

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ АВАРИИ НА ЧАЭС

В результате аварии на ЧАЭС во внешнюю среду поступило около 10^{19} Бк общей активности радиоактивных веществ, в том числе $6,3 \cdot 10^{18}$ Бк радиоактивных благородных газов. По некоторым оценкам величина выброса считается более высокой.

Во время катастрофы из реактора были выброшены продукты деления и нейтронной активации, графит, конструкционные материалы, из которых изготовлены стержни и трубопроводы, кислород и азот воздуха, а также различные вещества, сброшенные на реактор с вертолетов: песок и глина, свинец, доломит, соединения бора. Радиоизотопный состав Чернобыльского выброса, включающий важнейшие радионуклиды, дан в табл.1.

Таблица 1

Радиоизотопный состав выброса Чернобыльской АЭС

Нуклид	Период полураспада			Период полураспада x 10	Осталось менее 0,1%	Освободившееся количество (Бк·10 ¹⁵)
	часы	дни	годы			
Нептуний-239	58			24 дня	май-86	4600
Молибден-99	67			28 дней	июнь-86	240
Теллур-132	78			32 дня	июнь-86	190
Ксенон-133	126			53 дня	июнь-86	1700
Йод-131		8		80 дней	июль-86	650
Барий-140		12,8		128 дней	сентябрь-86	435
Церий-141		32,5		325 дней	март-87	265
Рутений-103		39,6		396 дней	июнь-87	157
Стронций-89		50,5		505 дней	октябрь-87	200
Цирконий-95		64		1,8 года	февраль-89	350
Кюрий-242		163		4,5 года	октябрь-90	2,48
Церий-144		284		7,8 года	февраль-94	313
Рутений-106			1	10 лет	апрель-96	70
Цезий-134			2,1	21 год	2007	38,2
Криптон-85			10,7	107 лет	2093	33,3
Плутоний-241			14,4	144 года	2130	6,19
Стронций-90			29,1	291 год	2277	22,8
Цезий-137			30	300 лет	2286	78
Плутоний-238			87,7	877	2863	0,07
Плутоний-240			6537	65370	~	0,12
Плутоний-239			24390	243900	~	0,07
Суммарный выброс						11 ЭБк

Формирование радиоактивного загрязнения Беларуси началось сразу после взрыва реактора. Метеорологические условия движения радиоактивных воздушных масс с 26 апреля по 10 мая 1986 года в совокупности с дождями определили масштабность загрязнения республики. На территории Беларуси в результате сухого и влажного осаждения выпали около 2/3 радиоактивных веществ. Радиоактивные выбросы привели к значительному загрязнению местности, населенных пунктов, водоемов.

Радиационно-экологическая обстановка в Беларуси характеризуется сложностью и неоднородностью загрязнения территории различными радионуклидами и присутствием их во многих компонентах природной среды.

В начальный период после катастрофы уровни загрязнения короткоживущими радионуклидами йода во многих регионах республики были настолько велики, что вызванное ими облучение квалифицируется как период «йодного удара». Поскольку прямые измерения йода в первые дни после катастрофы детально не были произведены, учеными и специалистами республики выполнена реконструкция распределения йода-131 на территории Беларуси по состоянию на 10 мая 1986 г. (рис.1).

Рис. 1. Распределение йода-131 в почве на территории республики
(по состоянию на 10 мая 1986 г.)

Наибольшие уровни выпадения йода-131 имели место в ближней к ЧАЭС (10-30 км) зоне в Брагинском, Хойникском, Наровлянском районах Гомельской области. Значительному загрязнению также подверглись юго-западные регионы Беларуси – часть Гомельской и Брестской областей. Высокие уровни загрязнения имели место и на севере Гомельской и Могилевской областей. Загрязнение территории йодом-131 обусловило большие дозы облучения щитовидной железы у людей, что привело в последующем к значительному увеличению ее патологии.

Радиоактивному загрязнению цезием-137 с содержанием в почве более 37кБк/м² подверглась территория, площадь которой составляет 46,45 тыс. км², или 23% территории республики. Наиболее загрязненными оказались Гомельская, Могилевская и Брестская области. Радиоактивное загрязнение носит неравномерный «пятнистый» характер, даже в пределах одного населенного пункта. Лишь в северо-западных районах Витебской области уровни загрязнения почвы цезием-137 сопоставимы с глобальными выпадениями.

