

## **ЗАНЯТИЕ № 1 (Практическое).**

**Тема: Анализ радиационных аварий. Медико-социальные последствия аварии на ЧЭАС.**

**Цель:** изучить медико-социальные последствия аварии на ЧАЭС..

**Перечень практических навыков.**

1. Знать историю аварий на объектах атомной энергетики и промышленности.
2. Знать причины и следствия аварии на Чернобыльской АЭС.
3. Уметь определять уровни опасности при авариях на АЭС.
4. Владеть информацией о социально-экономических и медико-биологических последствиях аварии на ЧЭАС.
5. Владеть информацией о последствиях аварии на АЭС для животного и растительного мира.

**Формируемые компетенции** - ОК-1; ОК-2; ОК-3; ОК-7; ОК-8; ПК-5, ПК-6, ПК-9, ПК-15.

**Основные вопросы, предлагаемые для обсуждения.**

1. Аварии на объектах атомной энергетики и промышленности.
2. Уровни опасности при авариях на АЭС.
2. Авария на Чернобыльской АЭС.
3. Социально-экономические последствия аварии на ЧЭАС.
4. Медико-биологические последствия аварии на ЧЭАС.
5. Последствия аварии для животного мира.
6. Последствия аварии для растительного мира.

**МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ.**

**Технологическая карта занятия.**

| № | Этап занятия                                                                                 | Время  |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1 | Проверка посещаемости. Общий инструктаж по теме занятия и работе с методическими указаниями. | 10 мин |
| 2 | Контроль уровня усвоения теоретического материала.                                           | 35 мин |
| 3 | Перерыв                                                                                      | 10 мин |
| 4 | Общий инструктаж по практикуму и самоконтролю.<br>Выполнение практической части занятия.     | 45 мин |
| 5 | Перерыв.                                                                                     | 10 мин |
| 6 | Самоконтроль уровня усвоения материала, оформление протокола.                                | 40 мин |
| 7 | Перерыв.                                                                                     | 5 мин  |
| 8 | Проверка протокола, резюме преподавателя, задание на следующее занятие.                      | 25мин  |

## Материалы и оборудование

| Средства обучения           | Таблицы<br>(презентационный материал)                      |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------|
| Учебно-методическое пособие | Авария на ЧАЭС. Документальный фильм НТВИ (учебный фильм). |

### Краткое содержание темы.

#### 1. Аварии на объектах атомной энергетики и промышленности

Международными организациями разработана шкала оценки опасных событий на АЭС и рекомендованы необходимые меры обеспечения радиационной безопасности:

**Уровень опасности VII или глобальная авария:** Выброс в окружающую среду большей части радиоактивных продуктов, накопленных в активной зоне, в результате которого будут превышены дозовые пределы для запроектных аварий (I). Возможны острые лучевые поражения. Длительное воздействие на здоровье населения, проживающего на большой территории, включающей более чем одну страну. Длительное воздействие на окружающую среду (Чернобыль, СССР, 1986).

**Уровень опасности VI или тяжелая авария:** Выброс в окружающую среду большого количества радиоактивных продуктов, накопленных в активной зоне, в результате которого дозовые пределы для проектных аварий' будут превышены, а для запроектных — нет. Для ослабления серьезного влияния на здоровье населения необходимо введение планов мероприятий по защите персонала и населения в случае аварий в зоне радиусом 25 км, включающих эвакуацию населения (Уиндскейл, Великобритания, 1957).

**Уровень опасности V или авария с риском для окружающей среды:** Выброс в окружающую среду такого количества продуктов деления, которое приводит к незначительному повышению дозовых пределов для проектных аварий (II) и радиационно эквивалентных выбросу порядка сотни ТБк<sup>131</sup>I. Разрушение большей части активной зоны, вызванное механическим воздействием или плавлением с превышением максимального проектного предела повреждения твэлов. В некоторых случаях требуется частичное введение планов мероприятий по защите персонала и населения в случае аварий (местная йодная профилактика и/или частичная эвакуация) для уменьшения влияния облучения на здоровье населения (Три-Майл- Айленд, США, 1979).

**Уровень опасности IV или в пределах АЭС:** Выброс радиоактивных продуктов в окружающую среду в количестве, превышающем значения для уровня III, который привел к переоблучению части персонала, но в

результате которого не будут превышены дозовые пределы для населения<sup>2</sup>. Однако требуется контроль продуктов питания населения л (Сант-Лаурент, Франция, 1980).

**Уровень опасности III или серьезная авария:** Выброс в окружающую среду радиоактивных продуктов выше допустимого суточного, но не превышающий 5-кратного допустимого суточного выброса газообразных летучих радиоактивных продуктов и аэрозолей и/или 1/10 годового допустимого сброса со сбросными водами. Высокий уровень радиации и/или большое загрязнение поверхностей на АЭС, обусловленные отказом оборудования или ошибками эксплуатации. События, в результате которых происходит значительное переоблучение работающих (доза более 50 мЗв). При рассматриваемом выбросе не требуется принимать защитных мер за пределами площадки. Происшествия, при которых дальнейшие отказы в системах безопасности должны привести к авариям или ситуациям, где системы безопасности не будут способны предотвратить аварию, если произойдет исходное событие (Банделлос, Испания, 1989).

**Уровень опасности II или средняя авария:** Отказы оборудования или отклонения от тяжести нормальной эксплуатации, которые хотя и не влияют непосредственно на безопасность станции, но способны привести к значительной переоценке мер по безопасности.

**Уровень опасности I или незначительная авария:** Функциональные отклонения в управлении, которые не представляют какого-либо риска, но указывают на недостатки в обеспечении безопасности. Эти отклонения могут возникнуть из-за отказа оборудования, ошибки персонала или недостатков руководства по эксплуатации (такие события должны отличаться от отклонений без превышения пределов безопасной эксплуатации, при которых управление станцией осуществляется в соответствии с установленными требованиями. Эти отклонения, как правило, считаются «ниже уровня шкалы»).

**Уровень опасности 0 или низкое:** Не влияет на безопасность уровня шкалы. Для аварий VII, VI и V уровня в «Типовом плане мероприятий по защите населения в случае радиационной аварии» предусматриваются соответствующие меры, регламентирующие деятельность сил ликвидации аварии, конкретизированные в аналогичных планах региональных органов управления МЧС.

Для аварии IV и происшествия III уровня помощь персоналу АЭС в ликвидации радиационной аварии (происшествия) осуществляется по запросу руководства станции (аварийного объекта) для предотвращения дальнейшего развития аварии и облучения большого числа людей.

Происшествия II и I уровня не требуют оказания помощи.

