

Взгляд ученых на последствия чернобыльской аварии

Доклады, представленные на тематических заседаниях Международной конференции, состоявшейся в Вене через десять лет после аварии в Чернобыле чернобыльской аварии

Доклад г-жи М. Драйсер, Соединенные Штаты Америки, выступившей в роли докладчика, и академика Рудольфа Алексахина, Институт сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии, Обнинск, Российская Федерация, заместителя председателя тематического заседания 5: "Последствия для окружающей среды".

Общественность и руководители, принимающие решения, часто задают вопрос: "Каково мнение специалистов об ущербе окружающей среды в результате чернобыльской аварии и что может произойти в будущем?"

Однозначный ответ на этот вопрос получить трудно, так как загрязнение окружающей среды имеет весьма неодинаковые уровни, отсутствуют общие единицы измерения, которые могли бы отразить различные последствия для окружающей среды, и имеются самые разные толкования этих последствий. В сфере радиационной защиты традиционно считается, что естественная среда защищена, если защищен человек. Так, в большинстве случаев последствия рассматриваются исключительно с точки зрения воздействия на человека. Именно по этой причине в течение последних десяти лет наиболее интенсивно изучались самые эффективные способы ограничения естественных путей переноса радионуклидов в окружающей среде (так называемые контрмеры). Помимо получения информации, имеющей важное значение для разработки стратегии радиационной защиты загрязненных в результате аварии территорий, были достигнуты успехи в фундаментальных исследованиях по радиоэкологии.

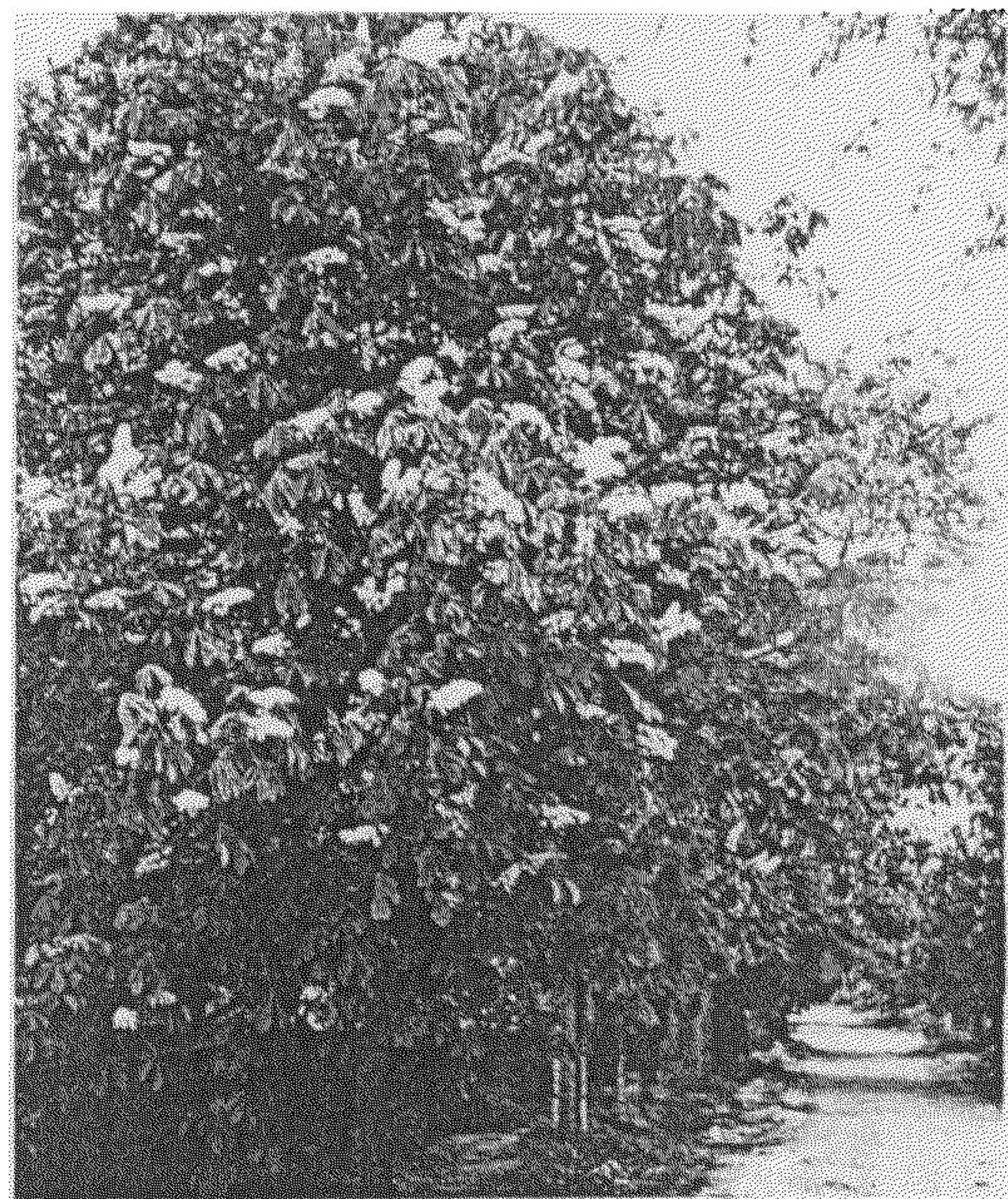
Представленные здесь данные являются кратким изложением последних оценок первоначальных выбросов в окружающую среду в результате чернобыльской аварии, наблюдаемого вредного воздействия высоких уровней излучения на растения и животных вблизи места аварии и переноса радионуклидов в окружающей среде.

Новые оценки радиоактивных выбросов. В общих чертах было достигнуто согласие в отношении различающихся оценок первоначального выброса радиоактивных веществ в окружающую среду в результате аварии. Большую часть выброса составляли короткоживущие радионуклиды. Выброс в окружающую среду некоторых радиологически значимых радионуклидов (йод-131, цезий-134 и цезий-137) оценивается теперь в два-три раза выше, чем в 1986 г., а именно 2 эксабеккереля (ЭБк), 50 петабеккерелей (ПБк) и 90 ПБк, соответственно. Однако переоценки названных источников не повлияли на оценки индивидуальных доз, которые были сделаны на основании измерений в окружающей среде или облучения всего тела на загрязненных территориях. Общее количество радиоактивных веществ, еще остающихся в окружающей среде спустя десять лет, составляет около 80 ПБк долгоживущих радионуклидов, в основном цезия-137 и стронция-90, или примерно 1% от суммарного выброшенного количества (см. таблицу на след. стр.).

Общий характер загрязнения этими долгоживущими радионуклидами на протяжении последних десяти лет остается в принципе неизменным и характеризуется относительно небольшим вторичным переносом вещества. Одним из факторов, отличающих эту аварию от выпадений радиоактивных веществ в результате ядерных взрывов, является выброс из реактора горячих частиц топлива. Уже вблизи реактора начинается дезинтеграция этих частиц, и для оценки их конечного распределения в окружающей среде нужны дальнейшие исследования.

Прямое воздействие на растения и животных. Наиболее высокие дозы были получены растениями и животными непосредственно после аварии в зоне вокруг реактора с радиусом 30 км. В некоторых местах уровни загрязнения, как правило, достигали нескольких десятков мегабеккерелей (МБк) на квадратный метр (тысяч Кн/км²), и соответственно дозы внешнего облучения от короткоживущих радионуклидов, полученные растительностью и мелкими животными в первый месяц, должны были составить порядка нескольких десятков грэс (Гр). К осени 1986 г. мощность дозы на поверхности почвы снизилась в 100 раз по сравнению с первоначальными значениями.

для общества, здоровья и окружающей среды



Вверху: Цветущий каштан в пределах 30-километровой зоны.
Справа: На территории вблизи Чернобыльской АЭС, виднеющейся на горизонте, после аварии были вырублены леса, подрастают новые деревья. (Предоставлено: Эрик Войс)

Сообщения о непосредственном радиационном поражении растений и животных касались только локальных участков в пределах 30-километровой зоны. В естественной окружающей среде высокими дозами облучились различные организмы, и дозы, полученные некоторыми радиочувствительными экосистемами, оказались для них летальными. Такому губительному воздействию подверглись хвойные леса на близлежащих территориях и некоторые мелкие млекопитающие.

Тяжелое прямое действие высоких доз излучения наблюдалось у некоторых отдельных животных, но это не обязательно повлияло на изменение общего состояния здоровья популяции. Например, коровы, которые паслись на загрязненных пастбищах вблизи реактора в первые дни после аварии, получили дозы на щитовидную железу в пределах сотен Гр, что привело к атрофии и общему некрозу щитовидной железы. В случае других экосистем, отдельных растений и животных летальных эффектов не наблюдалось.

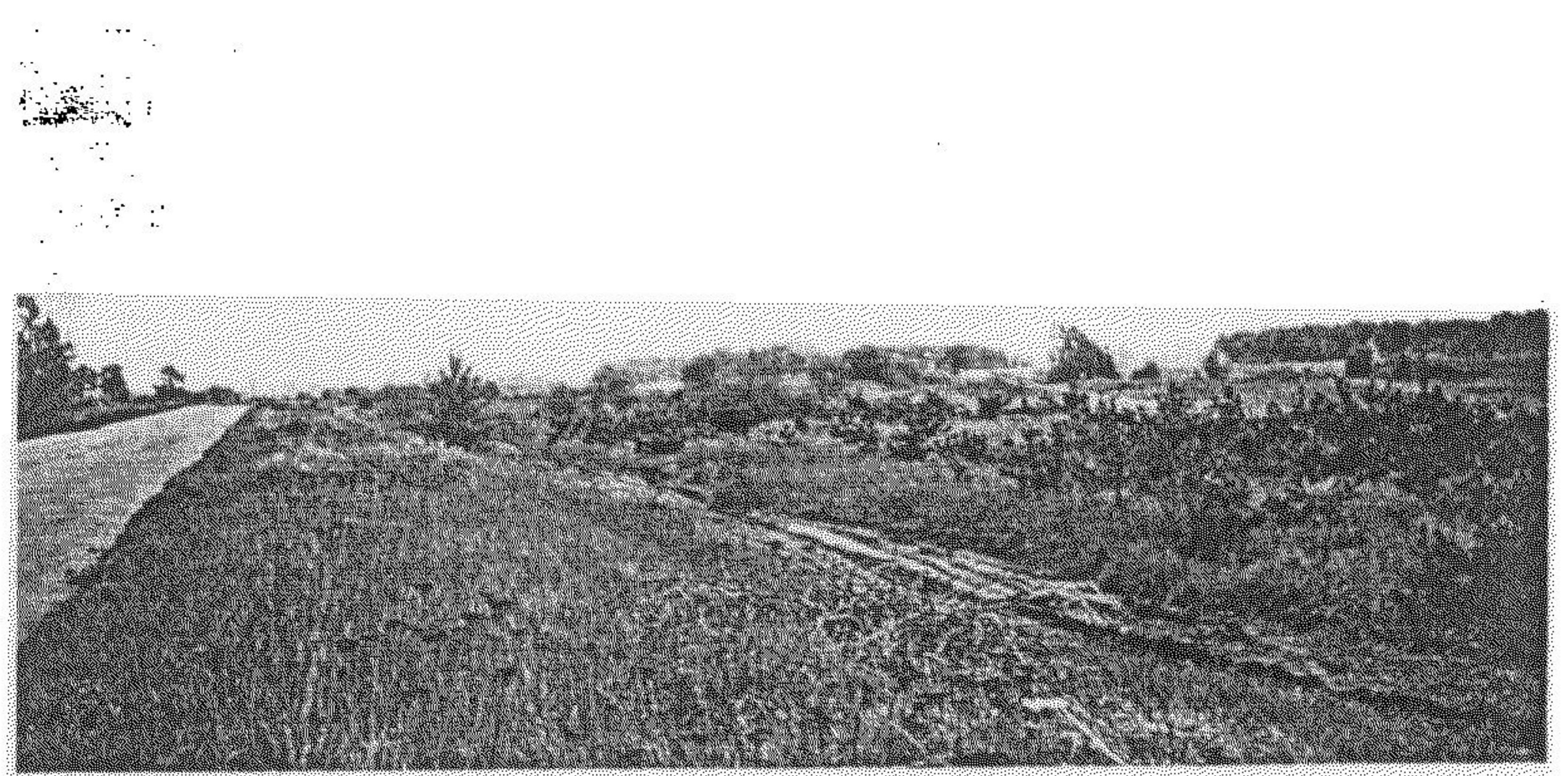
В большинстве случаев пораженные излучением популяции растений и животных возвращались к нормальному состоянию по истечении нескольких лет. Примером может служить территория площадью 3 000 га вокруг станции: к 1988–1989 годам

Остаточные радиоактивные вещества в глобальной окружающей среде в результате чернобыльской аварии в апреле 1986 года

Значимый радионуклид	Выброс в 1986 г. (ПБк*)	Остаточный уровень в 1996 г. (ПБк)	Уровень в 2056 г. (ПБк)
I-131	200–1700	0	0
Sr-90	8	6	1,5
Cs-134	44–48	1,6	0
Cs-137	74–85	68	17
Pu-238	0,03	0,03	0,02
Pu-239	0,03	0,03	0,03
Pu-240	0,044	0,044	0,03
Pu-241	5,9	3,6	0,2
Am-241**	0,005	0,08	0,2

* 1 ПБк = 10^{15} Бк. Оценка выброса на 26 апреля 1986 года, день аварии, с коррекцией на распад.

** Активность америция-241 в 1996 году возросла по сравнению с 1986 годом, поскольку он является дочерним продуктом плутония-241 (период полураспада 14 лет). Такое увеличение должно учитываться во всех радиологических прогнозах; однако дозы от америция-241 не превышают нынешние дозы, получаемые от других радионуклидов.



пораженные хвойные леса восстановили свои репродуктивные функции, и сегодня представляется вероятным, что они восстановятся полностью. Хроническое облучение на некоторых участках в пределах 30-километровой зоны отчуждения, возможно, привело к снижению репродуктивности животных некоторых видов, но другие пораженные популяции животных, по-видимому, уже восстановились. Влияние наблюдаемых изменений на здоровье отдельных популяций в долгосрочной перспективе в настоящее время определить трудно.

В средствах массовой информации в 1988–1989 годах сообщалось о тяжелых врожденных дефектах у сельскохозяйственных животных за пределами 30-километровой зоны, однако было уста-

новлено, что частота дефектов, о которых сообщалось, была сходна с частотой, наблюдавшейся на сильно загрязненных и незагрязненных территориях Украины, что позволило прийти к выводу, что указанные дефекты не были следствием увеличения доз облучения. Новых сообщений о тяжелых последствиях, наблюдавшихся у сельскохозяйственных животных, не имеется.

Было несколько сообщений о передававшемся по наследству повреждении митохондриальных хромосом на территориях с высокой мощностью дозы, но имеются другие данные, подтверждающие общее восстановление от радиационного поражения. На сегодняшний день нет единой точки зрения о возможности долговременных наследственных нарушений у растений и животных на тех территориях, где были отмечены очень большие дозы.

Спустя десять лет основными источниками хронического облучения в малых дозах являются остающиеся радионуклиды цезия. Доза внешнего облучения в отдельных местах еще может быть порядка 1 мГр в сутки; однако представляется, что даже в пределах 30-километровой зоны происходит восстановление природной окружающей среды. В связи с переселением людей из этой зоны произошли некоторые изменения в количестве и разнообразии животных и растений, но эти изменения являются следствием перемен в землепользовании, а не действия излучения. Размеры некоторых естественных популяций намного увеличились вследствие отсутствия вмешательства человека. Для большей части загрязненных территорий не было обнаружено данных, подтверждающих исчезновение каких-либо видов растений или животных, за исключением глубоких изменений в тех экосистемах, где деятельность по дезактивации включала удаление верхнего слоя почвы.

Загрязнение окружающей среды. В полуприродной окружающей среде ключевыми факторами, влияющими на миграцию радионуклидов из верхних слоев почвы в растения, в луговых экосистемах являются глина, содержание органических веществ в почве и влага. В целом сейчас наблюдается медленная и постоянная скорость миграции, и ожидается, что она сохранится в ближайшие десятилетия, даже если в почве снизится уровень радиоактивных веществ. Перенос стронция-90 происходит быстрее, чем цезия-137, а влияние различий в типах почвы одинаково. Такая скорость переноса имеет важное значение при решении вопроса о возможности длительного использования лугов под выпас.

