жителей г. Припять и нескольких близлежащих населенных пунктов\*. Эвакуация началась в 14 часов и закончилась в 17 часов 27 апреля. Мощность дозы гамма-излучения в городе к этому моменту времени достигла 0,36 – 0,54 Р/ч, а в районе ул. Курчатова – 0,72–1,0 Р/ч. К 6 мая уровни радиации в городе снизились примерно в три раза.

Оценка, основанная на косвенном радиологическом контроле, и прямые данные показаний индивидуальных дозиметров работников служб радиационной безопасности и аварийных бригад показали, что максимальные величины доз облучения крити-

Профессора Ильин и Павловский являются сотрудниками Института биофизики Министерства здравоохранения СССР. В основу данной статьи лег их доклад на Международной конференции МАГАТЭ по показателям и безопасности ядерной энергетики, проходившей с 28 сентября по 2 октября 1987 г. в Вене. Материалы конференции можно приобрести в МАГАТЭ.

\* См. „Принятие неотложных решений о мерах защиты населения в случае аварийного радиоактивного выброса во внешнюю среду“, И.К. Дибобес, Л.А. Ильин, В.М. Козлов и др., в кн. *Handling of radiation accidents*”, материалы Международного симпозиума МАГАТЭ, Вена (1969 г.), стр. 547 (на русском языке).

Поврежденный реактор Чернобыльской АЭС после завершения строительства „укрытия” (обычно называемого „саркофагом”), предназначенного для предупреждения утечки радиоактивных материалов и загрязнения окружающей среды



ческих групп среди жителей города могли достигать  $0,1$  Гр по внешнему облучению и приблизительно  $1$  Гр по бета-излучению на кожу.

Следует подчеркнуть, что подавляющее большинство населения г. Припять и, в первую очередь, дети подверглись облучению в гораздо меньших дозах, чем максимально оцененные. Сразу после начала аварии населению было рекомендовано сократить время пребывания вне помещений, не открывать окна. 26 апреля любые занятия на открытом воздухе во всех детских учреждениях города были запрещены. Кроме того, во всех детских учреждениях медицинскими бригадами была проведена йодная профилактика. В результате население, находившееся преимущественно в помещениях в дневное время 26 и 27 апреля, подверглось в 2–5 раз меньшему воздействию гамма-излучения по сравнению с уровнями, измеренными на улице. Учитывая вышесказанное, есть основание полагать, что для подавляющего большинства населения г. Припять в качестве вероятных уровней облучения можно принять значения  $15\text{--}50$  мГр по гамма-излучению и  $0,1\text{--}0,2$  Гр по бета-излучению на кожу.

Последующие наблюдения за частотой aberrаций хромосом в лимфоцитах периферической крови, проведенные специалистами Института генетики АН СССР, подтвердили эти оценки. Эти исследования показали, что даже у наиболее критической группы населения города (лица, длительное время находившиеся после аварии на открытом воздухе и активно передвигавшиеся по городу — врачи, работники милиции, городского хозяйства и др.) среднее значение поглощенной дозы, рассчитанное с помощью данного биологического метода, оказалось равным

$0,13 \pm 0,03$  Гр. Кроме того, наблюдалась высокая сходимость использованных методов „биологической” дозиметрии с традиционными „физическими” методами. Анализ попарного сравнения этих доз у 93 человек, принимавших участие в ликвидации последствий аварии, дал среднее значение отношения доз  $0,98$  при величине дисперсии  $0,51$ .

Учитывая продолжавшийся выброс радиоактивных газов и аэрозолей из разрушенного реактора, на основании имевшихся данных и специальных расчетов для всего района радиоактивного загрязнения был сделан вывод о целесообразности дополнительной эвакуации населения из района аварии\*. В результате этих мер общая численность эвакуированных достигла 115 000 человек. Для эвакуированного населения было заново построено 50 поселков, 13 000 домов усадебного типа, выделено 8000 квартир в гг. Киеве и Чернигове.

На этом очень важном этапе проведения мероприятий по защите населения важную роль сыграли принятые в Советском Союзе в качестве нормативного документа критерии\*\* (см. соответствующую таблицу). При разработке этих критериев учитывалось, что наиболее экстренных мер требует защита населения от опасности, связанной с периодом про-

\* Ильин Л.А., Павловский О.А., Саяпин И.П. „Оценка радиационных последствий аварийных ситуаций на АЭС и проблемы безопасности населения”, в кн. *Радиационная безопасность и защита АЭС* под редакцией Ю.А. Егорова, вып. 8, М., Энергоатомиздат, 1984, стр. 146.

