

**ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОГО РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

## **ТРУДЫ ИБРАЭ**

Под общей редакцией члена-корреспондента РАН  
*Л. А. Большова*

**Выпуск 15**

### **РАЗВИТИЕ СИСТЕМ АВАРИЙНОГО РЕАГИРОВАНИЯ И РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА**

Научный редактор  
профессор, доктор физико-математических наук *Р. В. Арутюнян*

Москва Наука 2014

УДК 504  
ББК 20.1:28.080.1  
Т78

**Рецензенты:**

кандидат технических наук *В. С. Косых*,  
доктор технических наук *В. Л. Высоцкий*

**Труды ИБРАЭ РАН** / под общ. ред. чл.-кор. РАН Л. А. Большова ; Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. — М. : Наука, 2007— .

**Вып. 15 : Развитие систем аварийного реагирования и радиационного мониторинга** / науч. ред. Р. В. Арутюнян. — 2013. — 315 с. : ил. — ISBN 978-5-02-039111-6 (в пер.).

В сборнике описан и обобщен более чем десятилетний опыт ИБРАЭ РАН по разработке и созданию систем аварийного реагирования на чрезвычайные ситуации радиационного характера и радиационного мониторинга. Описаны принципы построения моделирующих и прогнозных систем для оценки параметров радиационной обстановки и системы поддержки принятия решений по защите населения в случае чрезвычайной ситуации с радиационным фактором. Рассмотрены вопросы подготовки и проведения учений и тренировок с целью повышения противоаварийной готовности. Описаны объектовые и территориальные системы радиационного мониторинга, принципы их построения, используемые измерительное оборудование и программное обеспечение, организация систем передачи данных.

Для студентов, аспирантов и лиц, участвующих в деятельности по обеспечению аварийной готовности и реагирования.

**Proceedings of IBRAE RAS** / Ed. by L. A. Bolshov ; Nuclear Safety Institute (IBRAE) RAS. — Moscow : Nauka, 2007— .

**Issue 15 : Development of Emergency Response and Radiation Monitoring Systems** / Ed. by R. V. Arutyunyan. — 2013. — 315 p. : ill. — ISBN 978-5-02-039111-6 (bound).

A 10-year IBRAE RAS experience in the field of development and establishment of radiation emergency response systems and radiation monitoring systems is described and summarized in the present collection. The principles of modeling and construction of forecast systems to assess radiation situation parameters and decision-making support systems on the population protection in case of radiation emergency are described. The issues of preparation and conduct of exercises and drills aimed at enhancement of emergency preparedness are discussed. The facility-level and territorial radiation monitoring systems are described along with the principles of their construction, used measuring equipment and software, and data transfer systems.

For students, post-graduate students and personnel engaged in emergency preparedness and response activity.

ISBN 978-5-02-039111-6

- © Продолжающееся издание «Труды ИБРАЭ РАН», 2007 (год основания), 2014
- © Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, 2014
- © Коллектив авторов, 2014
- © Редакционно-издательское оформление. Издательство «Наука», 2014

# Содержание

Введение.....	6
<b>1. СИСТЕМЫ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА</b>	
Общие технические требования к стационарным измерителям мощности дозы гамма-излучения отраслевой автоматизированной системы контроля радиационной обстановки <i>К. Н. Нурлыбаев, Ю. Н. Мартынюк, Р. И. Бакин, С. Л. Гаврилов</i> .....	12
Территориальные системы автоматизированного контроля радиационной обстановки <i>Е. В. Антоний, Р. В. Арутюнян, С. А. Богатов, С. И. Воронов, С. Л. Гаврилов, В. Н. Долгов, М. Е. Егорова, В. П. Киселёв, А. Н. Князев, А. В. Коноплев, Е. А. Кудешов, В. П. Меркушов, Б. В. Одинов, И. А. Осипьянц, А. Е. Пименов, Д. А. Пронин, Н. Н. Сёмин, С. Е. Сиротинский, С. А. Шикин, В. Ю. Яковлев, К. Н. Нурлыбаев</i> .....	24
Программное обеспечение поста контроля системы радиационного мониторинга <i>С. Л. Гаврилов, В. П. Киселёв, Е. В. Кудешов, А. Е. Пименов, Н. Н. Сёмин, С. А. Шикин, В. Ю. Яковлев</i> .....	42
Организация приема-передачи данных в центре сбора и обработки информации территориальной АСКРО <i>В. П. Киселёв, Е. В. Кудешов, С. Ю. Маслов, В. П. Меркушов, Н. Н. Сёмин, С. Е. Сиротинский, В. Ю. Яковлев</i> .....	58
Программное обеспечение визуализации данных территориальной АСКРО <i>С. Л. Гаврилов, В. П. Киселёв, Е. В. Кудешов, С. Ю. Маслов, В. П. Меркушов, Н. Н. Сёмин, В. Ю. Яковлев</i> .....	69
Мониторинг функционирования АСКРО с помощью мобильных устройств <i>С. Л. Гаврилов, В. П. Киселёв, С. Н. Краснощёров, Е. В. Кудешов, С. Ю. Маслов, Н. Н. Сёмин, С. Е. Сиротинский</i> .....	78

Разработка и создание автоматизированных систем контроля радиационной обстановки на ядерно и радиационно опасных объектах <i>Р. В. Арутюнян, С. А. Богатов, С. Л. Гаврилов, В. Н. Долгов, М. Е. Егорова, В. П. Киселёв, А. С. Клемин, А. Н. Князев, А. В. Коноплёв, Б. В. Одинов, И. А. Осипьянц, А. Е. Пименов, С. А. Шикин, К. Н. Нурлыбаев</i> .....	86
Развитие существующих систем АСКРО в концепции «гибридного» мониторинга <i>С. А. Богатов, А. А. Киселёв, А. Е. Пименов, А. М. Шведов</i> .....	101
Разработка и создание передвижных радиометрических лабораторий для региональных систем аварийного реагирования <i>С. Л. Гаврилов, В. Н. Долгов, В. П. Киселёв, Н. Н. Сёмин, С. Е. Сиротинский, С. А. Шикин, Ю. Н. Мартынюк, В. А. Чернышев, О. В. Шеметов</i> .....	113
Мобильный программно-технический комплекс поддержки работ эксперта по радиационной безопасности <i>Д. В. Арон, Р. В. Арутюнян, А. В. Глушко, В. Н. Долгов, В. П. Киселёв, С. Н. Краснощёров, Н. Н. Сёмин, Д. Н. Токарчук, А. В. Шикин, С. А. Шикин</i> .....	128
<b>2. СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВАРИЙНОГО РЕАГИРОВАНИЯ</b>	
Территориальные системы аварийного реагирования и радиационного мониторинга <i>Е. В. Антоний, Р. В. Арутюнян, Р. И. Бакин, С. Л. Гаврилов, С. Н. Краснощёров, В. П. Меркушов, И. А. Осипьянц</i> .....	144
Расчетно-моделирующие средства поддержки принятия решений при ЧС с радиационным фактором <i>Д. В. Арон, Р. И. Бакин, А. В. Зарянов, С. Н. Краснощёров, В. П. Меркушов, И. А. Осипьянц, О. А. Павловский, Д. А. Припачкин, А. В. Шикин</i> .....	163
Специализированная геоинформационная система Мурманской области <i>А. В. Глушко, В. П. Киселёв, Н. Н. Сёмин, Д. Н. Токарчук</i> .....	179
Геоинформационная система мониторинга параметров и анализа распространения опасных веществ в окружающей среде <i>И. Г. Акимова, Е. В. Антоний, И. Е. Кириллина, А. П. Ларин, В. П. Меркушов, П. В. Огарь, П. В. Степанова, П. М. Финкельштейн</i> .....	191

Картографическое обеспечение работ  
по радиационному мониторингу и аварийному реагированию  
*А. В. Глушко, И. Е. Кириллина, В. П. Киселёв, Н. Н. Сёмин, Д. Н. Токарчук*..... 208

Учения и тренировки — проверка готовности к действиям по  
реагированию на чрезвычайные ситуации с радиационным фактором  
*Р. И. Бакин, В. Ф. Евсеев, С. Н. Краснопёров, И. А. Осипьянц,  
С. В. Панченко, Е. Л. Серебряков, А. В. Шикин* ..... 227

### 3. ПРИМЕРЫ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ АВАРИЙНОГО РЕАГИРОВАНИЯ И РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА В СУБЪЕКТАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Система радиационного мониторинга и аварийного реагирования  
в Мурманской области  
*Е. В. Антоний, Р. В. Арутюнян, С. А. Богатов, С. Л. Гаврилов,  
А. В. Глушко, В. Ф. Евсеев, В. П. Киселёв, К. В. Огарь, Б. В. Одинов,  
И. А. Осипьянц, О. А. Павловский, Д. А. Пронин, Н. Н. Сёмин,  
Е. Л. Серебряков, Д. Н. Токарчук, С. В. Шаманский, С. А. Шикин,  
В. А. Хандобин, Л. П. Амозова*..... 244

Система радиационного мониторинга и аварийного реагирования  
Архангельской области  
*И. Г. Акимова, Е. В. Антоний, Р. В. Арутюнян, С. А. Богатов, С. Л. Гаврилов,  
В. Н. Долгов, В. Ф. Дудников, В. Ф. Евсеев, В. П. Киселёв, Е. В. Кудешов,  
С. Н. Краснопёров, К. В. Огарь, И. А. Осипьянц, О. А. Павловский,  
А. Е. Пименов, Н. Н. Сёмин, Е. Л. Серебряков, С. А. Шикин, В. Ю. Яковлев,  
О. А. Ишенина, К. Н. Куликов, В. С. Никитин* ..... 261

Система радиационного мониторинга и аварийного реагирования  
Курской области  
*Р. В. Арутюнян, С. И. Воронов, С. Л. Гаврилов, В. Н. Долгов,  
В. Ф. Дудников, В. П. Киселёв, С. Н. Краснопёров, Е. В. Кудешов,  
С. Ю. Маслов, В. П. Меркушов, К. В. Огарь, И. А. Осипьянц, Д. А. Пронин,  
А. И. Сергеев, Н. Н. Сёмин, Д. Н. Токарчук, С. А. Шикин, В. Ю. Яковлев,  
В. Ю. Лазарев, В. В. Казначеев, Ю. И. Ревягин* ..... 276

Заключение..... 313

## Введение

В настоящее время атомная энергетика России представляет собой комплекс из более 500 предприятий и организаций, на которых занято свыше 200 тыс. человек. Правительственной стратегией атомная промышленность выделена среди так называемых прорывных высокотехнологичных отраслей экономики, на которых страна должна сконцентрировать значительные организационные, финансовые и прочие ресурсы.

Инициатива президента Российской Федерации Владимира Путина по энергетическому обеспечению человечества, кардинальному решению проблем нераспространения ядерного оружия и экологическому оздоровлению планеты Земля, выдвинутая в ООН на Саммите тысячелетия 6 сентября 2000 г., и «Энергетическая стратегия России на период до 2020 года», принятая Правительством Российской Федерации 28 августа 2003 г., рассматривают ядерную энергетiku как важную составляющую энергетической безопасности страны.

В международном сообществе выработаны единые подходы и методы обеспечения безопасности при использовании атомной энергии. Они закреплены в международных соглашениях, в которых участвует Россия и которые составляют основу атомного права. Это Венская конвенция о гражданской ответственности за ядерный ущерб (1963 г.), Конвенция о физической защите ядерных материалов (1987 г.), Конвенция о ядерной безопасности (1996 г.) и Объединенная конвенция о безопасном обращении с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами (1997 г.).

Эти документы дополняются рекомендациями таких международных организаций, как Международная комиссия по радиологической защите и Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ). Детальные и постоянно обновляемые документы этих организаций служат основой для соответствующих национальных документов, которые во многих использующих атомную энергию странах приобретают обязательный характер в форме норм, правил и законов.

В России базой действующей системы технического регулирования в сфере использования атомной энергии является федеральный закон «Об использовании атомной энергии», принятый в 1995 г. Он опирается на установившиеся в мире положения атомного права, фиксирует сложившиеся за весь предшествующий период отношения в этой области деятельности и соответствующие формы и методы обеспечения ядерной и радиационной безопасности.

Наряду с формированием законодательной базы в области обеспечения радиационной безопасности в России реализуются федеральные целевые программы (ФЦП). Они направлены как на обеспечение радиационной безопасности населения в регионах размещения ядерно и радиационно опас-

ных объектов (ФЦП «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года»), так и на социально-экономическое развитие территорий 14 субъектов Федерации (Брянской, Калужской, Тульской, Орловской, Рязанской, Пензенской, Ленинградской, Ульяновской, Воронежской, Курской, Белгородской, Липецкой, Тамбовской областей и Республики Мордовия), подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г. (ФЦП «Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2015 года»).

В соответствии с «Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» к числу приоритетных направлений отнесено принятие мер по обеспечению радиационной безопасности населения. Вместе с тем анализ итогов выполнения предыдущих программ показывает, что проблема преодоления последствий радиационных аварий и катастроф носит долговременный характер и требует продолжения осуществления защитных и реабилитационных мероприятий. Это обуславливает актуальность создания систем радиационного мониторинга за состоянием защиты населения на территориях с ядерно и радиационно опасными объектами.

Существующие системы радиационной безопасности формировались, развивались и отрабатывались несколько десятилетий, и сегодня они концентрируют в себе особенности ядерной технологии, специфический характер их ядерно-радиационной опасности, накопленный опыт нейтрализации этой опасности и учитывают возможность как гражданского, так и военного использования атомной энергии.

По мере развития ядерной энергетики естественной являлась тенденция повышения уровня безопасности отдельно взятых объектов и территорий. Знания и технологии постоянно совершенствуются, и, естественно, подходы к обеспечению требований безопасности к ядерной технологии меняются. Здесь весьма важны своевременность принятия решений, эффективное взаимодействие органов управления и техническая поддержка принятия управленческих решений.

Ключевым фактором в вопросах аварийного реагирования на чрезвычайные ситуации радиационного характера является не только наличие соответствующих структур по обеспечению радиационной безопасности, но и налаженное всестороннее взаимодействие между ними.

Такое взаимодействие позволяет обеспечить оперативную готовность сил и средств аварийного реагирования, оценку ситуации, выработку достоверного прогноза развития чрезвычайной ситуации, повышение эффективности и оперативности принятия решений и реализации мер по защите населения и окружающей среды в случае возможных радиационных аварий.

Все это нашло отражение в соответствующих рекомендациях МАГАТЭ по вопросам организации и функционирования систем аварийного реагирования на чрезвычайные ситуации радиационного характера. Общие подходы к решению этих задач применяются в большинстве стран, на территории которых имеются крупные объекты использования атомной энергии.

В соответствии с требованиями норм безопасности МАГАТЭ № GS-R-2 «Готовность и реагирование в случае ядерной и радиационной аварийной ситуации» цель аварийной готовности достигается благодаря наличию соответствующей эффективной программы в рамках инфраструктуры защиты и обеспечения безопасности. Аварийная готовность также помогает укреплять уверенность в том, что аварийное реагирование будет эффективно управляться, контролироваться и координироваться.

Практической целью аварийной готовности является обеспечение наличия мер для своевременного, управляемого, контролируемого, координируемого и эффективного реагирования на месте событий на местном, региональном и федеральном уровнях на любую ядерную или радиационную аварийную ситуацию.

Мировой опыт ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и инцидентов радиационного характера, а также анализ аварийной ситуации на АЭС «Фукусима-1» в Японии продемонстрировал необходимость совершенствования систем аварийного реагирования, направленных на снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций с радиационным фактором, которые обеспечивают:

- скоординированную работу специально уполномоченных организаций и органов власти на национальном, региональном и объектовом уровнях, отвечающих за реагирование на аварии и инциденты на АЭС;
- наличие специализированных центров, способных оперативно оказывать квалифицированную научно-техническую и экспертную поддержку соответствующим органам и организациям всех уровней в выработке рекомендаций по защите населения и объектов окружающей среды на основе применения автоматизированных систем радиационного контроля, высокотехнологичных программно-аппаратных комплексов моделирования и прогнозирования чрезвычайных ситуаций радиационного характера;
- наличие единого информационного пространства для работы участников систем аварийного реагирования на аварии и инциденты на АЭС.

В настоящее время вопросам радиационного мониторинга окружающей среды уделяется повышенное внимание. Это приводит к появлению новых средств и методов радиационного контроля, сочетающих быстроту проведения измерений непосредственно на объектах и прилегающих территориях.



Технические средства, традиционно используемые для радиационного мониторинга окружающей среды, представляют собой набор измерительных приборов (на сегодня — достаточно высокого класса), каждый из которых позволяет получить значение того или другого параметра. Анализ всей совокупности данных для оценки обстановки в целом, как правило, проводится после получения всех результатов измерений. В то же время бурное развитие вычислительной техники, появление портативных компьютеров, современного навигационного оборудования, средств измерения и передачи данных обусловили создание автоматизированных стационарных и мобильных измерительных систем, позволяющих не только проводить необходимые измерения по нескольким параметрам, но и обеспечивать предварительный анализ, визуализацию, картирование и передачу данных в режиме реального времени.

Анализ аварии на АЭС «Фукусима-1» показал, что важным моментом при создании таких систем является обеспечение надежности их функционирования. Необходимо предусмотреть различные аспекты формирования принципов сохранения работоспособности систем при авариях — это резервирование каналов передачи данных, помехоустойчивость, дублирование информации, а также использование мобильных средств радиационной разведки в местах с труднодоступной инфраструктурой. В частности, применяются передвижные радиометрические лаборатории, которые позволяют проводить измерения мощности эквивалентной дозы с их координатной привязкой и передачей результатов в режиме реального времени в кризисный центр.

С 1993 г. ИБРАЭ РАН является активным участником работ в рамках национальной системы аварийного реагирования в случае кризисных ситуаций на ядерно и радиационно опасных объектах. Разрабатываемые в институте модели и геоинформационные системы используются в работах, связанных с научно-технической поддержкой мероприятий по защите населения и территорий при возможных радиационных авариях.

Одним из важнейших элементов, обеспечивающих безопасность объектов использования атомной энергии и прилегающих территорий, является готовность системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования к участию в ликвидации аварий и инцидентов радиационного характера.

В сборнике представлен опыт реализации систем радиационного мониторинга и аварийного реагирования в субъектах Федерации, создаваемых совместными усилиями специалистов МЧС, Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», Росгидромета, ИБРАЭ РАН, Центра анализа безопасности энергетики при ИБРАЭ РАН, НПП «Доза».

Первый опыт создания региональной комплексной системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования на чрезвычайные ситуации радиационного характера успешно реализован в Мурманской области. В единую

систему интегрировано множество существующих и созданных объектов, территориальных и ведомственных локальных систем, элементов контроля и анализа радиационной обстановки, замкнуты прямые и обратные информационные цепочки и обеспечены разнообразные каналы связи и передачи данных. Это, безусловно, положительный опыт, который необходимо развивать и распространять в других регионах.

Следует отметить, что внедрение лишь автоматизированного контроля радиационной обстановки на объекте или территории без необходимых средств взаимодействия не обеспечит максимальную функциональность системы. Она должна объединять в себе элементы контроля и анализа радиационной обстановки, программные средства оценки ситуаций и, что наиболее важно, систему научно-технической и экспертной поддержки при выработке рекомендаций для принятия решений по адекватному реагированию на аварийные ситуации радиационного характера.

Как уже указывалось, важным аспектом создания систем аварийного реагирования является научно-техническая и экспертная поддержка в области оценки и прогнозирования ситуации, выработки рекомендаций по защите населения и территорий субъектов Федерации как в повседневной деятельности, так и в случае возникновения радиационных аварий и инцидентов. С этой целью заключаются соответствующие соглашения между ИБРАЭ РАН и эксплуатирующими организациями, органами государственной власти, отраслевыми научными организациями, разрабатываются регламенты информационного обмена и оперативного взаимодействия между территориальными органами МЧС, Росгидромета, Роспотребнадзора и другими органами государственной власти.

Для совершенствования государственного контроля радиационной обстановки на территории России и оперативного обеспечения органов государственного управления и населения информацией о ней созданные системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования интегрируются в Единую государственную автоматизированную систему контроля радиационной обстановки, которая в настоящее время объединяет ведомственные службы и сети радиационного контроля и мониторинга на основе автоматизации процессов сбора, передачи и анализа информации о состоянии радиационной обстановки на территории страны.

Руководство функционированием системы осуществляет Министерство природных ресурсов. Государственный радиационный мониторинг окружающей среды на территории России осуществляет Росгидромет совместно с другими органами государственной власти и организациями: Минсельхозом, Минпромторгом, Минтрансом, Минобороны, Государственной корпорацией «Росатом».

Таким образом, для создания современной системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования необходимо не только внедрять современные методы и средства мониторинга, анализа, прогнозирования состояния радиационной обстановки, а также управления ими, но и оказывать квалифицированную научно-техническую и экспертную поддержку органам управления в круглосуточном режиме.

# 1. СИСТЕМЫ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА

## ***Общие технические требования к стационарным измерителям мощности дозы гамма-излучения отраслевой автоматизированной системы контроля радиационной обстановки***

*К. Н. Нурлыбаев, Ю. Н. Мартынюк (ООО «НПП «Доза»»),  
Р. И. Бакин, С. Л. Гаврилов (ИБРАЭ РАН)*

### **1. Введение**

Последние пятнадцать лет в ИБРАЭ РАН совместно с НПП «Доза» активно ведутся работы по разработке и созданию автоматизированных систем контроля радиационной обстановки (АСКРО). Для обеспечения унификации систем и их соответствия как требованиям существующих норм и правил, так и современному техническому и информационному уровню возникла необходимость в разработке единых технических требований к таким системам. Разработка настоящих технических требований обусловлена особенностями условий эксплуатации АСКРО, основными среди которых являются работа в уличных (полевых) условиях и измерения околофоновых значений мощности дозы.

