

Итоги радиационно-гигиенического мониторинга в Кировской области по основным показателям среды обитания человека

Б.Н. Сколотнев¹, Л.А. Чиркова², А.С. Двинских², М.Д. Кузнецова²

¹ Управление Роспотребнадзора по Кировской области, Киров

² Центр гигиены и эпидемиологии в Кировской области, Киров

Описан опыт работы лаборатории радиационного контроля в Кировской области с 1963 г. Приведены результаты многолетних измерений объектов окружающей среды. Проведено сравнение измерения гамма-фона и исследования содержания радионуклидов в выпадениях как методов оценки радиоактивного загрязнения.

Ключевые слова: радиационно-гигиенический мониторинг, радиоактивное загрязнение, радиоактивные выпадения, гамма-фон, суммарная альфа- и бета-активность, ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, ²²²Rn, спектрометрия, радиометрия, радиохимия.

Радиационный мониторинг в рамках социально-гигиенического мониторинга осуществляется для оценки уровней облучения населения, выявления изменений и прогноза состояния радиационной обстановки, установления причин неблагоприятного изменения радиационных факторов среды обитания и устранения или уменьшения их вредного воздействия на человека и среду обитания.

К основным показателям, характеризующим радиационную обстановку и состояние радиационной безопасности населения, относятся:

- мощность дозы гамма-излучения;
- содержание радиоактивных веществ в атмосферном воздухе;
- плотность радиоактивных выпадений;
- содержание Cs-137 и Sr-90 в пищевых продуктах;
- содержание искусственных и естественных радионуклидов в питьевом водоснабжении;
- содержание радона в помещениях.

В Кировской области радиационно-гигиеническим мониторингом охвачены все основные объекты среды обитания человека. Постоянный контроль ведется с 60-х годов прошлого столетия, то есть с момента образования радиологического подразделения. С ростом контролируемых показателей окружающей среды одновременно увеличивалось количество измерений. По мере накопления информации ежегодные количественные показатели мониторинга стабилизировались. Их объем позволил достоверно отображать радиационную обстановку в области в безаварийной ситуации. При возникновении нештатных ситуаций, таких как аварии на Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима-1», в зависимости от сложившейся ситуации менялись количественные и качественные показатели радиационного контроля.

Лаборатория ионизирующих факторов ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кировской области» на текущий момент осуществляет необходимый объем радиологических исследований методами дозиметрии, радиометрии, спектрометрии, радиохимии.

Мониторинг мощности дозы гамма-излучения и содержания радионуклидов в воздушной среде

Мониторинг гамма-фона ведется в ежедневном режиме лабораторией и всеми филиалами Центра. Значение природного радиационного фона определяется космическим излучением и излучением от земной поверхности. Космическое излучение является стабильной составляющей, так как перепад высот в регионе незначительный. Вторая компонента природного радиационного фона от гамма-излучения земных пород заметно варьирует. Эти колебания обусловлены различным содержанием основных природных радионуклидов калия-40, радия-226, тория-232, а также зависят от типов почв и их состава. Результаты замеров гамма-фона усредняются ежемесячно и за год. Установлено, что радиационный фон внешней среды по области колеблется от 0,07 до 0,12 мкЗв/час. Средние значения гамма-фона являются контрольными уровнями для каждой территории, позволяющими своевременно установить по данному показателю изменение радиационной обстановки.

Как показал опыт всей предыдущей работы, самыми информативными показателями радиационно-гигиенического мониторинга являются плотность радиоактивных атмосферных выпадений и радиоактивность атмосферного воздуха. Они уступают в быстроте получения результата только измерению мощности дозы.

Радиоактивность атмосферных выпадений определяется седиментационным методом. В течение декады атмосферные осадки собираются на кювету площадью 0,25 м², выпаривают и озолотят. Далее измеряют их суммарную бета-активность на радиометре. В месячной пробе, состоящей из трех декадных, определяют удельную активность цезия-137 и стронция-90 радиохимическим методом. Все получаемые значения суммируют за год. Результаты исследований выпадений за 1963–2011 годы представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты исследований атмосферных выпадений

| Год | Удельная активность, Бк/м ² /год | | Суммарная бета-активность, Бк/м ² /год | Год | Удельная активность, Бк/м ² /год | | Суммарная бета-активность, Бк/м ² /год |
|------|---|--------------|---|------|---|--------------|---|
| | Цезий-137 | Стронций -90 | | | Цезий-137 | Стронций -90 | |
| 1963 | – | – | 35000 | 1987 | 17 | 6 | 130 |
| 1964 | – | – | 5976 | 1988 | 13 | 9 | 204 |
| 1965 | – | – | 2172 | 1989 | 10 | 15 | 166 |
| 1966 | – | 51 | 940 | 1990 | 10 | 31 | 178 |
| 1967 | 41 | 56 | 614 | 1991 | 21 | 34 | 100 |
| 1968 | 126 | 75 | 2268 | 1992 | 9 | 41 | 144 |
| 1969 | 47 | 83 | 1550 | 1993 | 10 | 29 | 152 |
| 1970 | 104 | 142 | 1931 | 1994 | 10 | 29 | 148 |
| 1971 | 176 | 50 | 2657 | 1995 | 14 | 7 | 148 |
| 1972 | 29 | 56 | 803 | 1996 | 8 | 7 | 111 |
| 1973 | 15 | 16 | 215 | 1997 | 12 | 10 | 88 |
| 1974 | 59 | 70 | 1003 | 1998 | 3 | 9 | 52 |
| 1975 | 18 | 28 | 448 | 1999 | 6 | 7 | 48 |
| 1976 | 20 | 23 | 296 | 2000 | 2 | 10 | 58 |
| 1977 | 50 | 64 | 814 | 2001 | 3 | 8 | 45 |
| 1978 | 41 | 23 | 803 | 2002 | 3 | 9 | 44 |
| 1979 | 33 | 9 | 196 | 2003 | 3 | 17 | 60 |
| 1980 | 12 | 16 | 237 | 2004 | 5 | 21 | 84 |
| 1981 | 10 | 15 | 448 | 2005 | 6 | 24 | 78 |
| 1982 | 7 | 4 | 148 | 2006 | 6 | 20 | 69 |
| 1983 | 10 | 10 | 152 | 2007 | 3 | 17 | 58 |
| 1984 | 18 | 9 | 289 | 2008 | 5 | 17 | 92 |
| 1985 | 12 | 10 | 211 | 2009 | 4 | 14 | 82 |
| 1986 | 249 | 22 | 1276 | 2010 | 4 | 16 | 52 |
| | | | | 2011 | 6 | 32 | 76 |

Отбор проб атмосферного воздуха осуществляется круглосуточным прокачиванием воздуха через фильтр (ткань Петрянова). В 2–5-дневных озолённых пробах (до 1990 года ежедневных по будням, 3 дня в выходные) радиометрически определяется суммарная бета-активность после распада короткоживущих продуктов распада радона через 4 дня. Перед радиохимическим анализом проба исследуется на присутствие гамма-излучающих радионуклидов на спектрометре, а при наличии проводится их идентификация и количественное определение. В месячных пробах радиохимическим методом определяется удельная активность цезия-137 и стронция-90. Объемная активность радиоактивных веществ в атмосферном воздухе усредняется. На спектре постоянно наблюдаются гамма-линии космогенного бериллия-7. Результаты исследований за 1966–2011 года представлены в таблице 2.

На рисунках 1–8 представлены результаты мониторинга выше приведенных исследований за 45 лет. Временная динамика этих показателей наглядно отображает радиационную обстановку. Четко видны пики суммарной бета-

активности, цезия-137 и стронция-90 в годы, когда проводились испытания ядерного оружия. К 1990-м годам эти показатели резко уменьшаются, наблюдается заметное выравнивание графиков, что отображает период значительного сокращения испытаний ядерного оружия.

Следует отметить на рисунке 1 временной отрезок с 1963 по 1966 г. (масштаб увеличен), в этот период в лаборатории проводятся первые исследования суммарной бета-активности. Плотность выпадения в 1963 г. составила 35 000 Бк/м²/год. После подписания Договора о запрещении ядерных испытаний в трех средах: атмосфере, космическом пространстве и под водой, в 1964 г. радиоактивность резко упала – около 6000 Бк/м²/год, в 1965 г. – чуть более 2000 Бк/м²/год, в дальнейшие годы такие значения по суммарной активности наблюдались в 1968 и 1971 годах. Продолжавшиеся подземные взрывы военной направленности, а также проведение ядерных взрывов в мирных целях регулярно подпитывали стратосферный резервуар осколочными радионуклидами – продуктами распада в результате ядерных взрывов.