\*\* Константинов Ю.О. „Критерий для принятия неотложных решений о мерах защиты населения в случае аварии на АЭС”, в кн. *Радиационная безопасность и защита АЭС* под ред. Ю.А. Егорова, вып. 9, М., Энергоатомиздат, 1985.

## Критерии для принятия решений в Советском Союзе о мерах защиты населения в случае аварии реактора

| Характер воздействия   | Уровень воздействия |     |
|--|---------------------|-----|
|  | А                   | Б   |
| Внешнее гамма-излучение (рад)  | 25                  | 75  |
| Облучение щитовидной железы в результате поступления радиоактивного йода в организм (рад)      | 25–30               | 250 |
| Интегрированная концентрация йода-131 в воздухе (мкКи·с/л):                                    |                     |     |
| дети   | 40                  | 400 |
| взрослые   | 70                  | 700 |
| Общее потребление йода-131 с пищей (мкКи)  | 1,5                 | 15  |
| Максимальное загрязнение йодом-131 свежего молока (мкКи/л) либо суточного рациона (мкКи/сутки) | 0,1                 | 1   |
| Начальная плотность выпадения йода-131 на пастбище (мкКи/м <sup>2</sup> )                      | 0,7                 | 7   |

Если облучение или загрязнение не превосходит уровня А, нет необходимости принимать экстренные меры, связанные с временным нарушением нормальной жизнедеятельности населения. Если облучение или загрязнение превосходит уровень А, но не достигает уровня Б, рекомендуется принимать решения с учетом конкретной обстановки и местных условий.

Если облучение или загрязнение достигает или превосходит уровень Б, рекомендуется принимать экстренные меры, обеспечивающие радиационную защиту населения: немедленное укрытие населения в помещениях; ограничение пребывания на открытой местности; с учетом конкретной обстановки оперативная организованная эвакуация; проведение йодной профилактики; запрещение или ограничение употребления в пищу загрязненных продуктов; перевод молочно-продуктивного скота на незагрязненные пастбища или фуражные корма.

хождения облака аварийного выброса: ингаляционная опасность и опасность внешнего облучения. Менее экстренными являются мероприятия по предотвращению загрязнения молока и потребления его в пищу. Различные меры по защите населения оказываются неравнозначными и с точки зрения их возможного неблагоприятного психологического воздействия на население. В связи с этим выбор уровней опасности, дающих основание для принятия решения о тех или иных мерах защиты, должен определяться не только соображениями биологического риска, связанного с облучением, но и следующими факторами: масштабом опасности, относительной экстренностью мер защиты, степенью определенности в оценке складывающейся радиационной обстановки, реальными возможностями своевременного выполнения мероприятий, неблагоприятным психологическим эффектом и риском для здоровья населения, которые могут возникнуть при реализации данного мероприятия. С учетом перечисленных факторов для такой меры как эвакуация людей, связанной с внешним гамма-облучением человека, было призна-

но целесообразным руководствоваться в основном уровнями, близкими к порогу дозы, при котором уже может сказываться воздействие облучения на организм человека. По внутреннему облучению щитовидной железы за счет ингаляции изотопов йода за верхнюю границу критерия было решено взять такой уровень дозы, при котором, согласно клиническим и экспериментальным данным, можно ожидать серьезных неблагоприятных эффектов для индивидуума.