Загрязнение территории республики стронцием-90 носит локальный характер. Уровни содержания его в почве выше 5,5 кБк/м² обнаружены на площади 21,1 тыс. км², что составляет 10% от территории республики. Максимальные уровни стронция-90 обнаружены в пределах 30-километровой зоны ЧАЭС.

Загрязнение почвы изотопами плутония-238,-239,-240 более 0,37 кБк/м² охватывает около 4 тыс. км², или почти 2% территории республики. Эти территории находятся преимущественно в Гомельской области и Чериковском районе Могилевской области. Следует особо оговорить загрязнение ближней к Чернобылю зоны изотопами плутония-241 и америция-241. Плутоний-241 (бета-излучатель) с периодом полураспада около 14 лет превращается в америций-241, количество которого, таким образом, в настоящий момент возрастает. Америций-241 является альфа-излучателем с периодом полураспада более 400 лет; он намного токсичнее плутония-241 и имеет более высокую миграционную способность. Активность америция-241 достигнет максимума к середине 21 века, превысив свой начальный уровень в 40 раз, а суммарную альфа-активность остальных изотопов плутония более чем в 2 раза.

Катастрофа на ЧАЭС привела к увеличению в сотни тысяч раз содержания радионуклидов в атмосферном воздухе Беларуси. В послеаварийные годы происходит постепенное его снижение, но эта проблема по-прежнему актуальна для территорий, прилегающих к зоне отселения. Формирование радиоактивного загрязнения воздуха определяется содержанием пыли в приземном слое атмосферы и ее удельной активностью. Пылеобразование значительно возрастает во время проведения сельскохозяйственных и других работ. В этот период удельная радиоактивность приземного воздуха значительно повышается. На радиоактивное загрязнение приземного воздуха сильно влияют стихийные явления, в первую очередь лесные и торфяные пожары.

Значительно пострадали водные системы. Речные воды обладают способностью к самоочищению, что объясняется постоянным выносом водных масс, выпадением взвешенных радиоактивных частиц на дно водоемов и, частично, процессами сорбции радионуклидов минералами и органическими веществами. Во время половодий происходит обратный процесс – перевод высокоактивных донных осадков во взвешенное состояние, что приводит к многократному возрастанию радиоактивности вод. Для замкнутых и слабопроточных водных систем озерного типа происходит и далее будет происходить сток радионуклидов с ближайших территорий в котловины водоемов, где они концентрируются в донных отложениях.

В результате аварии на ЧАЭС в зоне радиоактивного загрязнения оказалось около 25 % лесных угодий республики. Исследования свидетельствуют о продолжающемся процессе накопления радионуклидов в древесине основных лесообразующих пород. Результаты прогноза показывают, что загрязнение леса будет нарастать и в ближайшие 10-15 лет наземная фитомасса накопит до 10-15 % от общего количества цезия-137 в лесных массивах. Радиоактивное загрязнение лесной продукции, ограничивающее ее использование, следует ожидать и в последующие 30-40 лет на территориях с плотностью загрязнения 150 кБк/кв.м и выше.

В настоящее время радиоэкологическая обстановка определяется долгоживущими радионуклидами. Ее динамика в ближайшее время и на перспективу будет характеризоваться следующими факторами: радиоактивным распадом, абиогенной и биогенной миграцией радионуклидов, трансформацией форм их существования.

Вертикальная миграция цезия-137 и стронция-90 протекает с малой скоростью. В ближайшей перспективе самоочищение корнеобитаемого слоя почв за счет вертикальной миграции не произойдет. При этом выявлено различное, и даже противоположное поведение отдельных радионуклидов. В частности, если за период, прошедший после аварии, доля фиксированной фракции

цезия увеличилась почти в три раза и составляет 83-98% от общего содержания, то Sr-90, наоборот, интенсивно переходит в подвижную форму, что ведет к росту его поступления в пищевые цепочки.

В последние годы, наряду с увеличением подвижности стронция-90, начался распад «горячих» частиц с высвобождением миграционно-подвижных радионуклидов, также легко включающихся в пищевые цепочки. В ближней зоне определенную опасность будет представлять Am-241, обладающий высокой миграционной способностью.

Ситуация усложняется тем, что по мере увеличения расстояния от ЧАЭС возрастает подвижность радионуклидов. Из этого следует, что и при невысоких плотностях радиоактивного загрязнения возрастает опасность производства радиоактивно загрязненной сельхозпродукции, а следовательно, и формирования высоких дозовых нагрузок.