Эти требования относятся в первую очередь к метрологическим и эксплуатационным характеристикам стационарных измерителей мощности амбиентного эквивалента дозы  $H^*(10)$  АСКРО и методам подтверждения соответствия требованиям путем проведения испытаний.

Стационарные измерители мощности дозы  $H^*(10)$ , рассматриваемые ниже, состоят как минимум из блока детектирования и блока приема-передачи информации, который обеспечивает выходные сигналы на устройства индикации, передачу информации в кризисные центры АСКРО.

Разработанные технические требования не распространяются на рабочие характеристики устройств индикации (электронные табло) и устройств аварийной сигнализации, применяемые в АСКРО. Такие устройства должны выбираться в зависимости от условий эксплуатации, и их характеристики должны удовлетворять соответствующим им общим требованиям.

Существующие отечественные стандарты [1; 2] по приборам контроля ядерной и радиационной безопасности (ЯРБ) неполны и устарели, в них предъявлены общие на все типы приборов контроля ЯРБ требования и отсутствуют требования к характеристикам, специфичным и критичным для конкретных типов средств. В них также отсутствуют методы испытаний на соответствие предъявляемым требованиям, в связи с чем приведенные ниже требования и методы испытаний гармонизированы с требованиями международных стандартов [3; 4]. Определения же измеряемых операционных величин взяты из методических указаний [5].

## **2. Термины и определения**

Ниже использованы следующие термины с соответствующими определениями.

**Амбиентный эквивалент дозы  $H^*(10)$**  — эквивалент дозы, который был бы создан в шаровом фантоме МКРЕ на глубине 10 мм от поверхности по диаметру, параллельному направлению излучения, в поле излучения, идентичном рассматриваемому по составу, флюенсу и энергетическому распределению, но мононаправленном и однородном. Амбиентный эквивалент дозы используется в качестве операционной величины для характеристики поля излучения в точке, совпадающей с центром шарового фантома. Единица измерения — зиверт (Зв). Единица измерения мощности дозы  $H^*(10)$  — Зв/ч.

**Автоматизированная система контроля радиационной обстановки** — автоматизированный аппаратный комплекс, обеспечивающий получение и обработку информации о контролируемых параметрах, характеризующих радиационное состояние окружающей среды. Аппаратура контроля АСКРО в отличие от аппаратуры объектовых автоматизированных систем радиационного контроля (АСРК), которые предназначены для получения и обработки информации о контролируемых параметрах, характеризующих радиационное состояние радиационно опасного объекта и размещенных на объекте и его промплощадке, размещается в среде обитания человека вне объекта и его промплощадки (в окрестностях и в населенных пунктах). В международной практике разница между наименованиями АСКРО и АСРК выглядит так: «Environmental Radiation Monitoring System» и «Radiation Monitoring System».

**Блок детектирования** — законченное изделие на основе детектора(ов), включающее в зависимости от потребности устройства усиления сигнала, линеаризации, калибровки, аналого-цифрового преобразования и интерфейса для интеграции в измерительные системы. Далее при рассмотрении радиационных характеристик блоки детектирования называются дозимет-

трами. Время отклика — время задержки между первоначальным воздействием излучения с данной мощностью на блок детектирования и достижением 90% равновесия показаний.

**Детектор** — чувствительный элемент, преобразующий параметры ионизирующего излучения в электрический сигнал.

**Диапазон измерения** — диапазон значений мощности амбиентного эквивалента дозы  $H^*(10)$ , в котором рабочие характеристики измерителя мощности эквивалента дозы удовлетворяют установленным требованиям.

**Калибровка** — совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученным с помощью данного средства измерений (СИ), и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона с целью определения действительных метрологических характеристик этого СИ (РМГ 29-99).

**Неопределенность измерений (контроля)** — характеристика точности измерений искомой величины с помощью данного СИ и методики выполнения измерений, определяющая разброс возможных при данном измерении значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине; оценивается как интервал вокруг измеренного значения величины, внутри которого с заданной доверительной вероятностью находится ее истинное значение (расширенная неопределенность)

**Нижний предел измерений (НПИ)** — наименьшее значение физической величины, которое может быть измерено с указанной суммарной неопределенностью данным прибором с применением конкретной методики выполнения измерений (МВИ) при заданной статистической неопределенности в регламентированных условиях измерений.

**Основная погрешность средства измерений** — максимальное отклонение показаний СИ от эталонного значения измеряемой величины в стандартных условиях калибровки.

**Стандартные условия калибровки:** энергия гамма-излучения, равная 662 кэВ ( $^{137}\text{Cs}$ ), в виде коллимированного равномерного пучка гамма-квантов, падающего на детектор дозиметра перпендикулярно его плоскости в направлении, указанном изготовителем.

**Чувствительность к эталонному излучению**  $R_{\text{ref}}$  — чувствительность прибора в стандартных условиях испытаний к единичной мощности доз, которая выражается в виде отношения

$$R_{\text{ref}} = \frac{I_{rs} - I_b}{\dot{D}_{rs}},$$

где  $I_{rs}$  — показание, обусловленное эталонной мощностью дозы;  $I_b$  — показание, обусловленное фоном излучения;  $\dot{D}_{rs}$  — эталонная мощность дозы.

### **3. Основные понятия в области дозиметрических измерений**

#### **3.1. Калибровка дозиметров**

Калибровка дозиметров представляет собой процедуру передачи размера дозиметрической величины калибруемому дозиметру от калибровочного эталона этой величины. Полученное калибровочное соотношение справедливо только при выполнении строго установленных условий. Калибровка выполняется вместе с первичной поверкой, при калибровке определяются действительные значения метрологических характеристик дозиметра, а при поверке подтверждается их соответствие метрологическим требованиям.

Калибровку проводят при выпуске дозиметра из производства, а при выполнении поверки данного дозиметра условия калибровки строго воспроизводятся. Условия применения измерителей мощности дозы АСКРО могут потребовать поверки измерителей на месте эксплуатации с помощью переносных поверочных установок; в этом случае должна быть разработана специальная методика поверки.

Условия калибровки могут быть стандартными или специальными. Стандартные условия калибровки: энергия гамма-излучения, равная 662 кэВ ( $^{137}\text{Cs}$ ), в виде коллимированного равномерного пучка гамма-квантов, падающего на детектор дозиметра перпендикулярно его плоскости в направлении, указанном изготовителем, а также нормальные внешние условия (температура, влажность, электромагнитное поле и др.).

#### **3.2. Дозиметрические измерения**

В общем виде дозиметрические измерения — это такие измерения, в которых конечный результат получают корректировкой показаний прибора путем введения поправок, учитывающих различные влияющие факторы, в разной степени присутствующие в реальных условиях измерений.

Неопределенность результата таких измерений вычисляют на стадии обработки данных. При этом значение суммарной неопределенности включает составляющие от воздействия влияющих факторов, характерных для конкретных реальных условий измерений.

Реальные условия дозиметрических измерений практически всегда отличаются от условий калибровки дозиметра. Отклонение реального условия измерений от регламентированного (влияющий фактор) может вызвать из-

менение показаний дозиметра, которое необходимо оценить и учесть путем введения поправочного коэффициента (поправки) к показанию прибора.

Основные влияющие факторы в дозиметрическом измерении — отличие энергии гамма-излучения от энергии калибровки (662 кэВ) и отличие угла падения квантов на дозиметр от нормального.

Другими влияющими факторами могут быть отличия внешних условий (температуры окружающей среды, давления, внешнего электромагнитного поля и др.) от установленных нормальных. В зависимости от значений влияющих величин, характеризующих влияющие факторы, определяют значения соответствующих поправок. Таким образом, результат дозиметрического измерения в реальных условиях может быть представлен в виде

$$D = N \prod_j k_j,$$

где  $D$  — измеряемая дозиметрическая величина (в соответствии с назначением и калибровкой прибора);  $N$  — показание дозиметра (при необходимости с вычтенным фоновым показанием);  $\prod_j k_j$  — произведение по

правок, где  $j$  — индекс влияющего фактора.

Поправки  $k_j$  определяют на основе анализа сведений в эксплуатационной документации (ЭД) на дозиметр о воздействии влияющих величин на показание прибора, а также оценки (или измерения) значений этих влияющих величин в реальных условиях измерений.

Вместе с поправками оценивают их неопределенности, представляющие собой дополнительные погрешности дозиметра в данных условиях измерений.

Одно из главных потребительских требований к разработчику (изготовителю) дозиметров — обязательность указания в сопроводительных ЭД всех влияющих факторов и их воздействия на показание дозиметров в форме, позволяющей исполнителю измерений оценить (вычислить) соответствующие поправки.

Таким образом, особенность дозиметрических измерений заключается в том, что показание откалиброванных в стандартных условиях дозиметров при измерении в реальных условиях не является правильным значением измеряемой величины и требует введения поправок на влияющие факторы.

### **3.3. Диапазон измерения**

Нижний предел измерений для дозиметров означает наименьшее значение дозиметрической величины, для которого справедливы калибровка в стандартных условиях и указанная основная погрешность дозиметров.



При этом в качестве методики выполнения измерения предусмотрена методика в составе ЭД на дозиметры (например, в «Инструкции по эксплуатации»), а значение суммарной неопределенности результата измерений на уровне НПИ установлено для стандартных условий и заданной в методике статистической неопределенности измерения.

Значение НПИ определяют исследованием при разработке типа дозиметра. Общие принципы метрологического обеспечения требуют подтверждения этого значения при испытании данного типа. Для дозиметров мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) у отечественных изготовителей в качестве наименьшего значения НПИ, как правило, принимается 0,1 мкЗв/ч. Для дозиметров зарубежного производства иногда указывают 0,05 и даже 0,03 мкЗв/ч. Очевидно, что создать стандартные условия для испытаний дозиметров при этих уровнях МАЭД практически невозможно из-за неустраняемого собственного фона приборов, естественного фона местности и космического излучения, дающих в показание прибора вклад, близкий к названным значениям НПИ или превосходящий их. Согласием между метрологами и изготовителями дозиметров в качестве НПИ принято значение 0,1 мкЗв/ч как наиболее близкое к условиям калибровки, а меньшие значения НПИ должны считаться недостоверными.

Шкала показаний дозиметров может начинаться с нуля, а показания дозиметров при измерениях могут быть меньше НПИ. На такие результаты не распространяются калибровка дозиметров и основная погрешность, при этом не могут быть определены достоверное значение искомой величины и суммарная неопределенность результата. Подобные измерения следует считать оценочными (ненормированными). Их результаты вместе со статистической неопределенностью могут представлять самостоятельный интерес в задачах мониторинга.

Для измерений типовыми дозиметрами в специальных условиях может быть разработана специальная МВИ. Такими условиями могут быть заданные параметры гамма-поля по энергии и изотропности облучения, работа в условиях меньше или больше НПИ прибора, особые внешние условия и др. МВИ обеспечивает учет этих условий и возможность получения при этом достоверных значений искомой величины. В частности, НПИ для дозиметров со специальной МВИ может быть меньше приборной, если предусмотрен и обеспечен учет соответствующих влияющих факторов.

Верхняя граница диапазона измерения дозиметров для АСКРО должна быть от 0,1 мЗв/ч до нескольких мЗв/ч, так как превышение мощности дозы над естественным фоном на более чем три порядка в местах размещения измерителей является маловероятным даже в условиях радиационных аварий.

## **4. Особенности конструкции измерителей мощности дозы АСКРО**

Условия применения стационарных измерителей мощности дозы АСКРО, удобство размещения, монтажа и обслуживания требуют минимизации количества составных частей измерителей, которые, как правило, должны состоять из:

- блока детектирования;
- блока приема-передачи информации, который обеспечивает выходные сигналы на устройства индикации, активизацию аварийной сигнализации, передачу информации в кризисные центры АСКРО.

При необходимости информирования населения о радиационной обстановке по месту расположения измерителей в состав измерителя может включаться информационное табло.

### **4.1. Блок детектирования**

Применение дополнительных устройств, таких как устройства для питания блоков детектирования и оцифровки сигналов с них, в составе измерителя не допускается. Блоки детектирования должны быть законченными изделиями (средством измерения / дозиметром) на основе детектора (детекторов) и включать в себя устройства усиления, линеаризации и обработки сигнала и интерфейсы связи с блоком приема-передачи информации, допускать работы по настройке, калибровке, первичной и периодической поверке без применения дополнительных устройств питания и преобразования интерфейсов и других вспомогательных устройств. Блоки детектирования должны быть взаимозаменяемыми без работ по перенастройке как самих блоков, так и блоков приема-передачи информации. Блоки детектирования должны иметь интерфейсы связи, обеспечивающие подключение типовой аппаратуры (портативного компьютера) для диагностики, настройки, калибровки, первичной и периодической поверки, а также передачу результатов измерения на блок приема-передачи информации на расстояния до нескольких сот метров без применения дополнительных устройств.

Блок приема-передачи информации, как правило, состоит из следующих функциональных частей:

- модуля питания;
- модуля приема/передачи информации;
- модуля управления.

## **4.2. Модуль питания**

В соответствии с задачами АСКРО измерители могут размещаться в неотапливаемых или плохо отапливаемых помещениях и подключаться к сельской энергосети, поэтому желательна их стабильная работа при изменениях напряжения в сети 220 В/50 Гц и бросках напряжения в электросети.

В модуле питания необходимо предусмотреть возможность работы с внутренней и/или внешней аккумуляторной батареей при отключении электропитания в сети переменного тока 220 В.

## **4.3. Модуль приема/передачи информации**

Информация от измерителя мощности дозы в центры АСКРО может передаваться разными путями:

- по кабельным линиям связи;
- по радиоканалам;
- по сотовым линиям связи.

Прокладка специальных кабельных сетей — неприемлемо дорогостоящий способ передачи информации от измерителей в центры АСКРО.

Использование для этой цели существующих кабельных телефонных сетей потребует проектирования АСКРО с учетом наличия телефонных сетей в местах размещения измерителей АСКРО, при этом необходимы согласования с владельцами сетей и телефонных номеров.

Передача информации от измерителей в центры АСКРО потенциально возможна с применением радиоканала в собственной радиосети, но при этом могут потребоваться присвоение радиочастот АСКРО Государственной комиссией по радиочастотам (ГКРЧ), согласование технических условий Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Связьнадзором), согласование военными округами в местах размещения АСКРО норм частотно-территориального разнеса средств связи АСКРО с радиоэлектронными средствами Министерства обороны, а также получение эксплуатирующими АСКРО организациями разрешений Связьнадзора на использование радиочастот.

В связи с этим целесообразно использовать для информационного канала АСКРО сети сотовой связи, надежность которых в настоящее время значительно возросла, а покрытие на территории России существенно увеличилось.

Модуль управления должен обеспечивать опрос подключенных внешних устройств, проводить их диагностику, передавать в центры АСКРО информацию об их состоянии. Модуль должен иметь архив измеренных значений

мощности дозы и обеспечивать передачу в центр АСКРО пропущенной при временных сбоях связи информации.

## **5. Общие технические требования к стационарным измерителям мощности дозы гамма-излучения для отраслевой АСКРО**

### **5.1. Диапазон измерения**

Минимальный диапазон измерения мощности эквивалента дозы должен начинаться от 0,1 мкЗв/ч и охватывать не меньше чем три порядка величины. Значения нижней границы диапазона измерения ниже 0,1 мкЗв/ч должны подтверждаться специальными исследованиями.

### **5.2. Основная относительная погрешность**

**Требования.** В стандартных условиях калибровки основная относительная погрешность дозиметров не должна превышать  $\pm 20\%$  во всем диапазоне измерений мощности эквивалента дозы начиная от 10 мкЗв/ч.

**Метод испытаний.** Испытание должно проводиться с источниками  $^{137}\text{Cs}$ , облучающими дозиметр в калибровочном направлении, указанном изготовителем.

Значение мощности эквивалента дозы рабочего эталона должно быть известно с неопределенностью  $U_c$  менее  $\pm 10\%$  при доверительном уровне 95%.

Для дозиметров с цифровой индикацией испытания должны проводиться для трех значений каждого порядка величины индицируемой мощности эквивалента дозы. Рекомендуется, чтобы эти точки составляли приблизительно 20%, 40% и 80% каждого порядка величины.

Если ни одна разница между наблюдаемым и эталонным значениями не больше  $\pm (0,04 + U_c^2)^{1/2}$ , можно считать требования к основной относительной погрешности выполненными.

### **5.3. Зависимость чувствительности от энергии и угла падения фотонного излучения**

**Требования.** Чувствительность дозиметров для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы к фотонному излучению при изменении энергии и угла падения фотонного излучения от 60 кэВ до 1,25 МэВ и от  $0^\circ$  до  $\pm 45^\circ$

не должна отличаться от чувствительности к эталонному фотонному излучению  $^{137}\text{Cs}$  в калибровочном направлении более чем на  $\pm 40\%$ .

Разработчик (изготовитель) также должен указать относительное отклонение чувствительности дозиметров для углов  $\alpha$  от  $\pm 45^\circ$  до  $\pm 90^\circ$ .

**Метод испытаний.** Для проведения испытания необходимо поместить дозиметры в испытательную точку с известной мощностью дозы. Используются гамма-источники  $^{241}\text{Am}$  (59,5 кэВ),  $^{57}\text{Co}$  (122 кэВ),  $^{137}\text{Cs}$  (662 кэВ),  $^{60}\text{Co}$  (1,25 МэВ).

Измерения должны проводиться в двух перпендикулярных плоскостях, в которых находится калибровочное направление, проходящее через центр чувствительной области дозиметров. Значения относительной чувствительности должны измеряться для углов падения излучения от  $\alpha = 0^\circ$  до  $\alpha = \pm 90^\circ$  через каждые  $\pm 15^\circ$ .

#### **5.4. Время отклика**

**Требования.** Время отклика должно быть таким, чтобы при резком повышении мощности дозы показание достигало 0,9 нового значения не позднее чем через 60 с для мощностей дозы менее 60 мкЗв/ч, не позднее чем через 30 с для мощностей дозы от 60 мкЗв/ч до 600 мкЗв/ч и не позднее чем через 10 с для мощностей дозы свыше 1 мЗв/ч.

**Метод испытаний.** Начальные и конечные показания мощности дозы должны отличаться почти в 10 раз, а измерения проводиться с повышением мощности дозы в 10 раз.

Для обеспечения быстрого изменения значений мощностей доз измерения нужно проводить с использованием фильтра, за которым показания данного дозиметра уменьшаются в 10 раз.

При испытаниях прибор следует вначале подвергнуть воздействию более высокой мощности дозы и снять конечное показание  $I_H$ . Затем нужно поставить фильтр и подвергать прибор воздействию более низкой мощности в течение времени, достаточного, чтобы начальное показание  $I_L$  достигло равновесного значения, и снять показание.

Затем необходимо быстро убрать фильтр в течение времени, составляющего менее одной десятой измеряемого времени отклика на значение мощности дозы, соответствующее показанию  $I_H$ , и измерить время, необходимое для получения значения, определяемого по формуле

$$I_L + 0,9(I_H - I_L).$$

Для приборов с автоматическим переключением диапазонов испытания выполняются в чувствительном диапазоне, к которому применимо время, определенное по указанной формуле.

## **5.5. Требования к конструкции измерителя**

**Блок детектирования** должен допускать крепление к вертикальной поверхности, монтажные устройства должны входить в состав блока.

Блок детектирования должен иметь интерфейсы связи, обеспечивающие подключение типовой аппаратуры (переносного компьютера и др.) для диагностики, настройки, калибровки, первичной и периодической поверки без применения дополнительных вспомогательных устройств и передачу результатов измерения на блок приема-передачи информации на расстояние до нескольких сот метров.

**Блок приема-передачи информации** должен иметь разъемы для подключения блока детектирования, внешнего электронного табло, внешнего аккумулятора (при использовании внешнего аккумулятора), служебного интерфейса связи для настройки, сетевого питания, внешней антенны сотовой (радио-) связи. Должны быть предусмотрены световые индикаторы рабочего состояния устройства.

Блок должен допускать крепление к вертикальной поверхности, монтажные устройства должны входить в его состав.

## **5.6. Требования по защите от внешних воздействий**

Диапазон рабочих температур измерителей мощности дозы: от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ .

Диапазон относительной влажности: до 98% при  $+35^{\circ}\text{C}$ .

Диапазон атмосферного давления: от 84,0 до 106,7 кПа.

Измерители мощности дозы должны иметь защиту от проникновения твердых частиц и воды по ГОСТ 14254 не ниже IP55.

Измерители мощности дозы должны допускать дезактивацию поверхности корпуса.

## **6. Заключение**

Разработчики АСКРО пришли к перечисленным требованиям в результате длительной эксплуатации АСКРО, и опыт создания региональных АСКРО и АСКРО предприятий Росатома показал оправданность введения таких требований. В настоящее время любой гражданин может заглянуть на сайт <http://www.russianatom.ru> и убедиться в надежной работе всех компонентов АСКРО России.

## **Литература**

1. ГОСТ 27451-87 «Средства измерений ионизирующих излучений. Общие технические требования».
2. ГОСТ 29074-91 «Аппаратура контроля радиационной обстановки. Общие требования».
3. IEC 60532 ed3.0 «Radiation protection instrumentation — Installed dose rate meters, warning assemblies and monitors — X and gamma radiation of energy between 50 keV and 7 MeV». 2010-08-31.
4. IEC 60846-1 «Radiation protection instrumentation — Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation — Part 1: Portable workplace and environmental meters and monitors». 2009-04.
5. МУ 2.6.1.014-2000 «Контроль радиационной обстановки. Общие требования».