Взяв за основу отечественный и зарубежный опыт оценки воздействия радиации на организм человека, было решено в качестве нижнего уровня воздействия (уровень А в таблице), при котором целесообразно принимать экстренные меры, связанные с временным нарушением нормальной жизнедеятельности населения, принять 0,25 Гр по внешнему облучению тела человека и 0,25–0,3 Гр по внутреннему облучению щитовидной железы. Верхний уровень (уровень Б), соответствующий ситуации, при которой выполнение этих мер становится необходимым – 0,75 и 2,5 Гр по дозам облучения всего тела и щитовидной железы соответственно. Нужно отметить, что эти уровни доз достаточно близки к интервалу уровней радиационного воздействия (0,05–0,5 Гр для облучения всего тела и 0,5–5 Гр для облучения щитовидной железы), рекомендованному Международной комиссией по радиационной защите, Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) и МАГАТЭ для принятия решения об эвакуации населения на ранней стадии развития аварии\*. Однако решение об эвакуации населения г. Припять было принято не тогда, когда доза облучения людей достигла или даже превысила уровень А, а в тот момент, когда прогноз радиационной обстановки показал возможность такого превышения. Этого же принципа придерживались и при проведении эвакуации населения из других загрязненных районов, хотя в связи с постоянно менявшейся обстановкой в зоне аварии не удалось добиться, чтобы доза облучения организма всех жителей не превысила уровень А. В отдельных населенных пунктах, расположенных в наиболее загрязненных участках радиоактивного следа (село Толстый лес, Копачи и некоторые другие), значения доз внешнего облучения людей составили 0,3–0,4 Гр, но нигде не достигали величин, соответствующих уровню Б вышеупомянутых критериев. Однако при этих величинах доз внешнего облучения организма человека отсутствует опасность острых, непосредственных соматических эффектов у облученных лиц.

Измерения содержания изотопов йода в щитовидной железе людей, эвакуированных из г. Припять в

\* См. Производные уровни воздействия для применения при контроле за дозами радиационного облучения населения в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации – принципы, процедуры и данные, Серия изданий по безопасности № 181, МАГАТЭ 1986 г. и Аварийные выбросы в ядерной энергетике – практические руководящие принципы для принятия мер по радиационной защите населения, Серия региональных публикаций ВОЗ, Европейская серия № 21, Копенгаген, Европейское региональное бюро ВОЗ, 1987 г.





близлежащие пункты Полесского района, показали, что у 97 % обследованных содержание йода в щитовидной железе обусловило дозу менее 0,3 Гр, у 2 % — дозу в интервале 0,3–1 Гр и в менее 1 % случаев — дозу на уровне 1,1–1,3 Гр. Здесь сыграла свою положительную роль йодная профилактика, а также введение ограничения на потребление молока от коров, находящихся в личном пользовании. Эти данные подтверждают измерения содержания йода в щитовидной железе у жителей г. Припять, эвакуированных в г. Белая Церковь, где возможность потребления загрязненных йодом-131 пищевых продуктов была резко ограничена. По результатам измерений, проведенных 7 мая 1986 г., у большинства обследованных дозовые нагрузки на щитовидную железу составили 0,015–0,25 Гр, и лишь у нескольких детей возраста 3–8 лет содержание йода-131 в щитовидной железе составило 0,17–0,25 МБк (мегабеккерель или  $10^6$ ), что обусловило поглощенную дозу в этом органе на уровне 1,5–2,2 Гр. Примерно такое же распределение населения по дозам облучения щитовидной железы за счет ингаляции было характерно и для жителей других населенных пунктов, эвакуированных из зоны аварии.

Летом 1986 г. в целях профилактики весь детский контингент из зоны эвакуации (более 27 000 человек) в централизованном порядке был вывезен в оздоровительные учреждения страны. За детьми, у которых расчетная величина доз облучения щитовидной железы до полного выведения изотопов йода превысила 0,3 Гр, было установлено постоянное медицинское наблюдение. В целом йодной профилактикой было охвачено 5,4 млн. человек, из них 1,7 млн. детей. Кроме этой неотложной меры, на основании обоб-

щения отечественных и зарубежных данных об эффективности других мероприятий по защите населения в районах, прилегающих к месту аварии, был осуществлен комплекс профилактических и защитных мер, позволяющих резко снизить дозы внешнего и внутреннего облучения людей\*. Подробное описание этих мер и их эффективности в реальных условиях ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС будет дано ниже.

## Оценка долгосрочных последствий

Обобщение информации, поступившей из различных районов Европейской части Союза, показало, что влияние радиоактивных выбросов при аварии на Чернобыльской АЭС сказалось на радиационной обстановке не только вблизи станции, но и на значительных расстояниях от нее. С целью оценки долгосрочных радиологических последствий аварии на Черно-

\* Серия изданий по безопасности № 55, *Планирование защитных мер за пределами площадки в случае радиационных аварий на ядерных установках*, рекомендации МАГАТЭ (1981 г.); *Радиоактивный йод в проблеме радиационной безопасности*, Ильин Л.А., Архангельская Г.В., Константинов Ю.О., Лихтарев И.А., под ред. Л.А. Ильина, Атомиздат, Москва, 1982 г. (на русском языке); *Основы защиты организма от воздействия радиоактивных веществ*, Ильин Л.А., Атомиздат, Москва, 1977 г. (на русском языке); „Сельскохозяйственная продукция как источник радионуклидов и некоторые принципы организации сельского хозяйства вблизи ядерно-энергетических предприятий”, Алексахин Р.М., Корнеев Н.А., Паптелев Л.И., Шуховцев Б.И., в кн. *Радиационная безопасность и защита АЭС* под ред. Ю.А. Егорова, вып. 9, Энергоатомиздат, Москва, 1985 г., стр. 70 (на русском языке).