Таблица 2

Объемная активность, Е-6 Бк/м³

| Год | Цезий-137 | Стронций-90 | Суммарная бета-активность | Год | Цезий-137 | Стронций-90 | Суммарная бета-активность |
|------|-----------|-------------|---------------------------|------|-----------|-------------|---------------------------|
| 1966 | 160 | 115 | 1850 | 1989 | 10 | 10 | 220 |
| 1967 | 150 | 84 | 2230 | 1990 | 10 | 4 | 180 |
| 1968 | 360 | 210 | 4440 | 1991 | 3 | 4 | 110 |
| 1969 | 150 | 160 | 5480 | 1992 | 3 | 4 | 150 |
| 1970 | 260 | 280 | 6920 | 1993 | 2 | 5 | 110 |
| 1971 | 190 | 130 | 8250 | 1994 | 2 | 5 | 110 |
| 1972 | 80 | 190 | 2370 | 1995 | 2 | 3 | 110 |
| 1973 | 50 | 40 | 520 | 1996 | 2 | 9 | 110 |
| 1974 | 60 | 130 | 2070 | 1997 | 1 | 6 | 70 |
| 1975 | 40 | 80 | 1110 | 1998 | 1 | 11 | 110 |
| 1976 | 10 | 90 | 1260 | 1999 | 1 | 16 | 70 |
| 1977 | 80 | 30 | 2370 | 2000 | 1 | 4 | 74 |
| 1978 | 80 | 50 | 1740 | 2001 | 1 | 3 | 74 |
| 1979 | 20 | 20 | 440 | 2002 | 1 | 3 | 74 |
| 1980 | 20 | 20 | 530 | 2003 | 1,1 | 3 | 74 |
| 1981 | 30 | 15 | 1480 | 2004 | 1,1 | 2,6 | 111 |
| 1982 | 10 | 10 | 260 | 2005 | 1 | 4 | 108 |
| 1983 | 40 | 70 | 2220 | 2006 | 0,6 | 3 | 98 |
| 1984 | 10 | 10 | 260 | 2007 | 0,5 | 1,5 | 70 |
| 1985 | 10 | 10 | 180 | 2008 | 0,7 | 1,9 | 78 |
| 1986 | 180 | 10 | 890 | 2009 | 0,4 | 1,4 | 85 |
| 1987 | 20 | 10 | 260 | 2010 | 4,4 | 7,7 | 88 |
| 1988 | 40 | 15 | 180 | 2011 | 7,2 | 7,2 | 102 |