Убедительным примером последствий, которые могут иметь место при неконтролируемом массивном выбросе в атмосферу радиоактивных продуктов, служит авария в Уиндскейле (Великобритания), происшедшая 10.11.1957 на одном из реакторов завода по получению плутония. В этом реакторе в качестве замедлителя использовали графит, в качестве топлива — естественный уран, для охлаждения реактора — прокачиваемый через активную зону воздух. После охлаждения реактора нагретый воздух выбрасывался в атмосферу через трубу высотой 125 м, в верхней части которой были смонтированы фильтры для задержки аэрозолей. Вследствие ошибок обслуживающего персонала и технических погрешностей в контрольно-измерительной аппаратуре в активной зоне реактора произошло резкое повышение температуры. В результате этого примерно 150 каналов, загруженных тепловыделяющими элементами, нагрелись до температуры красного свечения металла. Оболочки отдельных тепловыделяющих элементов разрушились, и попытка разгрузить каналы реактора оказалась безуспешной. В течение последующих 2 сут активная зона реактора была охлаждена водой. Вследствие аварии в атмосферный воздух поступило около 740 ТБк<sup>131</sup>I, 22,2 ТБк<sup>137</sup>Cs, 3 ТБк<sup>89</sup>Sr и 0,33 ТБк<sup>90</sup>Sr.

При установлении факта значительного выброса радиоактивных продуктов в атмосферу была оценена потенциальная опасность выброса для населения по трем направлениям:

1. внешняя радиация;
2. вдыхание радиоактивных аэрозолей;
3. заглатывание радионуклидов с загрязненной пищей и водой.

Результаты этих исследований свидетельствовали о том, что уровень радиации от радиоактивного облака, двигавшегося по направлению ветра, был наиболее высокий —  $0,29 \cdot 10^{-9}$  А/кг (4 мР/ч). Эта величина превышала естественный уровень радиации в 400 раз. Общая доза облучения, полученная человеком, который находился бы в течение недели на открытом воздухе в районе максимальных выпадений на почву  $\gamma$ -излучателей, составила бы 3—5 мГр (300—500 мрад).

Удельная активность воздуха в прилегающих к заводу районах и первые сутки достигала величин, превышающих в 2 раза допустимую, установленную для лиц профессиональной группы. В дальнейшем радиоактивность воздуха быстро понизилась.

Активность воды ближайших водохранилищ, проточных вод и водопроводной воды по <sup>131</sup>I во всех случаях не превышала 1/6 максимально ДУ, принятого в рекомендациях МКРЗ.

Во время аварии никаких значительных выпадений на почву, за исключением  $^{131}\text{I}$ , не произошло.

Площадь территории, на которой удельная активность молока коров могла превышать 3,7 кБк/л, была равна 518 км<sup>2</sup> (величина 3,7 кБк/л была принята в качестве допустимой для детского населения из расчета потребления 1 л молока в сутки и массы щитовидной железы ребенка 1,5 г). На этой территории было запрещено употреблять молоко в пищу. В дальнейшем запрет снимали постепенно, в 3 этапа. Весь период от введения запрета до окончательной его отмены составил примерно 6 нед.

Измерения активности щитовидной железы, проведенные среди проживающего в районе Уиндскейла населения (взрослых и детей), позволили установить максимальные дозы ее облучения, которые были равны для детей 160 мГр, для взрослых — 95 мГр.

Таким образом, результаты исследований по оценке последствий аварии на реакторе свидетельствуют о том, что в данном случае опасность внешнего переоблучения населения была невелика. Дополнительное внутреннее облучение за счет попадания в организм радиоактивных продуктов через органы дыхания и с питьевой водой было незначительным. Поступление радиоактивного йода в организм с молоком и молочными продуктами представляло несомненную потенциальную опасность внутреннего переоблучения.

## **2. Авария на Чернобыльской АЭС**

ЧАЭС расположена в восточной части региона, именуемого Белорусско-Украинским Полесьем, на берегу р. Припять, впадающей в Днепр. На начало 1986 г. общая численность населения 30-километровой зоны вокруг ЧАЭС составляла примерно 100 тыс. человек, из которых 49 тыс проживали в Припяти (запад от 3-километровой санитарно-защитной зоны АЭС) и 12,5 тыс — в районном центре Чернобыле (15 км к юго-востоку от АЭС). Первая очередь ЧАЭС (2 энергоблока) была построена в 1977 г. (1970— 1977), 3-й и 4-й блоки были завершены в 1983 г., на расстоянии 1,5 км к юго-востоку от этой площадки было начато строительство еще двух энергоблоков.

Водоохлаждаемые реакторы ЧАЭС с графитовым замедлителем РБМК-1000 (реактор большой мощности, кипящий) являются гетерогенными канальными реакторами на тепловых нейтронах, в которых в качестве топлива используют диоксид урана, слабо-обогащенный по  $^{235}\text{U}$ , в качестве замедлителя — графит и теплоносителя — кипящую воду. Тепловая мощность реактора — 3200 МВт, обогащение топлива — 2%, масса урана — 114,7 кг.

Авария произошла при экспериментальных исследованиях и результате грубого нарушения техники безопасности и некоторых конструктивных недостатков, присущих данному типу реакторов. Последнее обусловило резкое возрастание мощности и последующее повышение температуры, а также взрывы с разрушением 4-го блока. Нарушение герметичности реактора привело к выбросу радиоактивных материалов в окружающую среду.

Выброс радионуклидов за пределы аварийного блока АЭС состоял из нескольких стадий:

на I стадии в момент взрыва состав радионуклидов в выбросе соответствовал их составу в облученном топливе, но был обогащен изотопами йода, теллура, цезия, благородных газов;

на II стадии — с 26.04 по 02.05.86 мощность выброса за пределы аварийного блока уменьшилась из-за предпринимаемых мер по прекращению горения графита и фильтрации выброса. В этот период состав радионуклидов в выбросе также был близок к их составу в топливе. Из реактора выносилось мелкодисперсное топливо потоком горячего воздуха и продуктами горения графита;

III стадия — быстрое нарастание мощности выхода продуктов деления за пределы реакторного блока.