# **Территориальные системы автоматизированного контроля радиационной обстановки**

*Е. В. Антоний, Р. В. Арутюнян, С. А. Богатов, С. И. Воронов,  
С. Л. Гаврилов, В. Н. Долгов, М. Е. Егорова, В. П. Киселёв, А. Н. Князев,  
А. В. Коноплев, Е. А. Кудешов, В. П. Меркушов, Б. В. Одинов,  
И. А. Осипьянц, А. Е. Пименов, Д. А. Пронин, Н. Н. Сёмин,  
С. Е. Сиротинский, С. А. Шикин, В. Ю. Яковлев (ИБРАЭ РАН),  
К. Н. Нурлыбаев (ООО «НПП “Доза”»)*

## **1. Введение**

Территориальные автоматизированные системы контроля радиационной обстановки (АСКРО) являются одним из основных элементов системы аварийного реагирования на чрезвычайные ситуации с радиационным фактором.

Основным назначением территориальной АСКРО являются контроль радиационной обстановки и информационная поддержка деятельности территориальных и федеральных органов исполнительной власти по обеспечению радиационной безопасности.

Территориальная АСКРО является источником информации о радиационной обстановке для лиц, принимающих решения по защите населения, а также для граждан и СМИ. Территориальная АСКРО в перспективе должна быть интегрирована в Единую государственную автоматизированную систему контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации (ЕГАСКРО) и предназначена для решения следующих задач:

- осуществления непрерывного автоматизированного контроля радиационной обстановки;
- осуществления непрерывного автоматизированного контроля отдельных параметров метеорологической обстановки;
- обеспечения сбора и оперативной передачи данных с возможностями диагностики состояния постов контроля;
- обработки, хранения и предоставления оперативных данных с использованием технологий геоинформационных систем (ГИС);
- автоматической сигнализации при превышении мощности дозы гамма-излучения установленных пороговых значений;
- осуществления информационного обмена с ведомственными и государственными подсистемами ЕГАСКРО, федеральными, областными и ведомственными кризисными центрами в установленном порядке.



## **2. Принцип работы территориальных АСКРО**

В общем виде территориальная АСКРО состоит из постов радиационного контроля, установленных в населенных пунктах, и центра сбора и обработки информации (ЦСОИ), находящегося, как правило, в административном центре. Передача данных от постов контроля в ЦСОИ может осуществляться как по телефонным линиям или Интернету, так и по беспроводным сотовым и радиоканалам. Применение определенного вида связи для конкретного поста зависит от технических возможностей на местах. В последнее время наиболее широко используются сотовые каналы связи, развивается применение проводных и оптических сетей широкополосного доступа по открытым каналам Интернета.

Посты контроля с периодичностью, определяемой принятым регламентом, посылают данные об измеренной мощности дозы гамма-излучения на сервер ЦСОИ, где они записываются в базу данных. На сервере установлено программное обеспечение (ПО) для визуализации измеренных данных как в режиме реального времени, так и за любой прошедший период. Для удобства и наглядности данные представляются на географической подложке с использованием ГИС. Как правило, при нормальной радиационной обстановке данные передаются раз в час, но при повышении радиационного фона промежутки между передачами могут автоматически сократиться до 10 мин и менее.

Обобщенная схема территориальной АСКРО представлена на рис. 1.

Как правило, посты контроля территориальной АСКРО измеряют мощность AMBIENTного эквивалента дозы (МАЭД) гамма-излучения в местах установки блоков детектирования в диапазоне  $0,1—10^7$  мкЗв/ч с основной относительной погрешностью не более  $\pm 25\%$ .

Кроме того, на некоторых постах контроля могут быть установлены автоматические метеостанции, показания которых используются для расчетов и прогнозов распространения радиоактивных выбросов в случае аварийных ситуаций.

Результаты радиационного мониторинга служат основой для принятия своевременных решений по защите персонала предприятия и населения близлежащих районов в случае возникновения аварийной ситуации.

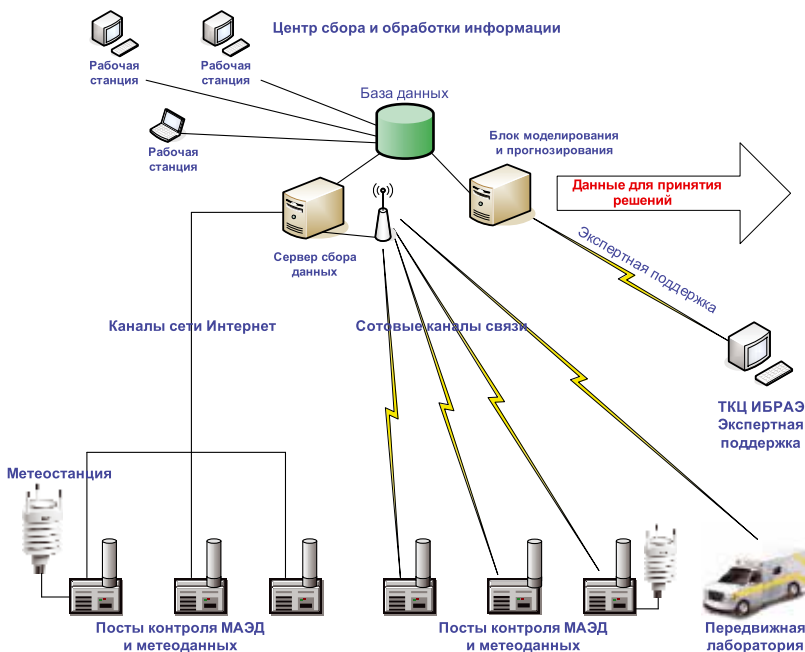


Рис. 1. Общая схема сбора информации о радиационной обстановке территориальной АСКРО

## 2. Режимы функционирования территориальной АСКРО

Территориальные АСКРО функционируют в следующих основных режимах:

- режим повседневной деятельности (нормальная радиационная обстановка);
- режим повышенной готовности (ухудшение радиационной обстановки и/или получение прогноза о возможном возникновении радиационной аварии);
- режим чрезвычайной ситуации (возникновение радиационных аварий или аварийных ситуаций на потенциально опасных объектах и во время ликвидации последствий чрезвычайной ситуации с радиационным фактором).

В режиме повседневной деятельности АСКРО обеспечивает следующие функции:

- наблюдение и контроль (преимущественно автоматизированный) за радиационной обстановкой на контролируемой территории;

- информационное обеспечение администрации региона о состоянии радиационной обстановки на контролируемой территории.

Режим повышенной готовности обеспечивается выполнением следующих мероприятий:

- увеличивается частота передачи данных с постов радиационного контроля и определения метеопараметров окружающей среды, работающих в автоматическом режиме;
- обеспечивается постоянное нахождение оперативного и обслуживающего персонала на рабочих местах;
- проводятся мероприятия по обеспечению готовности к восстановлению работоспособности системы в случае выхода из строя ее отдельных элементов.

Функционирование территориальной АСКРО в режиме чрезвычайной ситуации обеспечивается соблюдением следующих требований, дополняющих мероприятия, осуществляемые при повседневной деятельности и в режиме повышенной готовности:

- осуществление непрерывного контроля за радиационной обстановкой в течение всего периода ликвидации последствий аварии;
- бесперебойная работа всех подсистем АСКРО;
- передача данных радиационного контроля и результатов анализа радиационной обстановки в кризисный центр в режиме реального времени.

Основным режимом функционирования АСКРО является режим повседневной деятельности. Смена режима производится на основании анализа радиационной обстановки и прогноза ее изменения автоматически при достижении отдельными радиационными параметрами установленных контрольных уровней или по команде оператора. Изменение режима обеспечивается изменением параметров функционирования измерительных подсистем, сетей передачи данных и регламентов обработки информации, а также может сопровождаться проведением организационных мероприятий по обеспечению бесперебойной работы системы.

Порядок принятия решения и условия перехода системы в тот или иной режим, а также алгоритм функционирования системы в режимах повышенной готовности и чрезвычайной ситуации определяются отдельным документом.

### **3. Аппаратное обеспечение территориальных АСКРО**

Как уже указывалось, территориальные системы обычно состоят из Центра сбора и обработки информации (ЦСОИ) и постов радиационного контроля вместе с блоком определения метеорологических параметров (опционно). Основной частью поста радиационного контроля является блок детектиро-

вания мощности дозы гамма-излучения и блок обработки и передачи данных (БОП), обеспечивающий связь с сервером ЦСОИ. К БОП могут также подключаться электронное табло для информирования населения и автоматическая метеостанция.

### **3.1. Блоки детектирования**

В качестве блоков детектирования мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения в созданных нами системах применялись серийно выпускаемые и включенные в государственный реестр средств измерений устройства:

- БДМГ-200 производства НПП «Доза», Зеленоград;
- ДБГ-С11Д производства НПП «Доза»;
- УДРГ-50 производства НТЦ «Рион»;
- ИРТ-М производства НПП «Доза».

До 2008 г. применялись блоки детектирования БДМГ-200 и в ограниченном количестве УДРГ-50. С 2008 г. стали применяться дозиметры гамма-излучения ДБГ-С11Д (основное исполнение) и в некоторых случаях измерители радиационного фона ИРТ-М.

Ниже приводится краткое описание блоков детектирования ДБГ-С11Д и ИРТ-М, наиболее широко применяемых нами в последнее время.

**Дозиметр ДБГ-С11Д** (основное исполнение) состоит из двух моноблоков, платы управления и платы интерфейсов.

Моноблок состоит из счетчика Гейгера — Мюллера, платы высоковольтного питания и формирователя сигналов. Моноблок размещается в пластиковом корпусе и залит защитным компаундом. В дозиметре основного исполнения использованы моноблоки со счетчиками типа «Бета-4», в дозиметре исполнения 01 — моноблок со счетчиком типа «Бета-4» и моноблок со счетчиком «Гамма-1-1».

Плата управления обеспечивает прием сигналов с моноблоков, управление их питанием, а также реализует расчет МАЭД гамма-излучения.

Плата интерфейсов предназначена для обеспечения обмена данными по трем видам интерфейсов: RS-232, RS-485 и USB.

Дозиметр обеспечивает обработку данных, поступающих от моноблоков, контроль их состояния и управление. Обмен данными с дозиметром осуществляется по протоколу DiBus. Физической средой передачи данных могут являться линии RS-232, RS-485 и USB. Выбор между линиями RS-xxx или USB осуществляется автоматически в момент включения. Если связь осуществляется по одной из линий RS-xxx, модуль поочередно сканирует эти

линии до тех пор, пока не обнаружит ширококонтинентальную или персональную адресную посылку от устройства с адресом 01.01.01 («мастер»). Далее дозиметр использует найденную линию в течение всего рабочего периода. Смена линии в течение рабочего периода невозможна. После перезапуска по питанию или иным причинам дозиметр вновь сканирует линии до обнаружения текущей активной. Одновременная работа по двум или трем линиям невозможна.

Дозиметр проводит математическую обработку данных как индивидуально по моноблокам, так и совместно, обеспечивая формирование результирующего значения. Дозиметр анализирует статистические параметры получаемой последовательности и в случае обнаружения признаков отклонения последнего измерения (или скользящей группы) от имеющейся статистики осуществляет перезапуск канала. Этот режим является оптимальным для задач текущего мониторинга (оперативного контроля).

Результирующее значение вычисляется как взвешенное среднее значение двух генеральных выборок с единым математическим ожиданием в случае совпадения идентификаторов каналов. При этом рассчитанное значение имеет статистическую погрешность ниже отдельно взятых погрешностей по каналам.

Внешний вид дозиметра ДБГ-С11Д представлен на рис. 2, а его технические характеристики — в табл. 1.

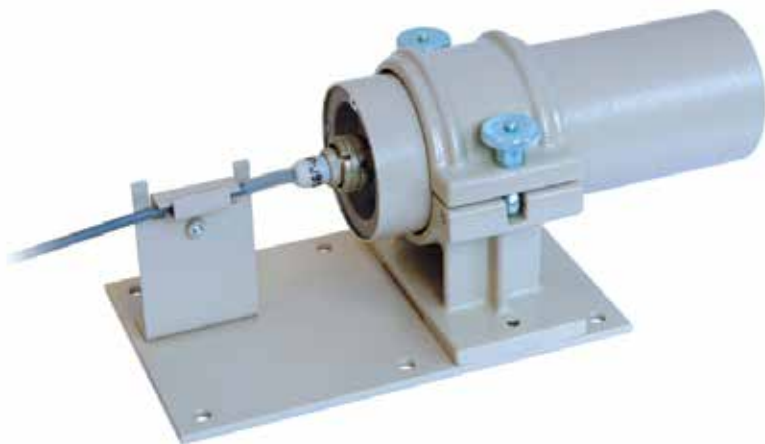


Рис. 2. Внешний вид блока детектирования ДБГ-С11Д (основное исполнение)

**Таблица 1. Технические характеристики дозиметра ДБГ-С11Д**

Параметр	Величина, характеристика
Тип детектора	Газоразрядный счетчик
Диапазон регистрируемых энергий	0,05—3,0 МэВ
Диапазон измерения	От 0,1 мкЗв/ч до 10 мЗв/ч
Чувствительность в среднем: по чувствительному каналу по грубому каналу	3,9 имп./с на 1 мкЗв/ч 5,0 имп./с на 1 мЗв/ч
Длина кабеля: для RS 232 для RS 485 для USB	10 м 1200 м 5 м
Диапазон рабочих температур	От -40 до +50°C
Напряжение питания	12 В или 5 В для USB
Габаритные размеры и масса	∅68×179 мм, 0,7 кг

**Измеритель радиационного фона ИРТ-М** предназначен для работы в системах АСКРО и СРК. ИРТ-М имеет возможность передачи данных в информационные каналы связи и обеспечивают доступ к обработанной информации по линиям связи, организованным на базе интерфейса RS-485, и может работать как в составе систем, комплексов и установок радиационного контроля, так и самостоятельно. ИРТ-М имеет вспомогательную функцию индикации температуры внутри корпуса.

Внешний вид измерителя радиационного фона ИРТ-М приведен на рис. 3, а его технические характеристики — в табл. 2.



Рис. 3. Внешний вид измерителя радиационного фона ИРТ-М

**Таблица 2. Технические характеристики измерителя радиационного фона ИРТ-М**

Параметр	Величина, характеристика
Диапазон энергии регистрируемого гамма-излучения	От 0,05 до 3,0 МэВ
Диапазон измерений МАЭД гамма-излучения	От 0,1 до 1 мЗв/ч
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений МАЭД гамма-излучения	$\pm (20 + 3/H)\%$ *
Время установления рабочего режима	4 мин
Время непрерывной работы	Не ограничено
Электропитание	12 (+2 –5) В
Потребляемый ток	6 мА
Диапазон рабочих температур	От –40 до + 50°С
Предельное значение относительной влажности	До 100% при +35°С с конденсацией влаги
Атмосферное давление	От 84,0 до 106,7 кПа
Габаритные размеры	65×64×171 мм
Масса	0,5 кг

\*  $H$  — безразмерная величина, численно равная измеренному значению МАЭД в мкЗв/ч для основного исполнения.

### **3.2. Блок обработки и передачи данных**

Кроме блока детектирования на постах радиационного контроля территориальных систем радиационного мониторинга устанавливают блоки обработки и передачи данных, предназначенные для сбора данных с автономных блоков детектирования, архивирования и передачи данных в информационные каналы связи с сервером системы, выдачи измеренных данных на внешнее устройство отображения (электронное табло) через переключаемые интерфейсы RS-232/RS-485 либо через Ethernet. Связь с сервером системы, как правило, осуществляется через каналы связи сотовых операторов или через проводные (оптические) каналы широкополосного доступа по открытым сетям (при их наличии и доступности).

С 2008 г. для территориальных систем совместно с НПП «Доза» были разработаны и производились блоки обработки и передачи данных, конструкция и схема которых постоянно совершенствовались.

По мере того как в процессе опытной эксплуатации выявлялись слабые и сильные стороны устройства, оно подвергалось модернизации, которая

продолжается по настоящее время. Модернизация затрагивала как аппаратную часть, так и внутреннее программное обеспечение.

Структурная схема блока обработки и передачи информации представлена на рис. 4.

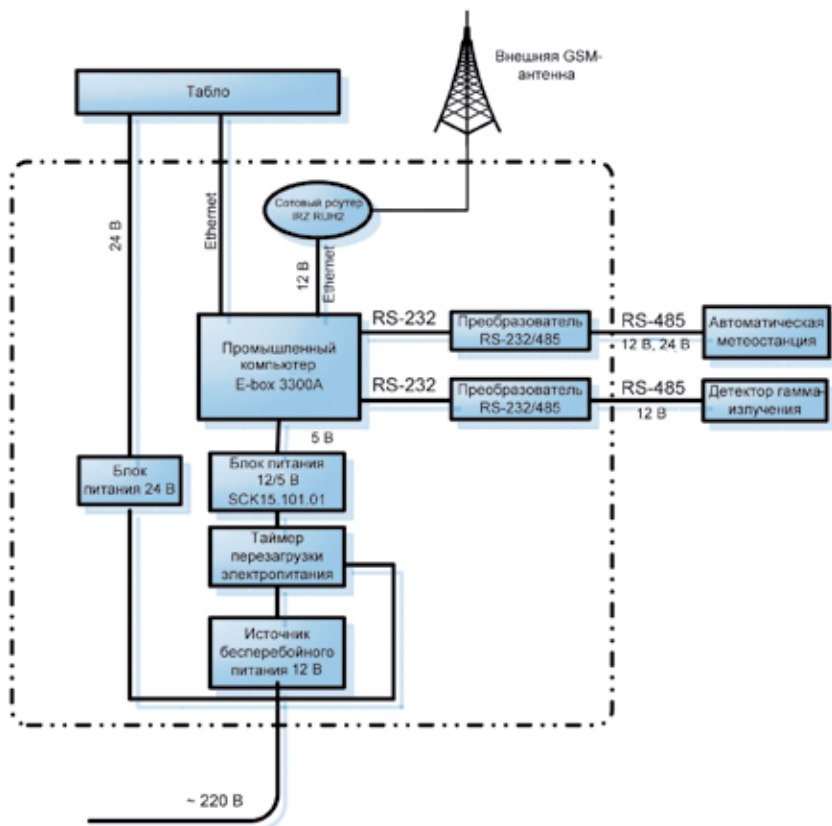


Рис. 4. Структурная схема блока БОП-1ТА (ТЕ)

Основным элементом БОП является центральный процессор (малогабаритный промышленный компьютер), к которому через соответствующие преобразователи интерфейсов подключаются внешние устройства — блоки детектирования, электронное информационное табло и в ряде случаев автоматическая метеостанция. Связь с сервером системы осуществляется через сотовый роутер (терминал) или через стандартное подключение Ethernet при наличии соответствующего канала связи.

Для обеспечения электропитания всего оборудования, включая и блок детектирования, предусмотрены блоки питания, в том числе источник бесперебойного



ребойного питания с аккумуляторной батареей. При перебоях во внешнем питании встроенная аккумуляторная батарея обеспечивает автономность работы блока и подключенного оборудования в течение 10 ч и более. Для предотвращения произвольного «зависания» процессора предусмотрен специальный таймер, обеспечивающий перезагрузку системы один раз в сутки. Конструктивно блок выполнен в специализированном защищенном корпусе из специальной пластмассы (БОП-1ТА) или в стандартном электро-монтажном шкафу (БОП-1ТЕ). Внешний вид блока БОП-1ТА представлен на рис. 5, блока БОП-1ТЕ — на рис. 6. Конкретное конструктивное исполнение зависит от условий размещения и ряда других требований.



Рис. 5. Внешний вид блока БОП-1ТА



Рис. 6. Внешний вид блока БОП-1ТЕ

### 3.3. Автоматические метеостанции

В разработанных нами системах АСКРО применялись автоматические метеостанции МК-15 (НПО «Тайфун», Обнинск) и «Vaisala WXT520» (Финляндия). Метеокомплекс МК-15 позволяет измерять направление, скорость ветра и ее вертикальную составляющую, а также атмосферное давление, температуру и относительную влажность воздуха. Метеорологический комплекс МК-15 сертифицирован и включен в государственный реестр средств измерений. Внешний вид метеокомплекса МК-15 представлен на рис. 7. Основные технические параметры метеокомплекса приведены в табл. 3.



Рис. 7. Внешний вид метеорологического комплекса МК-15

Таблица 3. Основные технические характеристики метеостанции МК-15

Метеопараметр	Диапазон измерения	Погрешность	Дискретность вывода
Скорость ветра $V$ , м/с	0—50	$0,2 \pm 0,01V$	0,01
Направление ветра, град	0—360	$\pm 5$ (при $V > 0,2$ м/с)	1,0
Вертикальная составляющая скорости ветра $W$ , м/с	От -20 до +20	$\pm (0,2 \pm 0,01W)$	0,01
Температура воздуха, °С	От -40 до +50	$\pm 1$	0,1
Относительная влажность воздуха, %	0—100	$\pm 1$	0,1
Атмосферное давление, мм рт. ст.	600—800	$\pm 1$	0,1

В последние годы в качестве автоматических метеостанций нами применяются финские приборы WXT520 производства фирмы «Vaisala Oyj». Метеостанция измеряет шесть важнейших погодных параметров (скорость и направление ветра, объем жидких осадков, атмосферное давление, температуру и относительную влажность) и представляет собой полностью интегрированный прибор без движущихся деталей. Внешний вид метеостанции WXT520 представлен на рис. 8, а ее основные технические характеристики приведены в табл. 4.



