

НИИ ЯП – ГОЛОВНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ-ИСПОЛНИТЕЛЬ ГОСУДАРСТВЕННЫХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОГРАММ

В. Г. Барышевский, Г. Н. Смольский, Э. Ф. Яковицкий

Катастрофа на Чернобыльской АЭС поставила перед государством ряд сложнейших экологических, медицинских, сельскохозяйственных, экономических, социальных, правовых, демографических и других проблем. К их решению были привлечены все имеющиеся в республике ученые и специалисты соответствующего профиля. Основными задачами на первом этапе после аварии были оценка радиационной обстановки и выработка срочных мер для снижения отрицательного влияния радиации на организм человека.

Радиационная обстановка в Беларуси отличается сложностью, неоднозначностью и определяется загрязнением огромных территорий альфа-, бета- и гамма-излучающими радионуклидами с различными периодами полураспада, наличием радиоизотопов практически во всех компонентах природных и техногенных экосистем и вовлечением их в геохимические и биологические циклы миграции. Все это обуславливает множественность путей внешнего и внутреннего облучения населения.

Сознавая глобальный характер катастрофы, угрозу ее последствий здоровью жителей Беларуси, Верховный Совет признал всю территорию республики зоной экологического бедствия. Разработана и реализуется Государственная программа по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС. Государственная политика в области преодоления последствий чернобыльской катастрофы определяется законами «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС» и «О правовом режиме территорий, которые подверглись радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС».

Выполнение Государственной программы, а также принятых законов потребовало создания системы радиационного контроля Республики Беларусь, которая, в свою очередь, выявила новые требования к приборному обеспечению радиационных измерений. Это объяснялось тем, что имевшийся парк средств измерений ионизирующих излучений не был ориентирован на решение задач радиационного мониторинга на зараженных радионуклидами территориях. Кроме того, появились новые задачи массового радиационного контроля продуктов питания, сырья, воды на содержание радионуклидов цезия, стронция, плутония и трансплутониевых элементов.

Для выполнения этих задач в 1990 г. решением Правительства Республики Беларусь была принята *Республиканская научно-техническая программа по созданию и выпуску аппаратуры и оборудования для обеспечения радиометрического и дозиметрического контроля* (РНТП 18.02.р). Программа была рассчитана на период 1991–1995 гг.

Главным содержанием программы являлись разработка и выпуск приборов, обеспечивающих решение трех основных задач радиационного контроля в республике:

1) радиационный контроль всех видов пищевого сырья и продукции, в том числе массовый контроль содержания альфа-, бета-, гамма-излучающих радионуклидов «чернобыльского», естественного и техногенного происхождения в питьевой воде, продуктах питания, сельскохозяйственной продукции, лекарственном сырье и т. д.;

2) комплексный радиационный мониторинг природной среды;

3) радиационный контроль состояния человека.

Главным исполнителем программы 18.02.р был определен Институт ядерных проблем Белгосуниверситета (НИИ ЯП БГУ).

Республиканская научно-техническая программа 18.02.р состояла из семи разделов (см. структурную схему 1; в заштрихованных прямоугольниках указана аппаратура, выполненная сотрудниками НИИ ЯП БГУ).

Структурная схема 1

Республиканской научно-технической программы 18.02.р 1991–1995 гг.