Таким образом, радиационно-экологическая обстановка в Беларуси характеризуется сложностью и неоднородностью загрязнения территории альфа-, бета- и гамма-излучающими радионуклидами с различными периодами полураспада, присутствием радиоизотопов практически во всех компонентах экосистем и вовлечением их в геохимические и трофические циклы миграции. Это обуславливает множественность путей внешнего и внутреннего облучения населения республики и создает риск для его здоровья.

СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ПОСТРАДАВШЕГО НАСЕЛЕНИЯ

Полученные многочисленные данные за прошедшие после аварии годы свидетельствуют о серьезных нарушениях у всех категорий населения, подвергшихся воздействию чернобыльской катастрофы. При этом рост показателей заболеваемости отмечался практически по всем основным классам болезней кровообращения, дыхания, пищеварения, эндокринной, нервной, мочеполовой и других. Различия между категориями пострадавших заключаются лишь в частоте заболеваний по отдельным органам и величине дозы облучения.

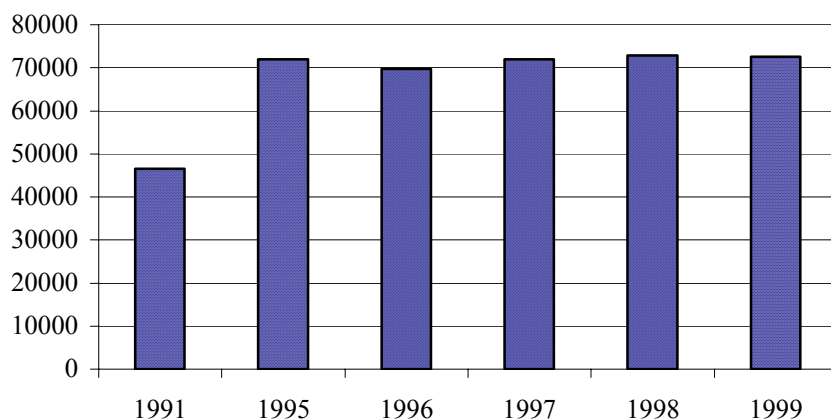


Рис.2. Заболеваемость населения Республики Беларусь, пострадавшего от аварии на ЧАЭС (на 100 000 чел.)

На начало 2000 года количество лиц, относящихся к группе населения, пострадавшего от аварии на ЧАЭС, составляло более 1,6 миллиона человек, в том числе около 350 тысяч детей. Из них хроническими заболеваниями страдало 44,4%, а среди детей – 17,9% (рис.3).

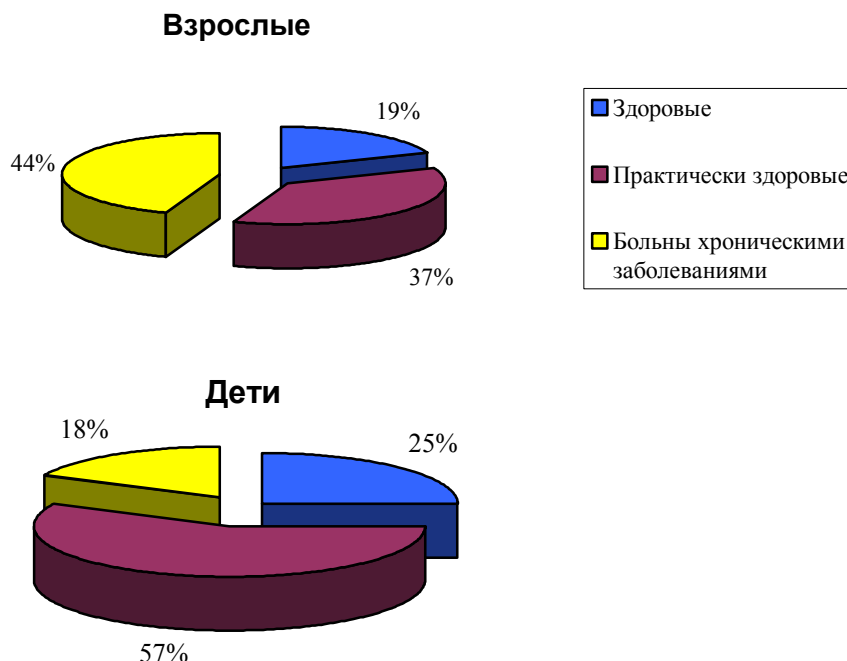


Рис.3. Состояние здоровья населения, пострадавшего от аварии на ЧАЭС (1999 г.)

В последние годы тенденции к росту заболеваемости пострадавшего населения по основным классам болезней не наблюдается. Тем не менее, заболеваемость по многим болезням остается значительно выше, чем не пострадавшего населения.