Рис. 8. Внешний вид метеостанции WXT520

**Таблица 4. Основные технические характеристики метеостанции WXT520**

Параметр	Величина, характеристика
<i>Скорость ветра</i>	
Диапазон измерений	0—60 м/с
Погрешность:	
0—35 м/с	$\pm 0,3$ м/с или $\pm 3\%$ , учитывается большее значение
36—60 м/с	$\pm 5\%$
Направление:	
диапазон измерений	0—360°
погрешность	$\pm 3^\circ$
время оклика	250 мс
<i>Жидкие осадки</i>	
Дождь	Совокупное накопление после последнего автоматического или ручного сброса значения

Табл. 4 (окончание)

Параметр	Величина, характеристика
Погрешность	5%
Разрешение выхода	0,01 мм, 0,001 дюйма
Продолжительность дождя	Рассчитывается приращение каждые 10 с после распознавания первой капли
Разрешение выхода	10 с
Интенсивность дождя	Среднее значение за одну минуту с шагом 10 с
Диапазон	0—200 мм/ч (увеличение диапазона снижает точность измерений)
<i>Атмосферное давление</i>	
Диапазон измерений	600—1100 гПа
Погрешность	± 0,5 гПа при 0—30°C (+32—+86°F)
	± 1 гПа при -52—+60°C (-60—+140°F)
<i>Температура воздуха</i>	
Диапазон измерений	От -52 до +60°C (от -60 до +140°F)
Точность при +20°C (+68°F)	± 0,3°C (± 0,5°F)
<i>Относительная влажность</i>	
Диапазон измерений	0—100% RH
Погрешность	± 3% RH (0—90% RH)
	± 5% RH (90—100% RH)
<i>Общие характеристики</i>	
Диапазон рабочей температуры	От -52 до +60°C (от -60 до +140°F)
Корпус	IP 65
Корпус с монтажным комплектом	IP 66
Электромагнитная совместимость	Соответствует стандарту ЭМС EN61326-1 «Промышленные среды»

### 3.4. Центр сбора и обработки информации

Результаты измерений с локальных постов контроля передаются в центр сбора и обработки информации. В зависимости от подчинения территориальной АСКРО такой центр может находиться в администрации региона, в подразделении МЧС России, в областном подразделении Росгидромета и т. д. Назначением ЦСОИ является сбор данных со всех областных постов контроля, а также их обработка, хранение и визуализация. Для этого ис-

пользуются сервер системы (как правило, в промышленном исполнении) и ряд рабочих станций для отображения результатов мониторинга. Для повышения надежности в последние годы стали применяться кластерные системы, состоящие из двух постоянно работающих серверов и общего хранилища данных. На серверах разворачиваются виртуальные машины для решения всех необходимых прикладных задач.

В целях обеспечения надежного и безопасного электропитания серверов применяются источники бесперебойного питания, позволяющие продолжать работу при кратковременных перебоях в электросети и безопасно отключать серверы при более продолжительных перебоях и неполадках в энергетической системе.

#### **4. Программное обеспечение территориальных АСКРО**

Программное обеспечение территориальных АСКРО предназначено для решения следующих основных задач:

- сбора и обработки данных с постов радиационного контроля;
- отображения текущего состояния радиационной обстановки с использованием современных ГИС-технологий и актуального набора растровых и векторных карт;
- обмена данными с другими системами контроля радиационной обстановки;
- контроля состояния работоспособности системы в целом и отдельных ее элементов.

Программное обеспечение территориальных АСКРО состоит из следующих основных частей:

- ПО, установленного на постах радиационного контроля, обеспечивающее получение и обработку информации с блоков детектирования, подготовку данных к передаче в центр сбора и обработки информации;
- ПО приема-передачи данных с территориальных постов и обмена информацией о радиационной обстановке с другими постами контроля;
- ПО визуализации результатов измерений с использованием современных ГИС-технологий;
- ПО отображения данных радиационного контроля на мобильных устройствах (планшетных компьютерах, смартфонах и т. д.) и оповещения о нештатных ситуациях в системе мониторинга.

Некоторые посты радиационного контроля устанавливаются в отдаленных районах, и доступ к ним затруднен. Поэтому программное обеспечение постов радиационного контроля обеспечивает длительную работу в автономных условиях без вмешательства оператора. В случае возникновения сбоев

ПО постов контроля восстанавливает работоспособность системы в целом и отдельных ее элементов. Обновление программного обеспечения также происходит в автоматическом режиме по команде из ЦСОИ.

Также по команде из ЦСОИ можно менять режим работы поста, устанавливать текущее время, изменять значения аварийной и предупредительной уставки.

Программное обеспечение позволяет вести передачу данных в условиях неустойчивой связи. В случае временной неработоспособности канала все данные сохраняются и после восстановления канала связи немедленно передаются в ЦСОИ. При наличии нескольких каналов передачи информации (например, спутникового и сотового каналов связи) переключение между ними происходит автоматически по заданной программе. В случае превышения аварийной уставки пост контроля переходит в аварийный режим работы, а сообщение об этом немедленно передается в ЦСОИ.

Программное обеспечение в ЦСОИ обеспечивает прием информации от постов радиационного контроля и передвижных радиометрических лабораторий. Так как в некоторых случаях передача данных идет по открытым каналам связи, обеспечивается проверка поступающей информации с помощью идентификационных ключей. Такая проверка позволяет не принимать информацию от «ложного» поставщика. Система приема-передачи данных контролирует состояние каждого канала приема-передачи данных и в случае нарушения работы посылает уведомление администратору системы (в виде sms- и e-mail-сообщений). Программное обеспечение ЦСОИ производит обмен данными с другими системами контроля радиационной обстановки по согласованным форматам.

Все поступившие данные записываются в базу данных АСКРО. Для контроля радиационной обстановки в реальном времени используется программа «Монитор радиационной обстановки» («Монитор РО») (рис. 9). Программа устанавливается на рабочем месте оператора радиационного мониторинга и позволяет просматривать текущее состояние радиационной обстановки на карте и журналы превышений и нарушений в работе системы, формировать отчеты в стандартной форме. Мобильные web-приложения позволяют производить удаленный мониторинг радиационной обстановки с использованием планшетных компьютеров и смартфонов.

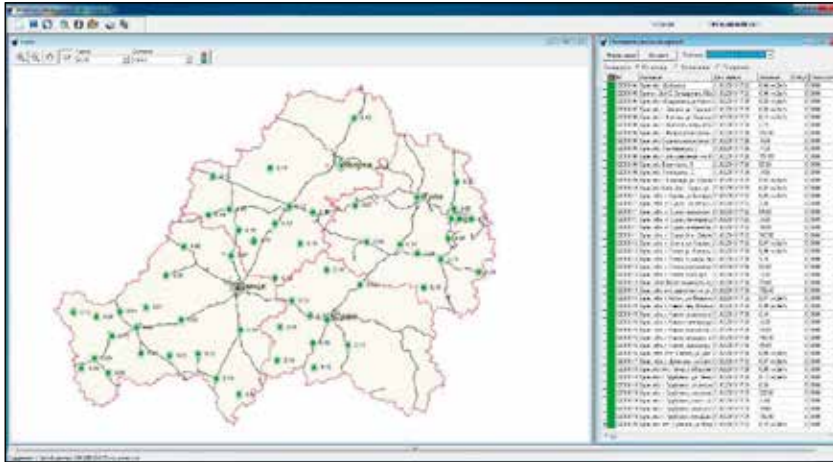


Рис. 9. Основное окно программы «Монитор радиационной обстановки»

#### **4.1. Территориальные системы ИБРАЭ РАН**

Первая территориальная система АСКРО ИБРАЭ РАН была создана в Мурманской области с 2005 по 2008 гг. в рамках международного проекта «Усовершенствование системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования Мурманской области». Система включала в себя 15 постов контроля мощности дозы гамма-излучения и восемь автоматических метеостанций. Центр сбора и обработки информации располагается в Мурманском центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Все данные также отправляются и отображаются в кризисном центре Областного управления по гражданской обороне и пожарной безопасности (ГУ ГО ПБ) и в ситуационном центре Правительства Мурманской области. Система объединила в себе также восемь постов территориальной АСКРО, установленных ранее, и ряд постов контроля других систем (например, Кольской АЭС).

Расположение постов контроля Мурманской территориальной АСКРО приведено на рис. 10.

С 2008 по 2010 гг. в Архангельской области в рамках международного проекта «Усовершенствование системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования Архангельской области» силами ИБРАЭ РАН была создана еще одна крупная территориальная система. Она включает 25 постов контроля мощности дозы гамма-излучения и две автоматические метеостанции. Центр сбора и обработки информации располагается в Архангельском центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Все данные также отправляются и отображаются в кризисном центре областного

управления по гражданской обороне и пожарной безопасности и в ситуационном центре Правительства Архангельской области.

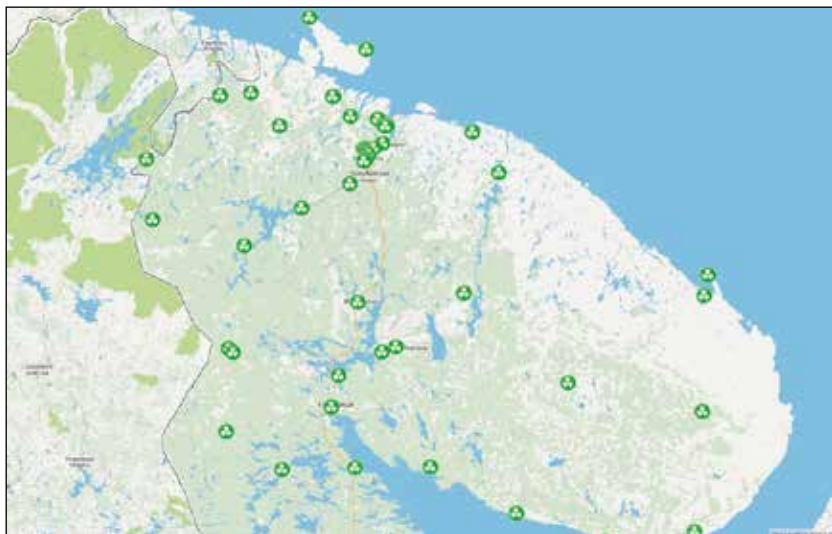


Рис. 10. Посты контроля Мурманской территориальной АСКРО

Расположение постов контроля Архангельской территориальной АСКРО приведено на рис. 11.

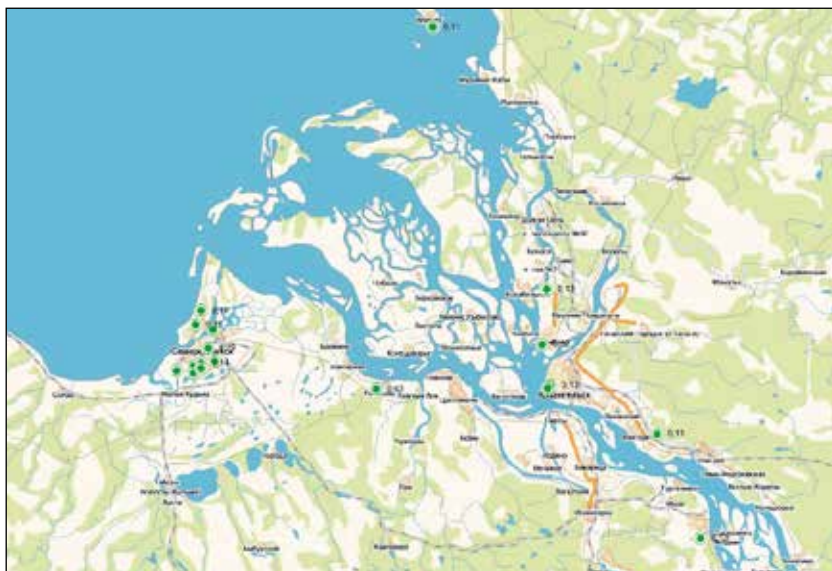


Рис. 11. Посты контроля Архангельской территориальной АСКРО



Кроме того, с 2008 по 2012 гг. в рамках различных проектов силами ИБРАЭ РАН (или при его активном участии) было создано еще 16 территориальных АСКРО в различных субъектах Российской Федерации.

Перечень и краткая характеристика территориальных систем АСКРО, созданных при участии ИБРАЭ РАН в Мурманской, Архангельской и ряде других областей с 2005 по 2012 гг., приведены в табл. 5.

**Таблица 5. Перечень территориальных систем АСКРО, созданных при участии ИБРАЭ РАН с 2005 по 2012 гг.**

№ п/п	Расположение систем АСКРО	Количество точек контроля	Сроки реализации	Примечание
1	Мурманская область	23	2005—2008 гг.	Совместно с НТЦ «Рион»
2	Архангельская область	25	2008—2010 гг.	
3	Курская область	18	2010—2011 гг.	Совместно с НПП «Доза»
4	Тверская область	22	2008—2009 гг.	Совместно с НПП «Доза»
5	Калужская область	15	2009—2012 гг.	Совместно с НПО «Тайфун»
6	Брянская область	20	2010—2012 гг.	
7	Орловская область	10	2011—2012 гг.	
8	Тульская область	15	2010—2012 гг.	
9	Челябинская область	10	2010—2011 гг.	
10	Свердловская область	5	2011 г.	
11	Курганская область	5	2011 г.	
12	Алтайский край	15	2010—2012 гг.	
13	Приморский край	15	2012 г.	
14	Камчатский край	15	2012 г.	
15	Хабаровский край	15	2012 г.	
16	Сахалинская область	15	2012 г.	
17	Ленинградская и Калининградская области, Москва (МЧС)	Разработка программного обеспечения		Совместно с НПО «Тайфун»

# **Программное обеспечение поста контроля системы радиационного мониторинга**

*С. Л. Гаврилов, В. П. Киселёв, Е. В. Кудешов, А. Е. Пименов,  
Н. Н. Сёмин, С. А. Шикин, В. Ю. Яковлев*

## **1. Введение**

Системы автоматизированного контроля радиационной обстановки (АСКРО) разрабатываются уже продолжительное время. Такие системы созданы в ряде субъектов Российской Федерации [1—3; 8]. Каждый пост контроля оснащен специализированным промышленным компьютером со встроенными операционными системами и специализированным прикладным программным обеспечением (ПО), позволяющим опрашивать блоки детектирования, производить обработку данных и передавать в центр сбора информации (ЦСОИ) [4; 5]. В данной статье рассмотрено программное обеспечение типового поста АСКРО.

## **2. Системное программное обеспечение поста радиационного мониторинга (Windows XP Embedded)**

### **2.1. Общие сведения**

Программное обеспечение постов контроля территориальных систем радиационного мониторинга (РМ) работает под управлением операционной системы Windows, поэтому в качестве системного ПО была выбрана специализированная версия операционной системы Windows XP Professional SP2 — Windows XP Embedded [6]. Windows XP Embedded предлагает набор функций, необходимых для работы промышленного компьютера. В ее основе лежит Windows XP Professional с пакетом обновления 2 (SP2).

Система Windows XP Embedded позволяет создавать образы операционной системы с заданными свойствами и только необходимым набором программных компонентов. По сути Windows XP Embedded является сконфигурированной на выполнение определенного круга задач и приложений операционной системой Windows XP. Меньший набор функциональных возможностей означает сужение области, подверженной ошибкам, и возможностей для атак на систему безопасности, что делает эту систему более надежной.

Кроме того, устройства, основанные на Windows XP Embedded и обладающие ограниченным набором функций, могут иметь в своем составе менее мощное, малогабаритное и зачастую более дешевое оборудование. В некоторых постах созданных АСКРО используются одноплатные компьютеры фирмы «Faswel» CPC-108 [7], в которых применены процессоры с низким энергопотреблением. Такие системные платы обладают крайне малыми размерами, низким потреблением мощности, не используют вентилятор, так как не нагреваются во время работы. Низкое потребление мощности помогает также уменьшить счета за коммунальные услуги и понизить тепловыделение, позволяя гибко организовывать компактное рабочее пространство. Одноплатные компьютеры очень хорошо работают в составе постов АСКРО, выполняющих определенные функции и работающих с ограниченным набором приложений.

Создание систем на базе Windows XP Embedded может потребовать несколько большего времени, чем на основе традиционной системы Windows XP, но они имеют значительные преимущества в определенных ситуациях.

## ***2.2. Отличия от стандартной версии Windows XP***

Компьютер, работающий под управлением Windows XP Embedded, может иметь такие же функциональные возможности, как и при полной версии Windows XP. Однако Windows XP Embedded предлагает не каждый отдельный компонент, входящий в состав полной версии Windows XP. Например, защита файлов Windows (WFP — Windows File Protection) не входит в состав Windows XP Embedded. Также не входят в ее состав следующие компоненты:

- знакомство с Windows XP;
- активация Windows (образы Windows XP Embedded активируются с помощью ключа продукта этапа выполнения при работе инструментов Windows Embedded Studio);
- механизм обновления Windows;
- MSN® Explorer, входящий в состав Windows XP Professional.

## ***2.3. Дополнительные особенности***

Операционная система Windows XP Embedded предлагает реализовать возможности, недоступные в полной версии Windows XP:

- фильтр записи — Enhanced Write Filter (EWF);
- многократное возобновление работы системы с заданной точки — Hibernate Once, Resume Many (HORM).

Эти возможности упрощают выполнение задач по разработке приложений и управлению системами с Windows XP Embedded и активно используются при создании образов операционных систем для АСКРО.

HORM позволяет после конфигурирования среды Windows XP Embedded и запуска разработчиком необходимого набора приложений однократно перевести систему в спящий режим (Hibernate Once), а затем, уже в процессе эксплуатации, при каждом включении система будет возобновлять работу из точки перехода в спящий режим (Resume Many). При каждом включении устройства потребуется только подождать несколько секунд, чтобы обнаружить всю среду и приложения готовыми к работе. Таким образом, все приложения остаются готовыми к работе именно в том состоянии, которое задал разработчик или администратор.

EFW — важный компонент, добавляемый в установку Windows XP Embedded. Он делает дисковый раздел с образом системы доступным только для чтения независимо от того, на каком физическом носителе он размещен. Любые операции записи, направленные на этот раздел, перенаправляются в область, находящуюся на другом диске или даже в оперативной памяти. Сама операционная система рассматривает область EFW и свой родительский диск как единое устройство. Никакие действия пользователей или критическая ошибка в приложениях не повредят образ операционной системы, в крайнем случае достаточно просто выключить компьютер. Если область EFW размещена на внутреннем жестком диске, для возврата к исходной конфигурации системы достаточно стереть область EFW.

В территориальных системах АСКРО образ Windows XP Embedded формируется на принципе минимизации функций и тем самым сокращения объема операционной системы. Кроме минимальных функций, включаемых для удобства работы с собранным образом в Windows XP Embedded, для территориальных АСКРО включаются все сетевые средства протокола Internet (TCP/IP) v.4 и необходимые средства для организации виртуальных частных сетей (VPN).

В территориальных системах АСКРО развертывание образа Windows XP Embedded осуществляется на карте памяти Compact Flash (CF) (образы Windows XP Embedded могут иметь размер от 5 МБ и зачастую помещаются в объеме приблизительно 200 МБ, так что на CF достаточно места для хранения). Карту памяти CF можно подключить к разъему IDE системной платы; при этом карта памяти CF воспринимается как обычный несъемный диск. У современных карт памяти CF ограниченный ресурс записи (приблизительно 100 000 операций записи), поэтому EFW используется для назначения CF томом, предназначенным только для чтения. Если пользователь делает ошибку, достаточно просто выключить компьютер. При перезагрузке система возвращается в исходную точку, хранящуюся на карте памяти CF.

### **3. Специализированное прикладное программное обеспечение поста РМ**

#### **3.1. Общие сведения**

В состав программного обеспечения поста контроля кроме системного ПО входит специализированное прикладное ПО, состоящее из:

- ПО сбора данных с блоков детектирования радиационной обстановки;
- ПО подготовки данных к отправке в ЦСОИ;
- ПО передачи данных в центр сбора и обработки информации;
- программного обеспечения контроля работоспособности поста РМ и восстановления после сбоев.

Программное обеспечение поста РМ должно отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать устойчивую работу с блоком детектирования; в случае неисправности последнего формировать диагностическую информацию, которая будет передаваться в ЦСОИ и позволит выявить причину неисправности;
- в случае превышения аварийной уставки немедленно формировать файл с превышением для отправки в ЦСОИ; в случае возвращения поста в штатный режим также немедленно информировать об этом ЦСОИ;
- обеспечивать возможность передачи информации по нескольким каналам связи; при этом переход от одного канала к другому должен происходить автоматически по заданной программе;
- иметь возможность принимать из ЦСОИ корректирующие команды, восстанавливающие его работу в случае нарушения работы, а также менять режимы работы поста РМ;
- позволять выполнять обновление системных и прикладных компонентов без нарушения функционирования поста.

Работа ПО передачи данных протоколируется. Протоколы работы могут быть переданы в ЦСОИ.

#### **3.2. Программа съема информации с блоков детектирования постов контроля АСКРО**

Программное обеспечение, обеспечивающее опрос блок детектирования, и получение от него данных мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД), относится к ПО первого уровня и устанавливается на посту контроля. Оно работает напрямую с информацией, поступаю-

щей с блоков детектирования. Данная программа (DAP) устанавливается на промышленный персональный компьютер, к которому подключено оборудование поста контроля. Общий вид основного окна программы приведен на рис. 1.