| | | |
|--|---|---|
| 1. Разработать и создать методы и технические средства для биологической дозиметрии | 3. Разработать и изготовить аппаратуру для измерения концентрации радионуклидов стронция-90 в воде, продуктах питания и объектах природной среды | |
| 1.2. Станция для определения поглощенной дозы с использованием методов электронного парамагнитного резонанса | 3.1. Бета-радиометр РУС-91 | 3.2. Бета-гамма-радиометр РУС-91 |
| 1.3. Передвижная радиологическая лаборатория по обследованию населения «ПРЛ-СИЧ» | 3.3. Полевые экспресс-анализаторы РИС-01А | 3.4. Опытная партия бета-радиометров РУБ-91 |
| 1.5. Резонансно-ионизированный масс-спектрометр «НУКЛИД» | 3.6. Опытные образцы бета-радиометров ТИМ-110 | 3.7. Бета-радиометр EL-1211 |
| 2. Разработать и создать аппаратуру для измерения радиоактивности нуклидов цезия в воде, продуктах питания и объектах природной среды | | 2.1. Опытный образец гамма-спектрометра «ПРИПЯТЬ» |
| 2.2. Опытная партия гамма-радиометров РУГ-91,91М | 2.3. Опытная партия гамма-радиометров РКГ-07П | 2.4. Опытные образцы гамма-радиометров РКГ-01А, 02А |
| 2.5. Опытные образцы гамма-спектрометров МКГ-01А, EL-1308 | 2.6. Опытные образцы гамма-спектрометров МКГ-03А, EL-1310 | 2.7.1. Аппаратура контроля загрязнения крупного рогатого скота РГИК-СИЖ |
| 2.7.2. Стационарный пункт контроля животных «СПРК» | 2.7.4. Опытные образцы гамма-радиометров ТИМ-140 | 2.8. Полупроводниковый гамма-спектрометр «ПРИПЯТЬ-3М» |

| | | | |
|---|---|---|---|
| <p>4. Разработать и создать аппаратуру для измерения содержания плутония и трансплутониевых элементов в воде, продуктах питания и объектах природной среды</p> | <p>4.1. Аппаратура для определения содержания, динамики миграции плутония и трансураниевых элементов УРГ-01, КРА-01</p> | <p>4.2. Жидкостинциляционный альфа-бета-радиометр ТИМ-100</p> | <p>4.3. Полупроводниковый альфа-спектрометр ТИМ-130</p> |
| <p>5. Разработать и изготовить аппаратуру для контроля внешнего гамма-фона, радиоактивного загрязнения природной среды и объектов</p> | <p>5.1. Опытная партия гамма-дозиметров ДБГ-10А</p> | <p>5.2. Опытные образцы гамма-дозиметров ДКГ-01А, EL-1101, EL-1102</p> | <p>5.3. Экспериментальный образец передвижного гамма-спектрометра «ПЕГАС-В»</p> |
| <p>5.4. Подвижная радиометрическая лаборатория «БПРЛ»</p> | <p>5.5. Многоцелевой носимый бета-гамма-спектрометр</p> | <p>5.6. Радиометр содержания радионуклидов в древесине «РГИК-Л»</p> | <p>5.6.5. Радиометр содержания радионуклидов в древесине на корню ТИМ-141</p> |
| <p>5.7. Дозиметры рентгеновского и гамма-излучения EL-1119, EL-1119С</p> | <p>5.8. Дозиметр рентгеновского излучения EL-1103</p> | <p>5.9. Бета-радиометр EL-1117</p> | <p>5.10. Бета-гамма-спектрометр ТИМ-120</p> |
| <p>6. Разработать и создать новые типы детекторов ионизирующих излучений и других функциональных блоков средств измерений для решения задач по защите населения республики от последствий чернобыльской катастрофы</p> | <p>6.1.2.-6.1.3. Экспериментальные образцы сцинтилляционных детекторов на основе широкоиспользуемых сцинтилляторов и новых материалов</p> | <p>7. Разработать методы и создать технические средства для системы радионуклидного мониторинга республики</p> | <p>7.1. Проведен анализ средств измерений радона. Разработано технико-экономическое задание для использования их в системе радионуклидного мониторинга республики</p> |

Ниже нами представлены по разделам результаты выполнения Республиканской научно-технической программы 18.02.р

По разделу *биологическая дозиметрия* были созданы:

- экспериментальный образец лазернофотоионизационного масс-спектрометра для измерения концентрации радионуклидов в микропробах биологических и других объектов;
- опытный образец станции для определения поглощенной дозы с использованием методов электронного парамагнитного резонанса;
- опытный образец передвижной радиологической лаборатории по обследованию населения (ПРЛ-СИЧ).

По разделу *аппаратуры для измерения радиоактивности нуклидов цезия* были разработаны и организован серийный выпуск:

- гамма-радиометров «Адани» РУГ-91, РКГ-07П «Витязь», РКГ-01А, РКГ-02А;
- гамма-спектрометров МКГ-01А, МКГ-03А, ЕЛ-1308, ЕЛ-1310;
- высокочувствительного автоматизированного шестикристального гамма-спектрометра «Припять», «Припять-3М»;
- носимых радиометров для прижизненного контроля загрязнения радиоцезием крупного рогатого скота ТИМ-140.