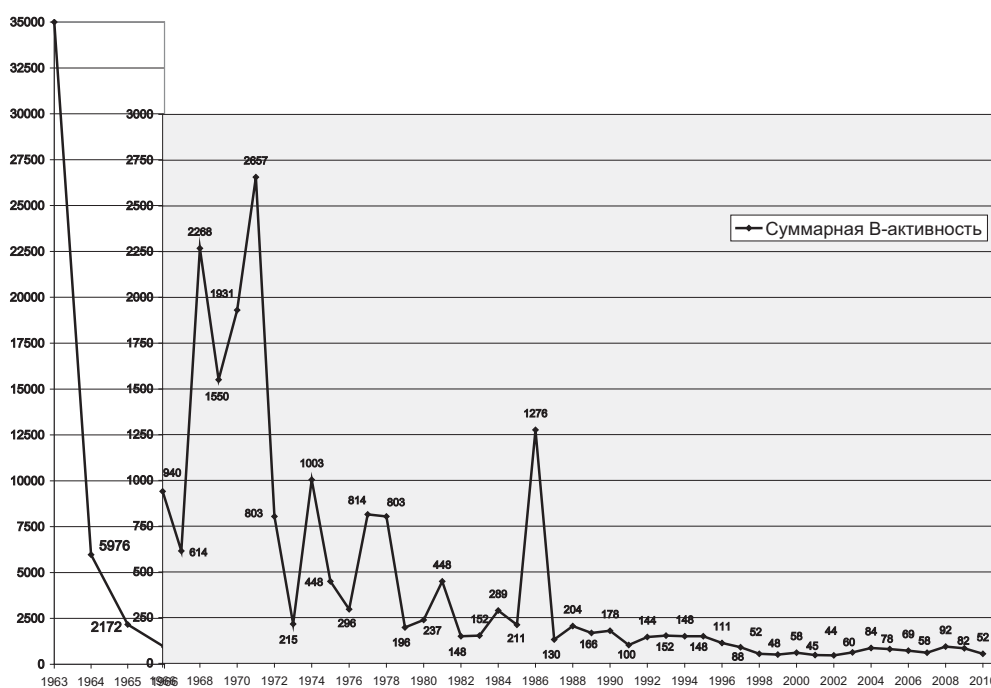


Рис. 1. Динамика глобальных радиоактивных выпадений 1963–2011 гг., Бк/м²/год

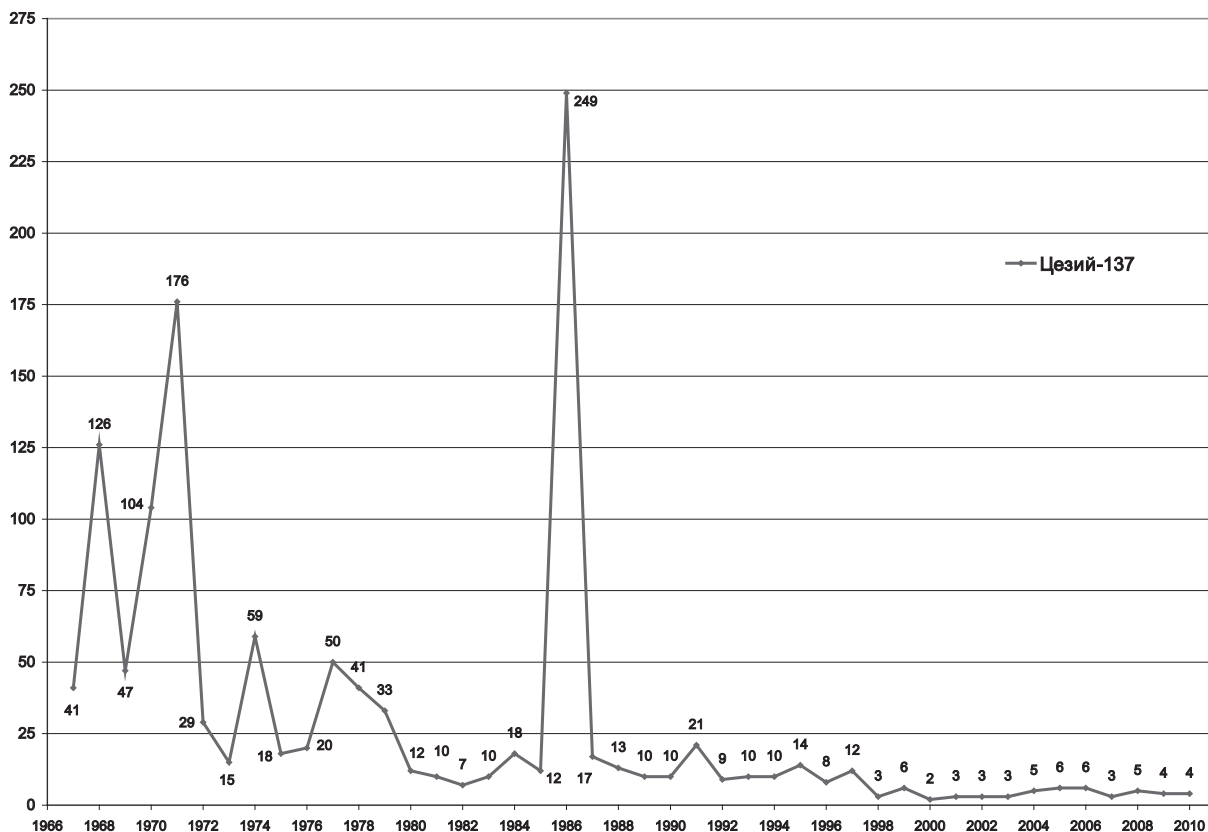


Рис. 2. Динамика глобальных радиоактивных выпадений 1966–2011 гг., Бк/м²/год

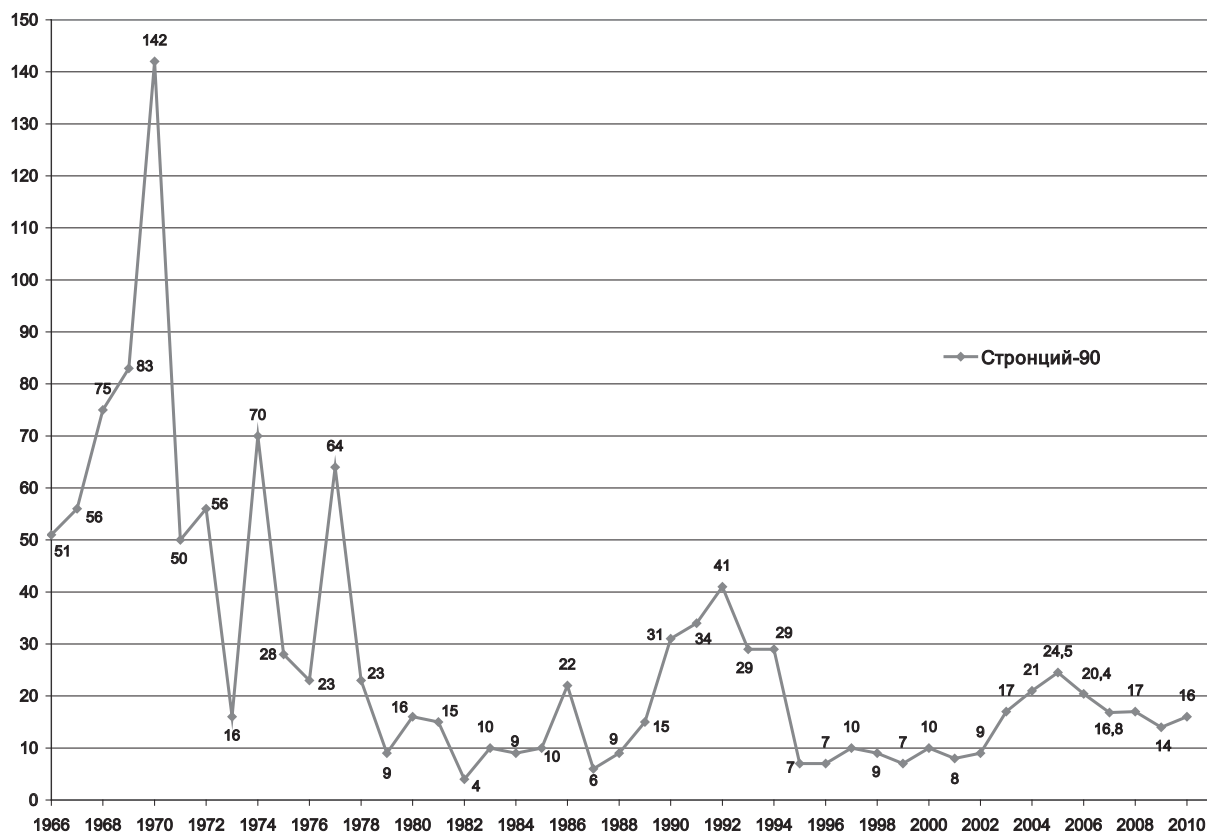


Рис. 3. Динамика глобальных радиоактивных выпадений 1966–2011 гг., Бк/м²/год

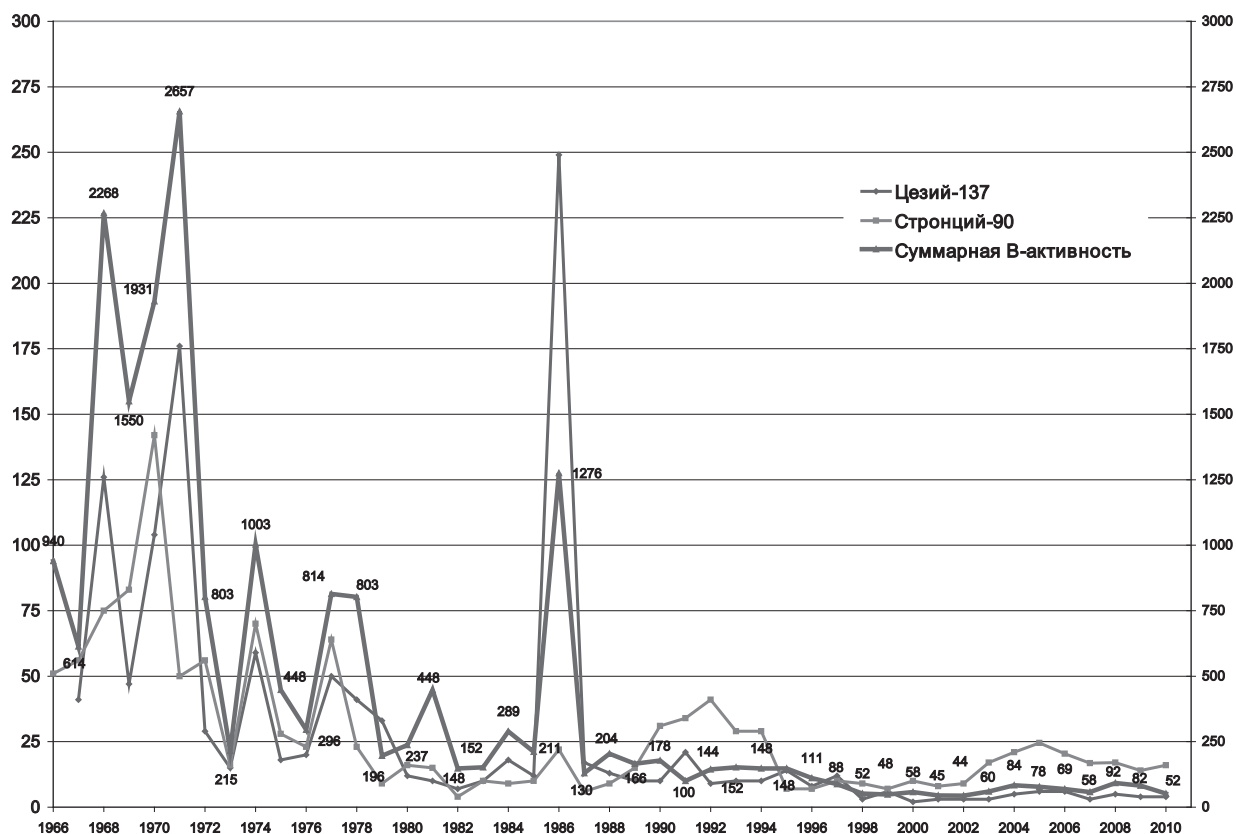


Рис. 4. Динамика глобальных радиоактивных выпадений 1966–2011 гг., Бк/м²/год

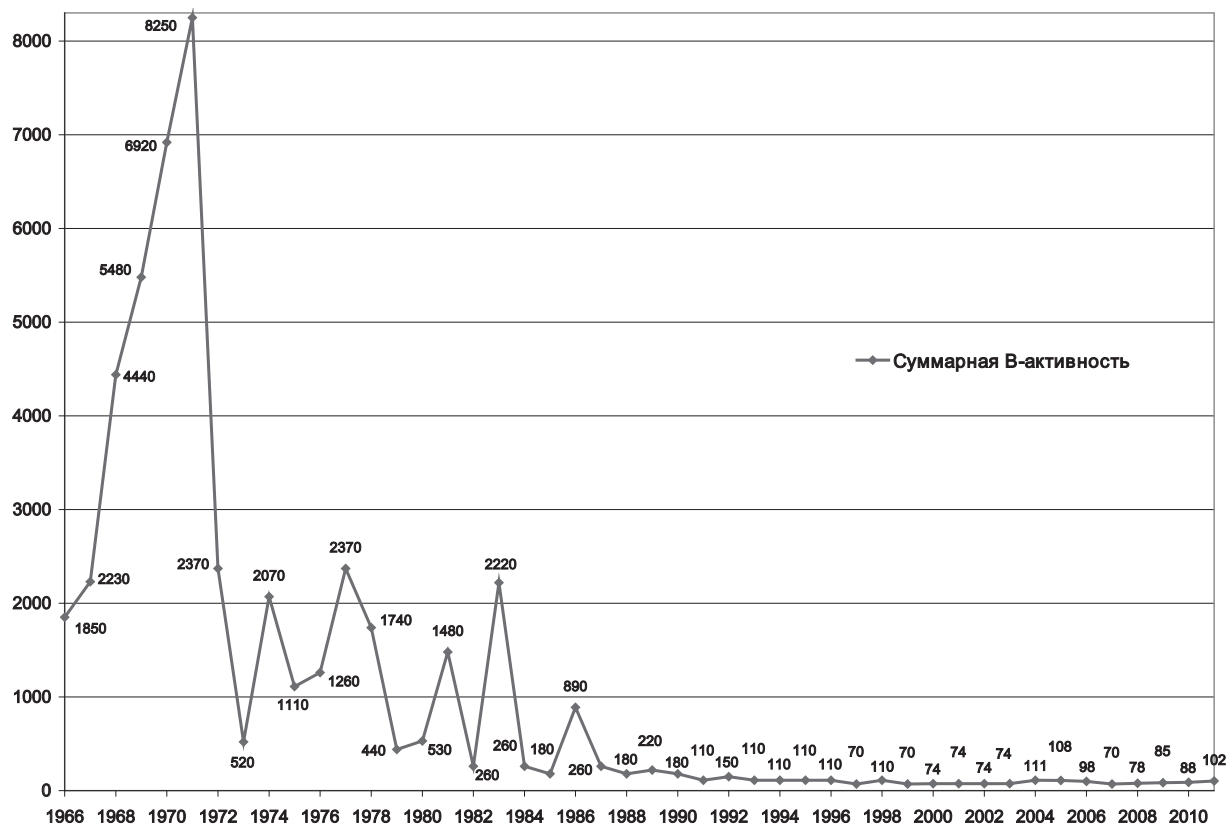


Рис. 5. Содержание радиоактивных веществ в атмосферном воздухе, 10⁻⁶ Бк/м³

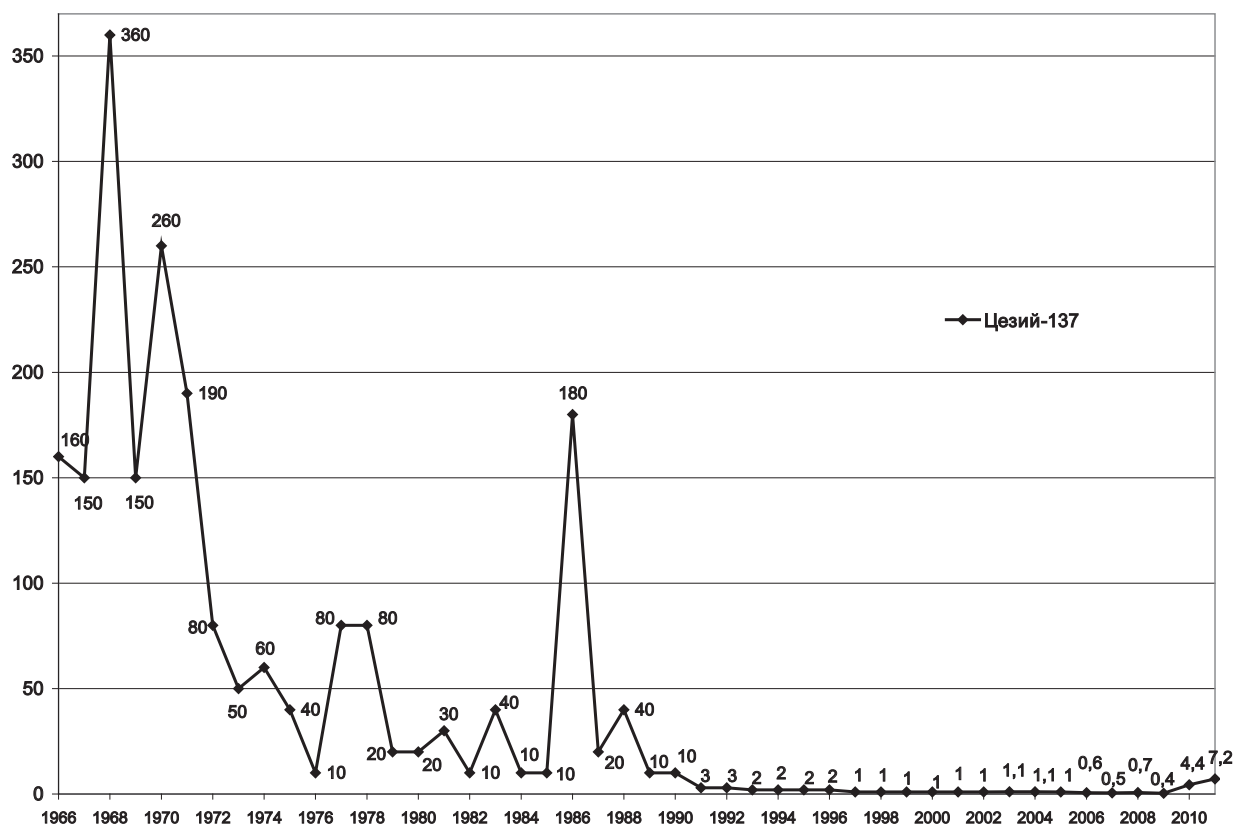


Рис. 6. Содержание радиоактивных веществ в атмосферном воздухе, 10⁻⁶ Бк/м³

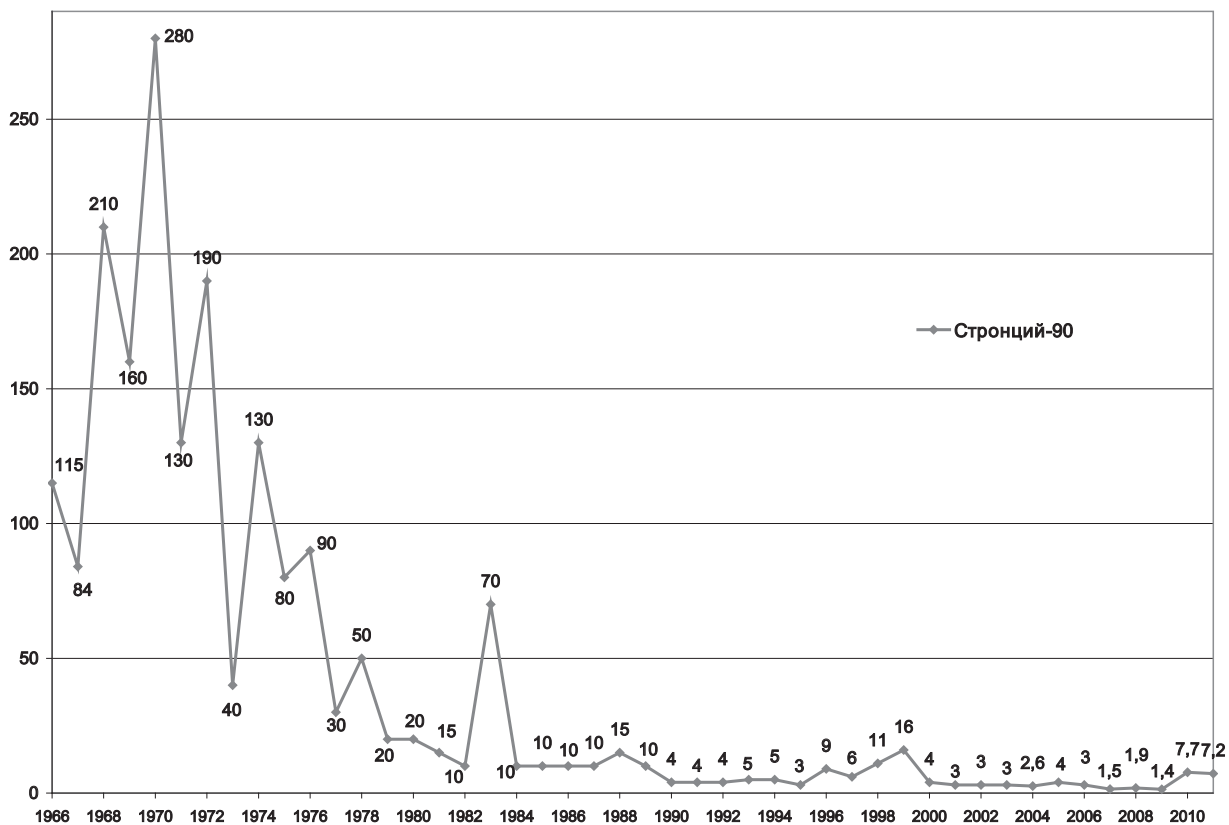


Рис. 7. Содержание радиоактивных веществ в атмосферном воздухе, 10⁻⁶ Бк/м³

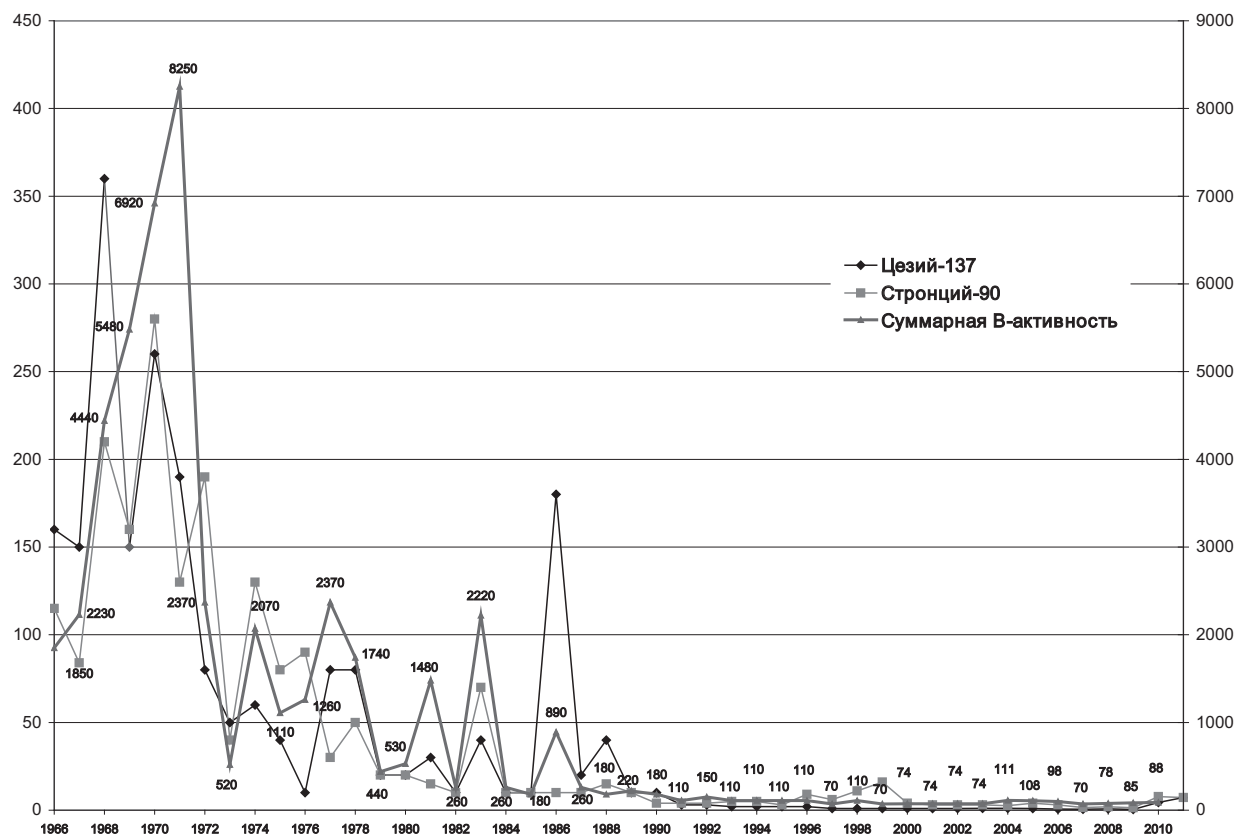


Рис. 8. Содержание радиоактивных веществ в атмосферном воздухе, 10^{-6} Бк/м^3

На представленных рисунках уровни радиоактивности суммарной бета-активности, цезия-137, стронция-90 и в осадках, и в воздухе хорошо коррелируют между собой за весь период наблюдения. Такая же четкая корреляция наблюдается между содержанием радионуклидов атмосферных выпадений и атмосферного воздуха. Цезий-137 определен радиохимическим методом, суммарная активность – радиометрическим. Четкие соотношения показателей подтверждают правильность их определения. Коэффициенты корреляции представлены в таблице 3.

Загрязнения в результате Чернобыльской катастрофы наблюдаются в виде пиков на всех графиках. Не