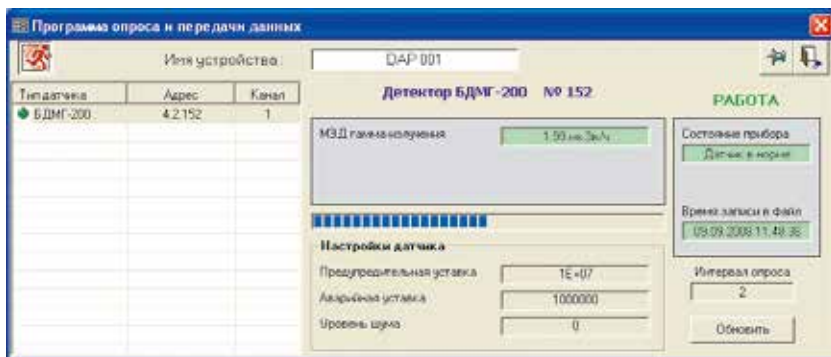


Рис. 1. Основное окно программы DAP

Программа DAP может обслуживать несколько блоков детектирования мощности дозы гамма-излучения, но в задачах территориального мониторинга работает всегда с одним датчиком (это связано с тем, что на посту контроля может быть только один канал измерения с данным кодом измеряемой величины, например, только один датчик измерения МАЭД).

В основном окне программы отображаются текущее состояние датчика и информация, которая с него поступает. Полученные с блока детектирования данные записываются в файл результата с заданным интервалом времени.

Данные, которые записываются в файл результата, имеют следующий формат: 0000 17.06.2006 10:17:16 1.080000E-07.

Первое число — это байт состояния. Далее идут дата и время, а также измеренное значение.

Кроме того, данная программа служит для диагностирования работы блока детектирования и задания времени экспозиции. В территориальных системах, разрабатываемых в ИБРАЭ РАН, в качестве блоков детектирования в основном используется оборудование НПП «Доза». При работе с этими блоками используется протокол DiBUS.

**DiBUS** — протокол обмена информацией в инструментальных сетях. Инструментальная сеть НПП «Доза» имеет мономастерную архитектуру. Ведомые устройства могут выдавать данные в сеть только по запросу «мастера». «Мастер» должен производить соответствующие опросы всех подключенных к нему по сети устройств.

Ведомое устройство на любую принятую команду высылает ответный пакет, подтверждая этим прием команды. Форма ответа строго фиксированна для каждого типа запроса. Если ведомое устройство не может выслать корректный ответ на команду, оно должно выслать пакет с признаком ошибки.

Адресация устройств, участвующих в обмене информацией, уникальна. Уникальные адреса являются константой и присваиваются устройству на этапе изготовления.

Каждому проекту централизованно выделяется некоторый диапазон адресов. Адрес делится на поля: проект-тип — 1-й байт, тип — 2-й байт, серийный номер — 3-й байт. При выпуске партии устройств более 253 на тип устройства выделяется следующее число.

Для полноценной работы в сети любое устройство должно зарегистрироваться. Для регистрации сетевых устройств устройство «мастер» должно периодически делать запрос с кодом «0» по адресу «0.0.0». В «данных» этого запроса передается любое меняющееся число (например, номер запроса). При этом любое устройство, подключенное к сети, но не зарегистрированное «мастером», выдает в ответ пакет с кодом «1» и адресом отправителя, установленном при изготовлении. После получения ответов от устройств «Мастер» регистрирует их и высылает им подтверждение командой «2».

При этом он в качестве данных посылает «параметр задержки» от 2 до 255. Этот параметр должен быть различным во всех подключенных устройствах. Если предполагается широкоэвещательный опрос каких-либо данных, выбираются значения «задержек» таким образом, чтобы не возникало коллизий из-за длительности передачи этих данных. «Мастер» считает регистрацию оконченной, когда в ответ приходит подтверждение приема.

Рекомендуемый интерфейс при использовании протокола DiBUS RS-485, полудуплекс, 1 стоповый бит без контроля четности.

Для семейства RS-232, RS-485, RS-422:

- основная скорость обмена 9600 бод (время передачи 1-го байта — 1 мс);
- устройства, в которых реализована поддержка других скоростей обмена, должны также поддерживать основную скорость 9600 бод и обеспечить удобный механизм выбора скорости обмена и установки основной скорости.

**Программа «Табло».** Для отображения данных радиационного мониторинга непосредственно в месте установки поста контроля используется программное обеспечение первого уровня — программа «Табло». Ее задача состоит в отображении данных мониторинга на электронном табло, подключенном к посту контроля. Общий вид основного окна программы приведен на рис. 2.

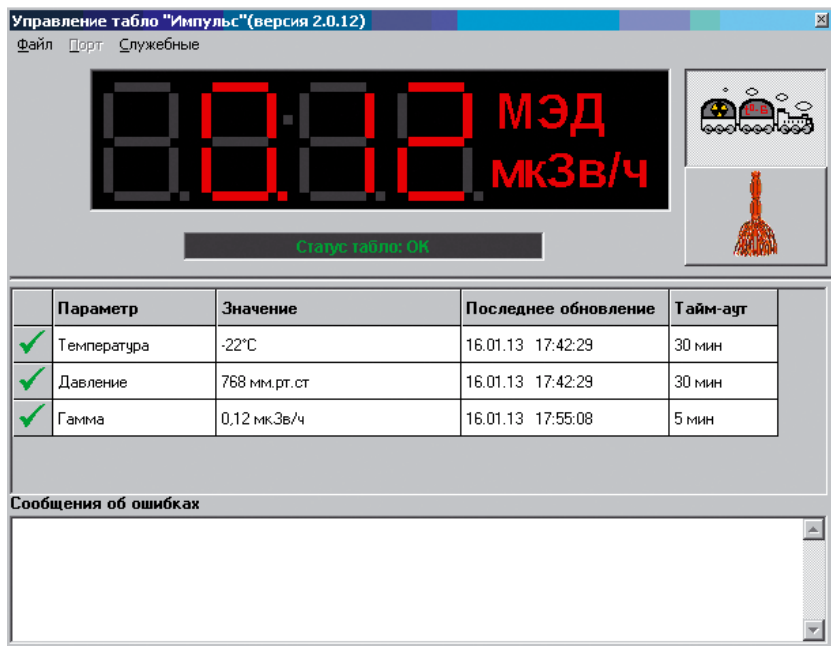


Рис. 2. Основное окно программы «Табло»

Программа «Табло» использует файл, сформированный программой DAP, и отправляет данные на электронное табло. Кроме МАЭД программа позволяет отображать на табло метеоданные (температуру, давление) и текущее время. Путь к файлам задается вручную в диалоговом окне «Источник данных» (рис. 3). Данные для отображения на электронном табло задаются в настройках программы (рис. 4).

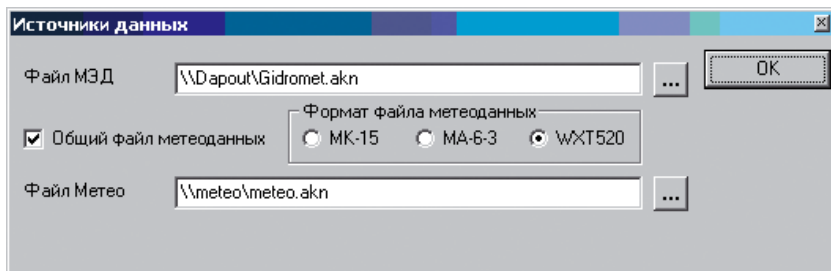


Рис. 3. Указание пути к файлам данных



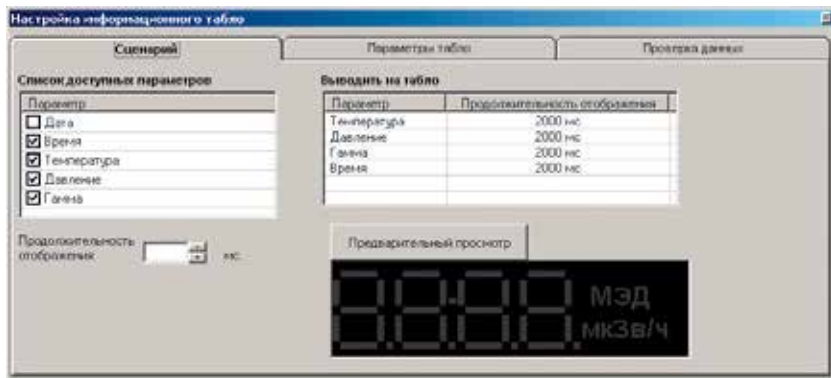


Рис. 4. Настройка данных для отображения на электронном табло

### 3.3. Подготовка данных к передаче в ЦСОИ

**Формат ROT.** Данные с постов контроля в центр сбора и обработки информации поступают в формате ROT. Формат наименования файла данных имеет следующий формат:

YYYY\_MM\_DD\_NH\_MM\_SS\_N.rot,

где YYYY — год; MM — месяц; DD — день; NH — час; MM — минута; SS — секунда; N — номер датчика.

Год, месяц, день, час, минута, секунда — время создания файла.

Структура файла представляет собой текстовый формат файла данных. В качестве разделителя между значениями используется точка с запятой, в качестве десятичного разделителя — точка.

Первая строка в файле является заголовком. В заголовке указывается номер поста радиационного контроля, широта, долгота и высота над уровнем моря расположения поста контроля в долях градуса. Координаты указываются, если пост является стационарным. Пример заголовка: 12345;33.3;33.2;33.2.

Вторая и последующие строки в файле — данные. В данных указываются:

- дата и время измерения, географические координаты поста (если пост является мобильным);
- тип данных: 1 — мкР/ч, 2 — метеоданные, 3 — мкЗв/ч, 4 — спектрометрические данные, 5 — плотность потока бета-излучения, част./ $(\text{см}^2\text{мин})$  (табл. 1);
- слово состояния (кодируется производителем измерительного прибора);

- уставка (значение МАЭД, при котором система переходит в аварийный режим работы);
- статус измерения: 0 — стандартный, 1 — превышение уставки.

**Таблица 1. Типы данных территориальных систем АСКРО**

Тип данных	Тип канала	Код канала
1 — МЭД	МЭД, мкР/ч	1
2 — метеоданные	$V$ , модуль вектора горизонтальной составляющей скорости ветра, м/с	2
	$D$ — направление вектора горизонтальной составляющей скорости ветра, град.	3
	Вертикальная составляющая скорости ветра, м/с	4
	$T$ — температура, °С	10
	$P_r$ — давление, мм рт. ст.	55
	$H_u$ — влажность, %	40
	$T_d$ — температура точки росы	5
3 — МАЭД	МАЭД, мкЗв/ч	1 (величина приводится к мкР/ч)
4 — спектр	Кобальт-60	6
	Цезий-137	7
	Весь спектр	8
5 — плотность потока бета-излучения	Плотность потока бета-излучения, част./(см <sup>2</sup> мин)	512

**Программа «Post».** Подготовку к передаче данных радиационного мониторинга осуществляется программой «Post». Она принимает данные от программы DAP и преобразует их в файлы в формате ROT. Программа может функционировать в штатном и аварийном режимах. При превышении аварийной уставки программа «Post» переходит в аварийный режим работы (формирование файлов для отправки в ЦСОИ уменьшается). Время формирования файлов в аварийном и штатном режимах обычно равно 2 и 15 мин соответственно. Однако оно может быть изменено при настройке системы либо по команде из ЦСОИ во время работы поста РМ.

Каждый пост контроля имеет уникальный идентификационный номер, к которому привязан блок детектирования (рис. 5). Уникальные номера (синоптические индексы) выделяются территориальной АСКРО центром ЕГАСКРО.

Программа «Post» получает данные от программы DAP, преобразует их в формат ROT и помещает данные в новом формате в выбранный каталог. Пример файла с данными приведен на рис. 6.

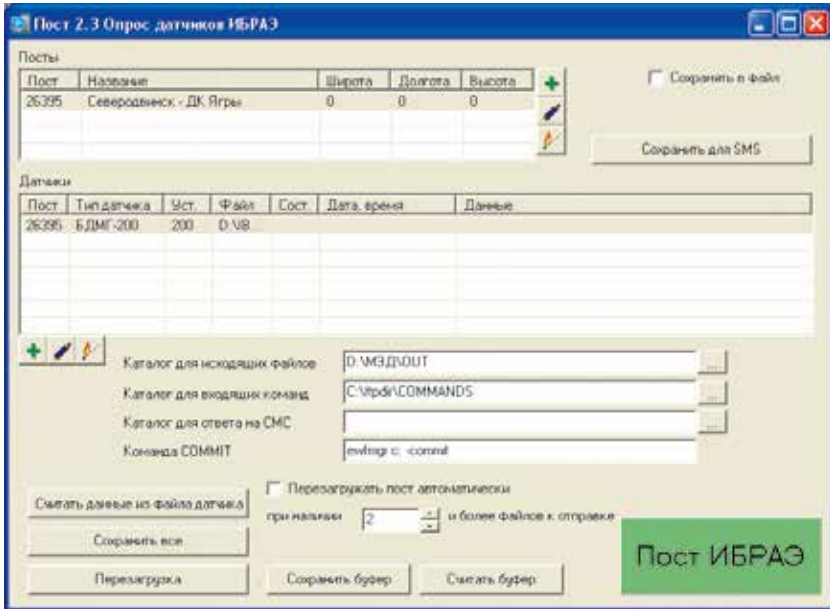


Рис. 5. Основное окно программы «Post»



Рис. 6. Файл с данными от программы «Post»

### **3.4. Организация передачи данных с постов радиационного мониторинга**

**Общие сведения.** Наиболее важным моментом в процессе функционирования поста радиационного мониторинга является организация надежной передачи данных в центр сбора и обработки информации.

Программное обеспечение поста РМ обеспечивает передачу информации:

- по различным протоколам передачи информации (FTP, SMTP, Filex3, SMS и др.);
- по доступным каналам передачи информации (сотовый канал связи, радиоканал, спутниковый канал связи и др.)

Основные требования к программному обеспечению передачи данных таковы:

- ПО передачи данных должно обеспечивать аутентификацию (процедуру проверки подлинности) с сервером АСКРО и передачу данных с использованием уникального ключа, полученного при первом сеансе связи; серверная часть ПО не должна принимать информацию от клиентов, не прошедших аутентификацию;
- ПО передачи данных должно обеспечивать возможность передачи информации по нескольким каналам связи; при этом переход от одного канала к другому должен происходить автоматически по заданной программе;
- ПО передачи данных должно обеспечивать работу со сторожевым таймером компьютера (WatchDog Timer);
- ПО передачи должно иметь возможность выдавать корректирующие команды на устройство передачи данных, восстанавливающие его работу в случае нарушения работы;
- ПО передачи данных должно восстанавливать работоспособность (путем перезапуска службы передачи данных либо перезагрузки компьютера) системы в случаях: отсутствия отправки данных, отсутствия данных от блока детектирования, отсутствия связи с устройством передачи данных;
- ПО передачи данных должно обеспечивать передачу данных по нескольким IP-адресам (основной и резервный сервер);
- при отсутствии канала связи для передачи данных все данные должны сохраняться; при восстановлении канала связи данные должны быть немедленно переданы в ЦСОИ;
- работа ПО передачи данных протоколируется; протоколы работы могут быть переданы в ЦСОИ.

Передача данных происходит в штатном режиме (обычно раз в 15 минут) либо, при превышении аварийной уставки, в аварийном режиме (раз в 2 минуты). Значение аварийной уставки, а также режимы работы поста радиационного мониторинга можно менять с помощью SMS-команд из ЦСОИ.

SMS-команды принимаются только с заранее определенных телефонных номеров. Типы SMS-команд приведены в табл. 2.

**Таблица 2. Типы SMS-команд постов систем АСКРО**

Команда	Описание
Request	Высылает на номер отправителя данные об измерениях
Settime	Установка времени
Get	Иницирует сеанс связи (GPRS -сессию). Накопленный буфер данных выдается по установленному каналу связи немедленно, а не по истечении времени передачи
Reboot	Вызывает перезагрузку компьютера
Ask	Резерв
Uset	Устанавливает режимы работы

Например, по команде Request возвращается в ЦСОИ сообщение в формате:

Post={object\_id}

{Datetime};{unit};{state};{bound};{mode};{value1}

Пример:

post=92204

29.12.2012 12:05:39;1;0000;100;1;122.2

**Служба передачи данных с постов АСКРО.** Передача данных с постов АСКРО происходит в штатном режиме (обычно раз в 15 минут) либо, при превышении аварийной уставки, в аварийном режиме (раз в 2 минуты).

На рис. 7 показано основное окно службы передачи данных. В верхней части окна отображено состояние работы службы: время последней передачи данных, состояние соединения с сервером. В нижней части выводится протокол работы программы.

При настройке программы указываются параметры соединения с сервером в ЦСОИ (рис. 8).

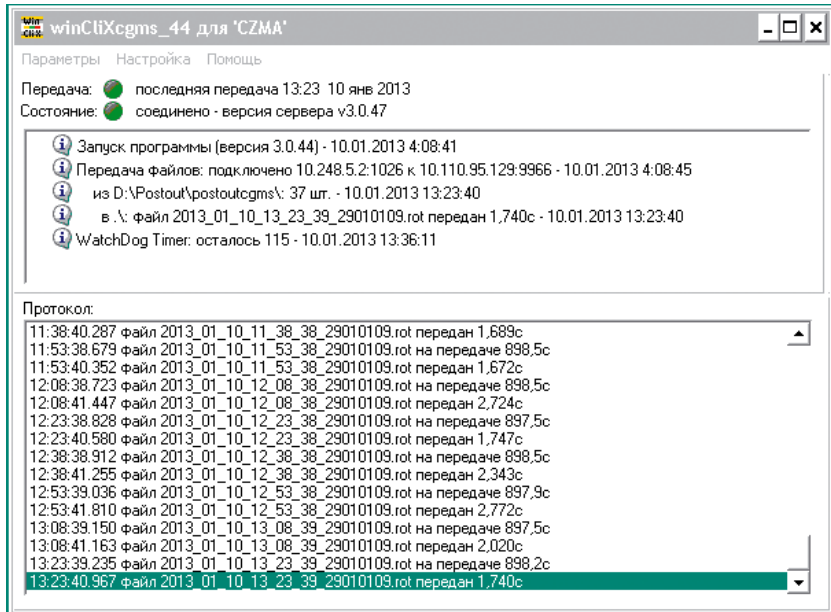


Рис. 7. Служба передачи данных с поста РМ

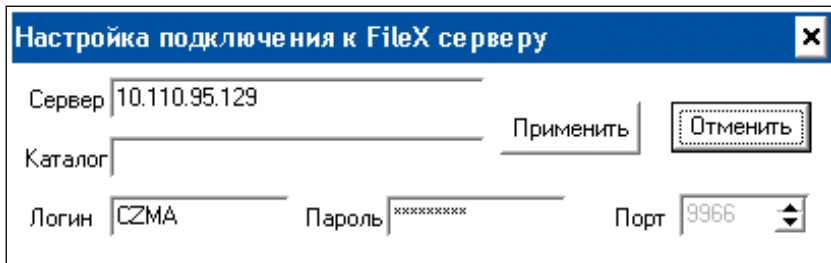


Рис. 8. Настройка параметров соединения с сервером

На закладке восстановления задаются параметры восстановления системы. Так, в примере на рис. 9 указано, что система перезагружается в случае отсутствия файлов для отправки более 90 мин. Также используется WatchDog Timer. Аппаратный счетчик WatchDog Timer установлен на 120 с. Раз в секунду сторожевой таймер уменьшает это значение на единицу. С периодом 2 с служба восстанавливает значение счетчика. Если значение счетчика достигает значения 0 (это означает, что служба зависла), выдается аппаратный сброс компьютера и происходит перезагрузка компьютера. Также раз в сутки происходит перезагрузка системы в 4:05:06.

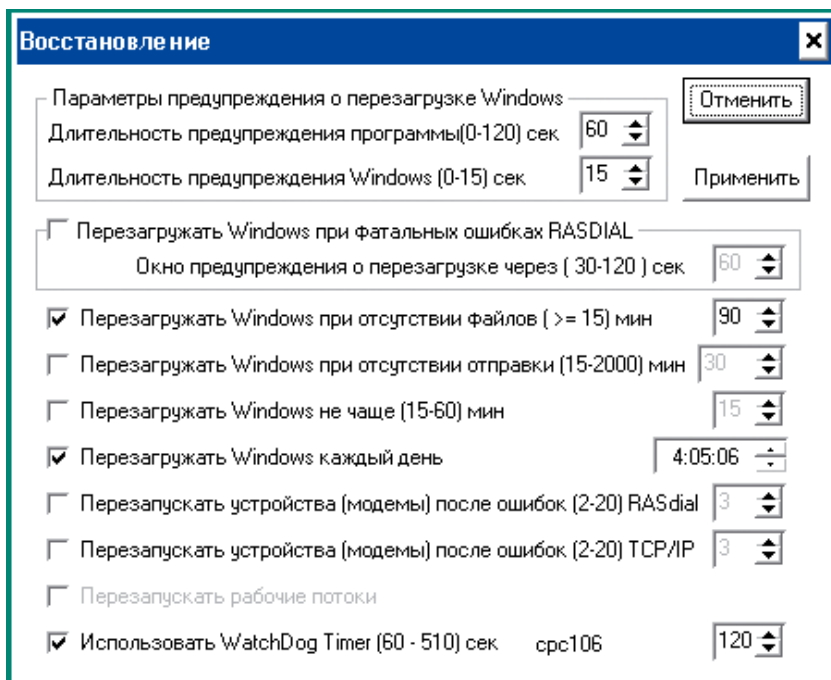


Рис. 9. Параметры восстановления системы

В ЦСОИ принимает данные серверное программное обеспечение (сервер WinSrex). Основное окно программы приведено на рис. 10. Подробнее работа сервера приема данных с постов радиационного мониторинга описана в следующей статье настоящего сборника.