Сейчас почти все загрязнение в лесных экосистемах обнаруживается в верхнем слое почвы. В деревьях вследствие переноса из почвы через корни радиоактивный цезий концентрируется в новых кольцах роста. Это не создает особых проблем, но будет приводить к увеличению концентрации цезия-137 в древесине. Пока не найдено эффективных с точки зрения стоимости защитных мер для уменьшения такого переноса.

Повышенное содержание цезия-137 в течение последующих десятилетий будет наблюдаться у диких животных, которые находятся на подножном корму на полуприродных пастбищах, в лесах или на возвышенностях, а также в употребляемых человеком в пищу дарах природы, таких как ягоды и

грибы. Такая пища еще может быть загрязнена выше строгих допустимых уровней, принятых в Беларуси, Украине и России, а также в североевропейских странах и Соединенном Королевстве. Имеющийся на этих территориях цезий-137 будет переноситься в пищевые продукты в течение более длительного времени, чем в сельскохозяйственной среде.

Имеются данные, что эффективное проведение начиная с 1986 года радиозащитных мероприятий в сельскохозяйственной среде значительно уменьшило содержание цезия и стронция в продуктах. Уровень загрязнения, тип почвы, почвенная влага и вид возделываемой сельскохозяйственной культуры являются важными факторами, влияющими на перенос. В зависимости от типа почвы, например, коэффициент переноса из травы в молоко может различаться в несколько сотен раз; это явно показывает, что эффективное применение указанных мер во многом зависит от местных условий. Относительно простыми, недорогостоящими и успешными радиозащитными мероприятиями (контрмерами) в сельском хозяйстве являются: глубокая вспашка почв, подвергшихся поверхностному загрязнению; внесение удобрений или других химикатов в пахотные земли; смена вида возделываемой культуры; изменение режима кормления и времени забоя крупного рогатого скота; применение насыщенных "берлинской лазурью" брикетов соли-лизунца и болюсов для снижения переноса цезия в организм сельскохозяйственных животных; перевод животных на незагрязненные пастбища (*см. соответствующую статью в данном выпуске, стр. 38*).

Установлено, что водные экосистемы очень устойчивы к радиоактивному загрязнению, которое постепенно концентрируется в отложениях. Даже в бассейне-охладителе Чернобыльской АЭС были поражены лишь отдельные популяции, и не было обнаружено долговременных прямых последствий облучения. Количество радиоактивных веществ, попавших в пресноводные экосистемы, было небольшим по сравнению с их общим количеством. Уровень активности на поверхности воды резко снизился в течение одного месяца после аварии. Вопреки общественному мнению, уровни загрязнения водоемов в настоящее время значительно ниже тех критериев, которые определяют ухудшение качества воды. Однако рыба может накапливать радионуклиды, и в некоторых местах (даже в таких удаленных странах, как Швеция) могут потребоваться защитные контрмеры.

Выводы. Можно сделать вывод, что при высоких уровнях излучения в природной окружающей среде были обнаружены кратковременные последствия на территориях с высокой мощностью дозы, однако наличие значительных долговременных воздействий предстоит еще выяснить; для снижения попадания радиоактивных веществ из окружающей среды в организм человека могут быть приняты эффективные контрмеры, однако они сильно зависят от местных условий, и необходимо проводить оценку целесообразности их применения. В случае надлежащего осуществления контрмер в сельском хозяйстве основным источником получения доз облучения в дальнейшем будут сбор продуктов питания и отдых в природных и полуприродных экосистемах.

СОЦИАЛЬНЫЕ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Доклад Бритт-Мари Дроттц-Шёберг; Центр исследования риска, Швеция, председателя тематического совещания 4: "Другие связанные со здоровьем последствия: психологические последствия, стресс, страх", и Г.М. Румянцевой, Центр общей и судебной психиатрии им. Сербского, Москва; А.И. Нягу, Институт радиационной медицины, Киев, Украина; и Л.А. Агеевой, Институт социологии, Минск, Беларусь*.

О существование совместного исследовательского проекта-2 — на основе сотрудничества исследователей из европейских стран и стран Содружества Независимых Государств (СНГ) при финансовой поддержке Европейской комиссии — было начато в 1991–1992 годах и закончено в 1995 году. Часть этого исследования была посвящена социальным и психологическим воздействиям чернобыльской аварии.

Описанию реакции людей на чернобыльскую аварию среди непосредственно пострадавших от нее людей, т. е. людей, живущих на территориях с разными уровнями загрязнения, и людей, переселенных из-за аварии, было посвящено несколько исследований. Такие группы сравнивались с контрольными группами людей, живущих на радиологически не пострадавших территориях. Опросы и обзорные исследования проводились с целью выяснения психологических реакций, в том числе стрессов, личных переживаний, общих настроений и осознания риска, связанного с различными типами опасности. Они также учитывали, например, степень доверия к источникам информации, самостоятельно полученные знания об излучении, осознание уровня радиоактивного загрязнения жилых помещений и уровень жизни. В ходе исследования было опрошено около 5 000 человек.

Результаты предыдущих исследований показали, что связанные с чернобыльской аварией психологические проблемы не убывают со временем. Среди людей, подвергавшихся реальным рискам, связанным с облучением, и переселенцев часто отмечались наиболее высокие значения риска. Ответы на вопрос о возможности защитить себя от радиоактивного загрязнения были абсолютно пессимистическими. Однако люди проявляли интерес к расширению своих знаний об излучениях и радиоактивном загрязнении. Они выражали тревогу по поводу опасности для здоровья радиоактивного загрязнения; беспокойство было также связано с трудностями повседневной жизни. Последнее усугубляло состояние стресса. На загрязненных



* Настоящее резюме основано на докладе г-жи Дроттц-Шёберг, Г.М. Румянцевой; П.Т. Аллена, Институт Робенса, Университет проф. Суррей, Соединенное Королевство; Х.В. Архангельской, Институт радиационной гигиены, Санкт-Петербург, Россия; А.И. Нягу; Л.А. Агеевой и В. Прилипко, Институт радиационной медицины, Киев, Украина. Доклад был представлен на конференции "Радиологические последствия чернобыльской аварии", состоявшейся в Минске 18–22 марта 1996 года.

Внутри 30-километровой зоны; некоторые местные жители, эвакуированные после аварии в 1986 году, вернулись в свои дома вблизи Чернобыля, чтобы провести там остаток жизни. Другие, которых переселили на новое местожительство, не вернулись, покинув свои бывшие дома, усадьбы и фруктовые сады. (Предоставлено: Эрик Войс)

территориях, кроме того, действовали факторы, характерные для среды с облучательным воздействием, например знание уровня собственного облучения приводило к снижению стресса.

Подобным образом стресс снижался у тех людей, которые верили, что они могут влиять на величину получаемой дозы. Кроме того, как показали результаты, вероятность получения более высоких доз по сравнению с другими увеличивалась у людей, веривших в предопределенность судьбы. Наименьшие страдания испытывали люди, которые переселялись добровольно и находили переселение оправданным. Те, кто переселялся недобровольно и не считал переселение оправданным, реагировали болезненнее всех. Доверие к различным источникам информации было предельно низким, но иностранным экспертам доверяли больше, чем местным, и органам здравоохранения верили больше, чем различным органам власти.

У людей, больше полагавшихся на средства массовой информации, также отмечалось большее каждодневное беспокойство. Выборочный анализ российских, украинских и белорусских газет в различные периоды времени показал, что, как правило, большая часть всех статей была написана журналистами. Материалы, представленные экспертами и специалистами и полученные из авторитетных источников, публиковались гораздо реже, но они появились в 1986 году и затем снова в период с 1989 по 1990 год. Другой общей особенностью было то, что содержание газетных материалов в 1986 и 1987 годах носило, как правило, успокаивающий характер. Эмоционально окрашенные материалы стали чаще появляться начиная примерно с 1990 года. Публикация материалов с искажением фактов примерно в 1990 году интерпретировалась как отражение неопределенной политической обстановки во время распада СССР и избирательных кампаний.

В ходе исследований было также обнаружено, что население по-разному реагировало на аварию и испытывало разные нужды с течением времени. Различия между непосредственно пострадавшими группами населения и другими людьми, по-видимому, еще больше возрастают. В ближайшем и несколько более отдаленном будущем, вероятно, тем и другим потребуется информация о состоянии проблемы, будут нужны рекомендации по поведению и соответствующее медицинское обслуживание.

Полученные нами данные показывают, однако, что в долгосрочном плане важное значение имеет готовность к появлению новых нужд в связи с проведением радиозащитных мероприятий (контрмер), например, переселением. Результаты исследований позволяют предположить, что добровольное принятие решений или личный выбор приводят к меньшим психологическим травмам. В России стратегия переселения, по-видимому, изменила психологический настрой и снизила стресс. Политика была направлена на постепенное осуществление переселения на добровольной основе в течение

продолжительного времени, что сопровождалось предоставлением значительных финансовых льгот и содействовало развитию социальной инфраструктуры. Что касается организации медицинского обслуживания, то подготовка к немедленному и крупномасштабному медицинскому скринингу может быть необходима сразу же после радиационной аварии, но в среднесрочном плане стратегия может включать принятие других мер помимо выполнения обязательных правил, например предоставление консультаций или услуг для определения индивидуальных доз облучения или уровня заражения пищевых продуктов. При длительном управлении рисками для здоровья могли бы учитываться нужды пораженных групп и групп риска.

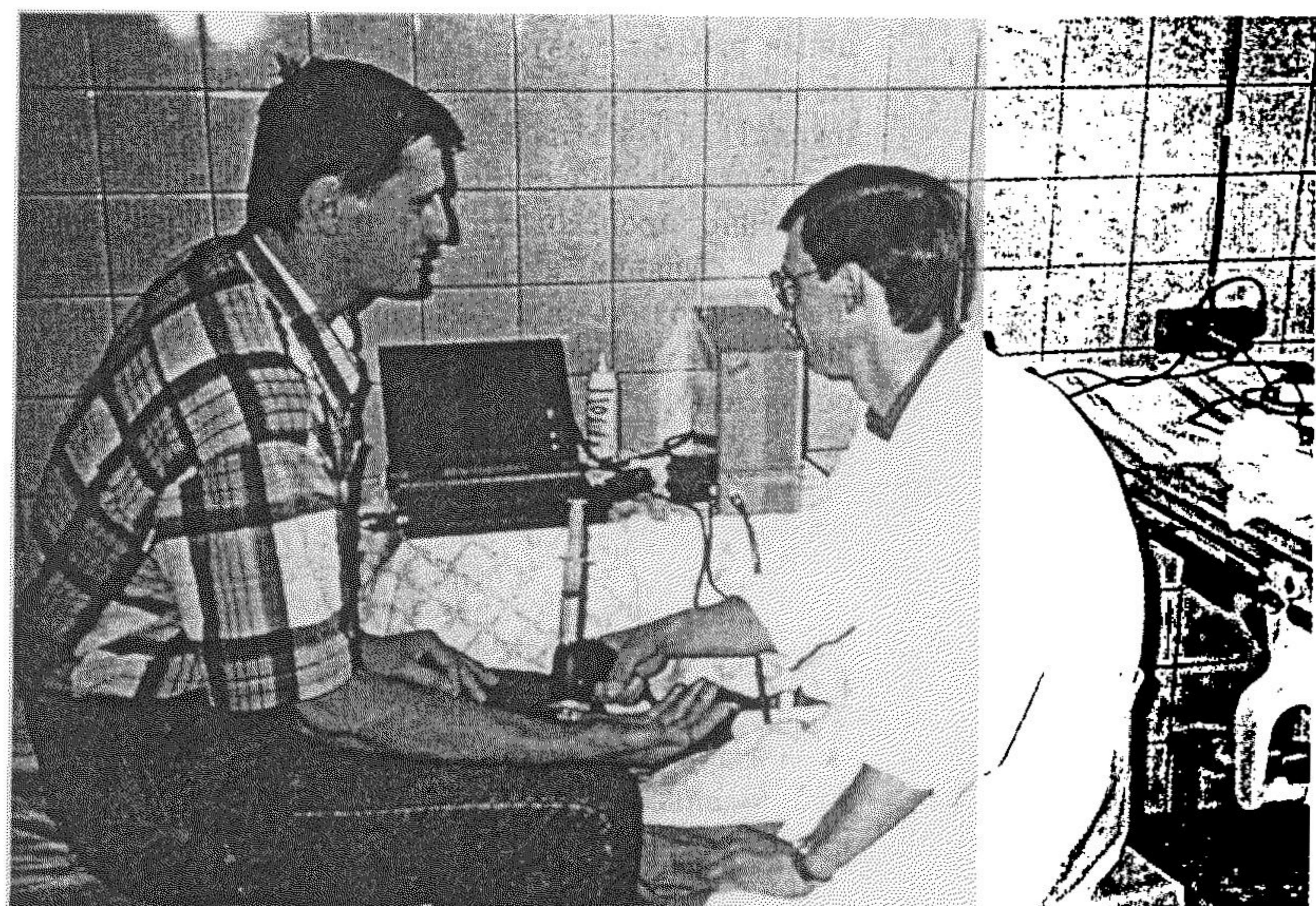
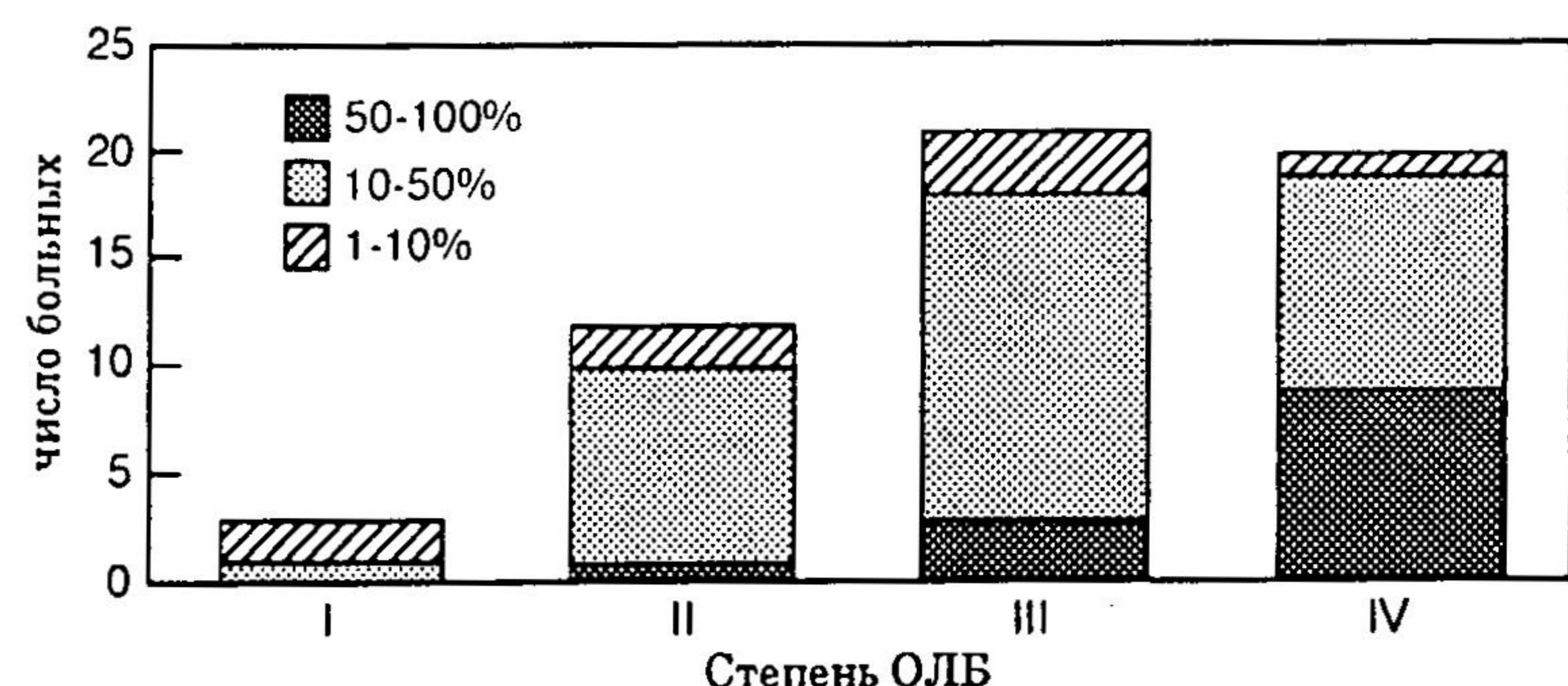
Аналогичным образом, представляется, что стратегии финансовой поддержки и предоставления компенсаций очень важны вначале и в среднесрочном плане, однако в длительной перспективе такие меры бесполезны, так как могут привести скорее к зависимости, чем к достижению самостоятельности. Один из уроков переселения, который редко учитывается, связан с недостатком информации о тех местных сообществах людей, которые принимают новоселов, и их поддержке. Несмотря на то что переселенцам, как правило, предоставляется новое жилье, у них могут возникать коллизии с местными жителями. Благополучие местных сообществ могло бы возрасти, если бы долгосрочная программа управления рисками включала учет общих местных ресурсов и предоставление помощи на общие нужды.