быльской АЭС вся территория Советского Союза была поделена на 20 регионов, в соответствии с общепринятым делением его на экономические районы . . . (см. карту).

Анализ результатов расчетов по каждому из 20 экономических районов и Советскому Союзу в целом показал следующее:

- Роль внешнего облучения от радиоактивного облака невелика — 2,5 и 0,8 % от общей коллективной дозы облучения населения страны за первый год после аварии или за жизнь человека. Для областей, расположенных вблизи Чернобыльской АЭС, вклад этого фактора несколько выше, в связи с дополнительной дозой облучения, полученной эвакуированным из 30-км зоны вокруг станции населением.

- Внутреннее облучение организма за счет ингаляции радиоактивных веществ также создает малую часть дозы облучения населения страны (4,5 и 1,4 % для годовой и пожизненной дозы). Основным дозообразующим нуклидом в этом случае является йод-131, а критическим органом, получающим максимальную дозу облучения, — щитовидная железа. Следует отметить, что средние дозы облучения населения Белоруссии за счет этого фактора составили: 4,3 мГр для младенцев (возраст 1 год), 3,7 мГр для детей возраста около 10 лет и 5,0 мГр для взрослых. Для других регионов страны эти дозы существенно ниже.

- Внешнее облучение от выпавших на местность радиоактивных веществ, с учетом всех осуществленных и намечаемых к проведению в будущем мероприятий, становится основным дозообразующим фактором для населения Советского Союза. Его относительный вклад в ожидаемую дозу облучения людей с 53 % в первый год после аварии возрастает до 60 %. Нужно отметить, что вклад дозы внешнего облучения населения страны за первый год после аварии составляет 26,7 % от ожидаемой дозы облучения людей. Из этих 26,7 % на долю йода-131 и других короткоживущих нуклидов приходится 20,2 %, а оставшиеся 6,5 % практически поровну (3,5 и 3,0 %) распределяются между цезием-134 и цезием-137. В пожизненной дозе, естественно, основную роль будет играть цезий-137 — его вклад в общую дозу внешнего облучения людей от радиоактивных выпадений на поверхность земли составляет 70 %. При расчетах доз от цезия-137 на ближайшее и отдаленное будущее учитывалась динамика изменения общей численности, а также доли городского населения в отдельных регионах страны. Следует отметить, что существенную роль в снижении доз внешнего гамма-облучения, особенно в районах, расположенных на небольшом удалении от Чернобыльской АЭС, сыграли дезактивационные работы. Дезактивация более 600 населенных пунктов, снятие и последующее захоронение загрязненного грунта, осуществленное на значительных площадях пылеподавление, асфальтирование или засыпка гравием, щебнем, песком или чистым грунтом загрязненных участков территории, выделение зон отчуждения и ограничения производственной деятельности и другие подобные меры позволили снизить средние дозы облучения людей в этих районах в 2–3 раза.

- Внутреннее облучение людей за счет перорального поступления радиоактивных веществ в организм оказалось наиболее „управляемым“ фактором радиационного воздействия. Основными дозообразующими нуклидами для данной аварии оказались йод-131, цезий-134 и цезий-137. До Чернобыльской аварии в Советском Союзе, как и в других странах, действовали нормы лишь в отношении допустимого годового поступления радиоактивных веществ с пищевыми продуктами. Кроме того, был установлен уровень допустимой концентрации нуклидов в питьевой воде. Содержание нуклидов в отдельных видах пищевых продуктов не регламентировалось. На случай аварии были предусмотрены нормативы для критического продукта (молока коров) и наиболее важного при аварии нуклида — йода-131.