Кроме того, в НИИ ЯП БГУ разработана аппаратура и методика выполнения измерений для контроля загрязнения крупного рогатого скота радиоцезием на мясокомбинатах и в животноводческих хозяйствах «РГИК-СИЖ», а также стационарный пункт радиометрического контроля загрязнения радиоцезием сельскохозяйственных животных «СПРК».

По разделу *разработки аппаратуры для измерения концентрации радионуклидов стронция-90* выполнены следующие работы:

- разработаны и изготовлены высокочувствительные бета-радиометры РУС-91, ТИМ-110, а также радиометр стронция-90 в молоке ЕЛ-1311;
- разработаны и серийно выпускаются бета-радиометры для определения содержания стронция-90 в продуктах питания и других пробах РУБ-91;
- разработан и обеспечен выпуск полевых экспресс-анализаторов для контроля содержания радионуклидов в природных объектах РИС-01А.

В разделе *создания аппаратуры для измерения содержания плутония и трансплутониевых элементов в объектах природной среды* разработаны:

- экспрессные инструментальные методы и аппаратура для определения содержания и динамики миграции радионуклидов плутония и трансплутониевых элементов в воде, почве и донных отложениях УРГ-01, КРА-01;
- методы и аппаратура для альфа-спектрометрии образцов различной природы – ТИМ-130.

Согласно разделу *о создании аппаратуры для контроля внешнего гамма-фона, радиоактивного загрязнения природной среды и объектов* разработаны и освоен выпуск следующих типов приборов:

- малогабаритных гамма-дозиметров с полупроводниковым детектором ДБГ-10А;
- профессиональных носимых дозиметров для измерения мощности эквивалентной дозы излучения ДКГ-01А, ЕЛ-1101, ЕЛ-1102;
- носимых широкодиапазонных дозиметров гамма-излучения аварийного назначения ЕЛ-1119;
- носимых измерителей мощности поглощенной дозы рентгеновского излучения профессионального назначения;
- профессиональных бета-радиометров поверхностной загрязненности ЕЛ-1117;
- бета-гамма-спектрометров для инструментального измерения загрязнения территорий стронцием-90 – ТИМ-120.

Кроме того, НИИ ЯП разработал и аттестовал методику выполнения измерений для определения загрязнения радиоцезием древесины и создал носимый

контактный радиометр для контроля содержания радионуклидов в древесине на корню – ТИМ-141.

Разработан и изготовлен экспериментальный образец передвижного гамма-спектрометрического комплекса вертолетного базирования для дистанционного определения содержания гамма-излучающих нуклидов в природной среде «ПЕГАС-В», а также две базовые подвижные радиометрические лаборатории (БПРЛ) для предприятий «Радон», «Полесье».

По разделу *создания новых типов детекторов ионизирующих излучений* исследованы характеристики новых типов сцинтилляторов на основе монокристаллов сложных окислов и выработаны требования к выращиванию этих кристаллов, а также созданы новые экспериментальные образцы базовых сцинтилляционных детекторов на основе широко используемых сцинтилляторов и на основе новых сцинтилляционных материалов.

По разделу *создания методов и технических средств для системы радонового мониторинга республики* выполнена поисковая научно-исследовательская работа по анализу средств измерения радона и создано технико-экономическое обеспечение на их создание и использование в системе радонового мониторинга.

Главными итогами выполнения РНТП 18.02.р в Республике Беларусь явились:

- разработка и выпуск приборов для измерения мощности дозы гамма-излучения;
- разработка и выпуск приборов для измерения радионуклидов цезия в питьевой воде, продуктах питания, сельхозпродукции и объектах природной среды;
- разработка и создание основ инструментальных средств измерения стронция-90 в воде, продуктах питания, почве и выпуск основной партии радиометров для измерения содержания стронция-90;
- создание современной передвижной радиологической лаборатории, укомплектованной спектрометрами для определения излучения человека и различными дозиметрическими и радиометрическими приборами;
- создание аппаратуры для измерения альфа-излучающих радионуклидов в пробах почвы;
- создание инструментальных средств и необходимого методического обеспечения для прижизненного радиационного контроля крупного рогатого скота и древесины на корню;
- создание нового класса сцинтилляционных материалов, перспективных для применения в дозиметрической и радиометрической аппаратуре;
- выполнение НИР по разработке экспериментального образца аэро-гамма-спектрометрического комплекса.