Результаты исследований нужно связать с изменениями, произшедшими в связи с началом политики перестройки и гласности и возрастанием социальной нестабильности в середине 80-х и начале 90-х годов. Чернобыльская авария отделяет просуществовавшую более 70 лет социальную систему от нового времени. Поэтому она надолго оставит глубокий след у людей. Реакция населения на радиологическую аварию может иметь длительные эмоциональные, социальные и экономические последствия для данного сообщества людей или общества в целом. Если такие последствия будут лучше изучены, это будет способствовать улучшению управления рисками, их эффективному снижению, оптимальному использованию финансовых средств и избавлению от ненужных страданий. Наши эмпирические исследования содействуют получению новой информации и знаний благодаря широкомасштабным исследованиям и детальному анализу конкретных групп. Изучение контрольных групп проводилось для корректировки основных социальных и политических изменений. Проект также показал возможность изучения личных переживаний людей, что будет содействовать удовлетворению конкретных нужд и планированию на будущее. В ходе исследования были получены дополнительные знания благодаря международному сотрудничеству и обмену опытом и информацией.

КЛИНИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ МБI

Доклад Герарда Вейджмейкера, Университет Эразма, Европейская комиссия, выступившего в роли докладчика, тематическое заседание I: "Клинические эффекты"; Ангелины К. Гуськовой, Институт биофизики, Москва, Россия, заместителя председателя заседания; Владимира Г. Бебешко, Научный центр радиационной медицины, Киев, Украина, и Нины М. Гриффитс, ISPН, Франция; последние двое являлись членами комитета экспертов заседания*.

ОЛБ и поражение кожи у "чернобыльских" больных



Когда радиационные дозы на ткани организма млекопитающих достаточно велики, может происходить частичная или полная потеря функций. В крайних случаях может происходить полное отмирание ткани. Если ткань является жизненно важной, то это может привести к гибели. Было много аварий с радиационными источниками, которые явились причиной серьезных локальных поражений, требовавших иногда ампутации конечностей.

Среди жертв аварии в Чернобыле были люди, которые случайно облучились в больших дозах. Такое облучение — которое оказывает острое и тяжелое воздействие на образование клеток крови, нарушает иммунную систему и функции кишечника — может приводить к тяжелым поражениям кожи. Комплекс симптомов болезни при таком облучении известен как "острая лучевая болезнь" (ОЛБ). Ее наиболее общими признаками являются сначала тошнота, рвота и диарея, а позднее кровотечения и генерализованные инфекции с высокой температурой, вызываемые зачастую микроорганизмами, которые обычно не опасны. В отсутствие лечения ОЛБ приводит к летальному исходу даже после воздействия в тех дозах, которые не представляют опасности для жизни и регулярно применяются в клинической медицине для лечения некоторых форм рака. В аварийной ситуации радиационное поражение часто осложняется другими поражающими факторами, такими как термические ожоги.

Среди тех, кто пострадал в результате чернобыльской аварии, ОЛБ предположительно выявили у 237 человек. Диагноз подтвердился у 134. Из них у 41 — легкая форма (I степени) ОЛБ; все выжили; еще один случай пока обсуждается. У пяти больных была ОЛБ II степени, из них один умер. У 22 больных была ОЛБ IV степени, из них семеро умерли. В группе 21 наиболее тяжело пораженного больного, у которых была IV степень ОЛБ,

Больной с поражениями кожи обследуется в Институте биофизики в Москве в рамках поддерживаемого Европейским союзом проекта.
(Предоставлено:
Вагемакер/KEC)

умерли все, за исключением одного. В этой группе наиболее тяжелым было поражение желудочно-кишечного тракта у больных, получивших дозы свыше 10 Гр, что привело к ранним и летальным изменениям в функции кишечника. Гибель 26 больных в первые три месяца после облучения была связана с поражением кожи, составлявшим более 50% поверхности тела. В общем, по-видимому, есть связь между ОЛБ и площадью пораженной кожи, что указывает на то, что почти у всех тяжело пораженных пациентов были комбинированные поражения (см. график).

Авария на Чернобыльской АЭС привела к воздействию облучения с высоким уровнем бета-излучения (как в результате загрязнения, так и инкорпорации), что явилось причиной отличия клинических проявлений от тех, которые наблюдались в Хиросиме и Нагасаки. Во-первых, поразительной особенностью было наличие большого числа больных с радиационным поражением кожи и слизистых оболочек, особенно верхнего пищеварительного и респираторного тракта, в результате загрязнения бета- и гамма-излучающими изотопами, такими, как цезий-134, цезий-137 и стронций-90. Поражения кожи и/или ротофарингинальных слизистых были основной причиной смерти больных, непосредственно пострадавших вследствие аварии.

* Авторы приносят благодарность за предоставленный материал Александру А. Баранову, Государственный исследовательский центр, Институт биофизики, Москва, Россия; Джону У. Хоупзеллу, Исследовательский институт, Оксфордский университет, Соединенное Королевство; Ральфу У. Петеру, отдел дерматологии, Университет Людвига-Максимилиана, Мюнхен, Германия; Т.М. Флиннеру, факультет клинической физиологии и профессиональной медицины, Ульмаский университет, Германия. Исследование частично было поддержано контрактами по безопасности ядерной энергетики Комиссии европейских сообществ.

Все больные, пережившие ОЛБ, подвергались травматическим воздействиям, сопровождавшимся значительными физическими повреждениями, что требовало длительных периодов выздоровления. У некоторых следы травмы как в психической, так и в соматической сфере останутся на всю жизнь, так же как у жертв других тяжелых аварий. Несмотря на то что сильное подавление костного мозга может быть восстановлено в течение двух месяцев, для полного восстановления иммунных функций требуется по крайней мере полгода, и нормализации может не произойти и в течение нескольких лет после воздействия. Это необязательно означает, что у таких больных произошло функциональное изменение иммунной системы.

У больных с тяжелыми поражениями кожи, осложненными хирургическими и плохо заживающими ранами, длительный период восстановления может вызвать хронический стресс. Можно также ожидать, что у этих больных оставит тяжелый след и биохимический стресс. У мужчин может очень медленно происходить восстановление репродуктивной функции, а при более высоких дозах нарушение fertильности может быть длительным. Некоторые части глаза довольно чувствительны к облучению, и у больных, в частности, спустя годы после облучения может начать развиваться катаракта. При больших дозах облучения причиной определенного беспокойства могут стать сердечно-сосудистые и поздние желудочно-кишечные проблемы.

После острой фазы аварии за прошедшее десятилетие умерло 14 из 237 пациентов. Их смерть не обязательно вызвана исходной тяжестью ОЛБ и в большинстве случаев, по-видимому, не имеет прямой связи с облучением, хотя воздействие аварии исключить трудно. Фактически 5 из этих 14 пациентов не имели ОЛБ, и они, возможно, получили низкие дозы облучения.

Состояние здоровья остальных больных, переживших ОЛБ, в общем, является приемлемым, и они регулярно подвергаются обследованию. Имеются все данные о том, что качество жизни выживших больных может улучшиться. Наиболее тяжело пораженные больные в настоящее время страдают от многих болезней и нуждаются в современном лечении и повторной профилактике; кроме того, их духовное здоровье может быть ниже оптимального. Таким образом, в будущем пред-

стоит еще многое сделать, чтобы во встречающихся клинических картинах болезни выделить те, которые определяются радиационным воздействием, и те, которые связаны с искажающими картину факторами, присущими данной группе населения. Необходимо обеспечить наблюдение за этими больными на протяжении предстоящих двух-трех десятилетий, причем предпочтительно при координации в рамках единого центра, имеющего квалифицированных специалистов в области лечения и исследований.

Случаи, связанные с чернобыльской аварией, показали, что в клиническом лечении ОЛБ при аварийных ситуациях, обычно осложненных радиационным поражением кожи и поражениями, которые не связаны с облучением, многое нуждалось (и все еще нуждается) в улучшении. Нет сомнений в том, что больные ОЛБ и те, у которых были тяжелые поражения кожи, получили самое лучшее на то время лечение в центре, имеющем наибольший опыт в этой области.

Лечение посредством пересадки костного мозга, рекомендованное в то время для наиболее тяжело пораженных больных, дало мало пользы. С точки зрения современных знаний это понятно. Невозможно себе представить, чтобы в будущем при какой-либо аварии применялась трансплантация костного мозга, как это было в наиболее тяжелых случаях после чернобыльской аварии. Стали доступны новые агенты, в частности группа цитокинов, собирательно известных как кроветворные факторы роста, которые обладают способностью восстановления крови и иммунной системы.

В будущем случаи поражения костного мозга будет проще лечить путем экстренного введения факторов роста, хотя их наиболее оптимальную комбинацию и дозовый режим еще предстоит разработать. Тем не менее благодаря успехам в трансплантации стволовых клеток крови и типировании тканей стало весьма вероятным, что трансплантация все еще будет рассматриваться как поддерживающая мера в целях спасения жизни, особенно в случаях очень тяжелого поражения костного мозга, когда нет времени ждать эффективного воздействия новых терапевтических средств. Верно и то, что при других радиационных поражениях новые диагностические подходы могут содействовать составлению более точных прогнозов и назначению тщательно подобранного индивидуального лечения.



Врач из Японии обследует ребенка в деревне вблизи Чернобыльской АЭС во время осуществления Международного чернобыльского проекта в 1990 году.
(Предоставлено: Меттлер/США)

ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Доклад проф. Э.Д. Уильямса, Кембриджский университет, Соединенное Королевство, секретаря по научным вопросам заседания; проф. А. Пинкеры, Университет Пизы, Италия, председателя тематического совещания 2: "Последствия для щитовидной железы"; проф. Д. Бекера, Корнеллский медицинский центр, США; проф. Е.П. Демидчика, Государственный медицинский институт, Беларусь; проф. С. Нагатаки, Медицинская школа, Университет Нагасаки, Япония; проф. Н.Д. Тронко, Институт эндокринологии и обмена веществ, Украина; все они являются членами комитета экспертов совещания.

Население территорий вокруг Чернобыля, в частности Южной Беларуси и Северной Украины, в высокой степени подверглось сильному воздействию радиоактивных выпадений в результате чернобыльской аварии, включая большое количество радиоактивного йода. Поскольку щитовидная железа концентрирует йод, она получила более высокие уровни облучения, чем другие ткани тела. Радиоактивный изотоп йода, а именно йод-131, широко и безопасно использовался для лечения тиреотоксикоза. Поэтому сообщение об увеличении числа случаев карциномы щитовидной железы у детей на территориях, подвергшихся воздействию выпадений при чернобыльской аварии, у некоторых вызвало удивление, поскольку ранее карциномы щитовидной железы у больных, лечившихся радиоактивным йодом, не отмечалось, и между облучением и началом увеличения числа случаев прошло очень мало времени (четыре года).

В данном докладе анализируется рост числа случаев карциномы щитовидной железы с учетом данных о связи этого роста с воздействием выпадений в результате чернобыльской катастрофы ответственного изотопа (или изотопов) и возможных последствий в будущем.

При чернобыльской аварии от радиоактивных выпадений впервые подверглось облучению в столь высоких дозах большое число людей. В окружающую среду было выброшено огромное количество веществ, одним из основных компонентов которых был йод-131. Высвобождались также очень короткоживущие изотопы йода. Прямых данных по поглощению очень короткоживущих изотопов йода не имеется; измерения поступления йода-131 были проведены после пика поглощения.

Согласно оценке, поглощенные дозы на щитовидную железу от йода-131 в различных населенных пунктах, которые не обязательно были репрезентативными для всего района, колебались от 790–2400 мГр для детей до 190–370 мГр для взрослых. Из-за воздействия короткоживущих изотопов йода эти цифры возрастают на неизвестные значения, и ранние оценки дозы на щитовидную железу могут потребовать пересчета. В некоторых исследованиях допускается, что средняя доза в Гомель-

ской области для детей в возрасте 0–7 лет была около 420 мГр, в то время как, согласно последним оценкам Агентства по ядерной энергии, средняя доза для детей в возрасте 0–7 лет в Гомельской области составила около 1 Гр, при этом свыше 9% получили дозы в диапазоне 10–40 Гр.

В первые четыре года после аварии случаи рака щитовидной железы у детей в Беларуси были единичными, в то время как в 1990 году было диагностировано 29 случаев, при этом их количество возросло до 79 в 1993 году и до 82 в 1994 году. Во время медицинских обследований примерно в половине случаев была обнаружена прямая инвазия в окружающие ткани, а в двух третях случаев обнаружены метастазы в лимфоузлы. Среди детей, родившихся после 1986 года, было обнаружено только четыре случая, хотя следует помнить, что в 1994 году им было не более восьми лет.

В Институте эндокринологии в Киеве (Украина) в первые четыре года после аварии ежегодно диагностировалось 8–11 случаев рака щитовидной железы. Но эти цифры выросли до 26 в 1990 году, 43 в 1993 году и 39 в 1994 году. Из этих случаев в 60% при операции обнаружена инвазия в мягкие ткани, и метастазы в лимфоузлы присутствовали также в 60% случаев. Только один из 114 подтвержденных случаев, наблюдавшихся в институте, был у ребенка, родившегося после 1986 года. В России, в Брянской области, в период 1986–1989 годов был зарегистрирован только один ребенок с карциномой щитовидной железы, в то время как в период 1990–1994 годов сообщалось о 23 случаях карциномы щитовидной железы у детей в возрасте (во время постановки диагноза) моложе 15 лет.

При проведении недавнего обзора гистологической диагностики рака щитовидной железы в Беларуси обнаружено 98%-ное совпадение по 134 случаям, изучавшимся совместно сотрудниками Института патологии Беларуси и в Отделении патологической гистологии в Кембридже. В серии из 298 случаев, наблюдавшихся в Институте патологии Беларуси, в период 1990–1994 годов 98% общего числа случаев составили папиллярные карциномы, 1,3% — фолликулярные карциномы и 0,3% — медуллярные карциномы.

Результаты исследований случаев в Украине были весьма сходны с данными, полученными в Беларуси. Из 122 случаев рака щитовидной железы, диагностированных у детей в возрасте до 15 лет Киевским институтом эндокринологии в период 1990–1994 годов, 114 случаев были изучены совместно в Киеве и Кембридже, и диагнозы совпали более чем в 97% случаев. Среди случаев рака с подтвержденным диагнозом 94% были папиллярного типа, 2% — медуллярного и 4% были фолликулярными карциномами. Материал по десяти случаям рака щитовидной железы у детей из загрязненных районов Брянской, Калужской и Тульской областей России изучались патологами из РАМН в Обнинске и Кембридже. В одном случае опухоль не была обнаружена в материале, представленном для исследования, в остальных девяти случаях это были папиллярные карциномы, включая одну папиллярную микрокарциному. В целом эти результаты подтверждают выполненные в СНГ диагнозы малагнанизации щитовидной железы. Они также пока-

зывают, что, в то время как на облученных территориях наблюдаются те же типы рака щитовидной железы у детей, что и в популяциях, где появления рака не ожидается, типы рака, иные чем папиллярная карцинома, составляют лишь очень небольшую долю случаев на облученной территории.