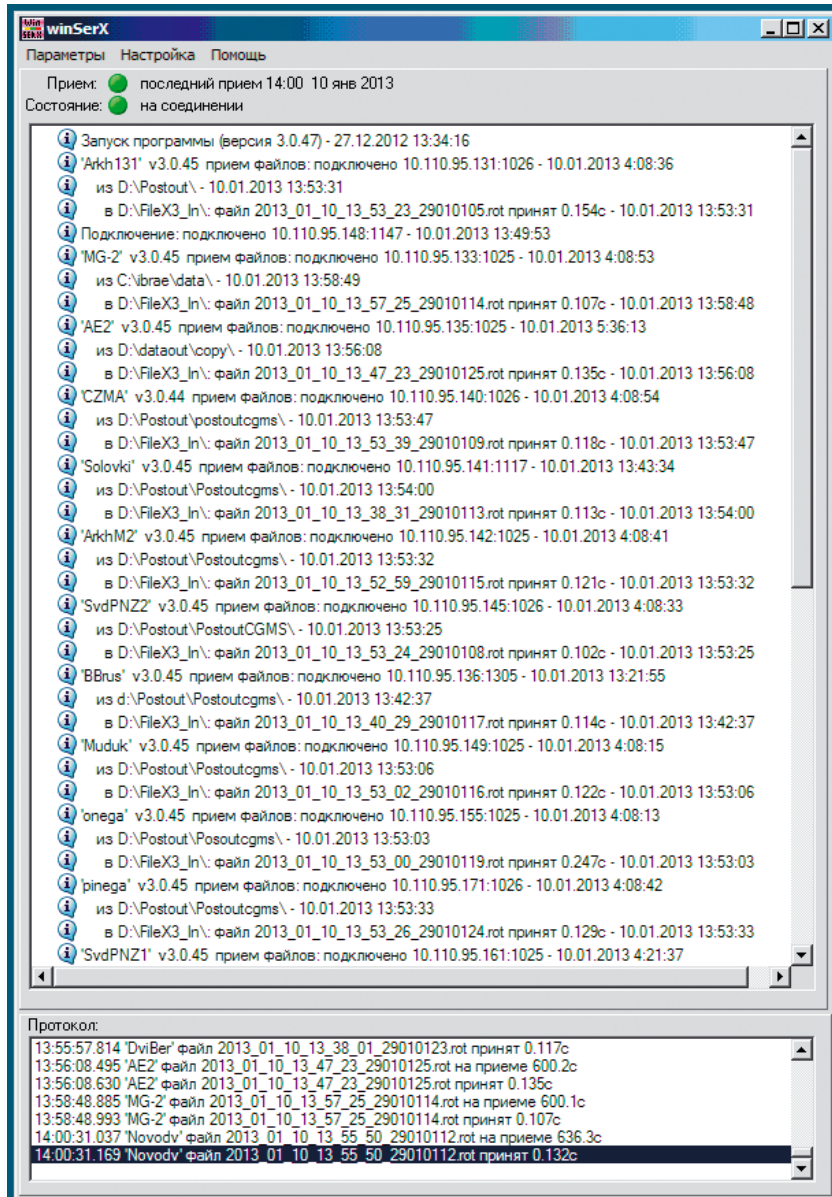


Рис. 10. Основное окно программы WinSrex



## Литература

1. Арутюнян Р. В., Большов Л. А., Богатов С. А. и др. Создание системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования в Мурманской области // Атом. энергия. — 2006. — Т. 101, вып. 1. — С. 69—76.
2. Большов Л. А., Саркисов А. А., Никитин В. С., Арутюнян Р. В. и др. Усовершенствование системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования в Северо-Западном регионе России // Известия РАН. Сер. Энергетика. — 2009. — № 6.
3. Гаврилов С. Л., Киселёв В. П., Кудешов Е. В. и др. Автоматизированная система контроля радиационной обстановки АСКРО «Радон» // Тез. всерос. науч.-практ. конф. «Состояние и развитие Единой государственной автоматизированной системы контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации». — Обнинск, 2009.
4. Киселёв В. П., Сёмин Н. Н., Кудешов Е. В. и др. Программное обеспечение сбора, передачи и обработки данных для территориальных систем радиационного мониторинга // Тез. всерос. науч.-практ. конф. «Состояние и развитие Единой государственной автоматизированной системы контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации». — Обнинск, 2009.
5. Арсеньева Н. В., Киселёв В. П., Кудешов Е. В. и др. Разработка технологии построения систем сбора и передачи информации в задачах радиационного мониторинга с использованием специализированных промышленных компьютеров со встраиваемыми версиями операционных систем. — М., 2007. — 49 с. — (Препринт / ИБРАЭ РАН; № ИБРАЭ-2007-02).
6. <http://www.technorium.ru/tt/winxpe.shtml>.
7. <http://www.fastwel.ru/products/356046/micropc/micropccpu/363050.html>.
8. Зубов В. Ю., Орлов Ю. В. Интеграция мобильных комплексов радиоэкологического контроля в корпоративную информационную систему // АНРИ. — 2013. — № 1. — С. 53—57.

# **Организация приема-передачи данных в центре сбора и обработки информации территориальной АСКРО**

*В. П. Киселёв, Е. В. Кудешов, С. Ю. Маслов, В. П. Меркушов,  
Н. Н. Сёмин, С. Е. Сиротинский, В. Ю. Яковлев*

## **1. Введение**

В настоящей статье описывается организация приема-передачи данных в центре сбора и обработки информации (ЦСОИ) территориальной АСКРО (ТАСКРО). ЦСОИ обеспечивает прием данных с постов радиационного мониторинга, обработку этих данных, запись в базу данных (БД) ТАСКРО, обмен информацией с другими системами радиационного мониторинга. Основные задачи ЦСОИ:

- обеспечение надежной, безотказной, круглосуточной работы по приему-передаче и обработке данных;
- немедленное реагирование на превышения аварийной уставки в системе;
- передача информации в другие системы в случае подтверждения информации о превышении;
- оперативное оповещение дежурного персонала о всех нештатных ситуациях в работе систем мониторинга (отсутствии каналов связи, отказе служб, ответственных за прием, передачу и обработку данных, и др.);
- ведение протокола работы системы, позволяющего выявлять причину возникших нештатных ситуаций и фиксировать принятые меры по их устранению.

## **2. Схема обмена данными в центре сбора и обработки информации**

Общая схема обмена данных в ЦСОИ показана на рис. 1.

В ЦСОИ поступают данные:

- с постов радиационного мониторинга ТАСКРО;
- с подвижных постов радиационного мониторинга (передвижных радиометрических лабораторий — ПРЛ и быстро разворачиваемых постов радиационного мониторинга);
- из других систем радиационного мониторинга (ЕГАСКРО, ФГУП «СКЦ Росатома» и т. д.).

Поступившие данные могут передаваться в другие системы радиационного мониторинга.

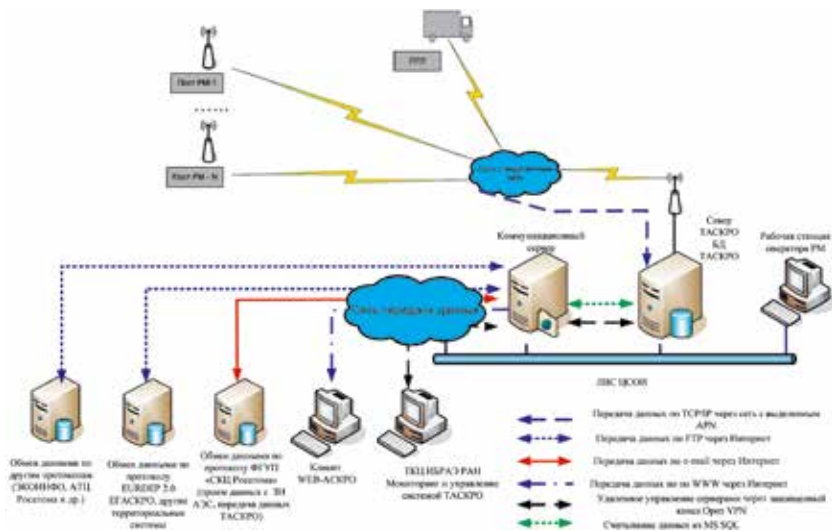


Рис. 1. Общая схема обмена информацией в TACKRO

### 3. Протоколы обмена данными с системами радиационного мониторинга

#### 3.1. Общие сведения

Для обмена данными используются различные протоколы:

- международный протокол обмена данными о радиационной обстановке EURDEP 2.0;
- отраслевой протокол обмена данными радиационного мониторинга ФГУП «СКЦ Росатома»;
- протокол обмена данными радиационного мониторинга ФГУП ФЦГС «Экология»;
- протоколы обмена данными ФГУП АТЦ СПб.

Для передачи данных в другие системы используется также web-сервис. Этот механизм более подробно описан ниже.

Для обмена данными используются протоколы:

- ftp;
- pop3/smtp;
- http;
- filex3.

Программное обеспечение ЦСОИ делится на две категории:

- Системное программное обеспечение (FTP, POP3, SMTP, HTTP, DNS и другие серверы). Это службы, для работы которых необходим выход во внешнюю сеть. Данное программное обеспечение устанавливается на коммуникационном сервере, который находится в выделенном фрагменте сети ЦСОИ.
- Прикладное программное обеспечение. Это службы, отвечающие за прием-передачу и обработку информации. Данное программное обеспечение устанавливается на сервер ТАСКРО.

На сервере ТАСКРО развернуты:

- база данных ТАСКРО;
- службы приема данных с подвижных (ПРЛ) и стационарных постов радиационного мониторинга;
- служба приема и обработки данных с других систем радиационного мониторинга;
- службы передачи данных в другие системы радиационного мониторинга;
- служба наблюдения и оповещения о нарушениях в работе системы.

Службы работают по специально разработанному протоколу, который минимизирует трафик при передаче данных и обеспечивает прием-передачу информации в условиях неустойчивой связи.

Принятые файлы передаются службе приема и обработки данных. Она обрабатывает данные не только с ПРЛ и постов радиационного мониторинга, но и поступившие из других систем контроля радиационной обстановки. Служба обработки данных может принимать данные в следующих форматах:

- международный протокол обмена данными о радиационной обстановке EURDEP 2.0;
- отраслевой протокол обмена данными радиационного мониторинга ФГУП «СКЦ Росатома»;
- протокол обмена данными радиационного мониторинга «Экоинфо»;
- протоколы обмена данными ФГУП АТЦ СПб;
- формат телетайпограмм;
- протоколы передачи данных с постов радиационного мониторинга (файлы в форматах ROT и PDT).

В случае необходимости приема данных в других форматах к службе добавляется конвертер, и новый формат обмена данными появляется в списке поставщиков данных (рис. 2).

При задании поставщиков данных задаются:

- имя поставщика данных;
- тип поставщика (формат поступающих от него данных);
- кодировка (Windows-1251, KOI-8, UTF-8);

- описание каналов поставщика (номер канала в БД, тип измеряемой величины, комментарий).

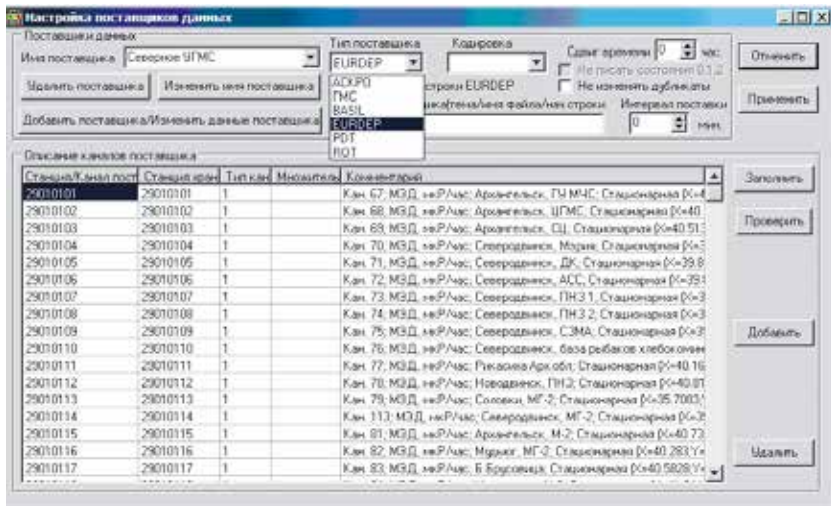


Рис. 2. Определение параметров поставщиков данных

В разделе «Каналы поставки» указываются источники поставки данных (это могут быть локальные каталоги либо FTP- или POP3-серверы). Пример описания каналов поставки по FTP приведен на рис. 3.

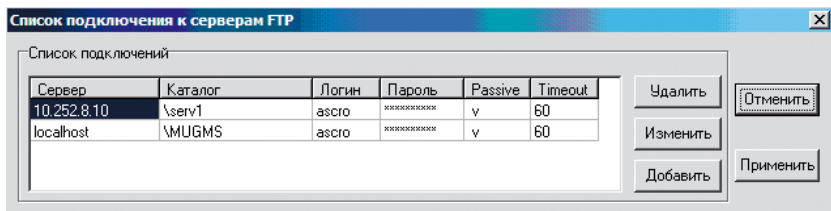


Рис. 3. Пример описания каналов связи

Данные могут поступать в различных форматах. Краткое описание особенностей некоторых форматов приведены ниже.

### 3.1. Формат EURDEP 2.0

Формат EURDEP (EUropean Radiological Data Exchange Platform) наиболее часто используется для обмена данными между различными системами. Основными особенностями формата являются:

- легкая адаптация к данным, получаемым из различных сетей мониторинга;
- проработанная документация;

- возможность расширения, причем без изменения всего формата целиком;
- возможность принимать данные с различных платформ и с различной кодировкой служебных символов.

Общая структура сообщения в формате EURDEP 2.0 приведена на рис. 4.

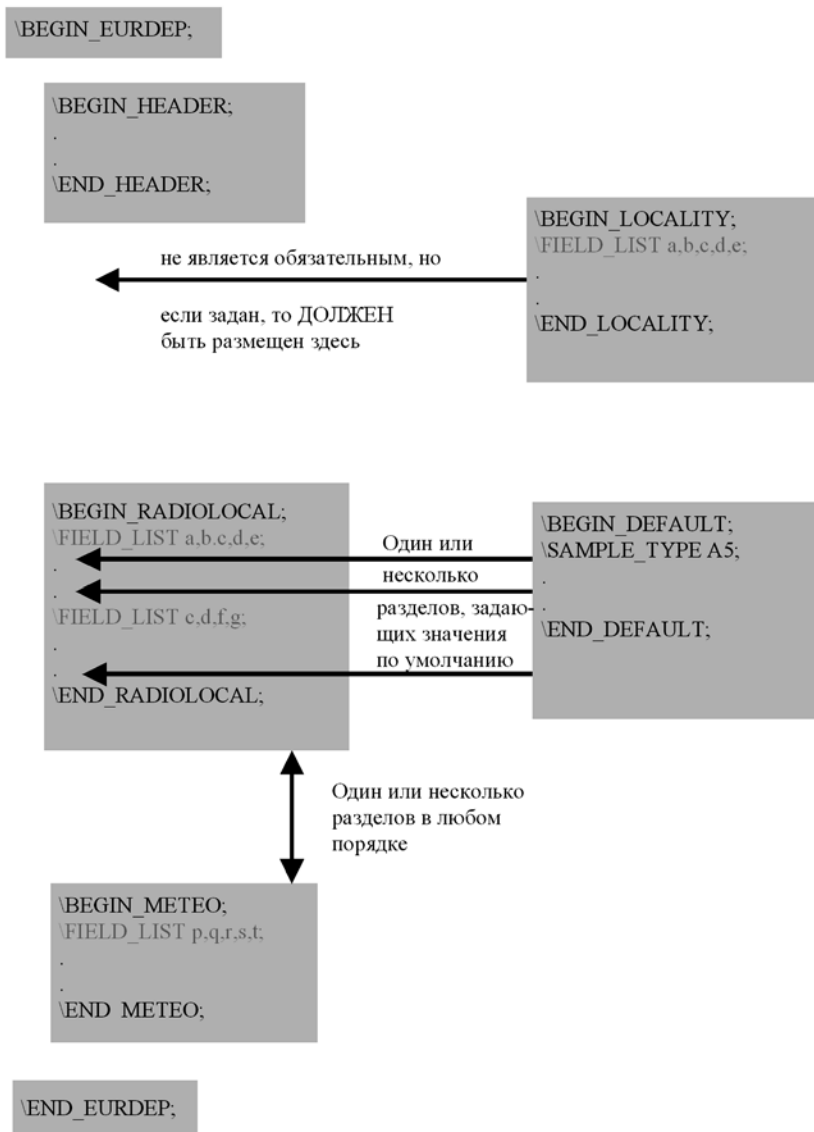


Рис. 4. Структура сообщения в формате EURDEP 2.0

### Пример файла в формате EURDEP 2.0:

```
\BEGIN_EURDEP;  
\BEGIN_HEADER;  
\IMPORTANCE NORMAL;  
\COUNTRY_CODE RU;  
\FORMAT_VERSION 2.0;  
\ORIGINATOR Архангельский ЦГМС;  
\CARRIER FTP;  
\SENT 2011-09-15T06:05Z;  
\MESSAGE_ID ArxAskro-RU20110915060505Z_ArxAskro.EUR;  
\FILENAME RU20110915060505Z_ArxAskro.EUR;  
\SOFTWARE_VERSION ErsRDEx v2.2.40;  
\END_HEADER;  
  
\BEGIN_LOCALITY;  
\FIELD_LIST LOCALITY_CODE, LOCALITY_NAME, LONGITUDE, LATITUDE, HEIGHT_ABOVE_SEA;  
\RU29010117, Б.Брусовица, E040.5828, N64.3158, 3;  
\RU29010125, Архангельск А32, E040.5112, N64.6247, 11;  
\END_LOCALITY;  
  
\BEGIN_RADIOLOGICAL;  
\FIELD_LIST LOCALITY_CODE, VALUE, BEGIN, END, REMARKS;  
\BEGIN_DEFAULT;  
\SAMPLE_TYPE A5;  
\NUCLIDE T-GAMMA;  
\UNIT USV/H;  
\END_DEFAULT;  
\RU29010117, 1.41E-01, 2011-09-15T05:45Z, 2011-09-15T05:46Z, «0--0020»;  
\RU29010125, 1.20E-01, 2011-09-15T05:49Z, 2011-09-15T05:50Z, «0--»;  
\RU29010125, 1.13E-01, 2011-09-15T05:59Z, 2011-09-15T06:00Z, «0--»;  
\END_RADIOLOGICAL;  
\END_EURDEP;
```

### **3.2. Отраслевой формат передачи данных ФГУП «СКЦ Росатома»**

Этот формат используется для передачи данных с объектов Госкорпорации «Росатом».

Данные АСКРО передаются в отраслевом формате ФГУП «СКЦ Росатома» по электронной почте в тексте сообщения (электронного письма). Тема сообщения (Subject) должна выглядеть следующим образом: RADMON\_YYY, где YYY — код АСКРО в Бнд ИАК ЦУ ОИКП ИКС Росатома. Формат передачи данных — символьный, ограничитель информационных полей — кавычки ' ', разделитель полей — запятая. Формат блока данных в тексте сообщения: 'Номер канала в системе', 'Дата — время', 'Значение', 'Флаг состояния', 'Код комментария'.

Поле 'Код комментария' может отсутствовать или принимать значения, приведенные в табл. 1.

Пример:

'1/1','2000.03.23 20:00','11.5','0'

'1/2','2000.03.23 17:00','35.8','1'

'1/3','2000.03.23 18:00','125.4','2'

'1/4','2000.03.23 18:00','5.1','3'

'1/5','2000.03.23 20:00','13.9',''

Флаг состояния может принимать одно из следующих значений:

'0' — нормальное;

'1' — превышена уставка предупредительной сигнализации;

'2' — превышена уставка аварийной сигнализации;

'3' — недостоверное значение;

'' — состояние канала в системе не устанавливается.

**Таблица 1. Значения кода поля комментария формата передачи данных  
ФГУП «СКЦ Росатома»**

Код	Комментарий
<i>Проведение плановых работ на объекте</i>	
11	Проведение плановых технологических работ. Обстановка штатная
12	Проведение плановых работ с источниками ионизирующего излучения. Обстановка штатная
<i>Нарушения в работе АСКРО</i>	
21	Сбой в работе датчика АСКРО. Радиационная обстановка в норме
22	Сбой в работе АСКРО. Радиационная обстановка в норме
23	Сбой в отраслевой системе радиационного мониторинга. Радиационная обстановка в норме
<i>Неисправность каналов передачи данных</i>	
31	Неисправность канала передачи данных. Радиационная обстановка в норме
32	Временное отключение канала передачи данных. Радиационная обстановка в норме
<i>Профилактические работы и испытания АСКРО</i>	
41	Проведение ремонтно-профилактических работ на оборудовании АСКРО. Радиационная обстановка в норме
42	Метрологическая поверка датчиков АСКРО. Радиационная обстановка в норме



Табл. 1 (окончание)

Код	Комментарий
43	Тестовые испытания АСКРО. Радиационная обстановка в норме
<i>Нештатное изменение радиационной обстановки</i>	
100	Изменение радиационной обстановки в районе расположения поста АСКРО

### **3.3. Протокол обмена данными радиационного мониторинга ФГУП ФЦГС «Экология» (ECOINFO\_REPLICATION)**

При разработке этого протокола и механизма обмена в основу были положены два принципа:

- формат данных должен быть понятен человеку непосредственно, без применения каких-либо программ расшифровки или форматирования;
- формат данных должен быть простым для формирования и интерпретации программными средствами.