Вначале преимущественно выносились летучие компоненты, в частности йод, а затем состав радионуклидов приблизился к составу облученного топлива (на 06.05.1986). Это было обусловлено нагревом топлива в активной зоне за счет остаточного тепловыделения до 1700 °С. Последняя, IV, стадия после 06.05.1986 характеризовалась быстрым уменьшением выброса. Высота факела выброса 27.04 превышала 1200 м, максимум концентрации радионуклидов находился на высоте 600 м. В последующие дни высота факела не превышала 200—400 м. Летучие элементы — йод и цезий — были зафиксированы на большой высоте (6—9 км). Тугоплавкие материалы (церий, цирконий, нептуний) были обнаружены только в виде локальных выпадений на территории СССР. Появление радионуклидов аварийного происхождения вне пределов СССР было отмечено в Швеции 27.04. За 10 дней, в течение которых продолжались выбросы, метеорологические условия и направление ветра на различных высотах многократно менялись, поэтому картина рассеяния радионуклидов оказалась сложной. Загрязненные потоки воздуха были обнаружены 27.04 в Швеции и Финляндии и южнее, в Польше и ГДР; на другие страны Западной и Центральной Европы загрязнение распространилось 29 и 30.04. В течение 30.04 загрязненные потоки достигли северной Италии.

Аварийные радионуклиды в воздухе Франции, Бельгии и Нидерландов были зарегистрированы 01.05, в Великобритании — 02.05, на севере Греции — 02.05, на юге Греции — 03.05. В начале мая поступили сообщения о повышенной радиоактивности воздуха из Израиля, Кувейта, Турции.

Долговременный перенос в атмосфере способствовал распространению выброшенной активности по всему Северному полушарию. Впервые радиоактивность была зарегистрирована в Японии 02.05, в Китае — 04.05, в Индии — 05.05 и в Канаде и США — 05—06.05.

В противоаварийных мероприятиях в первые часы после аварии участвовали персонал станции и пожарные, из них 300 человек были госпитализированы из-за ожогов и с диагнозом возможного лучевого поражения. На основе данных радиационного мониторинга 27.04 было эвакуировано население г. Припять. В дальнейшем из Киевской, Гомельской, Брянской и Житомирской областей было эвакуировано в целом до 250 тыс человек. У эвакуированных острых лучевых поражений не обнаружено.

С целью профилактики накопления в щитовидной железе радионуклидов йода начиная с утра 26.04 населению, проживающему в окрестностях ЧАЭС, были розданы препараты йодида натрия. Вместе с тем йодная профилактика не имела систематического характера. В течение последующих дней на значительных по площади территориях, на которых удельная активность продуктов питания превышала допустимые величины, было запрещено потребление молока и других продуктов местного производства.

С целью ликвидации последствий аварии была разработана программа мероприятий, включающая:

1. ликвидацию выброса радионуклидов в окружающую среду и предупреждение опасности взрыва реактора;
2. дезактивацию площадки АЭС;
3. консервацию 4-го блока;
4. дезактивацию 30-километровой зоны и возобновление хозяйственной деятельности в ней;
5. организацию системы контроля радиационной обстановки.

Основные выбросы радионуклидов из 4-го блока ЧАЭС продолжались 10 дней с момента взрыва 26.04. Выбросы состояли из радиоактивных газов, аэрозолей и частиц топлива в больших количествах. Общепринятая в настоящее время оценка выброса радиоактивных веществ составила около 14 ЭБк (ЭБк=  $10^{18}$  Бк), в том числе 1,8 ЭБк  $^{131}\text{I}$ , 0,085 ЭБк  $^{137}\text{Cs}$ , 0,01 ЭБк  $^{90}\text{Sr}$  и 0,003 ЭБк радиоизотопов плутония. На долю инертных газов пришлось около 50% общей активности выбросов.

Уровень загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  на территории Европы площадью свыше 200 000 км<sup>2</sup> составил более 37 кБк/м<sup>2</sup>. Большая ее часть расположена в трех наиболее пострадавших странах — Беларуси, России и Украине. Выпадения были крайне неравномерными: в частности они усиливались в тех зонах, где во время прохождения загрязненных воздушных масс шел дождь. Большая часть радио изотопов стронция и плутония выпала в пределах 100 км от разрушенного реактора, что обусловлено большими размерами частиц.

Большая часть радионуклидов, выброшенных во время аварии, имела короткий период полураспада и поэтому вскоре распалась. В первое время после аварии наибольшую тревогу вызывал выброс радиоактивного йода. Через год и на протяжении последующих десятилетий первостепенное радиологическое значение имел, и будет иметь,  $^{137}\text{Cs}$ , на втором месте находится  $^{90}\text{Sr}$ . В более долгосрочном плане (от сотен до тысяч лет) сохранятся изотопы плутония и америция-241, хотя их радиологическая роль за пределами 30-километровой зоны незначительна.

Радиоактивное загрязнение Припяти — города, расположенного ближе всего к месту аварии (около 3 км), — и окружающих сел поначалу могло бы привести к очень высоким дозам внешнего облучения. Однако в значительной степени облучения удалось избежать благодаря эвакуации населения. В других населенных пунктах радиоактивное загрязнение привело в течение последующих лет к облучению населения в разной степени, которое продолжается до сих пор на более низких уровнях.

В настоящее время в большинстве населенных пунктов за пределами 30-километровой зоны мощность дозы в воздухе над поверхностью земли вернулась к фоновым значениям, существовавшим до аварии.

Территории, наиболее загрязненные в результате аварии, тщательно обследовались и изучались в течение двух десятилетий, и сегодня специалисты имеют достаточно ясное представление о поведении основных загрязняющих радионуклидов —  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ . Правительствами был разработан и реализован ряд контрмер для ограничения уровней облучения и радиоактивного загрязнения в соответствии с нормами, действующими внутри стран.

В первые месяцы после аварии уровень радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных культур и животных в основном определялся выпадением радионуклидов на поверхность земли. Основную опасность вызывало загрязнение радиоактивными изотопами йода, однако проблема исчерпала себя в течение первых месяцев после аварии вследствие распада наиболее важного в радиологическом отношении изотопа  $^{131}\text{I}$ .

Радиоактивный йод интенсивно накапливался в молоке, что привело к значительным дозам облучения щитовидной железы у тех, кто его пил, особенно у детей в Беларуси, России и на Украине. Повышенные уровни радиоактивного йода в молоке наблюдались и в некоторых других регионах Европы, где молочные стада содержались вне помещений.

Впоследствии важное значение приобрела миграция радионуклидов из почвы через корни в растения. Наибольшие проблемы были вызваны радиоизотопами цезия  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{134}\text{Cs}$ . Даже после распада  $^{134}\text{Cs}$  (период полураспада которого равен 2,1 года) к середине 90-х годов содержание более долгоживущего  $^{137}\text{Cs}$  в продуктах сельского хозяйства в наиболее загрязненных районах могло служить основанием для защитных послеаварийных мероприятий. Что касается  $^{90}\text{Sr}$ , он может вызывать проблемы на соседствующих с атомной станцией территориях, но на значительном удалении от нее уровень загрязнения  $^{90}\text{Sr}$  низок. Другие радионуклиды, такие как изотопы плутония и  $^{241}\text{Am}$ , не вызвали каких-либо значительных проблем в сельском хозяйстве.