наблюдаются пики объемной активности стронция-90 в атмосферном воздухе, хотя в распределении с апреля по август имелись его повышенные активности, но среднее годовое значение в итоге нивелировалось. Сравнивая содержание цезия-137 в выпадениях (пики за 45-летний период), следует отметить, что «чернобыльские» содержания примерно в 1,5 раза больше 2-го по величине пика-максимума 1971 года от ядерных взрывов. Относительная доля «чернобыльского» цезия в суммарной бета-активности составляет 20%, тогда как его доля при ядерных испытаниях в среднем равна 6% (за 1968, 1971, 1974, 1977 годы).

Таблица 3

Соотношения показателей радиоактивных выпадений и радиоактивности атмосферного воздуха

| Показатели | Коэффициент корреляции |
|---|------------------------|
| Цезий-137 и стронций-90 в осадках | 0,47 |
| Цезий-137 и суммарная бета-активность в осадках | 0,82 |
| Стронций-90 и суммарная бета-активность в осадках | 0,75 |
| Цезий-137 и стронций-90 в воздухе | 0,81 |
| Цезий-137 и суммарная бета-активность в воздухе | 0,81 |
| Стронций-90 и суммарная бета-активность в воздухе | 0,85 |
| Цезий-137 в воздухе и цезий-137 в осадках | 0,78 |
| Стронций-90 в воздухе и стронций-90 в осадках | 0,85 |
| Суммарная бета-активность в воздухе и в осадках | 0,93 |

Появление «чернобыльского» цезия-137 в атмосферном воздухе было отмечено 29 апреля 1986 года. Доказательством этому служат измерения неозоленной части фильтра, на которой гамма-спектрометрией цезий-137 был обнаружен. Этот фильтр хранится в лаборатории, и до сих пор сохранился пик цезия-137. Следовательно, цезий-137 долетел до Кировской области за 2–3 дня, а после аварии повышенные значения исследуемых показателей в атмосферном воздухе отмечались еще несколько месяцев. В тот же период при гамма-спектрометрических исследованиях проб атмосферного воздуха был обнаружен и йод-131, позднее определялся цезий-134.

Если сравнивать показания гамма-фона в тот период, то увеличение их было незначительным, начиная с 28.04.86 г., на 1–3 деления поискового прибора СРП-68-01, имеющего самый чувствительный детектор на то время. Однако это повышение держалось в течение мая – июля. При использовании дозиметра с газоразрядным счетчиком эти небольшие колебания значений можно было отнести к разбросу ошибки при замерах малых уровней радиации.