Данные молекулярно-биологических исследований показывают тесную связь между типом онкогена и патологическим типом обнаруживаемой опухоли, так что увеличение частоты карцином щитовидной железы у детей на территориях вокруг Чернобыля происходит за счет роста случаев опухолей щитовидной железы папиллярного типа, папиллярных карцином, связанных во многих случаях с перестройкой в определенном онкогене — *ret*. Не было обнаружено роста активизации онкогенов других типов, связанных, как известно, с канцерогенезом щитовидной железы, из которых были изучены три гена — *ras*, *TSHr* и *p53*.

Гомельская область Беларуси, которая граничит с Украиной близ Чернобыля, получила самое большое облучение вследствие выпадений. В течение 1990–1994 годов отмечено 172 случая у детей из Гомельской области, численность которых на данный момент составляет 0,37 миллиона, по сравнению со 143 случаями в остальной Беларуси, где живут 1,96 миллиона детей. По грубым оценкам, частота рака щитовидной железы у детей в Гомельской области в 1990–1994 годах составляет, таким образом, 92 на миллион детей в год, а для остальной Беларуси — 14,6 на миллион детей в год.

Аналогичным образом, северные области Украины, граничащие с Беларусью, получили более высокие уровни облучения, чем остальная Украина. Всего за период 1990–1994 годов имели место 112 случаев в шести загрязненных областях, в которых живут 2 миллиона детей, и 65 случаев — на остальной территории Украины, где число детей составляет 8,8 миллиона. По грубым оценкам, для северных областей Украины такая частота составляет 10,6 на миллион детей в год и 1,5 на миллион детей в год — для остальной территории Украины.

По данным 30-летних наблюдений, частота заболеваний в Беларуси и Украине до Чернобыля и в Англии и Уэлсе составляла около 0,5 случая на миллион детей в год. Таким образом, можно сделать вывод, что было очень большое увеличение частоты случаев карциномы щитовидной железы у детей на территориях вокруг Чернобыля и что это коррелирует с воздействием от выпадений радиоактивных веществ.

Когда имевшие место в Беларуси случаи карциномы щитовидной железы у детей разделили по возрастным группам на момент чернобыльской аварии, отношение количества наблюдаемых к ожидаемым случаям было наибольшим в группе самых маленьких во время чернобыльской аварии детей, и оно быстро снижалось с увеличением возраста на момент воздействия. Такая повышенная чувствительность детей младенческого возраста к воздействию выпадений на щитовидную железу совпадает с наблюдаемым повышением чувствительности детей к канцерогенному действию рентгеновского излучения на щитовидную железу. Для установления точных количественных

закономерностей снижения вероятности развития опухолей щитовидной железы с увеличением возраста требуется большее количество наблюдений, но между новорожденными и десятилетними детьми имеются значительные различия. Для наблюдений требуется также охват и подростковых возрастных групп. Снижение чувствительности с увеличением возраста также согласуется с отсутствием какого-либо канцерогенного действия от лечения йодом-131 у взрослых с тиреотоксикозом, хотя возможно, что на это влияют и другие факторы.

Известно, что существует несколько неканцерогенных эффектов облучения, связанных с щитовидной железой, из которых наиболее очевидным является развитие гипотиреоидизма после внешнего или внутреннего облучения в больших дозах. В результате исследования, финансируемого фондом Сасакавы, было обнаружено, что как нодулярность, так и гипотиреоидизм чаще всего отмечались в Гомельской области — территории с наибольшим облучением от выпадений, — в то время как другие не связанные с облучением состояния имели место со сходной в общих чертах частотой на всех пяти исследованных территориях. Это позволяет предположить, что облучение может быть связано с высокой частотой нодулярности и гипотиреоидизма в Гомельской области.

Полученные данные четко показывают, что после чернобыльской аварии в Беларуси и Украине наблюдалось большое увеличение гистологически подтвержденных случаев рака щитовидной железы у детей. Меньшее увеличение, вероятно, имело место в Брянской области (Россия), но нужны точные, основанные на данных по этой группе доказательства в отношении частоты подтвержденных случаев рака щитовидной железы у детей. В совместном международном исследовании диагнозы рака щитовидной железы были подтверждены более чем в 90% из свыше 250 случаев как в Беларуси, так и в Украине.

Доказательства связи увеличения числа случаев рака щитовидной железы с воздействием изотопов йода, присутствующих в выпадениях, весомые, но не прямые. Пока не имеется веских доказательств сколь-либо значимого увеличения какого-либо типа опухолей, помимо рака щитовидной железы, среди населения, подвергавшегося воздействию высоких уровней облучения от выпадений. Сообщалось об увеличении частоты появления ряда опухолей, но масштаб увеличения значительно меньше, чем для щитовидной железы; величина зарегистрированного увеличения находится в диапазоне, который затрудняет проведение различия между увеличением, действительно вызванным облучением, и в связи с улучшением выявления и диагностики опухолей.

Имеются основания утверждать, что не было обнаружено никаких других опухолей, увеличение частоты которых было бы сравнимо с той, которая наблюдается в отношении щитовидной железы. Это свидетельствует о высокой вероятности того, что увеличение случаев рака щитовидной железы происходит в результате воздействия радиоактивных изотопов йода. Известно, что радиоактивные изотопы йода имелись в выпадениях в больших

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЗДОРОВЬЕ

Доклад д-ра Фреда А. Меттлера, Университет Нью-Мексико, Соединенные Штаты Америки, председателя тематического совещания I: "Клинически наблюдаемые эффекты". В докладе анализируются последствия для здоровья по данным исследований Международного чернобыльского проекта, проводившегося в 1990 году.

количество; они в очень высокой степени концентрировались в щитовидной железе, так что радиационное воздействие на нее было выше, чем на другие ткани. Абсолютных доказательств причинной связи между воздействием радиоактивного йода и развитием рака щитовидной железы не имеется, но косвенные свидетельства очень весомы, и нет других правдоподобных объяснений увеличения.

Невозможно с определенностью предсказать, останется ли относительно высокий риск развития рака щитовидной железы на уровне нынешних значений; для этого необходимы более чем пятилетние наблюдения. Вероятно, что фолликулярные карциномы имеют более длительный латентный период, чем папиллярные карциномы, и что их частота может увеличиться в последующие годы. Данные по внешнему облучению позволяют предположить, что относительный риск возрастает до 20 лет после воздействия, а затем снижается. Но повышенный риск еще сохраняется через 40 лет после облучения, и было бы благоразумным использовать это допущение, рассматривая вероятность частоты появления карцином щитовидной железы у подвергшегося облучению населения.

Если будущий риск оценивать на основе сегодняшних тенденций на подвергавшихся воздействию территориях, используя модель относительного риска, то частота появления карциномы у тех, кто облучился в детском возрасте в Гомельской области, будет примерно в 200 раз выше, чем в Соединенном Королевстве. Точное прогнозирование относительно ожидаемого в будущем числа карцином щитовидной железы невозможно, так как имеется много неопределенностей. Однако для заблаговременного планирования скрининга и медико-санитарной помощи было бы благоразумным считать, что возможным последствием может быть значительное увеличение случаев рака щитовидной железы.

Карцинома щитовидной железы у взрослых в большинстве случаев относительно мало злокачественна и приводит к смерти лишь в небольшом числе случаев. Она гораздо более агрессивна у детей самого младшего возраста, и требуется более длительный период наблюдений. Наблюдаемые в Беларуси и Украине карциномы представляют собой большую проблему как для лечения, так и для понимания связи между воздействием от выпадений в результате ядерной аварии и последующим развитием злокачественных опухолей.

Повышенная чувствительность детей младшего возраста к последующему развитию карциномы щитовидной железы нуждается в дальнейшем изучении, и можно было бы сосредоточить скрининг на группах населения, подверженных наибольшему риску.

И следования по Международному чернобыльскому проекту (МЧП) проводились в 1990 году, примерно через четыре с половиной года после аварии. Часть проекта, относящаяся к исследованиям воздействия на здоровье, была выполнена совместными усилиями приблизительно 100 врачей и ученых из 12 стран. Трудности выполнения проекта были связаны с необходимостью обследования обширных сильно загрязненных территорий, удаленных на сотни километров от места расположения реактора. Проектом предусматривалось сравнительное изучение групп населения соответствующего возраста в соседних незагрязненных районах.

МЧП был специально предназначен для изучения вопросов в отношении людей, оставшихся жить на сильно загрязненных территориях. Эти люди продолжали подвергаться радиационному воздействию, и в связи с этим имелись неотложные проблемы, касающиеся предельно допустимых уровней и возможного уменьшения дозы. Известно, что были сотни тысяч облучившихся среди тех, кто участвовал в ликвидации последствий чернобыльской аварии, но в 1990 году не было возможности снизить дозы в этих группах. Международный Красный Крест и Всемирная организация здравоохранения в 1988–1989 годах направили в эти области специальные группы для обследования состояния здоровья. Это были относительно небольшие проекты, которые позволили по существу сделать такие же выводы, как и в рамках МЧП.

Было несколько публикаций по данным МЧП, включая краткие сводки и обзоры. Объем Технического доклада составляет более 500 страниц. Содержащиеся в нем пространные научные объяснения, малый тираж и высокая цена несомненно сделали его практически недоступным для широкой публики. Наиболее доступной литературой по этому проекту обычно являются резюме, и именно их читает население и используют средства массовой информации. Тем не менее лица, серьезно интересующиеся этими вопросами, должны иметь возможность ознакомиться с Техническим докладом, одобренным Международным консультативным комитетом* в рамках проекта.

Важно изучить конкретные выводы группы МЧП по воздействию на здоровье и проследить, как они подтверждаются, в свете представленных на Международной конференции по Чернобылю в апреле 1996 г. дополнительных исследований за последние пять лет.

* Международный чернобыльский проект: Технический доклад, STI/PUB/885 (ISBN 92-0-129191-4), опубликованный МАГАТЭ, Вена (1991).

Группа по воздействию на здоровье собрала по ряду фактов обширные данные, вызвавшие обеспокоенность у местных врачей. Ниже приведено несколько таких примеров, к которым мы смогли обратиться и сделать по ним заключения. Несмотря на то что у некоторых детей была отмечена анемия, разницы между чистыми и загрязненными населенными пунктами не было. Предметом беспокойства многих родителей было отравление детей свинцом в результате его эмиссии из материалов, сбрасывавшихся на разрушенный реактор. Однако у детей во всех населенных пунктах уровень свинца в крови был, в общем, ниже уровня, обычно регистрируемого в Западной Европе и Соединенных Штатах Америки. Эти и ряд других данных МЧП уже подтверждены другими группами.

В отношении иммунной системы в 1990 году было ясно, что общий уровень лимфоцитов не изменился. В Техническом докладе МЧП утверждалось: "Независимая медицинская группа не может точно утверждать, что среди обследованного населения нет каких-то иммунологических изменений, тем не менее, если такие изменения и имеются, они, по-видимому, не имеют большого клинического значения". Хотя на Конференции по Чернобылю в апреле 1996 года и было представлено несколько сообщений по иммунологическим нарушениям, они значительно различались как по своим выводам, так и по временной динамике. Несмотря на то что в средствах массовой информации появились утверждения о "чернобыльском СПИДе", не было ни сообщений, ни общего согласия на Конференции в поддержку этой концепции.

В рамках МЧП в 1990 году было сделано заключение, что имели место значительные, не связанные с облучением расстройства здоровья как в контрольных, так и в загрязненных населенных пунктах. От 10 до 15% обследованных лиц нуждались в неотложной медицинской помощи. Было отмечено, что основными проблемами в состоянии здоровья населения были гипертония и стоматология. В дальнейшем это было подтверждено работой других групп. В последние пять лет средняя продолжительность жизни на большей части территории бывшего Советского Союза снизилась из-за не связанных с облучением проблем со здоровьем, таких, как инсульт, болезни сердца, несчастные случаи, самоубийство и алкоголизм.

Группы МЧП по воздействию на здоровье основные усилия направили на обследование детей. До 1990 года в данных по порокам развития плода не было доказательств их значительного увеличения в связи с облучением. Комментарии и документы, представленные на Конференции по Чернобылю в 1996 году по этой тревожной теме, показывают, что, хотя, по мнению большинства научных групп, связанного с облучением увеличения нет, некоторые все же считают, что такое воздействие имеется.

Психологические исследования в рамках МЧП показали, что, по мнению до 90% лиц, живущих на загрязненных территориях, у них имеются или могут быть болезни, связанные с радиационным воздействием. Довольно интересно, что на "чистых" территориях соответствующая доля лиц составила 75%. Информация по психологическим вопросам

была суммирована в Техническом докладе, в котором говорится: "Психологические проблемы в связи с Чернобылем очень серьезны. Большая часть населения сталкивается с реальными трудностями и не совершает иррациональных действий, если учесть конкретные обстоятельства". Данные выводы были подтверждены и другими научными группами, и многие докладчики на Конференции 1996 года пришли к заключению, что упомянутые проблемы по-прежнему оказывают основное воздействие на здоровье и сегодня.

Очевидно, что было (и все еще остается) беспокойство в связи с проблемами щитовидной железы. Это связано главным образом с увеличением щитовидной железы, образованием узлов и возникновением рака. В 1990 году примерно у 3% детей при пальпации было выявлено увеличение щитовидной железы и у 0,5% образование узлов. Однако статистических различий между "чистыми" и загрязненными территориями не было. Из готовившихся в течение последних пяти лет и представленных на Конференции по Чернобылю в 1996 году документов видно, что нет единого мнения в вопросе о том, происходит ли в настоящее время увеличение числа случаев образования узлов щитовидной железы или нет.

Основная часть деятельности в рамках МЧП была направлена на оценку последствий для здоровья в будущем, особенно в том, что касается лейкемии и рака. Обзор данных по здоровью 1990 год показал, что число заболеваний раком возрастает с каждым годом как до, так и после аварии. Темпы роста, по-видимому, постоянные. Частота случаев рака за последние пять лет продолжала расти примерно теми же темпами, но основная причина недавнего снижения продолжительности жизни не была связана с раком.

Рак щитовидной железы был наиболее важной проблемой в 1990 году. В Техническом докладе (стр. 510 англ. текста) говорится, что "обзор имеющихся данных не дает адекватных оснований для решения вопроса о том, является ли увеличение числа случаев лейкемии и рака щитовидной железы следствием аварии. Данные были недостаточно подробны, для того чтобы исключить возможность увеличения частоты появления опухолей некоторых типов".

В задачи группы по воздействию на здоровье входила оценка влияния на здоровье в ближайшем будущем и в течение жизни. Поскольку не были известны ни точные дозы для каждого из тысяч загрязненных населенных пунктов, ни количество людей, живущих в каждом из них, в рамках МЧП был составлен образец репрезентативного населенного пункта и возможных ожидаемых последствий для него. Мы выбрали гипотетический населенный пункт с числом жителей 10 тыс. человек при дозе внешнего облучения 0,1 Зв за 70 лет. Нами прогнозировалось, что в таком населенном пункте число случаев рака щитовидной железы возрастет почти в два раза, увеличение числа случаев лейкемии составит примерно 40% и число смертных исходов вследствие рака всех типов за 70 лет возрастет приблизительно на 3%. В Техническом докладе МЧП говорится: "Следует ожидать, что большая часть случаев рака щитовидной железы будет иметь



место у детей, так как у них поглощенная доза на щитовидную железу выше, продолжительность жизни больше и более высокая чувствительность по сравнению со взрослыми... При большом уровне выхода радиоактивного йода во время аварии в течение предстоящих десятилетий произойдет увеличение случаев радиогенного рака щитовидной железы. Этот риск зависит от доз на щитовидную железу, полученных в первые месяцы после аварии".