Формат ECOINFO\_REPLICATION — это текстовый файл. Кодировка русских букв производится согласно кодовой странице Windows-1251. Данные передаются и принимаются по протоколам SMTP и POP3 соответственно. Файл электронного письма должен содержать заголовки согласно протоколу SMTP и данные в формате ECOINFO\_REPLICATION. Содержание заголовков:

- Subject: строка «ECOINFO\_REPLICATION» (без кавычек) в качестве подстроки;
- From: почтовый адрес отправителя в формате name<postbox@domain>;
- Content-Type: text/plain; charset=»iso-8859-1»

Данные включаются как приложение (attach) к письму в сжатом виде, сжатие по алгоритму gzip. Имя файла: data.txt.gz, кодировка: uuencode. Тело письма (message body) не используется. Данные в этом формате разбиваются на разделы:

- OWNER (Организации — поставщики данных);
- VALS (Измеряемые величины);
- PREC (Точность представления данных);
- STATION (Станции наблюдения);
- MEASURE (Измеренные данные);
- FAST (Быстрые измерения).

\* SQL Server: HOME  
\* Date: 06 июл 2012 10:41

```

*
*      OWNNER
*      id name name_engl
Ow      1      РосЭнергоатом      Rosenergoatom
Ow      4      Гидромет Hydromet
Ow      5      МУГМС      Murmanskhydromet
Ow      6      АСКРО Кольской АЭС KOLA NPP ASKRO
*
*      VALS
*      id fn name name_engl
Vals    0      MKR      Мощность дозы гамма-излучения,МКР/ч      Gamma
dose,mkR/h
Vals    301     BETAM2   Бета-активность,Бк/м2/сутки Beta-activity,BQ/M2/D
Vals    302     BETAM3   Бета-активность,10-5 Бк/м3      Beta-activity,10-5 BQ/M3
*
*      Vals Precision
*      id prec
Prec    0      1
Prec    1      4
Prec    2      4
Prec    3      4
Prec    4      4
Prec    10     4
*
*      STATION:
*      id x y h o_id name name_engl
St      12345   18.6670  52.2000  0      5      Ст.12345 St.12345
St      91061   39.4700  68.0620  0      10     Дом Офицеров
Ostrov-1
*
*
*      MEASURE:
*      s_id x y h v_id tGmt tLok V V2
M      12345   18.6670  52.2000  0      3      06/15/2012 09:00
06/15/2012 13:00  0.03  0
M      12345   18.6670  52.2000  0      4      06/15/2012 09:00
06/15/2012 13:00  4.74  0
M      91061   39.4700  68.0620  0      0      06/15/2012 10:00
06/15/2012 14:00  12.3  200
*
*      FAST:
*      s_id x y h v_id tGmt tLok V V2
Fast   91061   39.4700  68.0620  0      0      06/15/2012 08:45:30
06/15/2012 12:45:30 12.3  200
Fast   12345   18.6670  52.2000  0      1      06/15/2012 08:45:45
06/15/2012 12:45:45 0.06  0
Fast   12345   18.6670  52.2000  0      2      06/15/2012 08:45:45
06/15/2012 12:45:45 343  0
Fast   12345   18.6670  52.2000  0      100    06/15/2012 08:56:45
06/15/2012 12:56:45 0.06  343
Fast   91061   39.4700  68.0620  0      0      06/15/2012 09:57:30
06/15/2012 13:57:30 12.3  200

```

### 3.4. Формат телетайпограмм Росгидромета

Данные с метеостанций, принадлежащих Росгидромету, передаются в виде телетайпограмм. В настоящее время эти данные могут отправляться по электронной почте. Формат передаваемых данных таков:

**{код организации}, {код станции}, {дата, время}, {значение}**

Пример файла с данными:

**ЩЭРХБ 27316 17106 80012=**

**ЩЭРХБ 27217 17106 80009=**

**ЩЭРХБ 26585 17106 80010=**

**ЩЭРХБ 26499 17106 80012=**

Для передачи данных в другие системы радиационного мониторинга используются службы передачи. В основном передача данных производится в формате EURDEP 2.0 и отраслевом формате ФГУП «СКЦ Росатома». Кроме того, возможна организация передачи данных с использованием механизма web-сервисов.

### 3.5. Использование web-сервиса для обмена данными с другими системами

Web-сервис — это средство получения данных радиационного мониторинга посредством различных http-запросов к web-серверу. Обращение к web-сервису производится с помощью http-запроса: запрашивается адрес скрипта и необходимые параметры выборки. Допустимые виды запросов на получение данных от заданной информационно-измерительной системы (ИИС) приведены в табл. 2.

**Таблица 2. Запросы получения данных из выбранной информационно-измерительной системы**

Запрос	Пример
Данные по одному каналу с указанием временного интервала	<a href="http://localhost/websevice/qChart.php?MSID=5&amp;cid=312&amp;D1=2012-11-11 00:00:00&amp;D2=2012-11-25 00:00:00">http://localhost/websevice/qChart.php?MSID=5&amp;cid=312&amp;D1=2012-11-11 00:00:00&amp;D2=2012-11-25 00:00:00</a>
Полный список постов контроля РО	<a href="http://localhost/websevice/qDataAll.php?MSID=5&amp;MeasSystID=5">http://localhost/websevice/qDataAll.php?MSID=5&amp;MeasSystID=5</a>
Данных мощности эквивалентной дозы (МЭД) по всем постам контроля РО	<a href="http://localhost/websevice/qLastData.php?MSID=5&amp;msys=5">http://localhost/websevice/qLastData.php?MSID=5&amp;msys=5</a>

Табл. 2 (окончание)

Запрос	Пример
«Журнал превышений» по всем постам контроля РО	<a href="http://localhost/webservice/qLog.php?MSID=5">http://localhost/webservice/qLog.php?MSID=5</a>
Максимальная МЭД по выбранному каналу за интересующий пользователя период	<a href="http://localhost/webservice/qMax.php?MSID=5&amp;cid=312&amp;D1=2012-11-11 00:00:00&amp;D2=2012-11-25 00:00:00">http://localhost/webservice/qMax.php?MSID=5&amp;cid=312&amp;D1=2012-11-11 00:00:00&amp;D2=2012-11-25 00:00:00</a>
Полная информация по выбранному каналу	<a href="http://localhost/webservice/qInfo.php?MSID=5&amp;CHANNELID=312">http://localhost/webservice/qInfo.php?MSID=5&amp;CHANNELID=312</a>
Выбранное измерение из ИИС	<a href="http://localhost/webservice/qMeas.php?MSID=5&amp;mid=1000000027617011">http://localhost/webservice/qMeas.php?MSID=5&amp;mid=1000000027617011</a>
Сведения о ИИС	<a href="http://localhost/webservice/qMSys.php?MSID=5&amp;msys=5">http://localhost/webservice/qMSys.php?MSID=5&amp;msys=5</a>
Список постов контроля РО	<a href="http://localhost/webservice/qPost.php?MSID=5">http://localhost/webservice/qPost.php?MSID=5</a>
Информация об измерениях МЭД по выбранному посту контроля РО за указанный временной интервал	<a href="http://localhost/webservice/qSinglePost.php?MSID=5&amp;pid=22101&amp;D1=2012-11-11 00:00:00&amp;D2=2012-11-25 00:00:00">http://localhost/webservice/qSinglePost.php?MSID=5&amp;pid=22101&amp;D1=2012-11-11 00:00:00&amp;D2=2012-11-25 00:00:00</a>
Последние измерения МЭД, а также общая информация со всех постов контроля РО	<a href="http://localhost/webservice/qData.php?MSID=5&amp;MeasSystID=5">http://localhost/webservice/qData.php?MSID=5&amp;MeasSystID=5</a>
Последние измерения со всех постов контроля РО	<a href="http://localhost/webservice/qLastDataAll.php?MSID=5&amp;msys=5">http://localhost/webservice/qLastDataAll.php?MSID=5&amp;msys=5</a>
Последнее измерение по одному посту контроля РО	<a href="http://localhost/webservice/qLastData2.php?MSID=5&amp;pid=22101">http://localhost/webservice/qLastData2.php?MSID=5&amp;pid=22101</a>

**Примечание.** MSID, MeasSystID, msys — номер ИИС; cid, CHANNELID — номер канала; D1 — дата и время начала выборки; D2 — дата и время окончания выборки; mid — номер измерения; pid — номер поста контроля РО.