Опыт прошлых лет пригодился в 2011 г. после аварии на АЭС в Фукусиме. Изучались воздушные фильтры на наличие осколочных радионуклидов. Начиная с 30 марта 2011 г., в пробах воздуха на гамма-спектрометре были обнаружены пики цезия-137 и йода-131, но содержание радиоизотопов было незначительным. Далее пробы исследовались радиохимическим методом, что подтвердило присутствие цезия-137. Гамма-фон при этом оставался стабильным.

Можно сделать следующий вывод: измерение гамма-фона может не показать начала радиоактивных выпадений, только при существенных уровнях загрязнения дозиметрия гамма-фона укажет на их появление.

Мониторинг содержания радионуклидов в пищевых продуктах

Следующий показатель мониторинга – оценка радиоактивности пищевых продуктов. За весь длительный период наблюдения с 1965 г. радиохимическим методом определялись удельные активности основных радиоизотопов глобальных выпадений продуктов ядерных взрывов и аварийных выбросов – цезия-137 и стронция-90. Для целей мониторинга радиохимический метод является основным, так как он в среднем на два порядка чувствительнее гамма-бета-спектрометрии. Содержание указанных радионуклидов искусственного происхождения колебалось в пределах невысоких активностей. В очень редких случаях встречались загрязнённые цезием-137 продукты с достоверно определяемой удельной активностью и с явно идентифицируемым пиком по цезию, но без превышения нормативных значений. В основном это были лесные дикорастущие продукты (грибы, ягоды). Результаты лабораторного контроля основных продуктов питания за период радиационно-гигиенической паспортизации (14 лет) представлены в таблице 4.