В докладе МЧП также указывается, что "приводимые оценки доз на щитовидную железу у детей таковы, что возможно статистически значимое увеличение частоты случаев опухолей щитовидной железы в будущем", и что "для отдельных групп высокого риска (таких, как дети с высокой поглощенной дозой на щитовидную железу) будут нужны специальные медицинские программы, основанные на возможном риске для них". Мы указали, что при ограниченных ресурсах было бы слишком дорого и практически невозможно наблюдать за всеми подвергшимися облучению лицами и что, согласно концепции ВОЗ, рекомендуется остановиться на объединенных международных исследованиях групп населения с высокой степенью риска развития опухолей. Эта рекомендация не была принята, но остались многочисленные научные исследования, посвященные идентичным темам, связанным в основном с раком щитовидной железы и лейкозом.

В заключение следует отметить, что организация Международного чернобыльского проекта является историческим событием. Это было беспрецедентное международное мероприятие, основанное на сотрудничестве между учеными, врачами и просто между людьми. Выводы группы по воз-



Врачи группы МЧП по воздействию на здоровье обследовали сотни детей, живущих в городах Беларусь, России и Украины. Более чем 100 медицинских работников и ученых из 12 стран приняли участие в выполнении проекта 1990 года.
(Предоставлено: Меттлер/США)

действию на здоровье помогли сконцентрировать внимание на важных проблемах. Цель Конференции по Чернобылю в 1996 году была сформулирована как "Оценка последствий аварии". Это создавало впечатление, что тема исчерпана. Сведения о людях, переживших атомные бомбардировки в Японии, говорят о том, что для подведения окончательных итогов последствий крупномасштабного радиационного воздействия на население потребуется по крайней мере пятьдесят лет, а не одно десятилетие. На первом месте останутся влияние на детей и психологические последствия.

ДОЛГОСРОЧНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДОРОВЬЕ

Доклад Э. Карди, Международное агентство по изучению рака, Франция, ученого секретаря тематического заседания 3: "Долгосрочные эффекты"; проф. А.Е. Океанова, Центр медицинских технологий, Беларусь, заместителя председателя заседания; В.К. Иванова, Научно-исследовательский центр радиологических исследований, Российской Федерации, и А. Присяжнюка, Научный центр радиационной медицины, Украина, — членов экспертного комитета заседания.*

Если считать приемлемым для Чернобыля опыт изучения людей, переживших атомную бомбардировку в Японии, и других подвергавшихся облучению групп населения, то основным ожидаемым радиологическим последствием чернобыльской аварии будет смерть людей от рака. Общее число дополнительных случаев смерти от рака за время жизни будет наибольшим среди ликвидаторов (лиц, привлекавшихся на аварийные и восстановительные работы в 1986–1987 годы) и лиц, постоянно проживающих на загрязненных территориях. Любые оценки этого увеличения являются весьма условными из-за неопределенности в том, что касается индивидуальных доз, и точных масштабов последствий длительного облучения малыми дозами. Несмотря на это, по самым оптимальным на сегодняшний день оценкам, число дополнительных случаев смерти от рака за время жизни составит около 2 тыс. среди почти 200 тыс. ликвидаторов 1986–1987 гг. и 4600 случаев смерти среди 6,8 млн. людей, постоянно проживающих на загрязненных территориях. Определить увеличение таких масштабов эпидемиологическим путем, исходя из ожидаемых фоновых значений случаев смерти от рака, составляющих для этих двух групп 41,5 тыс. и 800 тыс., соответственно, было бы весьма трудно.

Исходя из данных по другим подвергшимся облучению группам, основным ожидаемым в настоящее время радиологическим последствием (т. е. в течение первых десяти лет после аварии) является лейкемия. Увеличение случаев лейкемии ожидается в основном среди ликвидаторов; если, конечно, в этой ситуации применим опыт в отношении людей, переживших атомную бомбардировку; увеличение числа случаев лейкемии среди этой группы поддается определению на основе эпидемиологических исследований. Об увеличении числа случаев лейкемии среди ликвидаторов сообщалось, но эти данные не позволяют получить полную картину. Более того, их трудно интерпретировать: еще далеко не все случаи подтверждены, а увеличение числа случаев лейкемии может быть связано с более тщательным наблюдением за ликвидаторами и с неполной регистрацией случаев лейкемии среди

населения тех стран, где систематическая централизованная регистрация случаев рака ко времени чернобыльской аварии носила ограниченный характер. До сегодняшнего дня об устойчивом увеличении числа случаев лейкемии не сообщалось. Вместе с тем представленные доклады охватывают лишь двухлетний период, и возможность выявить такое увеличение весьма ограничена.

На наиболее загрязненных территориях Беларуси, Украины и России наблюдалось значительное увеличение числа случаев рака щитовидной железы среди лиц, облученных в детском возрасте, — это увеличение происходило намного быстрее, чем можно было прогнозировать на основании предыдущих исследований. Такое увеличение может отражать либо особую чувствительность населения из-за особенностей реципиентов или факторов окружающей среды, либо недооценку доз на щитовидную железу, либо более высокий канцерогенный потенциал очень короткоживущих изотопов иода. В настоящее время также появились сообщения об увеличении числа случаев рака среди ликвидаторов и среди населения в целом, но, по отмеченным выше причинам, прежде чем связывать их с чернобыльской аварией, такие сообщения следует проверить.

Существует тенденция объяснять флюктуации и/или увеличение частоты случаев рака за определенное время с чернобыльской аварией. Тем не менее следует подчеркнуть, что в некоторых странах еще до аварии в течение последних десятилетий наблюдался рост случаев возникновения новообразований нескольких типов. В последние годы во многих регионах бывшего СССР сообщалось об общем увеличении смертности, которое, по-видимому, не связано с уровнем облучения. Это следует принимать во внимание при интерпретации результатов исследований.

Сообщалось об увеличении частоты ряда неспецифических наносящих ущерб здоровью эффектов помимо возникновения рака среди облученного населения, особенно среди ликвидаторов. Эти данные трудно интерпретировать, так как за здоровьем подвергшегося радиационному воздействию населения осуществляется более интенсивный и активный контроль, чем за здоровьем населения вообще.

Исходя из результатов экспериментов на животных, вероятно, что помимо возникновения рака вследствие радиационного воздействия может иметь место небольшое увеличение наследственных нарушений. На основании этих данных прогнозируемое число случаев индуцированных облучением в результате аварии генетических эффектов должно быть очень мало и колебаться в пределах от 0 до 0,03% от числа всех живорождений и от менее чем 0,1 до 0,4% от всех генетических нарушений среди живорождений в облученной группе населения.

При рассмотрении прогнозов вероятных последствий облучения в результате чернобыльской аварии для здоровья важно признать, что настоящие оценки доз облучения населения неопределены, особенно не вполне известны дозы, полученные вскоре после аварии. Кроме того, облучение, полученное населением в результате чернобыльской

* Авторы выражают признательность Л. Анспо, Ливерморская национальная лаборатория им. Лоуренса, Соединенные Штаты Америки, члену экспертного комитета и консультантам К. Мабuchi, Фонд радиационных исследований, Япония, и И. Лихтареву, отдел Научного центра радиационной медицины, Украина.

аварии, отлично (по типу и структуре) от облучения, полученного людьми, пережившими атомную бомбардировку в Японии. Поэтому прогнозы, сделанные на основании изучения этого населения, весьма неопределены. Так, хотя предполагалось, что в результате чернобыльской аварии произойдет увеличение случаев рака щитовидной железы у детей, степень этого увеличения не прогнозировалась. Со времени аварии прошло только десять лет, и на основании эпидемиологических исследований на других группах населения никакого увеличения частоты случаев рака, кроме лейкемии, до истечения по крайней мере десяти лет после облучения обычно не обнаруживают. Поэтому необходимо продолжение мониторинга здоровья населения для оценки воздействия аварии на здоровье населения, даже если будет трудно выявить увеличение случаев рака, связанных с облучением в результате аварии в Чернобыле (за исключением лейкемии у ликвидаторов и рака щитовидной железы у детей).

Необходимы также эпидемиологические исследования выборочных групп населения и заболеваний, для того чтобы изучить наблюдаемые или ожидаемые эффекты; тщательные исследования могут, в частности, дать важную информацию о влиянии уровня облучения и вида облучения малыми и средними дозами, а также о факторах, которые могут модифицировать радиационные эффекты. По существу, такие исследования могут иметь важное значение для радиационной защиты пациентов и населения в целом при любом аварийном облучении в будущем. Для изучения дозовых взаимоотношений гораздо более убедительными обычно являются контрольные исследования как

когорт, так и отдельных случаев по сравнению с общими описаниями. Вместе с тем исследования последствий чернобыльской аварии будут информативными, если они будут отвечать некоторым важным критериям: они должны охватывать очень большое число облученных лиц; последующие мероприятия должны быть полными, а не выборочными; должны быть точные и тщательные оценки индивидуальных доз (или маркеры облучения). В частности, возможность выполнения и качество эпидемиологических исследований в значительной мере зависят от наличия и качества основных регистрационных данных по конкретной группе населения и от возможности увязки информации об отдельном человеке, полученной из разных источников.

В заключение следует сказать, что на сегодня, спустя десять лет после чернобыльской аварии, нет данных, доказывающих значительное влияние ее радиационного воздействия на здоровье населения в трех наиболее пострадавших странах, за исключением резкого увеличения случаев рака щитовидной железы среди тех, кто подвергся облучению в детском возрасте. Не наблюдалось увеличения частоты всех видов рака или смертности, которые могли бы быть отнесены на счет аварии. Например, не было обнаружено большого увеличения частоты лейкемии—даже среди ликвидаторов, — которая вызывает наибольшую озабоченность в связи с радиактивным облучением. В целом это согласуется с прогнозами, основанными на изучении других групп населения, подвергшихся облучению, в частности тех, кто пережил атомные бомбардировки в Японии.

Брифинг для прессы на Международной конференции по Чернобылю, на котором особое внимание привлекло влияние аварии на здоровье.
(Предоставлено: Павличек/МАГАТЭ)



КОНТРМЕРЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Доклад Джона Ричардса, руководителя Лаборатории сельского хозяйства и биотехнологии в составе лабораторий МАГАТЭ в Зайберсдорфе, представителя ФАО на Конференции по Чернобылю, и Раймонда Дж. Ханса, руководителя секции агрохимикатов и остатков Объединенного отдела ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в продовольственной и сельскохозяйственной областях.

Одним из уроков Чернобыля является то, что сельское хозяйство оказывается уязвимым к последствиям ядерной аварии на территориях, расположенных за сотни и даже за тысячи километров от места аварии. Следовательно, необходимо, чтобы существовали планы контрмер, которые могут снизить загрязнение сельскохозяйственной продукции, независимо от того, имеется ли в стране своя собственная ядерная программа. Главной целью таких планов должна быть минимизация радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных культур и продуктов животноводства, а также сконцентрированное возвращение к продуктивному использованию земель в максимально возможном объеме. Выполнение этих целей должно привести к компенсации государственных расходов улучшением здоровья людей, а нарушения уклада повседневной жизни — переселением в благоустроенные населенные пункты. Необходимы планы определения уровней радиоактивного загрязнения продовольственных продуктов и кормов, при которых требуется вмешательство (принятие радиозащитных мер), а также планы контрмер, которые необходимо принять для защиты сельского хозяйства при различных ситуациях после аварии.

Были установлены международные критерии для определения уровней, при которых следует начинать вмешательство. В целом законодательство о продовольствии запрещает небезопасные уровни загрязнения, и в нем не делается различия между типами загрязнителей, будь то остатки пестицидов, тяжелые металлы, микотоксины, патогенные микроорганизмы или радионуклиды. При низких уровнях загрязнения, когда риск для здоровья небольшой или его трудно устраниТЬ совсем, устанавливают допустимые уровни загрязнения, при которых разрешено продавать, покупать и употреблять продукты в пищу. Пределы не должны быть двусмысленными, они должны быть понятны всем, кто отвечает за их соблюдение.

Комиссия "Codex Alimentarius" ФАО/ВОЗ разработала международные стандарты по загрязнению радионуклидами, которые следует применять при решении вопроса о возможности использования продовольственных продуктов в международной торговле (см. таблицу). Многие страны применяют их в своих национальных законодательствах не только потому, что признанные во всем мире допустимые уровни помогают компетентным органам сохранить к ним доверие и уверенность в добро-

качественности, но и предупредить конфликты на границах с соседними странами. Кроме того, стандарты кодекса будут применяться Всемирной торговой организацией.

Уровни базируются на ряде консервативных допущений, для того чтобы была уверенность по существу в отсутствии воздействия облучения на протяжении всей жизни. Так, если не имеется других продуктов питания, в краткосрочном плане будут приниматься более высокие значения. С другой стороны, приемлемыми могут быть более низкие уровни, если, например, внешнее облучение вносит существенный вклад в общую дозу облучения.