На протяжении первых лет после загрязнения переход радионуклидов в растения и организм животных значительно снизился за счет распада, миграции радионуклидов в глубь почвы, снижения их биологической доступности, а также благодаря принятым контрмерам.

В настоящее время и в ближайшие годы на содержание радиоактивного цезия в растениях и продуктах питания влияет не только уровень загрязнения, но и свойства почв, а также характер землепользования. Значительно больший переход радионуклидов в продукты питания наблюдается на территориях с неплодородной почвой (песчаных и торфяных), где скот выпасают на неосухокультуренных пастбищах. Это особенно существенно для сельских жителей наиболее пострадавших стран, которые в личном подсобном хозяйстве содержат дойных коров.

Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в сельскохозяйственных пищевых продуктах, полученных в пострадавших регионах, в настоящее время в большинстве случаев ниже ДУ. Однако на некоторых территориях с высокой степенью радиоактивного загрязнения, а также с высокими коэффициентами перехода радионуклидов из почвы в растения активность  $^{137}\text{Cs}$  в молоке в ряде случаев все еще превышает ДУ. В этих регионах необходимо проведение контрмер.

После аварии наблюдалось высокое содержание радиоактивного цезия в растениях и животных лесных и горных районов, при этом наибольший уровень  $^{137}\text{Cs}$  был обнаружен в растениях и животных лесных районов: грибах, ягодах и дичи. Эти показатели остаются на том же уровне на

протяжении двух десятилетий. Причиной этого является устойчивая рециркуляция радиоактивного цезия именно в лесных экосистемах.

В будущем  $^{137}\text{Cs}$  в молоке и мясе и в меньшей степени в растительной пище и зерновых останется наиболее значимым источником внутреннего облучения людей. В отдельных регионах Беларуси, России и Украины существенный вклад вносит также потребление лесных продуктов, содержащих  $^{137}\text{Cs}$ . Такое положение будет сохраняться на протяжении нескольких последующих десятилетий.

После Чернобыльской аварии подтвердились данные о высокой интенсивности переноса радиоактивного цезия по цепочке лишайник—оленина—человек в арктических и субарктических регионах Европы. Чернобыльская авария привела к повышению уровня  $^{137}\text{Cs}$  в мясе диких животных в Финляндии, Норвегии, России и Швеции и создала значительные проблемы для жителей этих регионов.

Радиоактивные выбросы привели к загрязнению поверхностных вод на территории, близкой к реактору, и во многих других частях Европы. Первоначальные уровни радиации были обусловлены непосредственным выпадением радионуклидов на поверхность рек и озер при доминировании короткоживущих радионуклидов (в основном  $^{131}\text{I}$ ). В первые несколько недель после аварии особую обеспокоенность вызывали высокие уровни радиоактивности питьевой воды, забираемой из Киевского водохранилища. В то же время уровни радиоактивности в водоемах быстро снижались благодаря разбавлению, распаду и поглощению радионуклидов донными отложениями. Донный ил водоемов превратился в долгосрочное хранилище радиоактивности, которое в настоящее время уже покрыто «чистыми» отложениями.

Содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в воде и рыбе в реках, открытых озерах и других водоемах в настоящее время относительно невысокое, однако в некоторых бессточных озерах, расположенных на загрязненных территориях Беларуси, России и Украины, уровень загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  воды и рыбы более высокий и сохранится таким в течение последующих десятилетий.

Благодаря большому удалению Черного и Балтийского морей от Чернобыля и процессам разбавления радиоактивности в водных системах, концентрации радионуклидов в морской воде были гораздо более низкими, чем в речной. Уровни  $^{137}\text{Cs}$  в морской рыбе не вызывают опасений. Это объясняется низким содержанием радионуклидов в воде в сочетании с низким уровнем биоаккумуляции радиоактивного цезия во флоре и фауне этих морей.

Правительством Советского Союза, а впоследствии Беларуси, России и Украины был принят целый ряд контрмер, направленных на смягчение негативных последствий аварии.

Наиболее действенными контрмерами в области сельского хозяйства на первом этапе были запрет выпаса скота на загрязненных пастбищах и выбраковка молока на основании результатов радиологического контроля. В некоторых странах успешно применялось кормление животных «чистыми» кормами. Однако эффективность этих контрмер была лишь частичной по отношению к поступлению радиоактивного йода в организм с молоком, так как информация об аварии и необходимых мерах профилактики была распространена с опозданием, особенно среди сельского населения.

Долговременной проблемой явилось загрязнение молока и мяса радиоактивным цезием. В СССР, а позднее в Беларуси, России и на Украине с этой проблемой пытались справиться путем окультуривания пастбищ и сенокосов, кормления «чистыми» кормами и добавления цезийсвязывающих веществ, таких как берлинская лазурь, в корм животных. Это позволило не прекращать основные виды сельскохозяйственной деятельности на части загрязненных земель и дало возможность значительно снизить дозы внутреннего облучения.

На территориях с высоким уровнем радиоактивного загрязнения (30-километровая зона) отмечались многочисленные острые эффекты облучения у растений и животных, которые значительно варьировались в зависимости от радиочувствительности различных растений и животных. Фиксировались связанные с радиацией генетические изменения соматических и зародышевых клеток, обнаруживались различные цитогенетические аномалии. Во флоре и фауне зоны отчуждения наблюдались результаты воздействия как на индивидуальном, так и на популяционном уровне.

Восстановление пораженной флоры и фауны зоны отчуждения носит сложный характер. С одной стороны, продолжается воздействие радиации на местные популяции животных и растений, а с другой — происходят активная миграция из менее загрязненных территорий и восстановление радиоустойчивых местных популяций в связи с уменьшением антропогенного воздействия на природу зоны отчуждения (отселение населения, прекращение сельскохозяйственного производства и др.).

Людей, подвергшихся действию радиации в результате Чернобыльской аварии, можно разделить на следующие категории:

1. работники, проводившие аварийно-восстановительные работы на ЧАЭС и в зоне отчуждения после аварии;
2. жители, эвакуированные из наиболее загрязненных районов;

3. жители менее загрязненных районов, которые не были эвакуированы. Согласно оценкам, первоначально к работам по ликвидации аварии в 1986—1987 гг. было привлечено около 350 000 человек (военнослужащие, работники АЭС, сотрудники правоохранительных органов, пожарные, медицинские и другие работники). Среди них около 240 000 человек участвовали в основных работах на АЭС и в 30-километровой зоне. Впоследствии число зарегистрированных ликвидаторов возросло до 600 000 человек.