Таблица 4
Удельная активность искусственных радионуклидов в пищевых продуктах, Бк/кг

| Год | Количество проб | Молоко | | | |
|------|-----------------|--------|--------|-------|--------|
| | | Cs-137 | | Sr-90 | |
| | | max | средн. | max | средн. |
| 1998 | 5 | 0,13 | 0,07 | 0,17 | 0,10 |
| 1999 | 3 | 0,04 | 0,03 | 0,06 | 0,06 |
| 2000 | 6 | 0,07 | 0,05 | 0,11 | 0,06 |
| 2001 | 7 | 0,07 | 0,04 | 0,24 | 0,13 |
| 2002 | 3 | 0,06 | 0,05 | 0,18 | 0,15 |
| 2003 | 3 | 0,03 | 0,03 | 0,11 | 0,10 |
| 2004 | 7 | 0,11 | 0,05 | 0,13 | 0,07 |
| 2005 | 3 | 0,12 | 0,08 | 0,17 | 0,13 |
| 2006 | 3 | 0,07 | 0,04 | 0,06 | 0,04 |
| 2007 | 5 | 0,07 | 0,05 | 0,06 | 0,04 |
| 2008 | 5 | 0,06 | 0,04 | 0,06 | 0,05 |
| 2009 | 5 | 0,06 | 0,05 | 0,09 | 0,07 |
| 2010 | 3 | 0,07 | 0,05 | 0,11 | 0,08 |
| 2011 | 4 | 0,09 | 0,07 | 0,15 | 0,11 |

| Год | Количество проб | Мясо | | | |
|------|-----------------|--------|--------|-------|--------|
| | | Cs-137 | | Sr-90 | |
| | | max | средн. | max | средн. |
| 1998 | 2 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,03 |
| 1999 | 2 | 0,10 | 0,07 | 0,07 | 0,05 |
| 2000 | 2 | 0,04 | 0,04 | 0,07 | 0,05 |
| 2001 | 3 | 0,07 | 0,06 | 0,15 | 0,10 |
| 2002 | 2 | 0,09 | 0,08 | 0,11 | 0,09 |
| 2003 | 3 | 0,05 | 0,05 | 0,10 | 0,10 |
| 2004 | 4 | 0,06 | 0,05 | 0,09 | 0,08 |
| 2005 | 2 | 0,14 | 0,08 | 0,11 | 0,09 |
| 2006 | 3 | 0,05 | 0,04 | 0,11 | 0,09 |
| 2007 | 1 | 0,08 | 0,04 | 0,11 | 0,08 |
| 2008 | 2 | 0,05 | 0,03 | 0,08 | 0,06 |
| 2009 | 3 | 0,06 | 0,05 | 0,08 | 0,07 |
| 2010 | 1 | 0,04 | 0,04 | 0,06 | 0,06 |
| 2011 | 1 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,07 |

| Год | Количество проб | Хлеб | | | |
|------|-----------------|--------|--------|-------|--------|
| | | Cs-137 | | Sr-90 | |
| | | max | средн. | max | средн. |
| 1998 | 7 | 0,10 | 0,05 | 0,20 | 0,08 |
| 1999 | 7 | 0,15 | 0,07 | 0,16 | 0,10 |
| 2000 | 4 | 0,08 | 0,05 | 0,09 | 0,07 |
| 2001 | 6 | 0,10 | 0,05 | 0,09 | 0,08 |
| 2002 | 7 | 0,08 | 0,04 | 0,10 | 0,07 |
| 2003 | 10 | 0,06 | 0,04 | 0,26 | 0,14 |
| 2004 | 11 | 0,08 | 0,04 | 0,13 | 0,07 |
| 2005 | 5 | 0,11 | 0,06 | 0,15 | 0,11 |

| | | | | | |
|------|---|------|------|------|------|
| 2006 | 5 | 0,09 | 0,05 | 0,07 | 0,06 |
| 2007 | 8 | 0,07 | 0,05 | 0,10 | 0,06 |
| 2008 | 8 | 0,07 | 0,04 | 0,17 | 0,08 |
| 2009 | 8 | 0,05 | 0,03 | 0,11 | 0,06 |
| 2010 | 5 | 0,09 | 0,05 | 0,11 | 0,09 |
| 2011 | 5 | 0,09 | 0,07 | 0,14 | 0,10 |

Картофель, корнеплоды

| Год | Количество проб | Cs-137 | | Sr-90 | |
|------|-----------------|--------|--------|-------|--------|
| | | max | средн. | max | средн. |
| 1998 | 8 | 0,10 | 0,03 | 0,30 | 0,09 |
| 1999 | 10 | 0,06 | 0,04 | 0,16 | 0,12 |
| 2000 | 8 | 0,06 | 0,04 | 0,07 | 0,05 |
| 2001 | 6 | 0,04 | 0,02 | 0,14 | 0,06 |
| 2002 | 6 | 0,06 | 0,04 | 0,13 | 0,10 |
| 2003 | 7 | 0,03 | 0,02 | 0,21 | 0,14 |
| 2004 | 6 | 0,06 | 0,03 | 0,14 | 0,07 |
| 2005 | 6 | 0,06 | 0,03 | 0,18 | 0,11 |
| 2006 | 8 | 0,11 | 0,05 | 0,19 | 0,14 |
| 2007 | 8 | 0,13 | 0,07 | 0,14 | 0,08 |
| 2008 | 6 | 0,06 | 0,04 | 0,08 | 0,05 |
| 2009 | 3 | 0,04 | 0,04 | 0,08 | 0,06 |
| 2010 | 3 | 0,06 | 0,05 | 0,11 | 0,09 |
| 2011 | 2 | 0,07 | 0,06 | 0,10 | 0,07 |

Мониторинг содержания радионуклидов в воде источников питьевого водоснабжения

Мониторинг радиационно-гигиенического состояния хозяйственно-питьевого водоснабжения проводится радиохимическим методом по содержанию искусственных изотопов Sr-90 и Cs-137 и радиометрическим методом по суммарной альфа- и бета-активности с предварительной пробоподготовкой. На протяжении всех лет наблюдений содержание цезия-137 и стронция-90 в питьевой воде Кировской области остаются на неизменно низком уровне (табл. 5), превышения суммарной активности природной компоненты не наблюдались, показатели стабильные. Небольшая разница

в абсолютных величинах объясняется неопределенностью измерений и чувствительностью прибора.

Количество обследованных водоисточников и проб питьевой воды с каждым годом растет (рис. 9), в результате чего увеличилось количество исследований содержания радона в воде (рис. 10).

За весь период наблюдения за водоисточниками в Кировской области превышения критерия предварительной оценки соответствия воды требованиям радиационной безопасности по удельной суммарной альфа- и бета-активности не обнаружено. В 2011 году в результате увеличения числа обследованных водоисточников выявлены пробы с превышением уровня вмешательства (60 Бк/кг) по удельной активности радона-222. Для данных водоисточников была увеличена периодичность производственного контроля (с одного раза в год до четырех) для оценки эффективной дозы облучения населения за счет потребления воды из конкретного источника. Среднее значение удельной активности радона в области осталось на том же уровне (табл. 6).

Таблица 5

Удельная активность радиоактивных веществ в воде источников питьевого водоснабжения, Бк/л

| Год | Показатель | | | |
|------|------------|-------------|------------------------|------------------------|
| | Цезий-137 | Стронций-90 | Суммарная β-активность | Суммарная α-активность |
| 1998 | 0,01 | 0,01 | 0,1 | 0,05 |
| 1999 | 0,01 | 0,01 | 0,3 | 0,04 |
| 2000 | 0,01 | 0,01 | 0,1 | 0,07 |
| 2001 | 0,01 | 0,01 | 0,1 | 0,05 |
| 2002 | 0,01 | 0,01 | 0,1 | 0,04 |
| 2003 | 0,01 | 0,01 | 0,1 | 0,05 |
| 2004 | 0,01 | 0,01 | 0,1 | 0,04 |
| 2005 | 0,01 | 0,03 | 0,1 | 0,05 |
| 2006 | 0,01 | 0,02 | 0,1 | 0,06 |
| 2007 | 0,01 | 0,02 | 0,1 | 0,06 |
| 2008 | 0,01 | 0,02 | 0,1 | 0,04 |
| 2009 | 0,01 | 0,02 | 0,1 | 0,05 |
| 2010 | 0,01 | 0,02 | 0,1 | 0,05 |
| 2011 | 0,01 | 0,02 | 0,1 | 0,06 |