Выпускаемые приборы обеспечивают проведение как массовых радиометрических измерений, так и спектрометрических измерений в пробах малой активности любой природы. Все опытные образцы прошли необходимую проверку в Белстандарте, большая часть сертифицирована и включена в Государственный реестр измерений.

В соответствии с заданиями программы в 1991–1995 гг. было разработано, организовано производство и осуществлена поставка в сеть радиационного контроля республики около 4 тыс. гамма- и бета-радиометров, более 200 профессиональных дозиметров гамма-излучения, более 10 высокочувствительных спектрометров, сдана в эксплуатацию передвижная радиологическая лаборатория по обследованию населения, создан пункт радиометрического контроля автомобильного базирования для прижизненного определения удельной активности радионуклидов цезия в мышечной ткани крупных сельскохозяйственных животных. Значительная часть приборов реализована в России, Прибалтике, Австрии и других странах.

Разработанный в НИИ ЯП новый класс сцинтилляторов на конкурсной основе используется при проведении крупномасштабных экспериментов в Европейском центре ядерных исследований (ЦЕРН, Женева), предназначенных для получения информации о строении материи.

Характеристики основных приборов, разработанных и серийно выпускаемых по заданиям РНТП 18.02.р, приведены в каталоге «Приборы для радиологического мониторинга» (Минск, 1996), основные типы приборов и аппаратуры показаны нами в структурной схеме.

Для развития сети радиационного и экологического контроля в соответствии с Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 7 от 17 января 1997 г. НИИ ЯП БГУ в качестве головной организации выполнял Государственную научно-техническую программу **«Разработать и внедрить методы и аппаратные средства для обеспечения радиационной и экологической безопасности» («Радиоэкология»)** на период 1997—2000 гг. (см. схему 2).

По *первому* разделу программы разработаны и серийно выпускаются шесть типов приборов для системы предупреждения чрезвычайных ситуаций:

- газоаналитические приборы для анализа аммиака ССА-1 и анализа горючих газов СКГГ-1;
- многоканальный газоанализатор-сигнализатор хлора в атмосфере ССХ-1;
- портативный трехкомпонентный газоанализатор для одновременного определения в воздушном пространстве кислорода, взрывоопасных и токсичных газов;
- транспортный радиационный монитор, оборудованный дополнительным нейтронным каналом для осуществления контроля за несанкционированным перемещением радиоактивных каналов через государственные границы РМ-5000;
- интеллектуальный датчик мощности дозы гамма-излучения для автоматической сети радиационного мониторинга окружающей среды;
- измеритель-сигнализатор мощности дозы рентгеновского и гамма-излучения для обеспечения радиационной безопасности работ в радиоизотопных и радиологических лабораториях.

По разделу *аппаратуры для системы экологического контроля природной среды*:

- разработан контрольно-измерительный комплекс аппаратуры для снижения загрязнения окружающей среды при изготовлении асфальтобитумных смесей;

- подготовлен к выпуску автоматизированный газожидкостный хроматографический комплекс для экспрессного анализа содержания гербицидов, пестицидов, инсектицидов и других токсичных веществ в продуктах питания и объектах природной среды.