В настоящее время около 5 млн жителей Беларуси, России и Украины проживают на территориях, загрязненных радионуклидами вследствие Чернобыльской аварии (свыше 37 кБк/м<sup>2</sup> <sup>137</sup>Cs в 1986 г.), из них около 200 000 человек проживают на территориях с плотностью загрязнения свыше 555 кБк/м<sup>2</sup> <sup>137</sup>Cs.

Дозы облучения, полученные разными категориями персонала и населения в результате аварии, колеблются в широком диапазоне — от доз, которые могли вызвать смерть (единицы и десятки грей за несколько часов), до незначительных (менее 0,001 Гр в год). Сегодня в большинстве населенных пунктов годовые дозы не превышают 1 мЗв, что отвечает национальным ДУ. За минувшие 20 лет население, проживающее на загрязненных территориях с момента аварии, уже получило около 80% дозы, прогнозируемой на всю жизнь.

Крупномасштабные мероприятия по предупреждению и ликвидации ранних медицинских последствий аварии (например, оказание помощи лицам с острыми лучевыми поражениями, йодная профилактика, медицинские осмотры) потребовали мобилизации значительных ресурсов здравоохранения и медицинской науки.

Несмотря на начальную недооценку масштабов события, режим секретности и значительное количество лиц, получивших высокие дозы облучения во время острой фазы аварии, действия медицинских работников были в основном правильными. Однако следует отметить недостаточный контроль в некоторых районах за производством и потреблением загрязненных продуктов питания, а также запоздалую и недостаточную йодную профилактику, что привело к большому количеству случаев рака щитовидной железы, особенно у тех, кто был детьми или подростками во время аварии.

Нерадиационные факторы аварии (недостаточность и неадекватность информации об опасностях для жизни и здоровья, страх, неуверенность в будущем, изменение социальных условий и привычного образа жизни, стресс

и др.) также оказали значительное влияние на здоровье людей, что ранее недооценивалось.

Чернобыльская авария и усилия правительств по преодолению ее последствий были связаны с большими расходами для Советского Союза, а впоследствии для Беларуси, России и Украины. Непосредственные затраты (строительство объекта «Укрытие», создание объектов зоны отчуждения, эвакуация и переселение, охрана здоровья, радиологический мониторинг и применение технологий по производству «чистых» продуктов питания) составили десятки миллиардов долларов, тогда как не прямые расходы (на пример, утраченный промышленный потенциал) оцениваются к сотни миллиардов долларов.

Обязательства правительств относительно помощи по переселению населения из загрязненных районов, строительству жилья и объектов инфраструктуры, налаживанию жизни в новых местах, а также предоставления льгот и субсидий нескольким миллионам людей вскоре превысили финансовые возможности государств.

Меры по обеспечению радиационной безопасности привели к серьезным экономическим потерям, особенно в сельском хозяйстве. Большие площади сельскохозяйственных земель были выведены из обращения, прекращено производство древесины. Экономическая нестабильность, наступившая после развала Советского Союза, усугубила экономические проблемы. Уровень безработицы в пострадавших регионах стал выше по сравнению с другими регионами, в частности, из-за потери рабочих мест, вследствие упадка производства. Уровень бедности на пострадавших вследствие Чернобыльской катастрофы территориях выше, чем средний по трем странам. На пострадавших территориях значительно искажена демографическая структура населения, велика доля лиц старшего поколения, а отток молодых людей и квалифицированных профессионалов снижает возможности экономического возрождения. Низкая инвестиционная привлекательность регионов частично связана с негативным восприятием территорий, пострадавших от Чернобыльской аварии. Отчасти из-за секретности, сопровождавшей аварию на начальном этапе, мифы и неадекватное восприятие опасности радиации характерны как для пострадавших, так и для соседних с ними территорий. Предоставление объективной и понятной информации остается актуальной задачей. Чувство беспомощности распространено среди части пострадавших людей, поэтому возрождение их самодостаточности должно стать основной задачей всех сторон, вовлеченных в процесс минимизации последствий аварии.

Аварийное разрушение 4-го блока ЧАЭС привело к образованию огромного количества радиоактивных отходов в помещениях блока, на территории станции и в ее окрестностях. Сооружение объекта «Укрытие» с мая по ноябрь 1986 г. изолировало поврежденный реактор, привело к снижению уровня радиации на объекте и предотвратило дальнейшее распространение радионуклидов во внешнюю среду.

Объект «Укрытие» был построен в течение короткого времени при высоких уровнях радиации. Проектирование и строительство объекта «Укрытие» в сжатые сроки привели к несовершенству его конструкции, а также к отсутствию полных данных о его стабильности. Основная опасность, связанная с объектом «Укрытие», — возможное разрушение строительных конструкций и выброс радиоактивной пыли в окружающую среду.

Во избежание возможного разрушения объекта «Укрытие» проведены работы по укреплению нестабильных конструкций и созданию новой безопасной оболочки, которая должна прослужить не менее 100 лет. Считается, что возведение оболочки позволит разобрать существующий объект «Укрытие», удалить высокоактивные топливосодержащие материалы из 4-го блока и закончить работы по окончательному преобразованию объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему.

Для снижения уровней радиации и обеспечения более безопасных условий работы на разрушенном энергоблоке и вблизи него в 1986—1987 гг. в зоне отчуждения на расстоянии 0,5—15 км от реактора были созданы временные хранилища радиоактивных отходов. Эти сооружения создавались без надлежащей проектной документации и не были оборудованы необходимыми конструктивными элементами, поэтому они не соответствуют современным требованиям к захоронению радиоактивных отходов, следовательно, эта проблема требует решения. Должна быть разработана соответствующая государственная стратегия обращения с высокоактивными долгоживущими отходами на территории ЧАЭС и в Чернобыльской зоне отчуждения. Ожидается, что в последующие годы в связи со строительством новой безопасной оболочки, возможным демонтажом объекта «Укрытие», выгрузкой топливосодержащих материалов и работами по созданию экологически безопасной системы будут накапливаться дополнительные радиоактивные отходы.

Создание Чернобыльской зоны отчуждения (30-километровая зона) было оправданным мероприятием в связи не только с необходимостью эвакуации населения из наиболее загрязненной территории, но и с последующими задачами по минимизации последствий аварии. Зона отчуждения является наиболее загрязненной территорией и наибольшим источником

радиационной опасности. Наряду с этим она выполняет сейчас и будет выполнять в будущем важную защитную функцию для предотвращения распространения радионуклидов за ее пределы благодаря природным и техногенным барьерам.