### Нормы допустимого содержания радиоактивности в пищевых продуктах

После аварии на Чернобыльской АЭС возникла необходимость оперативного решения вопросов, связанных с бракеражем и запрещением потребления конкретных видов пищевых продуктов. Поскольку в первое время основную опасность представлял йод-131, поступающий к человеку в весенне-летний период преимущественно с молоком, а также с листовой зеленью, непосредственно после аварии были введены в действие нормы допустимого содержания йода-131 в молоке и молокопродуктах (творог, сметана, сыр, масло), а также в столовой листовой зелени. Нормативы были рассчитаны таким образом, чтобы облучение у детей щитовидной железой не превысило 0,3 Гр. Это условие соблюдалось при допустимом содержании йода-131 в молоке на уровне до 3,7 кБк/л. Аналогичный норматив был введен в Англии в 1957 г. после аварии в Уиндскейле. Кроме того, были введены нормативы допустимого содержания йода-131 в мясе, птице, яйцах, ягодах, лекарственном сырье. Во второй половине мая 1986 г. были получены данные, указывающие в связи с распадом йода-131 на возрастающую роль в загрязнении мяса и ряда других пищевых продуктов цезия-137 и цезия-134, а также сведения о наличии в них изотопов редкоземельных элементов. В этот период для проведения широкомасштабных работ по дозиметрическому контролю и бракеражу пищевых продуктов потребовались нормативы, допускающие контроль с использованием простейшей аппаратуры, другими словами — нормативы, регламентирующие содержание суммарной бета-активности. Такие нормативы были утверждены Министерством здравоохранения СССР 30 мая 1986 г. Они сохраняли определенную преемственность с более ранними нормативами от 8 до 12 мая, охватывали более широкий набор продуктов и отражали изменения радиационной обстановки, зафиксированные на конец мая. Допустимая доза облучения всего тела, на основе которой были рассчитаны данные нормативы — 0,05 Зв.

В первые дни и недели после аварии основное радиоактивное загрязнение пищевых продуктов было обусловлено присутствием йода-131. Он появился в молоке коров, выпасавшихся на пастбищах, уже через 2–3 дня после аварии. Уровни загрязнения молока этим радионуклидом на юге Белоруссии, северных районах Украины и областях Российской Советской Федеративной Социалистической Республики (РСФСР), примыкающих к району аварии, достигали в этот период времени 0,04–0,4 МБк/л, т. е. в десятки и даже сотни раз превосходили установленный норматив. В то же время молоко коров, находившихся на стойловом содержании, было менее загрязненным. В каждой из областей, подвергшихся радиоактивному загрязнению, ежедневно проводился анализ сотен проб молока, что позволило получить подробную информацию о загрязнении сельхозпродукции как в отдельных регионах, так и в стране в целом. Анализ этих данных подтвердил логарифмически нормальное распределение концентрации йода-131 в молоке коров и позволил установить, что интегралы концентрации этого нуклида в молоке, поступавшем в централизованную продажу населению, составили для Гомельской области Белоруссии приблизительно 107 Бк·год/л, для Могилевской области Белоруссии — около 230 Бк·год/л, а для других областей и республик — величины в 10, 100 и даже более раз низкие. В то же время необходимо отметить, что в вышеперечисленных областях Белоруссии, например, за 17 мая 1986 г. от 20 до 30 % молока имело концентрацию йода-131 свыше 3,7 кБк/л.

Осуществление всего комплекса мероприятий по контролю за загрязнением молока йодом-131 позволило резко снизить значимость этого фактора в формировании доз облучения людей. Проведенные оценки показали, что по сравнению с районами страны, где эти мероприятия не осуществлялись, ввиду невысоких абсолютных уровней загрязнения молока йодом-131, в наиболее загрязненных регионах удалось добиться снижения индивидуальных доз облучения населения в 5–20 раз. Вообще вклад перорального поступления йода-131 в общую дозу облучения населения страны составил 2,5 % (в Белоруссии — 1,1 %), а максимальные значения индивидуальных доз облучения щитовидной железы были отмечены в Юго-Западном экономическом районе, включающем в себя 13 областей Украины (в том числе Киевскую, Черниговскую, Житомирскую — т. е. областей непосредственно примыкающих к району аварии). В среднем по этому экономическому району эти дозы составили 26 мГр для детей возраста 1 год, 8,2 мГр для детей 10-летнего возраста и 2,6 мГр для взрослых.