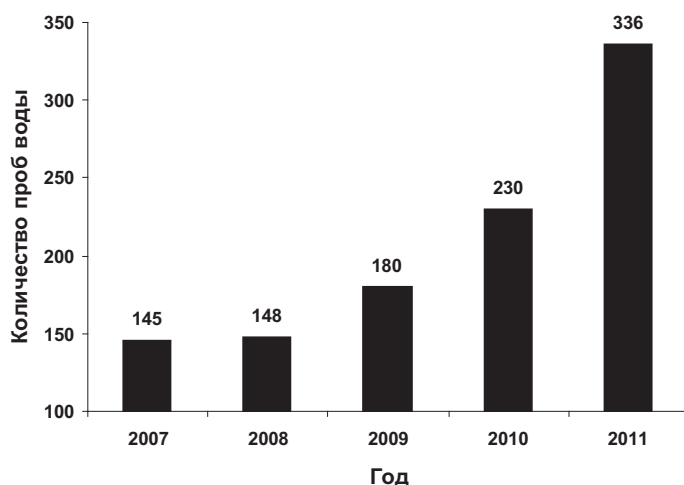


Рис. 9. Динамика количества исследований проб питьевой воды на удельную суммарную альфа- и бета-активность в 2007–2011 годах

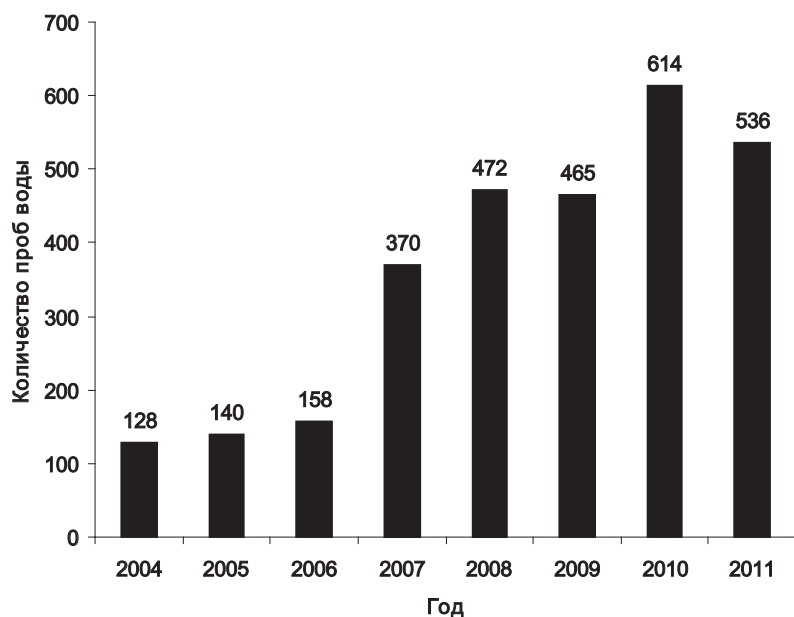


Рис. 10. Динамика количества исследований проб питьевой воды на удельную объемную активность радона в 2004–2011 гг.

Таблица 6

Удельная активность Rn²²² в пробах питьевой воды из подземных источников

| Год | Количество проб | Количество проб с превышением | Удельная активность Rn ²²² , Бк/кг | | |
|------|-----------------|-------------------------------|---|-----|---------|
| | | | max | min | среднее |
| 2007 | 370 | – | 54 | 7 | 22 |
| 2008 | 472 | – | 53 | 5 | 29 |
| 2009 | 465 | – | 56 | 11 | 31 |
| 2010 | 614 | – | 58 | 10 | 27 |
| 2011 | 536 | 11 | 132 | 9 | 32 |

Мониторинг радона

1. Измерения в жилых, общественных и производственных зданиях и сооружениях

С 1996 года радиологической лабораторией во всех предъявляемых к сдаче в эксплуатацию зданиях и сооружениях проводятся обязательные измерения объемной активности (ЭРОА) изотопов радона в воздухе помещений (табл. 7). Изучение самого дозообразующего показателя природной радиоактивности показало, что ЭРОА изотопов радона (и, как следствие, степень воздействия на здоровье человека) зависит от 2 главных причин: где построено здание и как построено. Большая часть результатов измерений радона

не выходит за допустимый уровень. Количество ежегодно выявляемых объектов с превышением норматива не превышает 20 % (Рис. 11).

Самые большие уровни содержания радона обнаружены в домах вблизи геологических разломов. В некоторых случаях объемная активность доходила до 2000 Бк/м³. После выполнения рекомендованных защитных мероприятий по герметизации подвалов и вентиляции помещений на радоноопасных объектах обстановка нормализуется. Значительная вариабельность значений ЭРОА радона требует дальнейшего пристального изучения этого фактора для уточнения ЭРОА радона.

Таблица 7

Результаты измерений ЭРОА радона-222

| Объекты измерений | Значения ЭРОА радона и годы наблюдений | | | | | |
|---|--|------|------|------|------|------|
| | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| Количество объектов всего, в том числе | 114 | 217 | 75 | 175 | 76 | 45 |
| – жилые и общественные здания | 92 | 176 | 24 | 99 | 29 | 25 |
| – детские образовательные учреждения | – | 8 | 33 | 35 | 39 | 20 |
| – промышленные предприятия | 22 | 33 | 18 | 31 | 8 | - |
| Средняя ЭРОА радона, Бк/м ³ | 26 | 25 | 35 | 30 | 27 | 28 |
| Количество объектов с превышением норматива | 1 | 5 | 3 | 2 | 3 | 3 |

Количество объектов с превышением норматива по содержанию радона в Кировской области в период с 2005-2010 год (%)

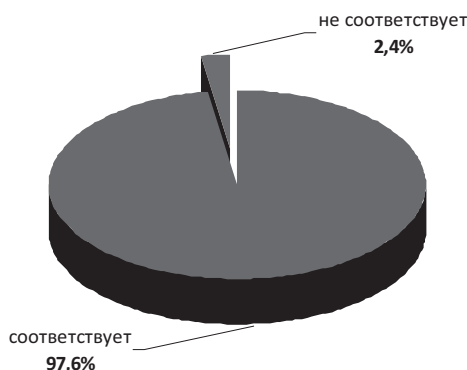


Рис. 11. Количество объектов с превышением норматива по содержанию радона в Кировской области в период с 2005 по 2010 г. (%)

Количество земельных участков с показателем ППР более 80 мБк/м²*с в Кировской области в период с 2005-2010 год (%)

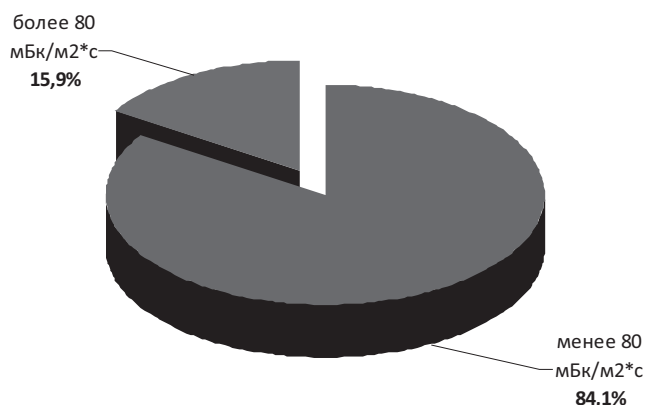


Рис. 12. Количество земельных участков с показателем ППР более 80 мБк/м² × с в Кировской области с 2005 по 2010 г. (%)

2. Измерения плотности потока радона на площадках, отведенных под строительство

С 2005 года определяется плотность потока радона (ППР) из грунта при отводе земельных участков под строительство. Это позволяет своевременно выявлять участки, на которые требуется предусматривать проведение про-

тиворадоновых мероприятий на стадии проектирования. Количество участков с превышением показателя составляет 16% от общего числа обследованных объектов (рис. 12).

Данные о структуре доз облучения населения Кировской области за счет природных источников в 2004–2010 гг. приведены в таблице 8 и на рисунке 13.

Таблица 8

Средние индивидуальные годовые эффективные дозы облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения

| Год | Средняя годовая эффективная индивидуальная доза, мЗв/год | | | | | | | Полная |
|------|--|------------------------|------------------------|-------|---------------|------------------|--------------------|--------|
| | К-40 | Космическая компонента | Терригенное облучение* | Радон | Питьевая вода | Продукты питания | Атмосферный воздух | |
| 2004 | 0,17 | 0,4 | 0,67 | 1,77 | 0,017 | 0,125 | 0,006 | 3,16 |
| 2005 | 0,17 | 0,4 | 0,68 | 1,79 | 0,017 | 0,125 | 0,006 | 3,19 |
| 2006 | 0,17 | 0,4 | 0,66 | 1,77 | 0,017 | 0,125 | 0,006 | 3,14 |
| 2007 | 0,17 | 0,4 | 0,64 | 1,85 | 0,016 | 0,123 | 0,006 | 3,21 |
| 2008 | 0,17 | 0,4 | 0,64 | 1,88 | 0,015 | 0,121 | 0,006 | 3,40 |
| 2009 | 0,17 | 0,4 | 0,62 | 1,72 | 0,010 | 0,110 | 0,006 | 3,03 |
| 2010 | 0,17 | 0,4 | 0,60 | 1,70 | 0,010 | 0,120 | 0,006 | 3,01 |

* Внешнее природное облучение от источников земного происхождения.