По третьему разделу (*аппаратура для обеспечения радиационной безопасности*) разработано 10 новых типов опытных образцов приборов:

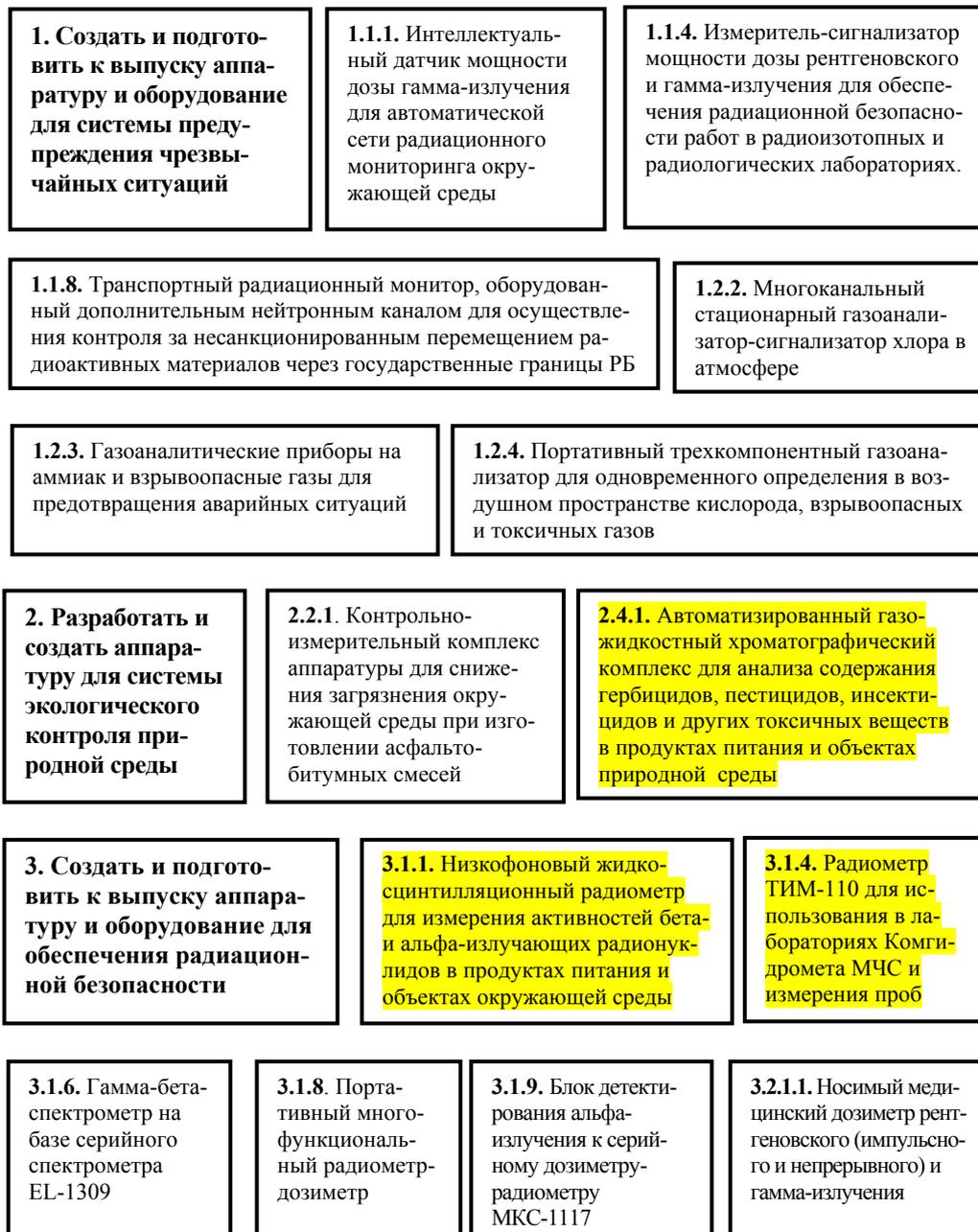
- модернизированный и усовершенствованный радиатор ТИМ-110 для лабораторий Госкомгидромета и для измерений проб золы;
- низкофоновый жидкосцинтилляционный радиометр для измерения активности бета- и альфа-излучающих радионуклидов в продуктах питания и объектах окружающей среды;
- бета-гамма-спектрометр на базе серийного спектрометра EL-1309-МКС-АТ-1315;
- блок детектирования альфа-излучения к серийному дозиметру-радиометру МКС-1117;
- цифровой персональный системный дозиметр рентгеновского и гамма-излучения с устройством считывания ДКС-АТ-3509;
- носимый медицинский дозиметр рентгеновского (импульсного и непрерывного) и гамма-излучения ДКС-АТ-1121;
- калибровочные стенды двух типов для обеспечения высококачественной поверки клинических, защитных и мониторинговых дозиметров АТ-01 и АТ-02;
- микропроцессорный поисковый портативный радиометр для обнаружения и локализации радиоактивных материалов МКС-РМ-1402;
- клинический дозиметр рентгеновского и гамма-излучения ДКС-АТ-5350;
- компьютерный цитометр нового поколения для дифференциальной диагностики заболеваний щитовидной железы.