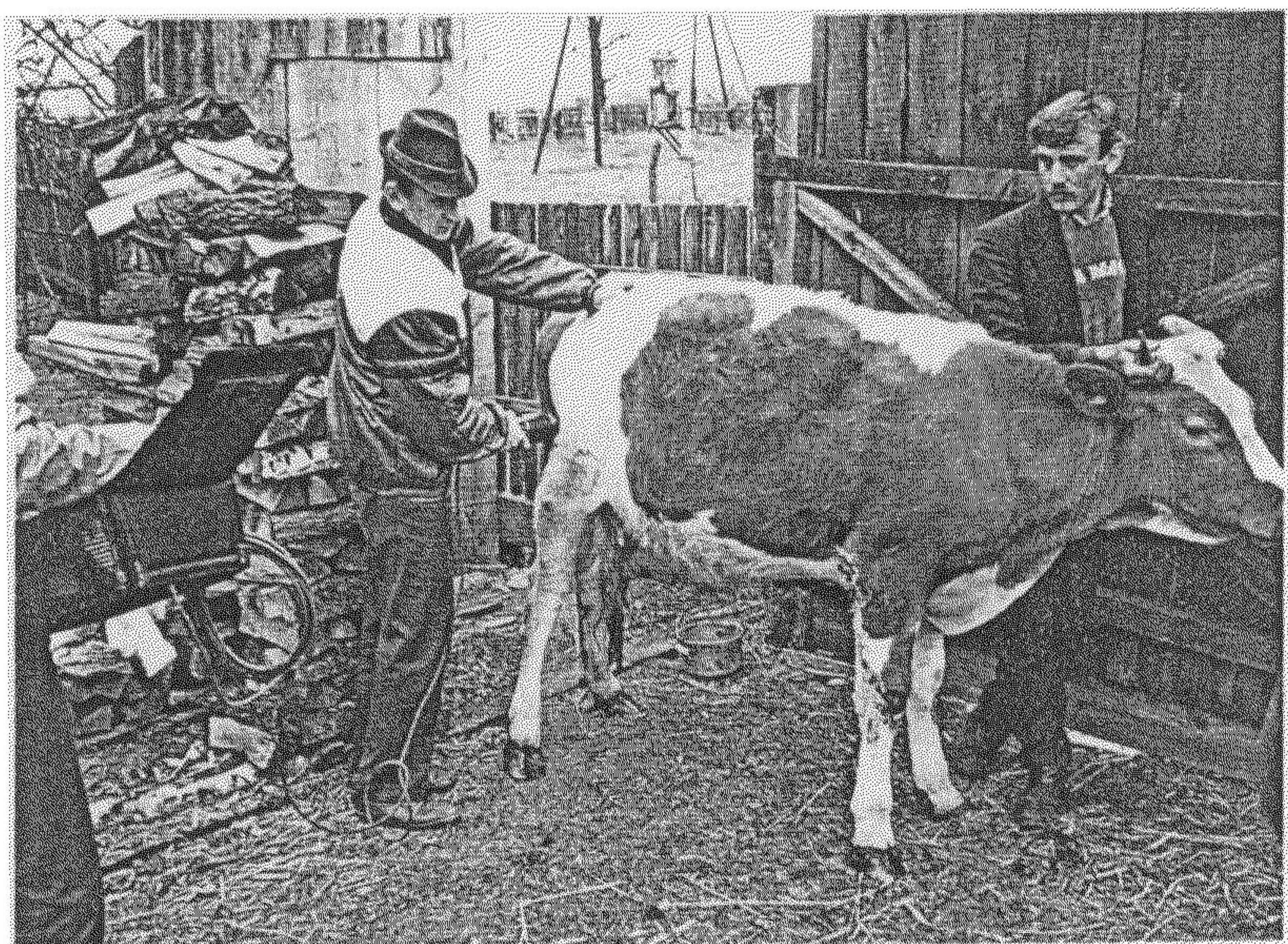
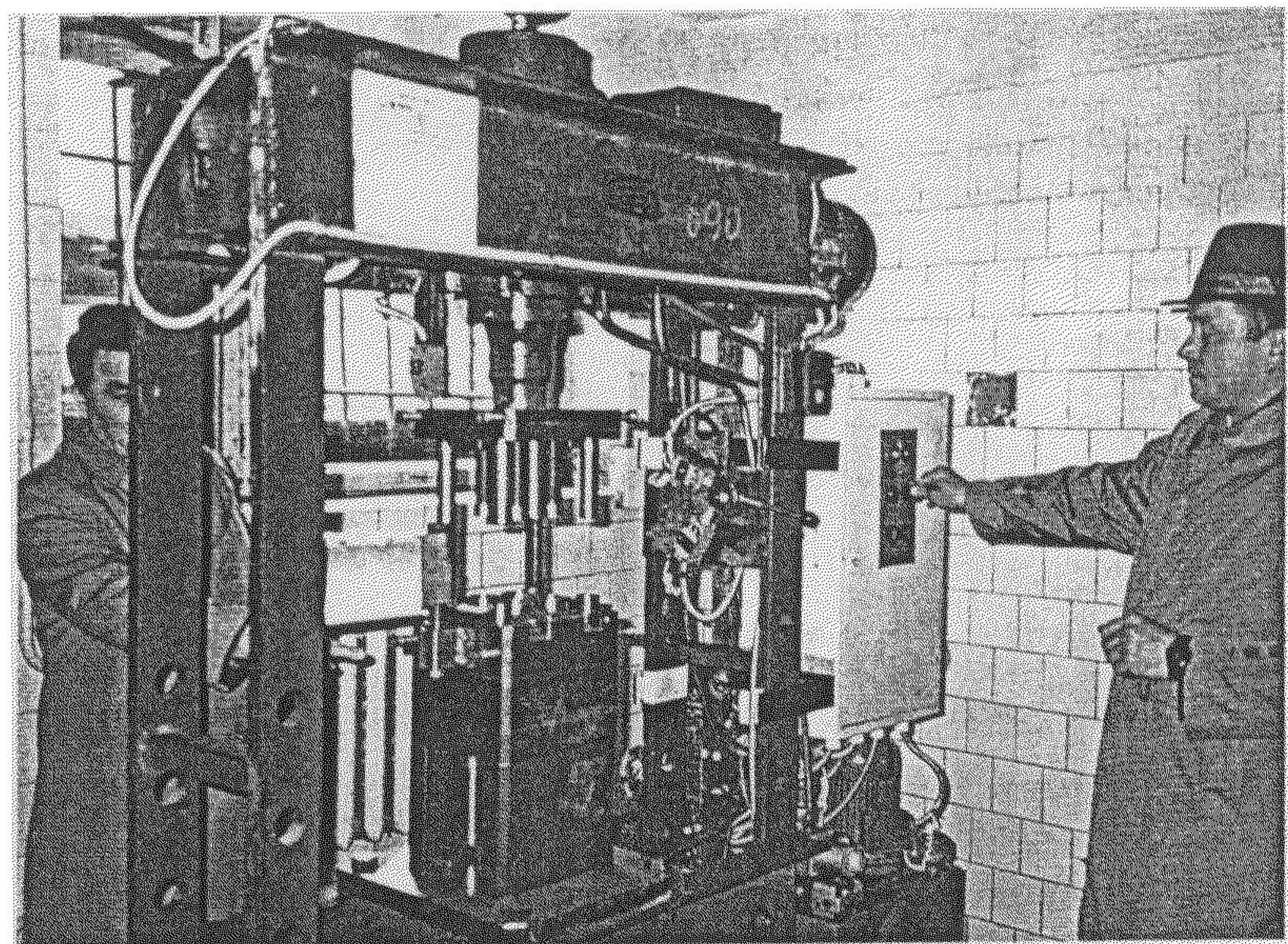
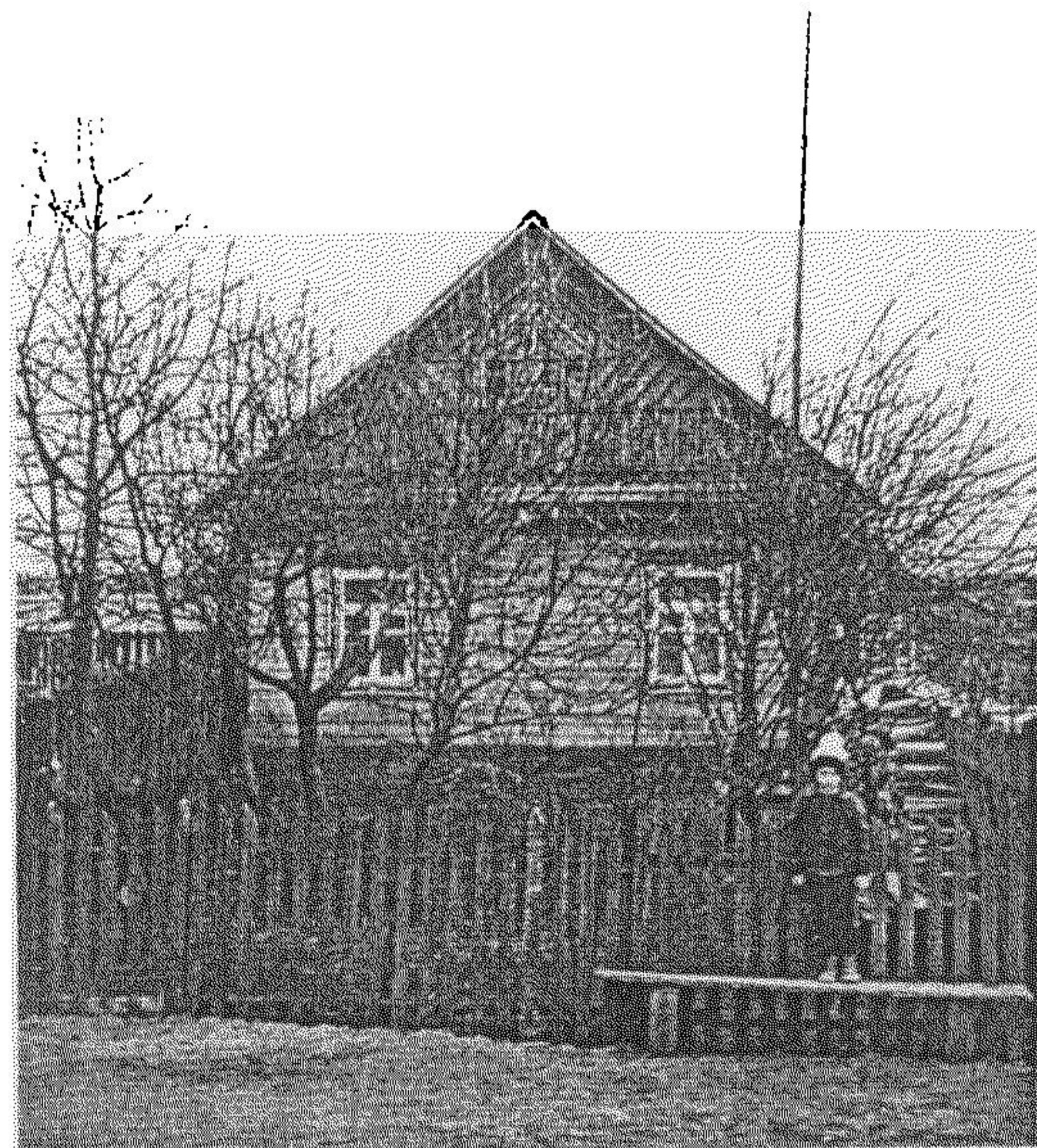
На этом фоне можно видеть, что важной целью контрмер в сельском хозяйстве является максимальное увеличение производства тех продуктов, которые соответствуют международным критериям допустимых уровней.

Контрмеры в сельском хозяйстве

В рамках Совместной программы ФАО/МАГАТЭ по применению ядерных методов в производстве продовольствия и сельском хозяйстве были подготовлены планы принятия контрмер в сельском хозяйстве по трем направлениям. Во-первых, максимально возможное обобщение информации и опыта, накопленного после чернобыльской аварии, для выработки руководящих принципов в области контрмер в сельском хозяйстве. Во-вторых, оказание помощи пострадавшим государствам-членам в разработке и осуществлении специальных контрмер. В-третьих, поддержка работ, направленных на получение данных, которые можно использовать для улучшения существующих или разработки новых контрмер.

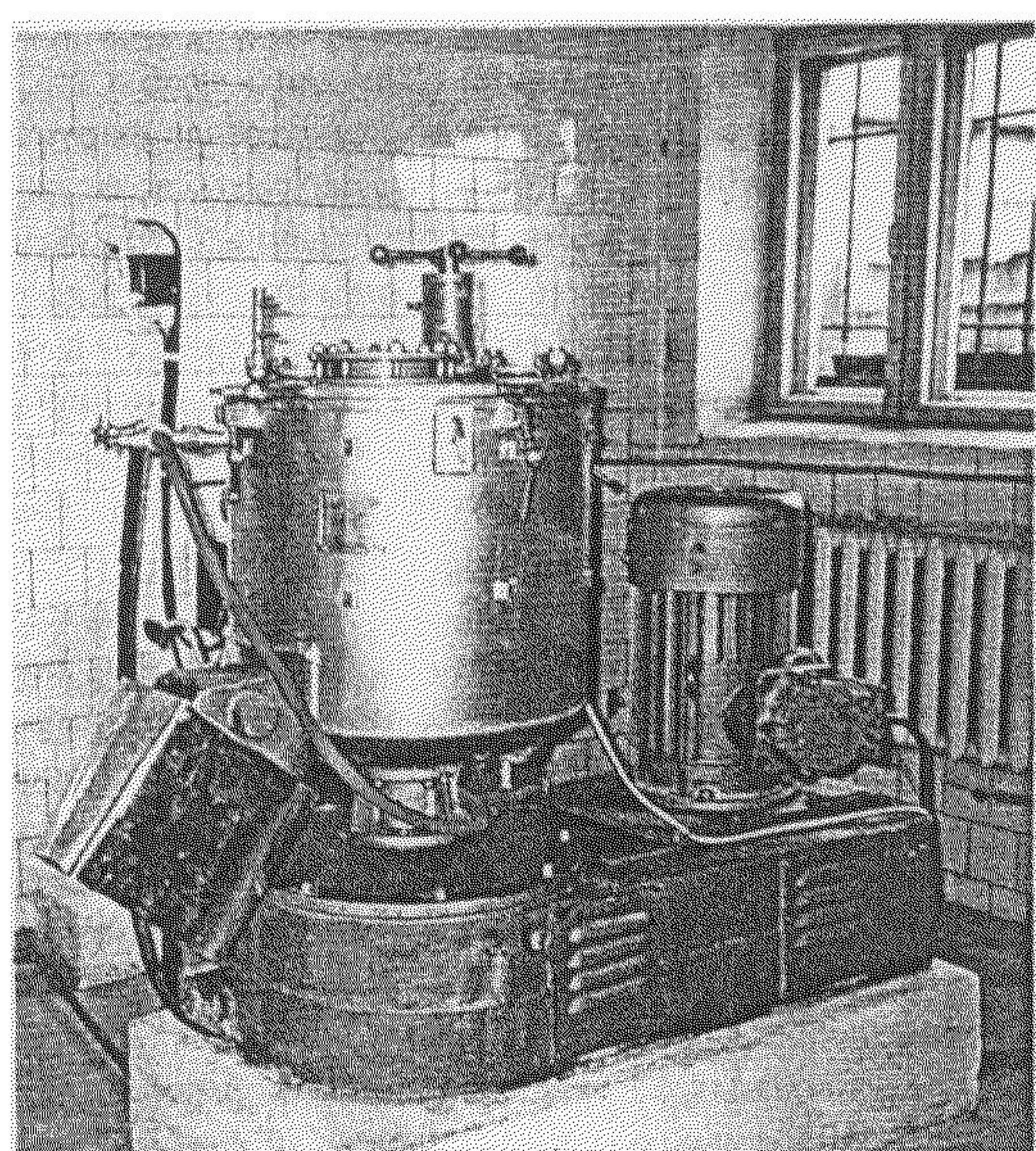
Руководство по применению контрмер в сельском хозяйстве в случае аварийного выброса радионуклидов в окружающую среду (Серия технических докладов МАГАТЭ № 363, 1994). Чернобыльская авария побудила к проведению важных научных исследований, благодаря которым был получен большой практический опыт, связанный с ее последствиями. В этом документе, подготовленном примерно 40 учеными из 19 стран, суммирована полученная информация. Его целью является представление общих рекомендаций по разработке планов для аварийных ситуаций. Основными элементами являются: общая стратегия проведения контрмер в сельском хозяйстве, обзор доступных контрмер для использования при принятии решений и рекомендации по подготовке конкретных национальных руководств. (Имеется перевод на русский язык в качестве документа IAEA TECDOC-745.)

Эффективность мер, принятых для защиты сельскохозяйственного сектора (люди, земля, сельскохозяйственные культуры и домашний скот) от последствий ядерной аварии, зависит от составленных заранее планов. В Руководстве представлена стратегия разработки таких аварийных планов, которые должны не только определять критерии для быстрого принятия краткосрочных мер, но и критерии для долгосрочных мер, проведение которых во многом будет способство-



В южных районах Беларуси, где в результате чернобыльской аварии территории были загрязнены радиоактивными выпадениями, в небольших фермерских хозяйствах для снижения уровня загрязнения молока, мяса и других продуктов применяют контрмеры. Они проводятся при оказании помощи в соответствии с проектами, поддерживаемыми правительством Норвегии, и программой ФАО/МАГАТЭ. На фото: типичное небольшое хозяйство; оборудование для смещивания веществ, входящих в состав берлинской лазури, и приготовления болюсов, которые используются для снижения уровня радиоцезия в организме коров; научные сотрудники, контролирующие гамма-излучение у коров, получавших берлинскую лазурь.

(Предоставлено: Ричардс/МАГАТЭ)



**Применяемые в международной торговле
нормативные уровни содержания радионуклидов в пищевых
продуктах вследствие загрязнения в результате ядерной аварии**

Доза на единицу поступления	Нормируемые радионуклиды	Норматив (Бк/кг)
Продукты общего потребления		
10^{-6}	америций-241, плутоний-239	10
10^{-7}	стронций-90	100
10^{-8}	йод-131, цезий-134, цезий-137	1000
Молоко и детское питание		
10^{-5}	америций-241, плутоний-239	1
10^{-7}	йод-131, стронций-90	100
10^{-8}	цезий-134, цезий-137	1000

Примечание: Эти уровни предназначены для применения только в отношении радионуклидов, загрязняющих продукты питания, которые поступают в международную торговлю после аварии, а не природных радионуклидов, которые всегда присутствуют в пище. Нормативные уровни Codex Alimentarius, продолжают применяться в течение одного года после ядерной аварии. Во время аварии возможна ситуация, при которой неконтролируемые выбросы радионуклидов в окружающую среду приводят к загрязнению продуктов питания, предлагаемых для международной торговли.

вать повышению доверия общественности к компетентности и честности официальных органов.

В Руководстве определены два разных этапа, для которых предусматриваются контрмеры. При планировании и подготовке мер после аварии возможные защитные действия должны оцениваться в целом в соответствии с различными вероятными сценариями аварии. Исходя из этого, может быть разработан первый критерий для действий, которые следует предпринять немедленно и в ближайшее после аварии время. Для планов нужна база данных, которая включает информацию о переносе радиоактивных изотопов цезия и стронция из почвы в местах загрязнения в воду, растения, в организм животных и рыб. Это — изотопы, которые с наибольшей вероятностью создают проблемы длительного характера для сельского хозяйства. Кроме того, нужна информация о свойствах почв, характере погоды, местных особенностях питания и некоторых возможных контрмерах, которые оцениваются исходя из их стоимости. Должна также быть создана сеть лабораторий для радионуклидного анализа.