В первую очередь следует отметить рост болезней щитовидной железы (узловой зоб, аденома, тиреоидит, гипотиреоз), заболеваемость которыми в 2-4 раза выше, чем у проживающих на незагрязненных территориях. Особое беспокойство вызывает начавшееся с 1990 года резкое

увеличение заболеваемости раком щитовидной железы, обусловленное формированием высоких индивидуальных и коллективных доз облучения населения в результате «йодного удара» в первый период после аварии, зубной эндемией, неправильно проведенной йодной профилактикой. Резко увеличилось число больных раком щитовидной железы среди облученных в возрасте 0-18 лет на момент аварии. В 1999 году в этой группе было зарегистрировано 1105 случаев рака щитовидной железы. Наибольшее число больных детей выявлено в Гомельской и Брестской областях.

Радиационно-индуцированный рак щитовидной железы имеет преимущественно папиллярное гистологическое строение. Даже маленькая солитарная опухоль способна прорасти в капсулу железы, соседние ткани шеи и распространяться по лимфатическим путям. Агрессивность карциномы, проявляющаяся экстратиреодной инвазией и метастазированием, нарастает по мере увеличения размеров первичного очага опухоли.

Популяционная заболеваемость раком щитовидной железы до десятилетнего возраста уже полностью реализована, заболеваемость по остальным возрастам будет увеличиваться по мере взросления облученной популяции. В настоящее время наблюдается снижение показателей заболеваемости раком этой локализации у детей и рост у взрослого населения (рис. 4,5). Пик заболеваемости переместился в подростковый и молодежный возраст, т.е. затронул тех, кто на момент аварии был ребенком.

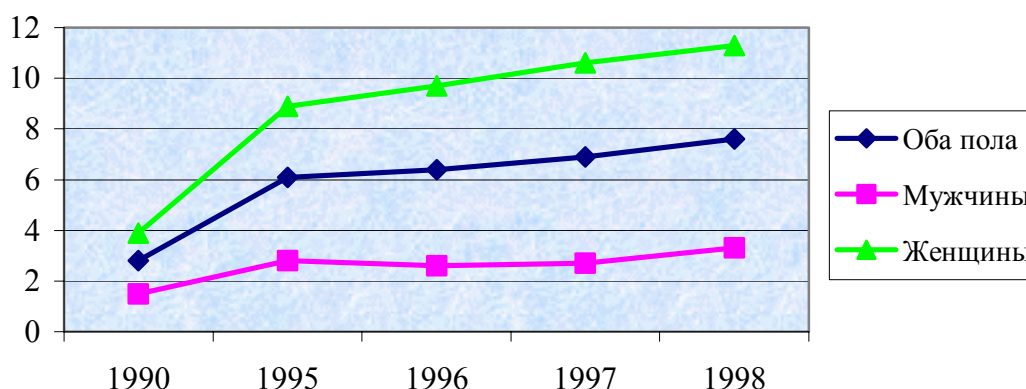


Рис.4. Заболеваемость раком щитовидной железы в Республике Беларусь (на 100000 населения)

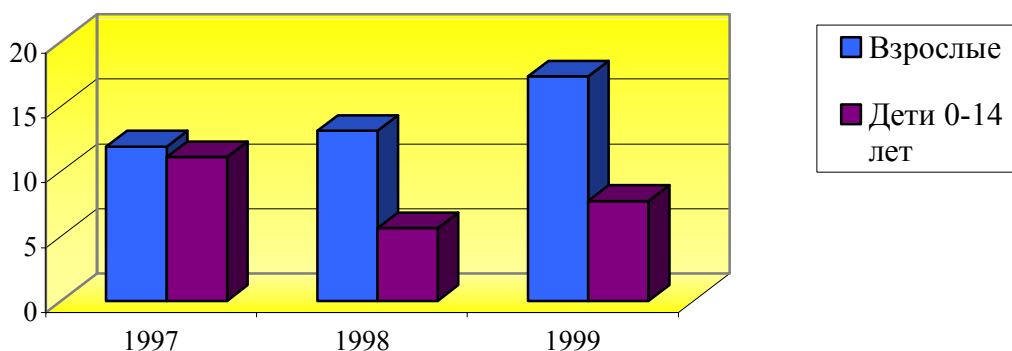


Рис.5. Заболеваемость раком щитовидной железы у взрослых и детей, пострадавших от аварии на ЧАЭС.