Для компьютерного цитометра разработана методика и программное обеспечение для тонкой дифференциальной диагностики заболеваний щитовидной железы путем сравнительной оценки изображений цитологического материала с эталонными матрицами электронного атласа. На основе этой методики Министерство здравоохранения утвердило методические рекомендации «Экспертная система для цитологической диагностики заболеваний щитовидной железы» для практической помощи врачу-цитологу в постановке диагноза.

Выполнена научно-исследовательская работа по разработке и изготовлению макета бета-гамма-СИЧ. Актуальность проведенной работы заключается в том, что в Беларуси, которая является одним из немногих мест в мире с обширным цезиево-стронциевым загрязнением, отсутствует аппаратура, способная непосредственно измерять содержание стронция-90 в организме человека. По результатам НИР планируется создание измерительного комплекса «Экспертный бета-гамма-СИЧ».

Структурная схема 2

Государственной научно-технической программы «Разработать и внедрить методы и аппаратные средства для обеспечения радиационной и экологической безопасности» («Радиоэкология»). 1997—2000 гг.



| | | | |
|--|---|---|---|
| <p>3.2.1.2. Цифровой персональный системный дозиметр рентгеновского и гамма-излучения с устройством считывания</p> | <p>3.2.1.4. Микропроцессорный поисковый портативный радиометр для обнаружения и локализации радиоактивных материалов</p> | <p>3.2.1.5. Калибровочные стенды 2 типов для обеспечения высококачественной поверки клинических, защитных и мониторинговых дозиметров</p> | |
| <p>3.2.2.2. Клинический дозиметр рентгеновского и гамма-излучения</p> | <p>3.2.2.3.1. Методика и программное обеспечение для тонкой дифференциальной диагностики заболеваний щитовидной железы путем сравнительной оценки изображений цитологического материала с эталонными матрицами электронного атласа</p> | <p>3.2.2.7. Макет бета-гамма-СИЧ</p> | |
| <p>4. Методическое и метрологическое обеспечение радиационных измерений</p> | <p>4.3.1. Методика выполнения измерений на бета-гамма-радиометр EL 1311 с целью обеспечения контроля содержания стронция-90 и цезия-137 в продуктах питания</p> | <p>4.3.2. Методики определения стронция-90 в пробах почвы, воды и продуктах питания</p> | <p>4.3.3. Методика определения удельной активности стронция-90 в воде по черенковскому излучению</p> |
| <p>4.3.4. Методики пробоподготовки и концентрирования радионуклидов стронция и цезия в воде</p> | <p>4.3.5. Методики радиометрических измерений образцов с многокомпонентным составом нуклидов</p> | <p>4.3.6. Методика отбора проб сточных вод и их осадков, твердых бытовых зольных отходов и уличного смета для определения содержания в них радионуклидов</p> | <p>4.3.10. Методика пробоподготовки сточных вод для радиохимического анализа стронция-90</p> |
| <p>4.3.13. Радиометрическая методика выполнения экспрессных измерений для контрольных уровней определяемых параметров</p> | | <p>4.3.14. Методика экспрессного определения содержания изотопов плутония и америция в почвах</p> | |
| <p>5. Разработать и создать аппаратно-методическую базу для радиационного мониторинга радона</p> | <p>5.1.1. Радиометры радона в воздухе с использованием электрических полей для концентрирования дочерних продуктов распада, методика выполнения измерений</p> | <p>5.3.1. Радиометр эксхалляции радона из строительных материалов и изделий</p> | |
| <p>5.4.1. Методика регистрации радона в воздухе жилых помещений с применением угольных сорбентов</p> | <p>5.4.4. Методика выполнения измерений на сцинтилляционные гамма-спектрометры типа EL-1309 с целью обеспечения контроля содержания цезия-137 и естественных радионуклидов радия-226, тория-232, калия-40 в строительных материалах и изделиях</p> | | |
| <p>6. Разработать новые принципы построения ядерно-физической и электронно-физической аппаратуры</p> | <p>6.1. Многоканальный быстродействующий сцинтилляционный детектор для медицинской радиологии</p> | | |