Последствия Чернобыльской аварии для здоровья людей имеют многофакторную природу, они обусловлены как действием радиации, так и множеством факторов нерадиационной природы. Характер и масштабы воздействия последствий аварии на здоровье людей остаются темой продолжающихся дискуссий научного сообщества, политиков, неправительственных организаций. Эти дискуссии неизбежно будут продолжаться, но со временем рождается общее понимание последствий аварии.

Острая лучевая болезнь была диагностирована у 134 участников аварийных работ, облученных дозами 1—16 Гр. 28 пациентов умерли на протяжении первых 3 мес после аварии. В последующие годы зарегистрировано 19 случаев смерти среди пациентов с верифицированной острой лучевой болезнью, однако не все они непосредственно связаны с действием радиации. Для населения, облученного чернобыльскими радиоактивными выпадениями, дозы были намного ниже, чем у аварийных рабочих, поэтому острая лучевая болезнь и связанные с этим фатальные последствия не наблюдались.

Лучевая катаракта была обнаружена у аварийных рабочих, получивших относительно высокие дозы облучения. Имеются также данные эпидемиологических исследований об увеличении заболеваемости катарактой при дозах облучения более 0,25 Гр.

Рак щитовидной железы у облученных  $^{131}\text{I}$  в молодом возрасте признан основным медицинским последствием аварии, что подтверждено данными многих национальных и международных исследований.

За прошедшие 20 лет почти 5000 случаев рака щитовидной железы были диагностированы в Беларуси, России и на Украине у людей, облученных в возрасте 0—18 лет. Большая часть случаев рака может быть следствием чернобыльской радиации, и риск был самый высокий для тех, чей возраст был менее 6 лет во время облучения.

В настоящее время нет убедительных доказательств того, что заболеваемость лейкемией и раком (кроме рака щитовидной железы) возросла у пострадавших детей и взрослых. Кроме того, из-за низких доз, полученных населением, такие исследования, по всей вероятности, имеют недостаточную статистическую значимость, чтобы идентифицировать увеличение риска.

Радиационно-индуцированные солидные раки обычно реализуются только после минимального латентного периода около 15 лет. Таким образом, сейчас возможно слишком рано оценивать полное влияние аварии на смертность от солидного рака. Существуют некоторые данные об увеличении смертности от солидного рака среди участников работ по ликвидации аварии и специфических групп населения (например, рак молочной железы у женщин, облученных большими дозами в молодом возрасте). Эти данные нужно интерпретировать с осторожностью, а дальнейший контроль и научные исследования должны улучшить наше понимание этого эффекта.

Отсутствие доказательств увеличения риска рака, кроме рака щитовидной железы, не доказывает, что увеличений не произошло. Такое увеличение трудно идентифицировать на общем фоне случаев рака у пострадавшего населения. Кроме того, учитывая большое количество облученных, даже малые разногласия в моделях, используемых для оценки риска при малых дозах облучения, могут значительно изменить оценки риска рака. Следовательно, количественная оценка расчета частоты случаев рака и прогноза смертности вследствие потенциального долговременного воздействия последствий Чернобыльской аварии остается в значительной степени неопределенной.

Рост заболеваемости и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний был отмечен среди российских и украинских участников работ по ликвидации аварии, облученных дозами свыше 150 мЗв. Эти данные следует интерпретировать с особой осторожностью в связи с возможным влиянием комплекса факторов, таких как стресс и образ жизни. Эти данные также нуждаются в подтверждении в дальнейших исследованиях.

Психологические эффекты признаны как важнейшие медицинские последствия аварии. Любой травматический опыт служит причиной стресса, депрессии, тревоги (включая посттравматические стрессовые симптомы) и медицински необъяснимые физикальные симптомы. В нескольких исследованиях отмечались более высокие уровни тревоги среди пострадавших в сравнении с контролем, а также сообщения о более частых множественных необъяснимых физикальных симптомах и субъективно плохом здоровье. Однако особенности Чернобыльской аварии добавляют трудностей в интерпретацию этих данных в связи с рядом сопутствующих социально-экономических событий, обусловленных аварией, ухудшающих уже существующую стрессовую ситуацию.

### **3. Социально-экономические последствия**

Масштабы этой катастрофы и вызванных ею негативных последствий поистине колоссальны. В результате ядерного взрыва во внешнюю среду

поступили радиоактивные вещества общей активностью 10 Эбк (1Э=10<sup>18</sup>), в том числе 6,3 Эбк радиоактивных благородных газов. Было выброшено 50—60% йода и 30—35% цезия, содержащихся в реакторе. По некоторым оценкам величина выброса была еще более высокой. Около 2/3 радиоактивных веществ в результате сухого и влажного осаждения выпали на территории Беларуси.

Радиоактивные выбросы привели к значительному загрязнению местности, населенных пунктов, водоемов. Загрязнение территории Беларуси свыше 37 кБк/кв. м. по цезию - 137 составило 23% от всей площади республики. Эта величина для Украины составляет 5%, для России - только 0,6% (рис 1.), что свидетельствует о большей степени сложности и тяжести последствий Чернобыльской катастрофы для Беларуси по сравнению с соседними странами.

По оценке специалистов, общие экономические потери за 1986-2015 гг. составят 235 млрд дол. Это равно 32 Государственным бюджетам республики на 1968 г. При этом потери постоянно растут: 1986-1990 гг. – 29 млрд дол.; 1991-1995 гг. – 50 млрд дол.; 1996-2000 гг. – 61 млрд дол.; 2001-2015 гг. – 95 млрд дол.

Потери в различных отраслях народного хозяйства и социальной сфере за период с 1986 по 2015 г.:

- ухудшение здоровья населения – 1,88 млрд дол.;
- промышленность – 0,63 млрд дол.;
- социальная сфера – 14,24 млрд дол.;
- строительный комплекс – 2,68 млрд дол.;
- транспорт и связь – 3,39 млрд дол.;
- жилищно-коммунальное хозяйство – 3,46 млрд дол.;
- агропромышленный комплекс – 72 млрд дол.;
- лесное хозяйство – 4,11 млрд дол.;
- переселение населения – 5,08 млрд дол.;
- реализация закона «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на ЧАЭС» - 86,32 млрд дол.;
- загрязнение минерально-сырьевых и водных ресурсов – 2,67 млрд дол.;
- дезактивация загрязненных территорий – 36,85 млрд дол.;
- образование службы мониторинга – 1,72 млрд дол.