В Беларуси наблюдается ежегодное нарастание числа больных лейкемией. Наибольший прирост наблюдался в период 1992-1994 по сравнению с дочернобыльским периодом (рис.6). В отличие от взрослых, уровень заболеваемости детей (4,34 случая на 100 тыс. детей в возрасте 0-14 лет) до и после чернобыльской аварии не изменился и соответствует уровню заболеваемости детей лейкемиями и на территориях с загрязнением радиоактивным цезием более 555 кБк/м². Однако, начиная с 1996 г. наметилась устойчивая тенденция к росту предлейкозных состояний у взрослого населения. В частности, в Могилевской, Гомельской и Брестской областях в 1,5-2 раза повысилась частота миелодипластического синдрома с быстрым переходом его в острый лейкоз (особенно у молодых людей). Это может оказаться первым признаком радиационно-индуцированной онкогематологической патологии.

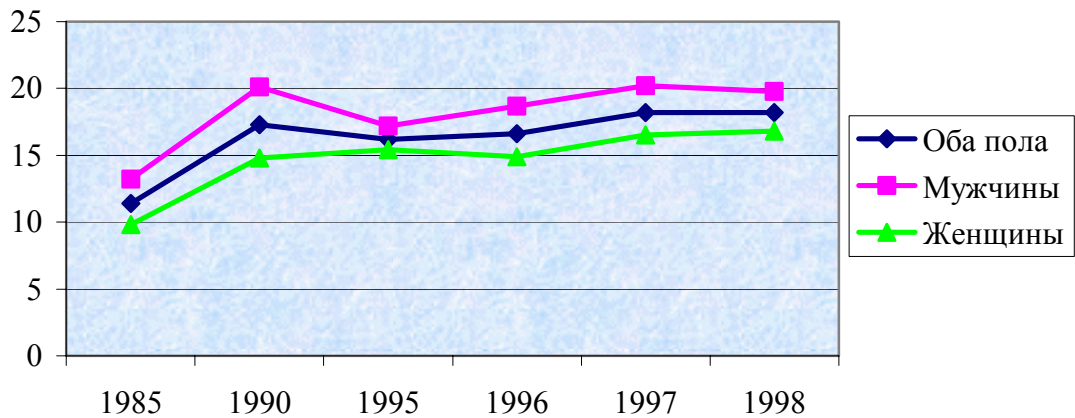


Рис. 6. Динамика заболеваемости опухолями лимфатической и кроветворной ткани в Республике Беларусь).

В структуре онкологической заболеваемости произошли определенные изменения: уменьшился удельный вес числа опухолей желудка, заметно увеличилась частота заболеваний опухолями щитовидной железы, органов дыхания (главным образом за счет новообразований легких), молочной железы, мочеполовых органов, ободочной и прямой кишки и др. Накопленные данные позволяют предполагать, что увеличение заболеваемости раком легких, молочной железы, мочевого пузыря и почки связано с воздействием радиационного фактора.

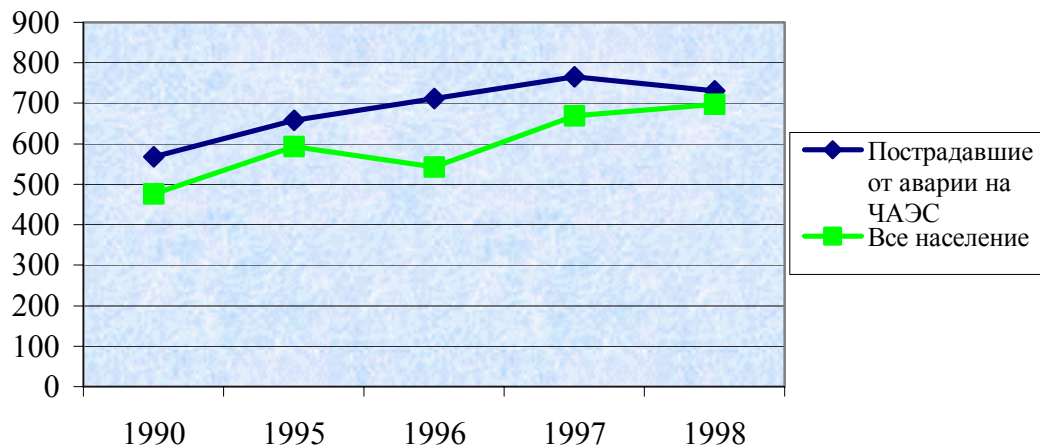


Рис.7. Динамика заболеваемости новообразованиями.