Прямые измерения содержания изотопов йода в щитовидной железе людей, осуществленные в первые месяцы после аварии у 330 000 человек (из которых 63 % составили дети), проживавших в непосредственной близости от 30-км зоны эвакуации, показали, что средние величины измеренной в этом органе активности по йоду-131 оказались менее 0,1 МБк. Это соответствует уровням доз примерно в 10 раз большим,

чем приведенные выше средние величины по всему Юго-Западному экономическому району.

Для оценки уровня поступления изотопов цезия в организм человека с загрязненными пищевыми продуктами использовалась информация по загрязненности молока, мяса и овощей во всех регионах Советского Союза. Было показано, что при среднем геометрическом значении для всей страны соотношения между концентрацией цезия-137 в молоке (в Бк/л) и плотностью загрязнения местности (в кБк/м<sup>2</sup>) равном 21, в районах, подвергшихся наибольшему радиоактивному загрязнению, это соотношение было близко к 5. Было также обнаружено, что распределение проб активности цезия-137 в молоке, поступающем в продажу населению, хорошо подчиняется логарифмически нормальному закону со средним геометрическим равным 43 Бк/л для Белоруссии, 30 Бк/л для Юго-Западного экономического района и 12 Бк/л для Центрального экономического района, включающего в себя 12 областей РСФСР. Для цезия-137 в мясе эти величины оказались в 2–4 раза выше. Проведенные в 1986 и 1987 гг. более 300 000 измерений содержания изотопов цезия в организме людей показали, что почти в 80 % случаев активность цезия-137 в теле человека не превосходила 1 кБк, при ожидаемой по модельным оценкам величине на уровне 10–15 кБк. В целом по стране вклад перорального поступления цезия-134 и цезия-137 в формирование дозы за 1 год после аварии составил 13 и 20 % соответственно.

### Оценка воздействия доз цезия в будущем

Более сложным представляется составление прогноза радиационного воздействия изотопов цезия на организм человека в ближайшем и отдаленном будущем. Для подготовки данного доклада было решено использовать значения коэффициентов перехода цезия-137 в основные виды сельхозпродукции, полученные в 1964–1986 гг. на основании анализа данных по мониторингу за загрязнением территории страны продуктами ядерных испытаний. Эти исследования позволили установить, что период полуснижения активности цезия-137 в молоке для территории Советского Союза составляет 8,4 года, т. е. „чистая” почвенная составляющая модели очищения для цезия как химического элемента равна 0,06 год<sup>-1</sup>. Учитывая сказанное, было принято решение, что интегральное поступление цезия-134 и цезия-137 составит 2,5 и 12% от уровней поступления этих нуклидов за второй год после аварии. При расчете коллективных доз также учитывался рост численности населения различных регионов страны, но рацион питания считался неизменным на уровне 1986 г. Это последнее предположение может несколько занижать результаты расчетов, учитывая явно проявляющуюся в последние годы в Советском Союзе тенденцию к росту потребления мясных и молочных продуктов, правда, с довольно заметным снижением годового потребления картофеля и хлеба.

С учетом этих предпосылок, ожидаемая коллективная доза облучения населения страны за счет перорального поступления изотопов цезия оценивается в 117 000 чел.·Зв, из которых на первый год приходится лишь 27 %. Таким образом, основной вклад в эту дозу будут давать второй и последующие после аварии годы, т. е. период времени, когда можно активно управлять формированием дозовых нагрузок на население проведением жесткого контроля за сельхозпродукцией, осуществлением агротехнических мероприятий на загрязненной территории, вплоть до перепрофилирования хозяйств.

В соответствии с руководящими указаниями Госагропрома СССР в 1986 и 1987 гг. в загрязненных районах Украины, Белоруссии и РСФСР осуществлен целый комплекс агротехнических и агрохимических мероприятий, позволяющий получать пригодную для потребления сельскохозяйственную продукцию. На сотнях тысяч гектаров загрязненной территории этих республик была проведена углубленная вспашка с внесением повышенных количеств минеральных удобрений. Ведутся работы по коренному окультуриванию и улучшению лугов и пастбищ. Осуществляются меры по снижению перехода радиоактивных веществ из почвы в растения путем внесения в почву извести, фосфорных, калийных удобрений, а также некоторых сорбентов (цеолит). Проведение этих мероприятий позволило уже в первый год после их применения снизить содержание радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции в 1,5–3 раза. Осуществление в полном объеме всех намеченных Госагропромом СССР, мероприятий, по-видимому, приведет к существенному снижению доз облучения населения страны за счет пищевых факторов.