В целях методического обеспечения радиационных измерений разработано 11 методик, что в настоящее время чрезвычайно актуально в связи с необходимостью выполнения требований Закона Республики Беларусь «О радиационной безопасности населения» и соблюдения норм радиационной безопасности НРБ-2000. На выполнение этих требований ориентированы методики:

- регистрации радона в воздухе жилых помещений с применением угольных сорбентов;
 - выполнения измерений на бета-гамма-радиометре EL-1311 в целях обеспечения контроля содержания стронция-90, цезия-137 в продуктах питания;
 - селективного выделения стронция-90, цезия-137 из природных вод и молока;
 - измерений на спектрометре типа EL-1309 в целях обеспечения контроля содержания цезия-137 и естественных радионуклидов радия-226, тория-232, калия-40 в строительных материалах и изделиях;
 - экспрессного определения содержания изотопов плутония и америция в почве.
- В плане создания аппаратуры для радиационного мониторинга радона созданы опытные образцы двух типов приборов:
- радиометра радона в воздухе с использованием электрических полей для концентрирования дочерних продуктов распада;
 - радиометра эксхалации радона из строительных материалов и изделий.

По разделу *разработки новых принципов построения ядерно-физической и электронно-физической аппаратуры* разработан и создан экспериментальный образец многоканального быстродействующего сцинтилляционного детектора для медицинской радиологии.

Основными результатами выполнения Государственной научно-технической программы «Радиоэкология» явились:

- разработка и выпуск новых серий приборов для системы предупреждения чрезвычайных ситуаций;
- разработка аппаратуры для системы экологического контроля природной среды;
- разработка и серийный выпуск приборов для сети радиационного контроля, в том числе приборов для контроля альфа-излучения и спектрометров бета-излучения;
- выпуск новых серий приборов по контролю рентгеновского (импульсного и непрерывного) и гамма-излучения для медицинской дозиметрии;
- выполнение научно-исследовательской работы и подготовка к изготовлению экспертного бета-гамма-СИЧ.

Всего по заданиям ГНТП «Радиоэкология» разработаны 20 типов новых опытных образцов приборов и аппаратуры, один макет и 12 методик, используемых в системе радиационного контроля. Анализ заявок на 2001 г. по серийно выпускаемым приборам показывает, что приблизительно 40 % приборов будут поставлены в Республику Беларусь, 40 % – в Россию и 20 % – на экспорт в страны дальнего зарубежья.

Подводя итоги работ по указанным программам, можно с уверенностью сказать, что не только были выполнены поставленные задачи, но и фактически

развита целая отрасль промышленности Республики Беларусь, которая выпускает конкурентоспособную на внешнем рынке продукцию и решает проблемы обеспечения республики соответствующей аппаратурой.

**INP AS THE LEADING EXECUTIVE CENTER OF
STATE SCIENTIFIC AND TECHNICAL PROGRAMMES**

V. G. Baryshevsky, G. N. Smolsky, E. F. Yakovitsky

Following the Chernobyl nuclear power station accident about 70 % of radioactive matter having occurred in the atmosphere of the European part of the USSR fell on the territory of Belarus. As that 23 % of our territory was polluted by radionuclides Cs-137 more than 37 kBk/m². The scale of the catastrophe demanded extraordinary measures and above all development of the system of radiation control. To work up and produce devices providing radiometric and dosimetric control in Republic of Belarus it was adopted two State scientific and technical programmes for periods of 1991–1995 and 1997–2000. Leading executive center for these programmes was assigned Institute for Nuclear Problems. In the article we consider scopes and problems solved during realization of scientific and technical programmes. It was shown that the nuclear-physical instrument-making industry was built up in Republic of Belarus. This industry is able to create and provide the functioning of the system of radiation control. The considerable part of devices produced are exported abroad.