В результате столь мощного радиоактивного загрязнения руководству Беларуси, ее многочисленным предприятиям и учреждениям пришлось проводить экстренные социальные, экономические, медицинские и радиологические мероприятия. Из наиболее загрязненных территорий эвакуировано и переселено 135 тыс. человек. Пришлось ликвидировать

415 населенных пунктов, 287 объектов народно-хозяйственного комплекса, 607 школ и детских садов, 95 больниц, более сотни объектов торговли, питания и бытового обслуживания населения. Таков невосполнимый урон, нанесенный Беларуси в результате ядерной катастрофы, произошедшей не на ее территории.

Важно подчеркнуть, что в числе социальных категорий переселенцев, покинувших чернобыльские регионы, особое значение имеет молодежь, интеллигенция и квалифицированные специалисты. Представители именно этих социальных групп наиболее интенсивно уезжали и уезжают из радиоактивных зон.

В результате усугубляются социальные последствия деградации восточно-белорусской деревни, уже давно находящейся под воздействием естественного процесса урбанизации. В пораженных радиацией сельских местностях Беларуси остается в значительной степени социально деформированный и частично деградировавший социум.

Одной из зловещих метастаз Чернобыльской катастрофы является рост преступности в пострадавших регионах. Не случайно именно эти районы Беларуси становятся местом особенно высокой преступности. Ее уровень в Гомельской и Могилевской областях (в пересчете на душу населения), примерно в два раза превышает соответствующие показатели по Гродненской и Брестской областям. При этом для чернобыльских областей особенно характерны тяжелые преступления: убийства, ограбления и спонтанная немотивированная преступность.

В пораженной зоне растет и специфическая «постчернобыльская» организованная преступность. Вероятно, не будет преувеличением утверждение, что практически все отселенные деревни к настоящему времени не только разрушены временем и природой, но и разграблены "чернобыльскими сталкерами" (хотя и находились под охраной государства). Речь идет о тех 485 деревнях на территории Республики Беларусь, население которых отселено в чистые зоны. Не меньшее количество населенных пунктов находится в состоянии фактического отселения и также разрушено и разграблено. (Для сравнения отметим, что, в ходе Второй Мировой войны фашистами были сожжены вместе с жителями 619 белорусских деревень).

Разграбление этих населенных пунктов совершено криминальными элементами, порой под прикрытием смыкающихся с криминалом государственных структур. Особую опасность для общества представляют уже проявившиеся тенденции к становлению именно в индустриальных центрах, расположенных в чернобыльской зоне, структур организованного

криминального мира, тесно связанных с однотипными группировками в других регионах Беларуси и в России.

Особенно быстрый рост криминалитета характерен для крупных городов: Могилева, Гомеля, Бобруйска, Светлогорска. Эти города и ранее отличались высоким уровнем преступности. Теперь же на обычный для всего постсоветского пространства криминальный фон наслаиваются дополнительные стимулирующие факторы, связанные с посткатастрофной мутацией и деформацией пострадавшего социума.

Параллельно с ростом преступности в "чернобыльских" областях гораздо быстрее, чем в других регионах Беларуси идет распространение наркомании и связанных с ней болезней. Видимо не случайно эпицентром заболеваемости СПИДом в Республике Беларусь является расположенный на окраине зараженной зоны город Светлогорск. Но особенно быстро в чернобыльских местностях распространяются алкоголизм и психические заболевания. Все эти факты в значительной степени связаны именно с постчернобыльскими процессами и по существу являются своеобразными социальными мутациями и метастазами атомной катастрофы.

Помимо этого, чернобыльский синдром оказывает крайне неблагоприятное воздействие и на без того тяжелую демографическую ситуацию в Республике. Наиболее остро это проявляется в пострадавших регионах. Вследствие отъезда из радиоактивных зон, в первую очередь, лиц детородного возраста и детей, здесь особенно быстро растет процент лиц пенсионного возраста. В ряде особенно пораженных радиацией административных районов численность населения пенсионного возраста уже приблизилась к 70 процентам от общей численности населения (в целом в Беларуси лица пенсионного возраста составляют около 26 процентов населения). Столь искаженная демографическая структура порождает целый комплекс социальных проблем, связанных с уходом за стариками. В то же время, по мере естественного угасания этой социальной группы, количество чернобыльцев будет быстро сокращаться.

Чернобыльская катастрофа оказала свое влияние не только на социально-стратификационные и демографические процессы. Она охватила и сферу управления. Региональные руководители поднепровских областей более других испытали на себе общий кризис и спад промышленного и сельскохозяйственного производства. Уже давно они превратились в просителей и выбивальщиков внешней помощи для своих пострадавших территорий. С одной стороны, политический контроль над ситуацией в чернобыльских регионах ныне находится в руках у традиционных постсоветских лидеров. С другой стороны, поддержание в этом регионе

стабильности требует приспособления этих элит к местному деформируемому и все более отрывающемуся от окружающей реальности социуму.

Характерно, что именно для чернобыльских местностей присущи наиболее глубокие ностальгические настроения о временах бывшего СССР и наиболее жесткое неприятие рыночных реформ. Это вполне естественно для сообщества оставшихся здесь и нуждающихся в социальной опеке стариков, а также безответственно относящихся к своей жизни индивидов. Поэтому Чернобыльская зона, вероятно, еще длительное время будет источником антиреформистских настроений и политических движений.

#### **4. Медико-биологические последствия аварии на ЧАЭС**

В формировании показателей заболеваемости и демографической ситуации на загрязненных радионуклидами территориях значимую роль играют опосредованные и отдаленные эффекты облучения (воздействие на наследственность, развитие лейкозов и злокачественных опухолей, иммунодепрессия и иммунодефицит, повышение чувствительности организма к возбудителям инфекционных заболеваний, нарушение обмена веществ и эндокринного равновесия, возникновение катаракты, нарушения репродуктивной системы, сокращение средней ожидаемой продолжительности жизни и др.).