### Среднепопуляционная ожидаемая доза облучения

В целом, среднепопуляционная ожидаемая доза облучения в Советском Союзе составит около 1,2 мЗв, что при годовом уровне глобального радиационного фона на территории СССР, равном 1 мЗв/год, даст прибавку всего около 2 % к дозе от естественного радиационного фона. Данная величина дозы оказалась примерно в 2–3 раза выше, чем доза облучения населения Венгрии, Швеции и других стран Западной Европы, подвергшихся воздействию аварийного выброса Чернобыльской АЭС.

С учетом всех осуществленных мероприятий основной вклад в ожидаемую дозу облучения населения Советского Союза дает внешнее гамма-излучение выпавших на местность радиоактивных продуктов аварийного выброса (примерно 60 %) и около 38 % — внутреннее облучение организма за счет потребления загрязненных пищевых продуктов. Следует отметить, что в населенных пунктах, где в силу малых абсолютных значений уровней радиации и загрязненности пищевых продуктов защитные меры не проводились, имели место случаи соотношения между дозами внутреннего и внешнего облучения организма человека за 1 год после аварии близкого к

10. Практически во всех населенных пунктах с контролем за загрязненностью сельхозпродукции и бракеражем тех продуктов питания, которые не соответствуют установленным нормативам, соотношение между дозами внешнего и внутреннего облучения людей оказалось близким к 1.

### Составление Всесоюзного регистра

Для проведения долгосрочных медико-биологических наблюдений за населением и персоналом созданы специальные научные центры и осуществляются комплексные научные программы. Одним из основных этапов этих работ является создание Всесоюзного регистра всех лиц, подвергшихся радиационному воздействию. Включению в этот регистр подлежат все лица, проживающие, приехавшие временно, привлеченные для ликвидации аварии и ее последствий организованные контингенты, в последующем их дети и внуки, а также лица, эвакуированные из загрязненных районов. Для формирования регистра составлены регистрационные и дозиметрические карты, которые заполняются для каждого наблюдаемого.

Регистрационная карта включает следующие сведения: фамилию, имя, отчество, дату и место рождения, пол, место жительства, место нахождения в период воздействия, длительность воздействия, анамнестические сведения о состоянии здоровья, беременности к началу воздействия (срок в неделях) и наступившей после начала воздействия, ее исходы, данные о ребенке, причинах смерти (взрослых, детей, новорожденных), принятые меры (госпитализация, йодная профилактика).

В дозиметрической карте фиксируется подробная гигиеническая характеристика района и степень воздействия радиации на человека (загрязненность одежды, обуви, кожных покровов до и после дезактивации). В карту вносятся данные о содержании йода-131 в щитовидной железе, что является дозиметрическим параметром для клинического обследования лиц, проходящих проверку, а также сведения по индивидуальной дозиметрии (измерение биосубстратов, на СИЧе и других приборах).

Заполнение регистрационных и дозиметрических карт проводится местными органами здравоохранения, которые впоследствии направляются в Министерство здравоохранения соответствующей республики и Министерство здравоохранения СССР. Все сведения, зафиксированные в регистрационных картах, будут также вноситься в регистрационный журнал, который должен постоянно храниться по месту обследования. Частота обследований определяется по результатам первичного осмотра и оценки уровня доз. Учитываются меры профилактики и защиты (йодная профилактика, эвакуация, ограниченные поступления радионуклидов в организм ингаляционным и пероральным путем).

В рамках работ по созданию Всесоюзного регистра всеми видами медицинского обследования был ох-

вачен почти 1 млн. человек, из них 700 000 (включая 216 000 детей) с применением углубленных дозиметрических и лабораторных методов исследования. В стационарных условиях обследовано 32 000 человек, из них 12 300 детей.

В 1986 и 1987 гг. непосредственно в районах, подвергшихся радиоактивному загрязнению, бригадами высококвалифицированных специалистов (гематологов, эндокринологов, педиатров, радиологов и др.) был проведен анализ состояния здоровья детского и взрослого контингентов населения, подтвердивший отсутствие отклонений в распределении их по группам здоровья по сравнению с контрольной.

Не установлено различий в структуре заболеваемости и показателях детской смертности в сравнении с данными по медицинской документации за предшествующие аварии 5–6 лет.