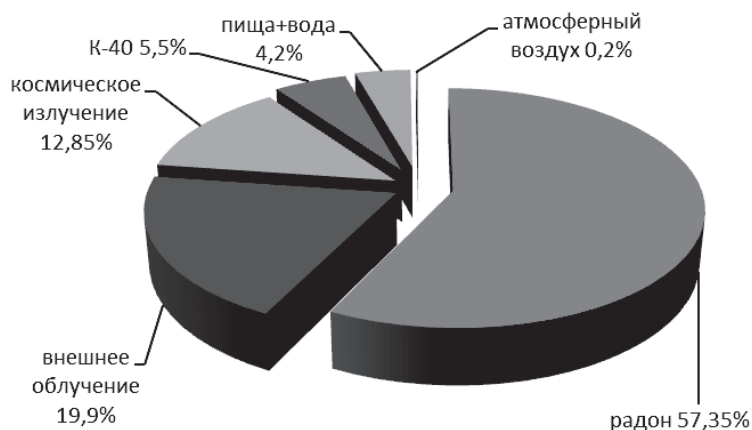


Рис. 13. Структура средней дозы облучения населения Кировской области за счет природных ИИИ в период с 2005 по 2010 г.

Характеристика доз облучения населения

С учетом всех представленных данных, средняя индивидуальная годовая эффективная доза облучения населения Кировской области в 2010 г. оценивается величиной 3,6 мЗв (по России 3,8 мЗв). При этом 84% суммарной дозы обусловлены природными источни-

ками излучения и 16% – медицинскими рентгенологическими диагностическими исследованиями. На долю остальных источников приходится менее 0,2%. Данные по структуре доз облучения населения региона с 1998 по 2010 г. приведены в таблицах 9, 10 и на рисунке 14.

Таблица 9

Годовые эффективные коллективные дозы (КД) и средние индивидуальные дозы (ИД) облучения населения Кировской области за счет различных источников ионизирующего излучения и их вклады

| Год | Природные источники | | | Медицинские источники | | | Техногенный фон* | | Эксплуатация ИИИ | | Всего | |
|------|---------------------|-----|-------|-----------------------|------|-------|------------------|-------|------------------|-------|---------|-----|
| | КД | ИД | вклад | КД | ИД | вклад | КД | вклад | КД | вклад | КД | ИД |
| | чел.-Зв | мЗв | % | чел.-Зв | мЗв | % | чел.-Зв | % | чел.-Зв | % | чел.-Зв | мЗв |
| 2004 | 4675 | 3,2 | 76,0 | 1465 | 1,00 | 23,8 | 7,4 | 0,13 | 0,54 | 0,01 | 6148 | 4,2 |
| 2005 | 4662 | 3,2 | 78,6 | 1344 | 0,92 | 22,3 | 7,3 | 0,12 | 0,56 | 0,01 | 6014 | 4,1 |
| 2006 | 4433 | 3,1 | 81,0 | 1039 | 0,72 | 19,0 | 7,2 | 0,13 | 0,55 | 0,01 | 5480 | 3,9 |
| 2007 | 4584 | 3,2 | 82,5 | 969 | 0,68 | 17,4 | 7,1 | 0,13 | 0,73 | 0,01 | 5559 | 3,9 |
| 2008 | 4813 | 3,4 | 82,8 | 991 | 0,70 | 17,0 | 7,1 | 0,12 | 0,68 | 0,01 | 5811 | 4,1 |
| 2009 | 4241 | 3,0 | 84,3 | 784 | 0,56 | 15,6 | 7,0 | 0,14 | 0,65 | 0,01 | 5032 | 3,6 |
| 2010 | 4173 | 3,0 | 84,4 | 764 | 0,55 | 15,5 | 7,0 | 0,14 | 0,63 | 0,01 | 4945 | 3,6 |

* – годовая средняя индивидуальная доза от техногенного фона 5 мкЗв.

Таблица 10

Вклад различных источников в годовую эффективную дозу облучения населения Кировской области

| Год | Эксплуатация ИИИ | Техногенный фон | Природные источники | Медицинские источники |
|------|------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|
| 2004 | 0,01 | 0,13 | 76,0 | 23,8 |
| 2005 | 0,01 | 0,12 | 78,6 | 22,3 |
| 2006 | 0,01 | 0,13 | 81,0 | 19,0 |
| 2007 | 0,01 | 0,13 | 82,4 | 17,4 |
| 2008 | 0,01 | 0,12 | 82,8 | 17,0 |
| 2009 | 0,01 | 0,14 | 84,3 | 15,6 |
| 2010 | 0,01 | 0,14 | 84,4 | 15,5 |

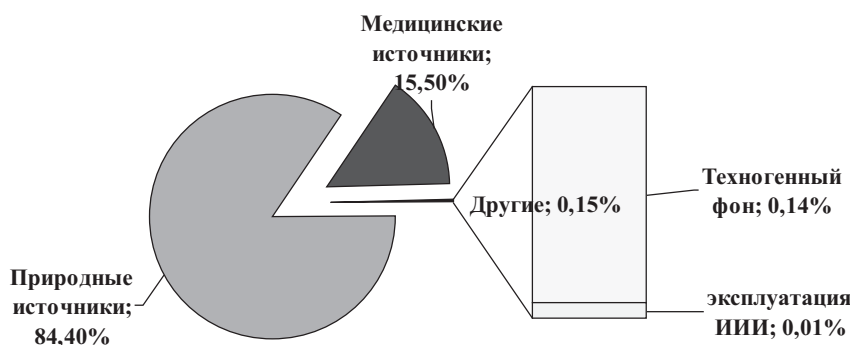


Рис. 14. Процентный вклад в среднюю суммарную дозу облучения жителей Кировской области в 2010 г. за счет основных источников облучения

Выводы

1. Определение содержания техногенных радионуклидов в атмосферном воздухе и осадках является более информативным и чувствительным методом оценки начала радиоактивных выпадений, чем измерение гамма-фона.

2. Увеличение объема исследований удельной активности радона в источниках питьевого водоснабжения в последние годы привело к выявлению проб воды с превышением уровня вмешательства по радону. Требуется дальнейшее изучение содержания радона в воде артезианских скважин с целью обеспечения населения питьевой водой, отвечающей санитарно-гигиеническим требованиям по радиационной безопасности.

3. Большая часть сдаваемых в эксплуатацию строительных объектов в области обследуется на содержание ЭРОА изотопов радона. Превышение норматива по со-

держанию ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений чаще всего обнаруживается в объектах, где до начала строительства не было проведено исследование плотности потока радона. Измерение плотности потока радона с поверхности грунта на участке планируемой застройки позволяет своевременно выявлять земельные участки, на которых требуется предусмотреть проведение противо-радоновых мероприятий на стадии проекта.

4. Представленные показатели радиационно-гигиенического мониторинга достаточны достаточны и достоверны для оценки радиационной обстановки в регионе.

5. Средняя годовая индивидуальная эффективная доза облучения населения Кировской области находится на уровне среднего значения по Российской Федерации.

6. Радиационный фактор не является ведущим фактором вредного воздействия на здоровье населения, проживающего на территории Кировской области.

B.N. Skolotnev¹, L.A. Chirkova², A.S. Dvinskikh², M.D.Kuznetsova²

Results of radiation-hygienic monitoring of the basic parameters of the human environment in the Kirov region

¹ Administration of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights protection and Human Well-being in the Kirov Region, Kirov

² Federal Health Organization «Center for Hygiene and Epidemiology in the Kirov Region», Kirov

Abstract. The paper describes the experience of the laboratory of radiation monitoring in the the Kirov region since 1963. The results of long-term measurements of the environmental objects are presented. Gamma background measurement and investigation of radionuclides' content in depositions are compared as methods for radioactive contamination assessment.

Key words: radiation-hyidienic monitoring, radioactive contamination, radioactive depositions, gamma background, gross alpha and gross beta activity, ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, ²²²Rn, spectrometry, radiometry, radiochemistry.

Поступила 15.04.2012.

Сколотнев В.Н.
radlab@sanepid.ru