Второй этап начинается спустя некоторое время после аварии, когда уже имеется конкретная информация о ее характере и возможных последствиях. После этого могут быть рассмотрены специальные защитные меры. Однако во многих случаях выбор контрмер будет сдерживаться социальными факторами и инфраструктурой района, поэтому важно, чтобы исходные данные для принимающих решение лиц содержали и эту информацию.

Затем в Руководстве рассматриваются специальные контрмеры для сельского хозяйства с оценкой их эффективности. Такие контрмеры на-

правлены на предотвращение отдаленных последствий для здоровья населения; более непосредственное влияние радиационного воздействия на жизнь растений и животных прямо не рассматривается.

Некоторые меры могут быть приняты до и в процессе осаждения радиоактивных выпадений, например, это может быть содержание животных в помещении и содержание продуктов питания/коров в закрытых хранилищах. При надлежащем соблюдении мер предосторожности может быть собран урожай (травы, зерновые, товарные культуры) до того, как произойдет осаждение радионуклидов.

Контрмеры, применяемые в первые несколько недель после осаждения выпадений, частично связаны со снижением воздействия от таких короткоживущих радионуклидов, как йод-131. Так, сельскохозяйственные культуры можно собрать и хранить или сбор урожая может быть отложен, чтобы до употребления закончился радиоактивный распад. Аналогичным образом, загрязненное йодом-131 молоко может быть переработано в продукты с длительным сроком хранения (т. е. сухое молоко, сыр).

Когда радиоактивное загрязнение рассеяно в биосфере, нужен более широкий диапазон контрмер с учетом переноса соответствующих радионуклидов из почвы по пищевой цепи. Например, поскольку поглощение минеральных веществ растениями связано с их общедоступностью и относительно большим содержанием ионов, применение высоких доз калийных удобрений может снизить поступление радиоактивного цезия, а известкование, увеличивая содержащие кальция, может снижать поглощение радиоактивного стронция. Иногда можно использовать альтернативные сельскохозяйственные культуры или сорта, которые накапливают более низкие уровни радионуклидов по сравнению с теми, которые обычно выращиваются в районе, например зерновые вместо листовых овощей и пастибищных трав. Другой возможностью является возделывание таких культур, как сахарная свекла или масличный рапс, когда съедобные продукты подвергаются предварительной переработке и при этом снижается загрязнение. Для того чтобы сохранить, там где это возможно, некоторые формы сельского хозяйства, следует рассмотреть возможность выращивания непродовольственных культур, таких как лен и хлопок для волокон, масличных семян для производства смазочных материалов или биотоплива и декоративных растений. Наконец, глубокая вспашка загрязненной почвы может быть эффективной мерой в крупных хозяйствах, где имеются подходящие плуги.

Уровень загрязнения продуктов животноводства наиболее эффективно может быть снижен посредством ограничения поступления в организм животных радионуклидов или снижения способности их поглощения. Кормление животных незагрязненными кормами является примером первого типа, в то время как использование берлинской лазури (более подробно см. ниже) является примером последнего подхода. В мясном производстве содержание животных на незагрязненных кормах может быть необходимым только перед забоем, так как

Влияние контрмер на уровень содержания цезия-137 в молоке и мясе

Уровень загрязнения пастбищ (Бк/кг)	*Поступление/сутки (кБк)	Мясо		Молоко	
		Уровень цезия-137 в (Бк/кг)	Уровень цезия-137 после введения болясов (Бк/кг)	Уровень цезия-137 в (Бк/кг)	Уровень цезия-137 после введения болясов (Бк/кг)
250	17,5	280	90	112	34
500	36	700	234	280	94
1 000	70	1 400	450	550	186
1 500	105	2 100	700	840	280
2 000	140	2 800	920	1 120	374
3 000	210	4 200	1 400	1 680	560
5 000	350	7 000	3 000	2 800	920
10 000	700	14 000	4 600	5 600	1 860

В таблице показаны взаимосвязь между уровнями загрязнения пастбищ и уровнями цезия-137 в мясе и молоке, а также влияние введения болясов.

*Предполагается, что одно животное ежедневно съедает 70 кг свежей травы.

биологический период полувыведения радиоактивного цезия, например, составляет в зависимости от вида животного порядка двух или четырех недель. В идеале должен проводиться контроль живых животных на бойне или на ферме для определения периода содержания на незагрязненных кормах. В отношении диких животных эффективным может быть изменение охотничьего сезона, если животные потребляют тот или иной корм в определенное время года. Например, грибы и лишайники, которые могут быть сильно загрязнены, чаще всего в обилии появляются осенью, поэтому не следует охотиться на животных в это время.

Это — только отдельные примеры контрмер; имеется еще много других возможностей. Однако для решения вопроса о применении и выборе контрмер требуется информация о характере и степени радиоактивного загрязнения. Поскольку для осуществления эффективных мероприятий необходима соответствующая инфраструктура, большая часть Руководства посвящена организационным мероприятиям. И наконец, в документе кратко рассмотрены меры, принятые отдельными странами после чернобыльской аварии.

Помощь в осуществлении контрмер на загрязненных территориях

Применение после чернобыльской аварии большого количества различных контрмер в Беларуси, Украине и в западных районах России привело к значительному снижению загрязнения радиоактивным цезием молока и мяса, производимых колхозами и совхозами. Однако мелким фермерам применять многие контрмеры было трудно по экономическим причинам. В 1990 году еще около 50 тыс. дойных коров давали молоко, содержание радионуклидов в котором превышало временно допустимые уровни, или ВДУ (111 Бк/л в Беларуси; 370 Бк/л в Украине и России). Поэтому был нужен

такой альтернативный подход, который был бы простым, эффективным и дешевым.

При поддержке норвежского правительства были разработаны контрмеры для снижения уровня радиоактивного цезия как у домашних, так и у диких жвачных животных на основе использования соединений, известных под названием "берлинская (железная) лазурь" (БЛ). В осуществлении проекта наряду с Организацией Объединенных Наций участвовали Норвежский сельскохозяйственный университет и Институт радиационной гигиены, Украинский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной радиологии в Киеве, Белорусский филиал Всесоюзного института сельскохозяйственной радиологии в Обнинске и Королевский университет в Белфасте. Лаборатории МАГАТЭ в Зайнберсдорфе, Объединенный отдел ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в продовольственной и сельскохозяйственной областях и Отдел ядерной безопасности МАГАТЭ осуществляли координацию, экспертное обслуживание, обеспечение оборудованием и материалами основных участвовавших институтов в трех странах для проведения исследований в наиболее пострадавших населенных пунктах.

В 1990-1992 гг. были проведены успешные исследования, в ходе которых были обследованы более 3 тыс. коров в 21 населенном пункте в Беларуси, 10 тыс. коров в 54 населенных пунктах в Украине и неуточненное количество голов крупного рогатого скота в России. В результате министры сельского хозяйства этих стран санкционировали широкое использование БЛ для домашнего скота с целью снижения содержания цезия-137 в молоке и мясе.

Термином "берлинская лазурь" обозначается несколько гексацианоферратов железа; аммониевая соль гексацианоферрокислоты (AFCF) — Это, по-видимому, наиболее часто применяемое средство для связывания цезия. Вводимый в виде болясов внутрижелудочно с комбикормом, солью —

Сводные данные о пользе применения берлинской лазури

Выгода	Пояснения
Уменьшение индивидуальной дозы	Общее снижение примерно на 60% (вероятно, более чем на 80% на тех территориях, где коэффициент поступления из почвы в траву является особенно высоким).
Коллективная доза	Возможно, несколько сот чел.-Зв; относительно мала из-за очень низкого ВДУ, который использовался в странах СНГ. Тем не менее это экономически выгодно.
Дополнительное производство молока	Дополнительно 50 млн. л молока в год соответствует ВДУ без необходимости распределения "чистого" корма и молока.
"Чистый корм", необходимый для производства молока	Время, необходимое для "чистого кормления", может быть сокращено на 40-50 дней, что приведет к сокращению в пять раз площади требуемого "чистого" пастбища.
Социально-психологические последствия	Около 50 тыс. сельских жителей могут вернуться к обычной сельской жизни и, соответственно, у них возрастает ощущение улучшения качества жизни. Многим сельским жителям, которым предстояло переселение, не приходится покидать свои дома.
Компенсация	Число лиц, получающих компенсацию из-за превышения годового критерия уровня, может быть снижено примерно на 50%.

Сводные данные о пользе применения берлинской лазури

лизунцом или просто путем посыпания пиши, АФЦФ взаимодействует с поглощенным радиоактивным цезием в кишечнике. При этом образуется соединение, которое элиминируется с фекалиями, а не проникает в кровь животных. Радиоактивный цезий, связанный БЛ, в навозе лишь в незначительной степени попадает в растения. В зависимости от дозы и типа БЛ может быть достигнуто снижение содержания радиоактивного цезия в два-восемь раз в молоке и мясе крупного рогатого скота, пасущегося на загрязненных пастбищах. Это существенно снижает дозу внутреннего облучения для потребляющего соответствующие продукты человека и нередко позволяет оставлять жителей деревень на загрязненных территориях. В результате сократилась необходимость переселения целых населенных пунктов, которое, как правило, сопровождается психологическими травмами, и были сэкономлены громадные средства. Неудивительно, что выгода от использования БЛ приветствовалась как фермерами, так и правительством.

Хотя контрмеры были успешно применены в совхозах и колхозах и теперь на ранее загрязненных территориях производят пищевые продукты с допустимым содержанием радионуклидов, общественное восприятие "чистоты" продуктов, посту-

пающих из этих территорий, все еще представляет проблему. Поэтому белорусские и украинские власти стремятся по-иному использовать эти земли. На основе совместной с ФАО программы Департамент технического сотрудничества МАГАТЭ в настоящее время реализует в Беларуси проект по исследованию возможности возделывания в качестве альтернативных масличных культур (преимущественно рапса). Начальные исследования показали, что масло, полученное из некоторых сортов рапса на землях с уровнем содержания радиоактивного цезия 15-40 КИ/км², не содержит радионуклидов (и радиоактивного стронция); загрязнение обнаруживается в соломе и в жмыше. В Беларуси в 1995 г. было засеяно рапсом около 20 000 га загрязненных земель и планируется перерабатывать рапс в смазочные материалы, которые в настоящее время импортируются. Если проект окажется успешным, то посевные площади под эту культуру для производства смазочных материалов будут увеличены в два-три раза.

МАГАТЭ также оказывает помощь Украине в повышении квалификации кадров и совершенствовании оборудования для измерения, контроля и последующего снижения содержания радионуклидов в пищевых продуктах. В программу включены молочноконсервный комбинат в Овруче, перерабатывающий 200-500 т молока в день, значительная часть которого поступает с ферм, находящихся в загрязненной в результате чернобыльской аварии зоне. Правительство Соединенных Штатов Америки в настоящее время предоставляет дополнительные средства для оценки возможности коммерческого использования магнитной системы сепарации для очистки жидкого молока.

Накопление данных. Беларусь получает помощь в рамках программы технического сотрудничества МАГАТЭ, чтобы иметь больше данных о наличии и миграции радионуклидов в почвах, лесах и водоемах. Они будут использоваться для оценки вероятности успеха и времени, необходимого для восстановления загрязненных районов, с тем чтобы осуществлять в них нормальную экономическую деятельность.

Извлеченные уроки

Оценки уровня переноса радионуклидов между различными компонентами биосфера и опыт, полученный в решении вопросов, связанных с ядерной аварией, главным образом относятся к регионам с умеренным климатом, в основном в Европе. Однако в различных странах мира имеются атомные электростанции, которые в случае аварии могут вызвать загрязнение тропических зон. Поэтому в рамках Программы координированных исследований (ПКИ), с участием Отдела радиационной безопасности и безопасности отходов МАГАТЭ и Объединенного отдела ФАО/МАГАТЭ проводится измерение коэффициентов переноса радиоцезия и радиостронция из почвы в основные тропические сельскохозяйственные культуры, а также из воды — в рыбу тропической зоны. Эти данные будут иметь значение как для планирования контрмер, так и для установления допустимых уровней



радионуклидов в промышленных сбросах в тропиках. Имеются также планы по разработке новой ПКИ, в соответствии с которой будет исследоваться эффективность в тропических условиях тех контрмер, которые оказались эффективными в Европе.

В разработке и применении контрмер в сельском хозяйстве больше внимания следует уделять мерам по рациональному использованию всей загрязненной окружающей среды, особенно лесов и водоемов в связи с их взаимодействием с сельскохозяйственными угодьями. Необходимо разработать вторичные базовые уровни (так называемые "оперативные уровни вмешательства") для кормов животных и пастбищ. Это требует дополнительных данных по коэффициентам переноса или по крайней мере пересмотра существующих представлений.

В настоящее время в области сельского хозяйства имеется ряд контрмер для снижения вреда от попадания радиоцезия в пищевые цепи. Этого нельзя сказать о загрязнении радиостронием. Для улучшения ситуации нужны серьезные лаборатор-

ные и полевые исследования и разработки. Например, для избирательного поглощения/адсорбции стронция в пищевых цепях предлагался ряд веществ, но ни одно из них не может быть пока рекомендовано безоговорочно из-за отсутствия надлежащих данных. Альтернативные подходы, такие как использование фильтров и магнитных сепараторов для жидких пищевых продуктов, сейчас доступны для применения, хотя они не оценивались критически в условиях, преобладающих в загрязненных районах.

В заключение можно сказать, что авария в Чернобыле выявила необходимость разработки для каждой страны набора готовых для немедленного применения в случае ядерной аварии контрмер в сельском хозяйстве. Получены данные о пользе многих контрмер и необходимых инфраструктурах для их применения. Остается провести работу по использованию таких данных. Это особенно важно для окружающей среды в тропиках, так как основной опыт был приобретен в умеренном климате.

В Беларусь в соответствии с проектом технического сотрудничества, поддерживаемым МАГАТЭ, исследуется использование рапса (на заднем плане) в качестве альтернативной культуры при севообороте на загрязненных угодьях.
*(Предоставлено:
Ричардс/МАГАТЭ)*

АСПЕКТЫ ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Доклад Луиса Ледермана, исполняющего обязанности начальника Секции оценки безопасности в Департаменте ядерной безопасности МАГАТЭ, секретаря по научным вопросам тематического заседания 7: "Меры по повышению ядерной безопасности".

С 1 по 3 апреля 1996 г. в МАГАТЭ (Вена, Австрия) состоялся Международный форум на тему "Десятилетие после Чернобыля: аспекты ядерной безопасности". Он был организован МАГАТЭ совместно с Департаментом ООН по гуманитарным вопросам (ДГВ ООН). Целью форума был анализ корректирующих мер, принятых с момента чернобыльской аварии для повышения безопасности реакторов РБМК и защитного укрытия (саркофага) в Чернобыле. Результаты были представлены на Международной конференции по Чернобылю, состоявшейся через неделю.

В данной статье приведены выдержки из сделанных на Форуме выводов относительно безопасности реакторов чернобыльского типа (РБМК) и условий на площадке самой Чернобыльской атомной электростанции.

Причины аварии

События, приведшие 26 апреля 1986 г. к аварии на четвертом энергоблоке Чернобыльской атомной электростанции, за прошедшие десять лет исследовались многими учеными. Хотя в нашем знании деталей некоторых связанных с аварией явлений все еще имеются пробелы, полученных данных достаточно, для того чтобы установить причины аварии и принять эффективные меры для предотвращения повторения таких событий.

С современной точки зрения основные причины аварии могут быть суммированы следующим образом:

- серьезные конструктивные недостатки реактора и устройств остановки реактора;
- большой положительный паровой коэффициент в условиях эксплуатации при высокой степени выгорания;
- введение положительной реактивности при срабатывании органов быстрой остановки реактора в условиях состояния реактора, предшествующих аварии;
- невозможность обеспечения оперативного запаса реактивности в системе защиты реактора;
- низкий уровень культуры безопасности у ответственных организаций, что привело к неспособности исправить важные недостатки, несмотря на то, что о них было известно задолго до аварии;
- недостаточно обоснованная и проверенная программа испытаний с точки зрения технической безопасности;
- несоблюдение эксплуатационных инструкций;

- предъявление чрезмерных требований к эксплуатационному персоналу при эксплуатации и использовании оборудования;
- недостаточная защита от проектных аварий.