На современном этапе последствий катастрофы на ЧАЭС огромную роль играет не только общее внешнее облучение организма, но и внутреннее облучение, связанное с поступлением и концентрированием в отдельных органах и тканях инкорпорированных радионуклидов, поступивших в организм с пищей, водой, атмосферным воздухом и через кожу. Наряду с облучением в малых дозах, радиация оказывает комбинированное действие с другими агентами, все это осложняется действием эмоционального стресса, связанного с «радиофобией»

Вопрос о биологических эффектах действия малых доз излучения, особенно проблема их количественной оценки (как, впрочем, и любых иных антропогенных факторов малой интенсивности), продолжает оставаться предметом многочисленных дискуссий и полярных мнений по поводу их опасности для человека и среды его обитания. В настоящее время проблема влияния низкоинтенсивного облучения на живые объекты чрезвычайно актуальна не только в теоретическом, но и в практическом плане. Современная радиобиология обладает весьма солидным багажом знаний о действии на биомакромолекулы, клетки, организмы высоких доз ионизирующего излучения, однако о влиянии на человека и биотехногенного повышения радиационного фона в несколько раз относительно естественного

не имеется ни достаточного объема экспериментальных данных, ни научно обоснованных теоретических представлений. Ряд исследований ясно показывает, что известные закономерности в радиобиологии, недостаточны для объяснения медицинских и радиобиологических последствий чернобыльской катастрофы, что указывает на необходимость поиска принципиально новых закономерностей и механизмов. Последствия аварии для здоровья населения.

Статистика утверждает, что после аварии на ЧАЭС состояние здоровья населения республики продолжает ухудшаться. Причин много, но влияние радиации и радиофобии несомненно. Считается, что в целом на состояние здоровья влияют: плохое питание; отравление тяжелыми металлами, нитратами, пестицидами; неудовлетворительное бактериальное состояние питьевой воды; радиоактивное заражение местности; недостаточное медицинское обеспечение.

- Последствия аварии для здоровья населения зараженной местности: онкологические заболевания (увеличились в 7-22 раза);
- ослабление иммунной системы (рост простудных и другие заболеваний);
- генетические последствия (увеличились в среднем по республике на 18%, на зараженной территории на 30%);
- преждевременное старение организма и сокращение срока жизни;
- обострение хронических болезней (всего 34 болезни);
- усиление тяжести заболеваний и увеличение их длительности;
- медленное выздоровление после болезней и медленное заживление хирургических ран;
- уменьшение чувствительности организма к действию лекарственных препаратов;
- преждевременные роды и выкидыши;
- появление аллергических реакций;
- появление катаракты с последующей потерей зрения;
- отклонение в психике (особенно в более зараженных районах, проявляется в виде безразличия к работе, жизни, близким и т.п.);
- возникновение диспропорций в росте детского организма;
- медленное увеличение веса ребенка;
- увеличение количества заболеваний крови (анемия у детей в Могилевской области увеличилась в 7 раз), нервной системы, мочеполовой системы, ЖКТ, сердца;
- рост количества туберкулезных больных.

Известно, что радиоактивному заражению подверглись полностью Гомельская и Могилевская области, 6 районов Брестской области, 6 районов Гродненской области, 1 район Витебской области. Состояние здоровья населения зависит от степени заражения радионуклидами местности.

### **5. Последствия аварии для животного мира**

После аварии в первые дни дикие животные получили до 150-20 000 бэр на щитовидную железу от йода-131. Это вызвало у них заболевания, подобные человеческим. Отметим, что летальная доза у диких млекопитающих составляет 500-1100 бэр, но остальные погибают уже при дозе 200 бэр. Внутреннее облучение многих млекопитающих привело к росту заболеваемости, преждевременной гибели, сокращению срока жизни, снижению плодовитости. Наблюдаются и генетические последствия. Так, иногда появляются необычно большие зайцы, ежи без колючек, различные уродства.

Вместе с тем увеличилась численность диких кабанов, лосей, других млекопитающих. Это связано в основном с созданием заповедников, где пищи больше, а угрозы от человека стало меньше.

В последние годы наблюдается следующая закономерность: число особей с высокой радиочувствительностью уменьшается, в то время как число особей, имеющих меньшую радиочувствительность растет. У животных наблюдается также тенденция к уменьшению количества накопления радионуклидов, поэтому неизвестно, какое экологическое равновесие установиться.

Большинство птиц более устойчивы к облучению. Для них летальная доза составляет от 460 до 3000 бэр, а дозы, которые влияют на потомство, - от 50 до 200 бэр.

Еще более устойчивы к радиации рептилии, земноводные и беспозвоночные. Например, летальная доза для беспозвоночных составляет не менее 10 000 бэр.

Выдерживают значительные дозы облучения и рыбы, но у них при небольших дозах проявляются генетические последствия.

Пострадал от радиации крупный рогатый скот. Радиоактивным оказалось не только мясо, но и молоко: 80% радионуклидов, которые вместе с кормами поедает корова, уходят в него.

Домашние свиньи более устойчивы к облучению, и летальная доза у них выше 800 бэр. Свиное мясо чище, чем говядина, так как свиней кормят более чистыми кормами.

Куры также устойчивы к радиации: стронций уходит в скорлупу яиц, а цезий в яйца. В мясе кур цезий находится в незначительном количестве.

### **6. Последствия аварии для растительного мира**

Лесные, луговые и болотные растения имеют достаточно высокую радиоактивность даже при минимальном загрязнении территории радионуклидами. Замечено, что различные растения неодинаково поглощают радионуклиды: сосна, береза, ель, осина, рябина, малина, черника, укроп, клюква, петрушка, шпинат, бобовые, злаки, гречка, белая ромашка и др. поглощают сильно, а ольха, фруктовые деревья, картофель, капуста, редька, хрен, ирис – слабее.

В деревьях радионуклиды распределены неравномерно: 1/6 – в стволе и 5/6 – в коре, ветвях, листьях. В фруктах их больше в косточках, в капусте – в верхних листьях и кочерыжке, в свекле и моркови – в начале ботвы и т.п.

Воздействие радиации может привести к замедлению роста растений, снижению урожайности, увяданию, гибели, потере способности к воспроизводству.

В настоящее время в хвойных лесах осталось 7-8 % от первоначального количества радионуклидов в 1986 г., в болотистой растительности и на лугах – 1,5%. При загрязнении до 40 Ки/км<sup>2</sup> наблюдается ускорение роста хвой, но при загрязнении 200 Ки/км<sup>2</sup> рост хвой прекращается. При незначительном загрязнении происходит бурный рост и некоторых лиственных деревьев.

Исследование клеток растений показывают, что при загрязнении выше 40 Ки/км<sup>2</sup> возникают нарушения в генетических цепочках. Это позволяет сделать прогноз, что вместо одних растений будут расселяться другие, более устойчивые.

Сельскохозяйственные растения менее подвержены воздействию радиации благодаря вспашке. Однако в республике запрещено использовать под сельскохозяйственные работы 261 000 га пахотных земель. Ведение всех видов сельскохозяйственных работ возможно, если заражение не превышает по цезию – 137-138 Ки/км<sup>2</sup> и стронцию – 90-110 Ки/км<sup>2</sup>.