Экспертная оценка показала, что течение беременности, родов, послеродового периода у облучившихся женщин не отличалось от такового в контрольных районах и не изменилось сравнительно с годами, предшествующими радиационному воздействию. Средняя масса детей, родившихся в 1986 г. в загрязненных районах, не изменилась. Доля мертворожденных детей не превышала соответствующий показатель в контрольном районе. В Киеве обобщение материалов по всем женщинам, которые были беременны в момент аварии, проводится в Центре охраны материнства и детства. По данным этого Центра можно утверждать, что ни в одном случае рождения ребенка не наблюдалось каких-либо тератогенных эффектов (т. е. эффектов, связанных с воздействием радиации на плод, находившийся в утробе матери в период Чернобыльской аварии).

В результате эндокринологического обследования, проводившегося в указанные выше сроки, не установлено фактов гипотериоза, обусловленного действием радиационного фактора, у новорожденных и их матерей, не отмечено также роста заболеваемости гипотериозом у облучившегося населения.

Анализ многих десятков тысяч гемограмм, исследованных в 1986 и 1987 гг. у жителей загрязненных районов, показал, что частота отклонений показателей крови от средних величин укладывается в нормальную функцию распределения, характерную для практически здоровых людей. Ни в одном из проведенных исследований не было выявлено различий в частоте отдельных изменений в анализах крови у облучившихся лиц по сравнению с контрольной группой.

Подробные обследования 1986 и 1987 гг. показали, что среди детей, подвергшихся облучению, не установлено ни увеличения общей заболеваемости, ни нарастания таких нозологических форм, как пневмония, аллергические и аутоиммунные процессы, врожденные аномалии сердца и сосудов, а также другие заболевания. Анализ инфекционной заболеваемости у населения, проживающего на загрязненных территориях, свидетельствует, что ее уровень и структура отражают общие закономерности, свойственные как данным регионам, так и стране в целом. Сопоставле-

ние показателей онкологической заболеваемости в анализируемых и контрольных районах не выявил существенных изменений. Уровень злокачественных новообразований кроветворной и лимфатической тканей не был повышенным. Среди облучившихся детей в 1986–87 гг. не зарегистрировано ни одного случая лейкоза.

При анализе статистических данных не установлено увеличения обследованных районов. Тем не менее, в результате опроса части обследованного населения установлено, что в ранние сроки после аварии у некоторых из них наблюдалась астеническая симптоматика в виде психической и физической вялости, вегетативных расстройств. На момент обследования у взрослого населения, проживающего в загрязненных районах вне 30-км зоны вокруг Чернобыльской АЭС, отмечался повышенный уровень тревожности, выражавшийся в озабоченности ситуацией из-за опасений за здоровье детей, изменения привычного уклада жизни. Эта напряженность и хроническое состояние стресса ведут у части населения к развитию синдрома радиофобии, и в настоящее время в сложившейся радиационной обстановке могут представлять собой даже большую угрозу для здоровья, чем само облучение.

### Эффективность принятых мер

На основе приведенной выше информации можно утверждать, что систематические обследования состояния здоровья населения и радиационной обстановки в населенных пунктах в зоне радиоактивного загрязнения подтвердили эффективность осуществленных в этих районах профилактических и защитных мероприятий, среди которых следует особо выделить дезактивацию населенных пунктов, вывоз детей и беременных женщин на оздоровительный отдых в летний период, осуществленный повсеместно в 1986 и 1987 гг. регулярный контроль за уровнем загрязненности пищевых продуктов местного производства, перевод молочного скота на незагрязненные пастбища или корма, запрет потребления загрязненных пищевых продуктов. Все эти меры позволили значительно снизить дозовые нагрузки на население, доведя их в среднем по наиболее загрязненным районам Гомельской, Киевской, Брянской и Могилевской областей до 10–15 мЗв, из которых менее 50% обусловлено внутренним облучением людей изотопами цезия-134 и цезия-137. Только у 0,5–1% обследованных людей дозы внутреннего облучения превысили 50 мЗв. Как показали дополнительные исследования, высокие уровни содержания изотопов цезия в организме этой последней группы людей объясняются игнорированием ими запретов на потребление загрязненных продуктов из собственного хозяйства. В этой группе, в основном состоящей из пенсионеров, оказались и некоторые молодые люди (механизаторы, животноводы), демонстративно пренебрегавшие предписаниями местных органов здравоохранения о