Безопасность РБМК

Общепризнано, что первоначальная конструкция активной зоны РБМК и системы остановки имела серьезные недостатки. Это относится ко всем поколениям станций с РБМК. В период между 1987 и 1991 гг. на всех блоках с РБМК была осуществлена первая стадия мероприятий по повышению безопасности, направленных на решение наиболее серьезных проблем в этой области.

Паровой эффект реактивности был снижен с помощью установки 80–90 дополнительных поглотителей и увеличения оперативного запаса реактивности до 43–45 стержней ручного управления и увеличения обогащения топлива до 2,4%.

Эффективность системы остановки была увеличена путем исключения водяных столбов; увеличения количества вводимых в активную зону снизу регулирующих стержней одновременно с верхними стержнями при сигнале остановки; повышения скорости ввода стержней; введения новой быстро действующей системы остановки; и дополнительных сигналов для системы управления и защиты.

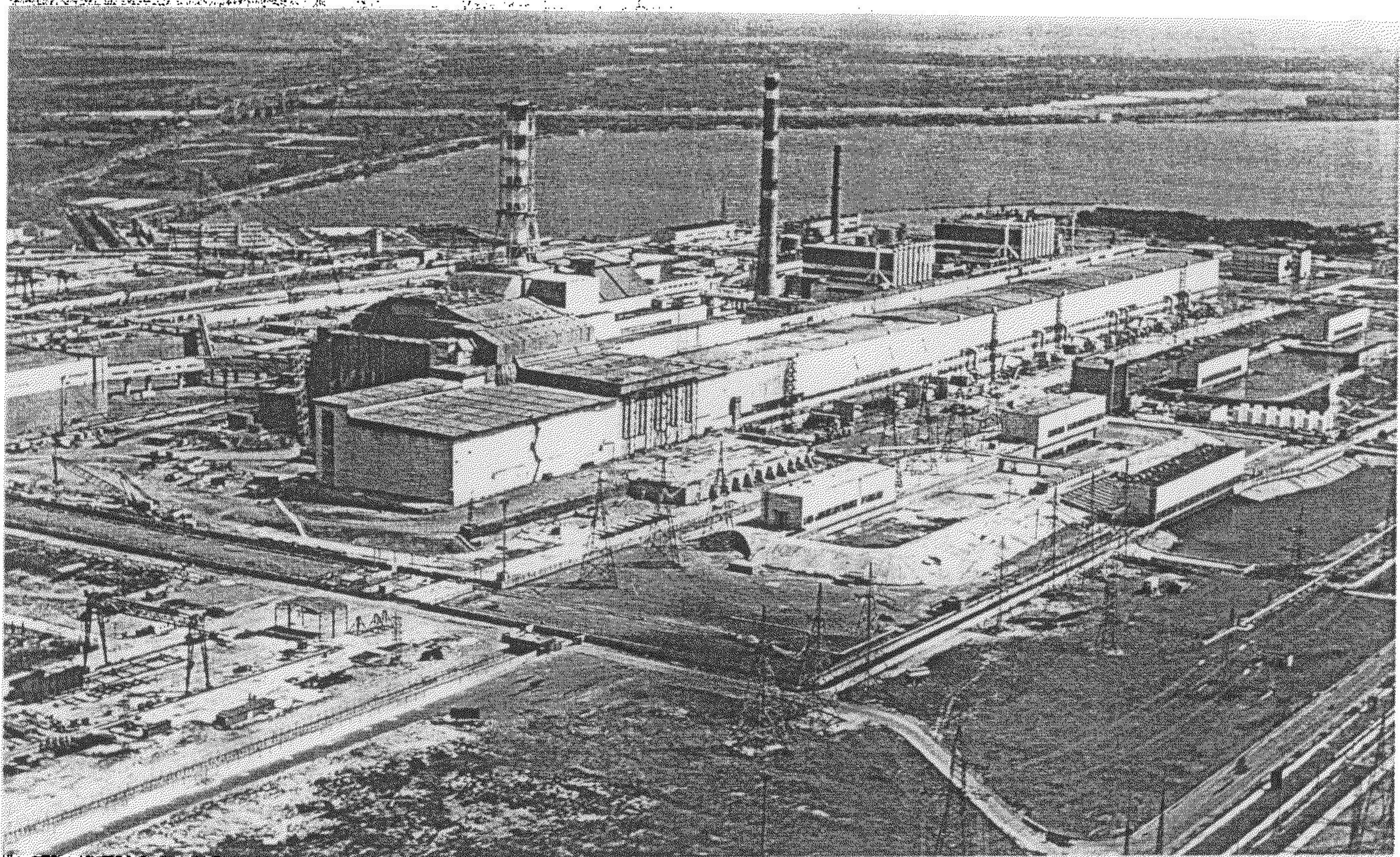
Организация работы и эксплуатация были улучшены путем увеличения частоты расчета и индикации оперативного запаса реактивности, а также совершенствования действующих правил и инструкций. Успехи были достигнуты и в других областях, например создание пунктов дистанционного выключения, проведение неразрушающих испытаний и подготовка персонала (тренажеры). Степень реализации этих мероприятий различна для разных станций.

За рамками мероприятий первой стадии остаются вопросы, требующие более внимательного отношения. Необходимость их решения во многом зависит от того, на какой стадии совершенствования находятся различные РБМК.

Нет сомнений в том, что в отношении устранения связанных с чернобыльской аварией недостатков в области безопасности достигнуты значительные успехи. Что касается других аспектов безопасности, то в настоящее время осуществляются меры по повышению безопасности или планируются пути такого повышения. Реализация второй стадии повышения безопасности по-прежнему требует больших финансовых затрат. Это может рассматриваться как важная, если не главная, нынешняя проблема безопасности РБМК.

Остающиеся проблемы РБМК. Проведенный до настоящего момента анализ показал, что с технической точки зрения известные недостатки в области безопасности РБМК второго и третьего поколений могут быть преодолены на основе широко распространенной концепции глубокоэшелированной защиты. Многие шаги, которые следует предпринять, уже определены и согласованы на международном уровне.

Целесообразность модернизации РБМК первого поколения поднимает новые вопросы в дополнение



к тем, которые относятся к установкам второго и третьего поколений. В западных странах высказываются большие сомнения относительно возможности и финансовой целесообразности их модернизации. Однако, исходя из существующих перспектив, следует признать, что имеющиеся программы повышения безопасности реакторов решают большинство проблем в данной области. Они включают модернизацию важных средств безопасности, например системы управления и защиты, системы аварийного охлаждения реактора и частичной локализации. Очевидно, что это приведет к значительным улучшениям, даже если не всегда будут воспроизводиться технические решения, реализуемые на новых РБМК. Там, где трудно осуществить "классические" подходы, часто полагаются на "компенсирующие решения".

Особые проблемы Чернобыля

Большая часть из рассмотренных выше вопросов безопасности РБМК относится также к Чернобыльской АЭС. Тем не менее ситуация в Чернобыле является особой, поскольку там существует ряд проблем, относящихся только к этой площадке.

Эти проблемы касаются как безопасности оставшихся энергоблоков, так и последствий аварии.

Хотя существуют планы остановки в ближайшем будущем всех реакторов ЧАЭС, для гарантии их безопасности на оставшийся период эксплуатации должны быть реализованы согласованные на международном уровне программы ее повышения.

Что касается последствий аварии, то беспокойство вызывают возведенный вокруг разрушенного реактора саркофаг, поведение радиоактивных веществ, содержащихся внутри саркофага, и захороненные на площадке радиоактивные материалы.

Саркофаг. Возможное разрушение саркофага является серьезной проблемой. Опасения вызывает тот факт, что основные опоры главной конструкции приходилось возводить с помощью дистанционного управления без креплений, как сварочных, так и на болтах. Вследствие этого имеется значительная неопределенность в отношении устойчивости к потенциальным внутренним и внешним воздействиям. Прежде всего это касается сопротивляемости нагрузкам в результате внешних воздействий или повреждений под действием ветра, снега или, например, землетрясения. Существует общее мнение, что нельзя не принимать в расчет риск частичного или полного обрушения саркофага

Вид на Чернобыльскую АЭС сверху. Саркофаг (на переднем плане) укрывает разрушенный при аварии энергоблок.
(Предоставлено:
Мучкин/МАГАТЭ)

Обзор международной деятельности в области повышения безопасности РБМК

В соответствии с просьбой бывшего Советского Союза МАГАТЭ в 1992 году начало осуществление программы по повышению безопасности РБМК*. Программа нацелена на объединение результатов различных национальных, двусторонних и многосторонних мероприятий и установление международного консенсуса в отношении необходимых усовершенствований в области безопасности и соответствующих приоритетов. Она оказывает содействие как регулирующим, так и эксплуатирующими организациям и обеспечивает основу для принятия технических и финансовых решений.

Охвачены многие виды деятельности, и с 1992 г. было проведено несколько рассмотрений и оценок. Третий энергоблок Смоленской АЭС и второй энергоблок Игналинской АЭС служили в качестве эталонных установок на первом этапе осуществления программы.

Европейская комиссия. В 1991 г. под эгидой Европейской комиссии был создан международный консорциум РБМК по теме "Безопасность конструкторских решений и эксплуатации атомных электростанций с реакторами РБМК". В консорциуме участвуют восемь западных стран (Германия, Испания, Италия, Канада, Соединенное Королевство, Финляндия, Франция и Швеция), а также три страны, эксплуатирующие РБМК (Литва, Российская Федерация и Украина). Изучались следующие темы: конструктивные особенности систем и сценарии аварий, системы управления и защиты, физика активной зоны, внешние события, качество техники, опыт эксплуатации, человеческие факторы, взаимодействие с регулирующими органами, вероятностная оценка безопасности (ВОБ).

Было сделано более 300 рекомендаций по повышению безопасности. Многие из них уже были известны конструкторам и операторам и использовались, в то время как другие стали новыми важными рекомендациями.

Всемирная ассоциация организаций, эксплуатирующих АЭС (ВАО АЭС). В 1992 году Международная группа пользователей реакторов советской конструкции установила общие требования в отношении повышения безопасности РБМК. Они включают уже внедренные или полностью разработанные для внедрения усовершенствования, а также те, которые еще следует ввести.

Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР). К концу 1995 г. четырнадцать стран и Европейский союз заявили о добровольном взносе в 245 млн. ЭКЮ на счет Проекта ядерной безопасности.

В рамках помощи Игналинской АЭС поставлено оборудование для контроля в ходе эксплуатации, полномасштабный тренажер, средства противопожарной защиты и подготовлен доклад об анализе безопасности.

Помощь Ленинградской АЭС оказана путем реализации программ повышения безопасности РБМК и обеспечения таким же оборудованием, как и для Игналинской АЭС.

Целью Проекта ядерной безопасности Чернобыльской АЭС является скорейшее повышение безопасности третьего энергоблока, включая поставку оборудования для контроля в ходе эксплуатации, КИП нейтронного потока и системы контроля водорода.

Выделяются также средства для снятия с эксплуатации установок, а именно установки для переработки жидких радиоактивных отходов низкого и среднего уровней и установки для хранения отработавшего топлива.

Двусторонние программы. Швеция и Литва. Эта программа включает оказание поддержки регулирующему органу VATESI, сотрудничество между атомной промышленностью Швеции и Игналинской АЭС и различные технические проекты. Предоставление помощи предусматривается главным образом в юридической области (рассмотрение закона Литвы об энергетике), в разработке системы регулирования, проверке материалов, управлении и организации, а также ВОБ 1-го уровня (по образцу "Барселона").

Основные технические проекты касаются таких областей, как противопожарная защита, увеличение возможности сброса давления из реакторного пространства, усовершенствование системы локализации аварии (СЛА), повышение емкости хранилищ отработавшего топлива, прессование отходов, совершенствование физической защиты станций и улучшение систем связи.

Россия и Канада, Франция, Германия, Япония, Италия, Швеция, Швейцария, Соединенное Королевство, США. Двусторонние программы с Россией включают следующие вопросы: разработка симптомно ориентированных инструкций на случай аварийной ситуации (США); противопожарная защита; герметизация технологических каналов; совершенствование КИП и СУЗ; контроль в ходе эксплуатации; система обнаружения течи (Япония); металлографический анализ; вероятностная оценка безопасности; обеспечение качества; теплогидравлические и нейтронные расчетные программы.

Перспективы. По общему мнению, в результате международной помощи возросла уверенность в том, что уже выяснены основные недостатки реакторов РБМК и определены пути повышения их безопасности.

Реализация усовершенствований в области безопасности на разных АЭС находится на весьма различных стадиях, и в этой связи еще многое предстоит сделать для завершения анализа безопасности конкретных станций и проведения требуемых мероприятий по повышению безопасности.

*Обзор этой программы опубликован в Бюллете *МАГАТЭ*, том 38, № 1 (март 1996 г.).

в течение его первоначально запланированного проектного жизненного цикла — примерно 30 лет, если не принимать никаких контрмер.

Даже в худшем случае полного обрушения широкомасштабных последствий не ожидается. Тем не менее, укрепление саркофага является одним из первоочередных вопросов.

Другим важным для безопасности вопросом является проникновение в саркофаг воды. Присутствие воды стимулирует превращение топливной массы в радиоактивную пыль и ускоряет повреждение строительных конструкций вследствие коррозии, а также может увеличить реактивность топливной массы. В том что касается загрязнения подземных вод, присутствие воды в саркофаге создает некоторый риск в долгосрочном плане. Однако считается, что этот риск гораздо меньше того, который возникает вследствие контакта воды с радиоактивными веществами, захороненными в земле вне саркофага.

Широко исследовалась возможность повторной критичности. Было обнаружено, что с точки зрения критичности в настоящее время саркофаг безопасен. Тем не менее нельзя полностью исключить наличие внутри саркофага такой конфигурации топливных масс, которая не могла бы достичь критического состояния при контакте с водой. Однако, даже если бы это могло привести к образованию значительных радиационных полей внутри саркофага, в таком случае не следует опасаться ни больших выбросов за пределы площадки, ни механических воздействий. Необходимо также выяснить воздействие этого на эксплуатационный персонал других энергоблоков.

Другой специфичной для Чернобыльской АЭС проблемой являются возможные последствия для безопасности близости саркофага и разрушенного реактора к примыкающему к нему действующему третьему энергоблоку. Риски, в общем, считаются низкими, однако этот вопрос нуждается в дальнейшем исследовании. (Примечание: Мнения о степени риска аварии на третьем энергоблоке Чернобыльской АЭС, вызванной обрушением саркофага, сильно расходятся. Необходимы более детальные исследования этой проблемы.)

Другие конкретные проблемы площадки

Другие конкретные проблемы связаны с загрязнением, в особенности радиоактивными веществами, захороненными на площадке. Тип и степень загрязнения хорошо известны по данным измерений. Хотя локальная мощность дозы является довольно высокой, большая часть пораженных территорий доступна. Однако временные хранилища высокорадиоактивных материалов, таких как ядерное топливо, выброшенное из реактора при аварии, являются препятствием для строительных и реконструкционных мероприятий. Кроме того, отсюда радиоактивные вещества поступают в подземные воды. Сейчас загрязнение еще небольшое. Однако в отдаленной перспективе такой риск является весьма значительным, и поэтому абсолютно необходимо соответствующее удаление временных хранилищ.

Постепенное восстановление площадки

Очевидно, что для решения проблем данного масштаба в Чернобыле необходимы большие усилия в течение длительного времени. Обеспечение стабильности саркофага, постоянной безопасности разрушенного реактора, удаления отходов и восстановления площадки — все это потребует значительных ресурсов.

Имеется широкое согласие в том, что эти проблемы требуют комплексного поэтапного подхода. Такой подход должен быть основан на реалистических целях, учитывающих радиационную обстановку на площадке и обеспечивающих в первую очередь соответствующую безопасность и удаление отходов. Следует начать с укрепления саркофага. Такое укрепление могло бы значительно снизить риск обрушения укрытия и дать время для тщательного обдумывания и планирования дальнейших мероприятий, таких как строительство нового укрытия и обращение с отходами. Это должно включать регенерацию или частичную регенерацию топливных масс внутри саркофага и удаление радиоактивных веществ, захороненных на площадке.