Пример выполнения запроса на получение данных по одному каналу с указанием временного интервала:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
- <markers>
<marker V="11.0" MEASURE_ID="1000000033567723" POST_ID="22101" TLOK="11.11.2012
10:00:00" X_GRAD="»" Y_GRAD="»" STATE="0" SCODE="0" CHANNEL_ID="312" CHANNEL_TYPE_
ID="1" />
<marker V="14.0" MEASURE_ID="1000000033578196" POST_ID="22101" TLOK="12.11.2012
10:00:00" X_GRAD="»" Y_GRAD="»" STATE="0" SCODE="0" CHANNEL_ID="312" CHANNEL_TYPE_
ID="1" />
.....
<marker V="10.0" MEASURE_ID="1000000033693908" POST_ID="22101" TLOK="24.11.2012
10:00:00" X_GRAD="»" Y_GRAD="»" STATE="0" SCODE="0" CHANNEL_ID="312" CHANNEL_TYPE_
ID="1" />
</markers>
```

# **Программное обеспечение визуализации данных территориальной АСКРО**

*С. Л. Гаврилов, В. П. Киселёв, Е. В. Кудешов, С. Ю. Маслов,  
В. П. Меркушов, Н. Н. Сёмин, В. Ю. Яковлев*

## **1. Введение**

Программное обеспечение визуализации данных и контроля работоспособности территориальной АСКРО (ТАСКРО) позволяет контролировать состояние системы, а в случае возникновения нештатной ситуации оперативно информировать оператора радиационного мониторинга и администратора системы.

Программное обеспечение визуализации данных отображает текущее состояние системы и позволяет получить информацию:

- о количестве активных и неактивных датчиков; для неактивных датчиков — причину неработоспособности и предполагаемое время устранения неисправности;
- о наличии либо отсутствии превышений аварийной уставки; все превышения аварийной уставки фиксируются в «Журнале превышений»;
- о динамике показаний каждого поста радиационного мониторинга в виде таблицы либо графика;
- о радиационной обстановке в виде стандартных отчетов за выбранный период.

В случае нештатной ситуации (превышения аварийной уставки, отсутствия поступления данных какой-либо системы и т. д.) оператору радиационного мониторинга и администраторам системы посылается уведомление в виде почтового сообщения и sms-сообщения. Программное обеспечение визуализации данных и контроля работоспособности состоит из нескольких компонентов:

- базы данных ТАСКРО;
- Windows-приложения «Монитор радиационной обстановки» («Монитор РО»);
- web-приложения для стационарных рабочих мест и мобильных устройств;
- системы автоматизированного оповещения о нештатных ситуациях.

## **2. Информационная система «Монитор радиационной обстановки»**

### **2.1. Основной режим работы**

Программа «Монитор радиационной обстановки», или сокращенно «Монитор РО», разработана как Windows-приложение и устанавливается на рабочем месте оператора радиационного мониторинга.

При анализе данных оператор радиационного мониторинга работает с программой «Монитор РО», которая позволяет представлять данные, поступающие с постов радиационного контроля, в виде:

- меток на соответствующей электронной карте;
- графика за определенный период времени;
- таблиц;
- различных отчетных форм.

Программа «Монитор радиационной обстановки» предназначена для контроля радиационной обстановки в реальном времени. В системе предусмотрено несколько уровней отображения точки контроля различными цветами в зависимости от наличия/отсутствия данных измерения или превышения значений уставок.

Предусмотрено пять цветов отображения:

- черный — отсутствуют данные за последние 24 часа;
- серый — точка контроля неактивна;
- зеленый — первая (предупредительная) уставка не превышена;
- желтый — превышена первая (предупредительная) уставка;
- красный — превышена вторая (аварийная) уставка.

На карте отображается пост контроля в виде кружка соответствующего цвета, а также отображается значение мощности эквивалентной дозы в мкЗв/ч.

Программный модуль «Монитор РО» содержит набор карт различного масштаба для отображения, выполненных в формате MapInfo MapX. Набор карт можно изменить или дополнить без изменения программного обеспечения. Карты могут быть как векторные, так и растровые.

Система имеет многооконный интерфейс, состоящий из основной панели управления, окна карты и таблицы текущих значений датчиков (рис. 1).

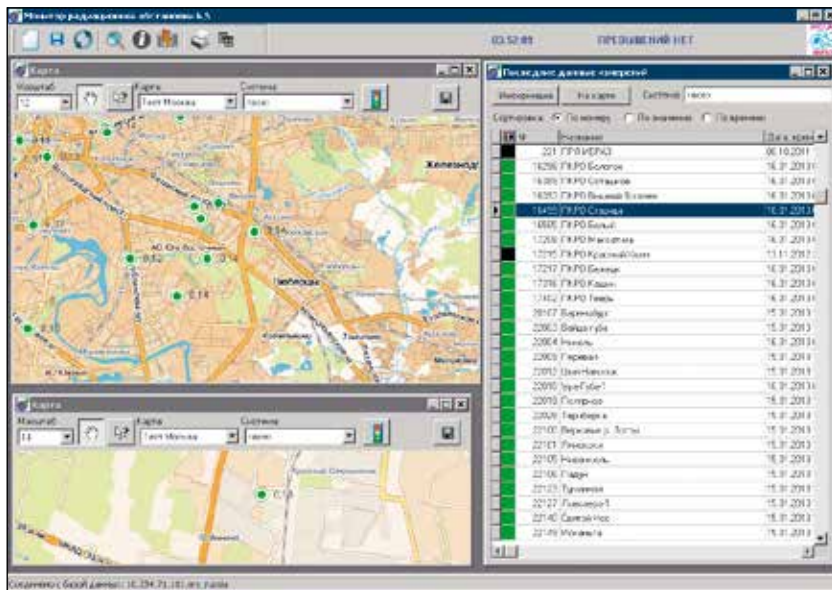


Рис. 1. Многооконный интерфейс системы «Монитор РО»

Координаты положения всех открытых окон запоминаются в файле настроек. При последующем запуске программы все окна восстанавливаются в том виде, в котором программа была завершена. Также запоминаются положение центра карт и масштаб. Таким образом, оператор может настроить удобное отображение необходимых ему областей карт для ежедневной работы.

Основная панель управления состоит из пиктограмм, с помощью которых осуществляется вызов основных функций программы и полей сообщений, в которых отображаются текущее время и наличие/отсутствие превышений уровня уставок.

Функции, перечисленные ниже, соответствуют пиктограммам в порядке слева направо:

- открыть карту в новом окне;
- запомнить положение карт;
- обновить карту;
- таблица последних измерений;
- таблица всех постов контроля (список постов);
- журнал превышений;
- настройка принтера;
- сводный отчет.

Окно «Карта» имеет свою панель управления, которая содержит пиктограммы увеличения и уменьшения масштаба, сдвига, указателя объекта, выпа-

дающий список, позволяющий выбрать карту из зарегистрированных в системе карт, выбор информационно-измерительной системы АСКРО, кнопку построения маршрута, а также кнопку сохранения текущей карты с расположением датчиков в виде слоя MapInfo MapX.

Пиктограмма «Открыть новую карту» позволяет открыть новое окно карты с любой из зарегистрированных в системе карт. Одновременно можно открыть до 10 карт.

При обновлении карты происходит чтение данных последних измерений из базы данных, и они отображаются на карте. Автоматически это происходит раз в пять минут (настраиваемый параметр).

Каждое измерение, произведенное в определенный момент, содержит в себе статус поста радиационного контроля:

- '0' — нормальное;
- '1' — превышена уставка предупредительной сигнализации;
- '2' — превышена уставка аварийной сигнализации;
- '3' — недостоверное значение.

Кроме того, в нем содержится слово состояния. Слово состояния зависит от типа поста. В случае использования стандартных постов БОП-1ТА оно может принимать значения, приведенные в табл. 1.

**Таблица 1. Значения слова состояния постов территориальных АСКРО**

№ бита	Название флага	Описание
0	ANY_SENSOR_ERROR	Сбой блока детектирования (0 — ОК)
1	LIGHTPANEL_ERROR	Сбой электронного табло (0 — ОК)
2	STORAGE_ERROR	Сбой внутреннего накопителя данных (0 — ОК)
3	MODEM_GPRS_ERROR	Сбой канала GSM/GPRS (0 — ОК)
4	MODEM_SCD_ERROR	Сбой канала GSM/CSD (0 — ОК)
5	BATTERY	Работа от батареи (0 — работа от сети)
6	ALARM1	Превышена предупредительная уставка
7	ALARM1	Превышена аварийная уставка

Программа «Монитор РО» позволяет отобразить интересующий оператора пост на отдельной карте — опция «Показать на карте». Функция «Информация» открывает диалоговое окно с несколькими закладками, в котором отображается полная информация по данному посту контроля. По умолчанию открывается закладка «График» (рис. 2), в которой можно посмотреть динамику изменения мощности экспозиционной дозы за любой период.



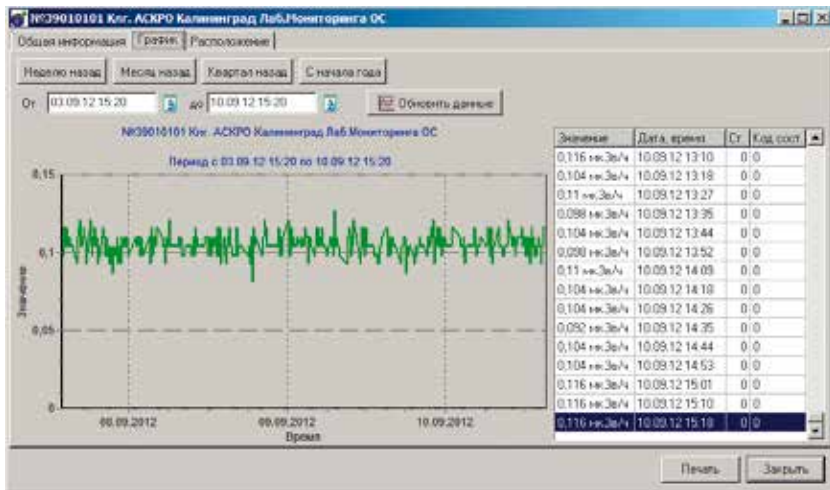


Рис. 2. Данные по посту радиационного мониторинга

Для получения подробной информации по измерительному посту необходимо перейти в закладку «Общая информация» (рис. 3).

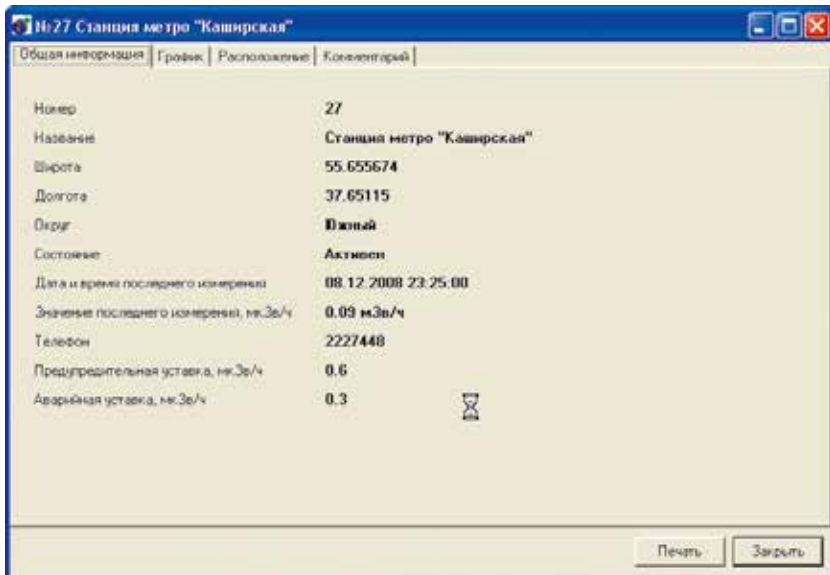


Рис. 3. Закладка с общей информацией по посту контроля

Информация о превышениях, имевших место в системе мониторинга, выводится по кнопке «Журнал превышений». При этом открывается диалоговое окно со списком всех последних превышений, имевших место в системе и упорядоченных по времени (см. рис. 7).

Отчет о радиационной обстановке за определенный период формируется в виде, приведенном на рис. 4. Отчет можно сохранить как документ или распечатать.

g. Москва  
 Центр РЭБ  
 Автоматизированная система контроля радиационной обстановки  
 Результаты измерений гамма-фона в Московском регионе за период с 10.11.2008 по 16.11.2008

№ пункта	Местонахождение поста контроля		Минимум доз, мкЗв/ч
	Округ/Район	Адрес	
41	Витязевый пост		0,16
<b>г. Москва</b>			
45	Западный	Музей ВОВ, Поселения гора	0,14
8	Средний	Фотозав. 1, Префектура	0,15
1	Северо-западный	Медзащита №12, ул.Гамзет 15	0,1
52	Северо-западный	Свободы 57, ВЦ Центрбюро РФ	0,12
64	Северо-западный	РПЦ "Курашевский пост" 2-я производя, ул.Ракишин	0,11
65	Северо-западный	РПЦ "Курашевский пост" 3-я производя	0,16
9	Центральный	Кудринская площадь, 1, дирекция управления цдвм	0,08
12	Центральный	В.Татарская 33, стр 1, ТПЦ	0,07
50	Центральный	Георгийский пер. 1, Госдуза	0,1
58	Центральный	Рублевский наб. 3	0,13
2	Юго-восточный	Котельнический наб. 134, почтовое отделение связи	0,2
4	Юго-восточный	ЦРЭБ "Радог", 1-я Новокузнецкая 19	0,15
6	Юго-восточный	Аминь оторная 10, Префектура	0,16
56	Юго-восточный	Жульбин, Привольная 7с	0,12
5	Юго-западный	МГУ, 9-эт. Радиотехн. Домашние горы 1, ст.10	0,12
28	Юго-западный	Светловский стр. 24, ИТЭФ	0,13
43	Юго-западный	Красновокского 20, ОУВД	0,11
44	Юго-западный	Чернышевский б-р 17 стр 1, 2-й этаж БВО	0,09
51	Юго-западный	Свердловская 21А, Префектура Северное Бутово	0,11
27	Южный	Степань интро "Канцареска"	0,09
36	Южный	Автомобильная 10, Префектура	0,09
46	Южный	В-И Дорожный проезд 3	0,1
48	Южный	6-я Радильная, д/ч	0,1
<b>Московская область</b>			
24	Средний	Средний	0,09

Рис. 4. Окно «Отчет»

Программа также позволяет отображать маршрут движения автомобиля радиационной разведки (рис. 5).

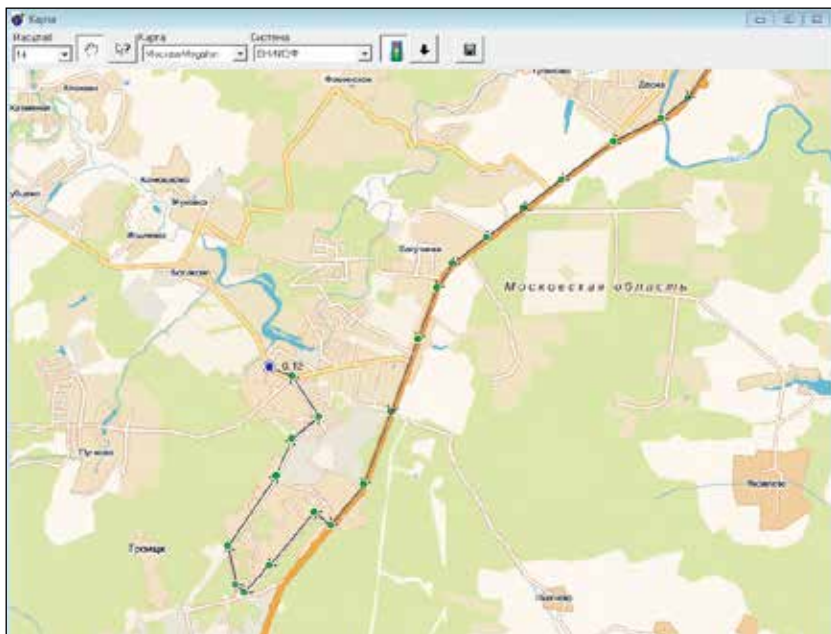


Рис. 5. Маршрут движения автомобиля радиационной разведки

## 2.2. Режим работы «Превышение»

Когда в одной или нескольких точках контроля зарегистрирован уровень радиационного фона выше 0,3 мкЗв/ч (предупредительная уставка) или 0,6 мкЗв/ч (аварийная уставка), система переходит в режим «Превышение» (рис. 6).

В этом режиме в окне управления появляется текст «ВНИМАНИЕ, ПРЕВЫШЕНИЕ», а также открывается окно «Журнал превышений», в которое добавляются новые записи измерений, превышающие какую-либо из заданных уставок (рис. 7).

Для привлечения внимания оператора к возникшей ситуации выдается звуковой сигнал, который может быть отключен выбором соответствующей кнопки «Убрать сигнал». В этом состоянии оператору доступны все операции, описанные выше.

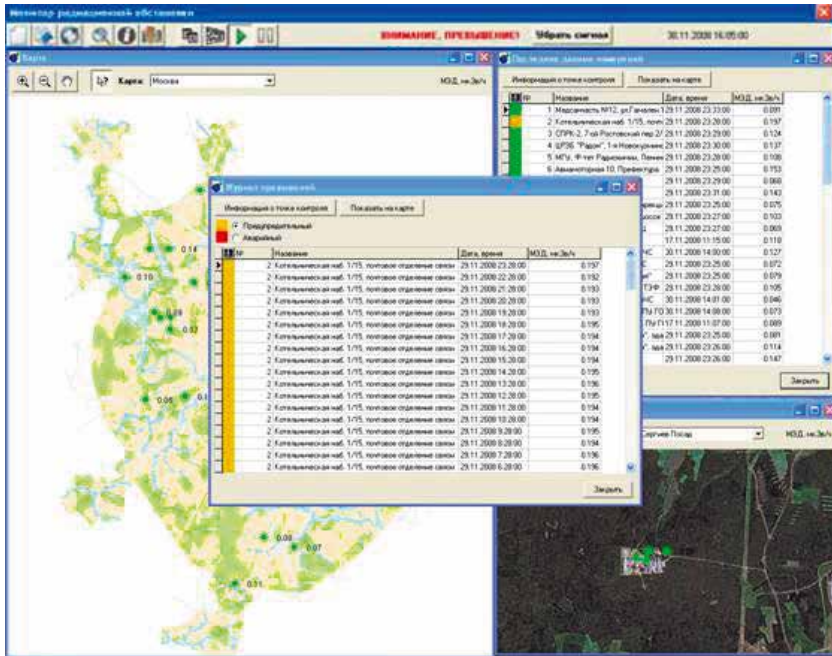


Рис. 6. Окно программы «Мониторинг РО» в состоянии «Превышение»

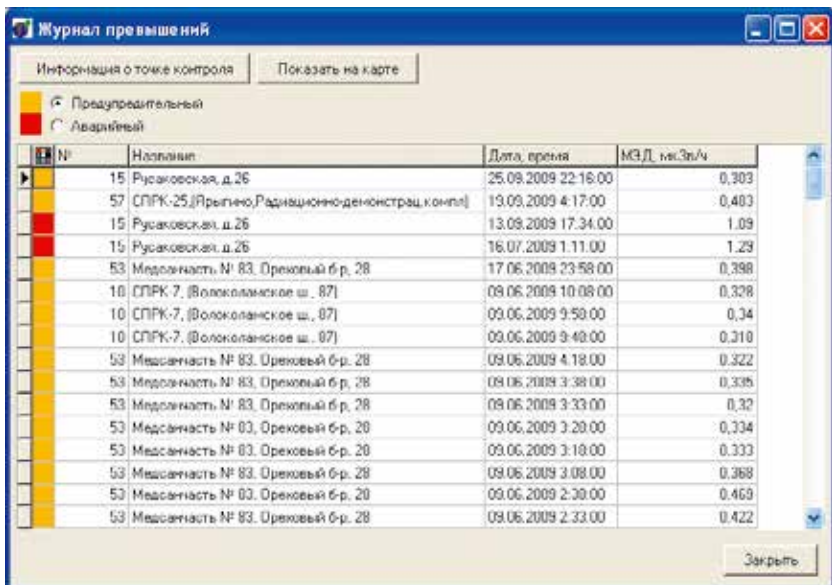


Рис. 7. Окно журнала превышений

### **3. Описание организации информационной базы ТАСКРО**

База АСКРО состоит из 88 таблиц и работает под управлением СУБД Microsoft SQL Server.

Создание базы данных АСКРО производится с помощью средств Microsoft Server Enterprise Manager с использованием эталонной резервной копии базы данных. Для обеспечения надежного функционирования базы данных требуется регулярное обслуживание с созданием резервных копий в соответствии с утвержденным графиком.

# Мониторинг функционирования АСКРО с помощью мобильных устройств

С. Л. Гаврилов, В. П. Киселёв, С. Н. Краснопёров, Е. В. Кудешов,  
С. Ю. Маслов, Н. Н. Сёмин, С. Е. Сиротинский

## 1. Введение

В настоящее время web-GIS-технологии активно используются для создания надежного и наглядного web-интерфейса с целью отслеживания текущей радиационной обстановки в различных регионах России. Разработанное web-приложение «Сервер web-мониторинга» [1] предназначено для дежурного персонала и может работать не только на стационарных компьютерах, но и на мобильных устройствах. Также в статье рассмотрена подсистема оповещения дежурного персонала о любых нештатных ситуациях (НШС) (превышения заданных уставок, сбой в работе систем мониторинга).

## 2. Сервер web-мониторинга

В начале работы с «Сервером web-мониторинга» оператор попадает на страницу авторизации. При корректном вводе данных учетной записи происходит переход на начальную страницу общей статистики данных радиационного мониторинга по всем АСКРО (рис. 1).



Рис. 1. Основное окно мобильного приложения

Для наблюдения доступны три типа АСКРО:

- территориальные АСКРО;
- объектовые АСКРО;
- АСКРО зон наблюдения атомных электростанций (АЭС).

Таблица статистики содержит данные о количестве активных и неактивных постов контроля радиационной обстановки, количестве недостоверных измерений и превышений заданных уставок.

Оператор может перейти от окна статистики к наблюдению радиационной обстановки на общей карте России (рис. 2).

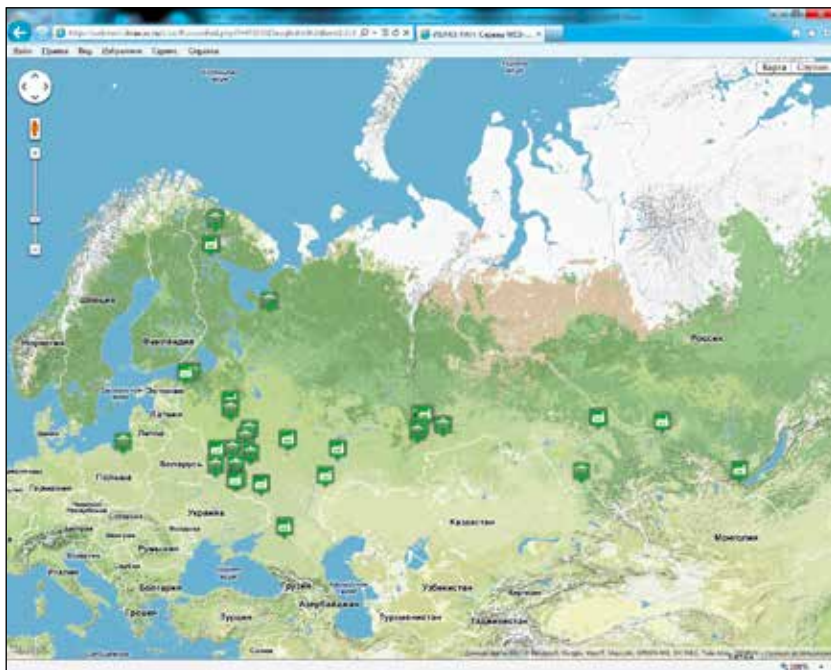


Рис. 2. Сервер web-мониторинга. Все АСКРО на одной карте

В качестве картографической основы использованы карты «Google Maps» и инструментарий «Google Maps API». В окне общего мониторинга доступна лишь общая информация по каждой из локальных систем. Далее оператор может перейти к наблюдению за интересующей его локальной АСКРО. Окно локального мониторинга показано на рис. 3.



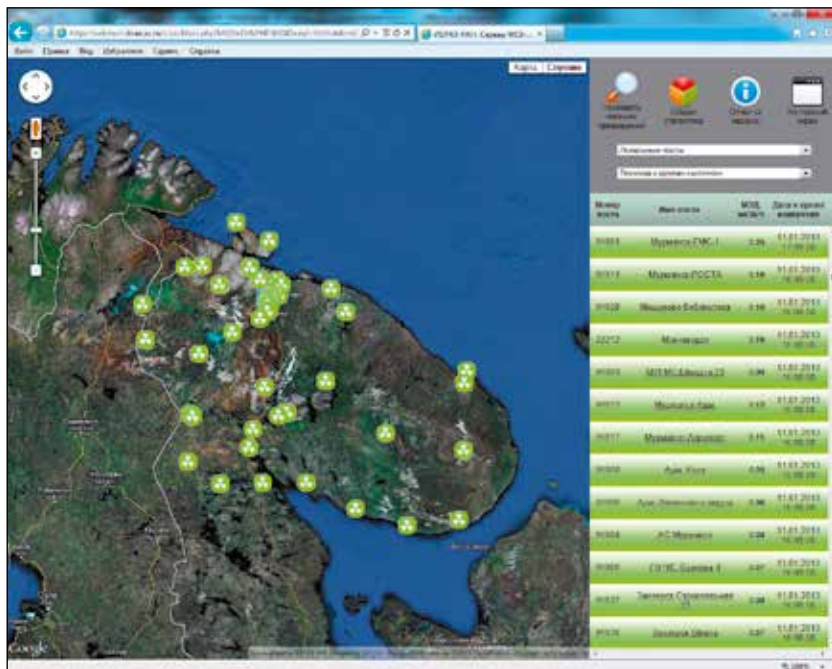


Рис. 3. Сервер web-мониторинга. Локальная АСКРО. Мурманская область

Рассмотрим функциональность данной страницы. Оператор может просматривать список постов контроля радиационной обстановки (ПКРО) с указанием текущих данных в правой панели либо скрыть его и пользоваться только картой. Для разных ситуаций оператор может использовать различные типы карт: «дорожную», «рельефную», «спутниковую». Также возможен просмотр журнала превышений за 24 часа и отчета по всем ПКРО данной системы за последние семь суток. Отчет содержит максимальные значения измерений по каждому ПКРО за каждые сутки. Наконец, оператор может переключиться на наблюдение за другой интересующей его системой, выбрав ее в выпадающем списке в правой панели.

Таким образом, разработанное web-приложение обеспечивает:

- наблюдение за радиационной обстановкой и ее изменениями на общей карте России и на картах локальных АСКРО различных типов;
- отображение отчета за семь суток по всем ПКРО выбранной АСКРО;
- отображение журнала превышений, зафиксированных за последние сутки.



### 3. Программное обеспечение контроля за работой ТАСКРО и автоматизированного оповещения о нештатных ситуациях

Подсистема оповещения информирует дежурный персонал обо всех нештатных ситуациях (НШС), а именно о превышениях заданных уставок в поступающих данных и сбоях в работе отдельных систем мониторинга. Структура подсистемы оповещения показана на рис. 4. Основные свойства подсистемы оповещения:

- круглосуточная работа;
- автоматическое оповещение в случае, если измерения гамма-фона превышают определенную уставку, посредством SMS-сообщений и детальных отчетов по электронной почте.

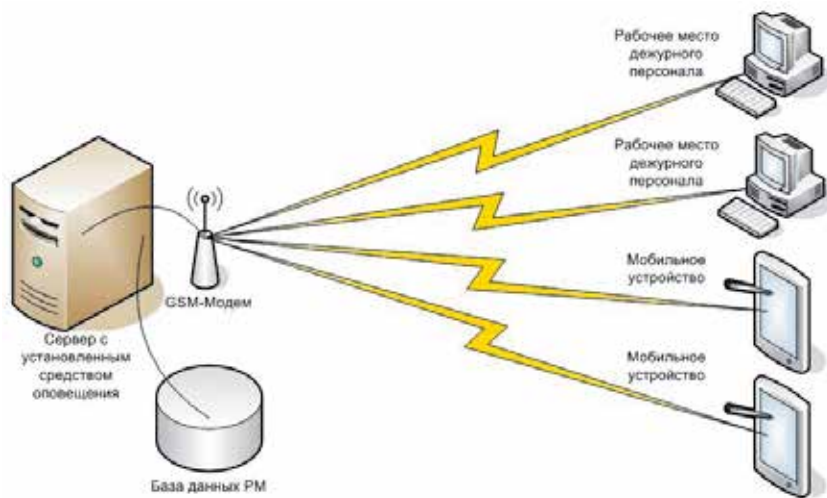


Рис. 4. Схема работы подсистемы оповещения

Контроль за работой системы осуществляет программа оповещения «RobotReporter». Ее интерфейс показан на рис. 5.

В верхней части окна расположен список подключенных к оповещению абонентов. Оператор может редактировать его, добавляя новых абонентов или изменяя существующую информацию. На вкладке «Настройки оповещения» оператор выставляет адрес COM-порта, на котором работает GSM-модем, период выборки информации и период автоматического опроса базы данных. После проверки всех настроек он запускает процедуру автоматического оповещения, которая работает с периодом, заданным в настройках. В списке НШС отображены все НШС за выбранный период. Если

НШС отсутствует в фильтре по ПКРО и в фильтре по АСКРО, то запускается процесс оповещения абонентов. Если ранее обнаруженная НШС устранена, то абоненты также оповещаются об этом. На рис. 6 изображен пример e-mail-отчета об устранении НШС.

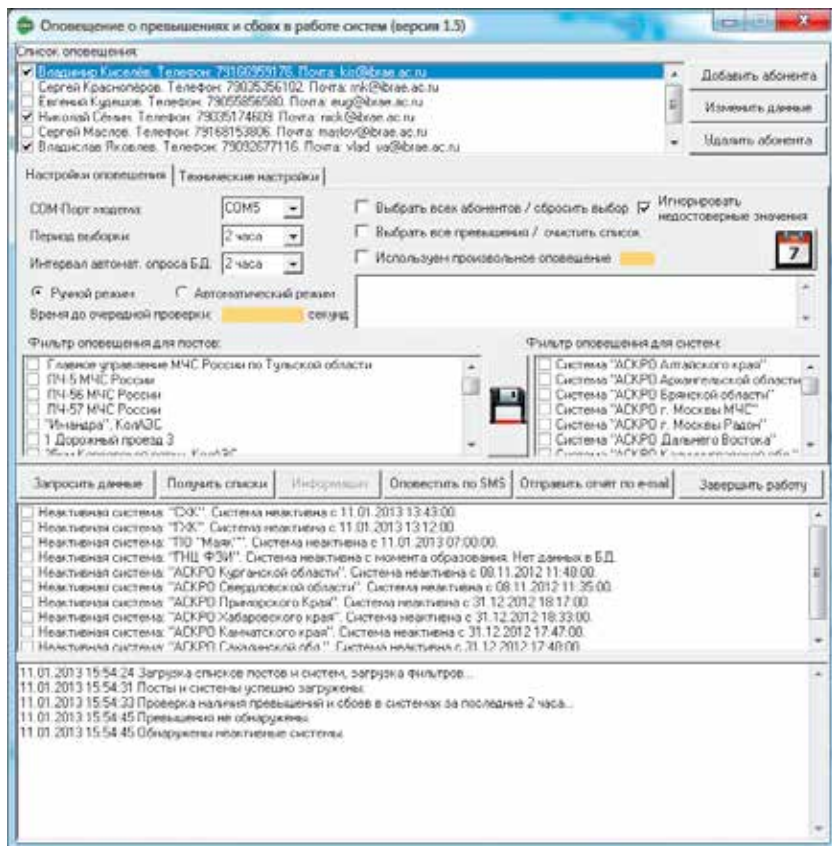


Рис. 5. Интерфейс программы «RobotReporter»

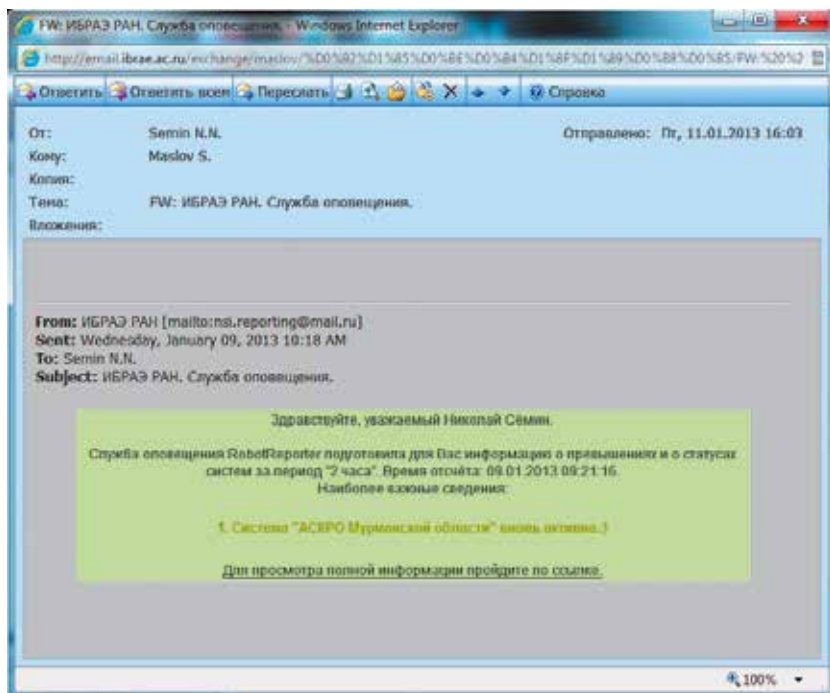


Рис. 6. Детальный e-mail-отчет

Заметим, что информация обо всех НШС поступает сначала дежурному персоналу. При работе в ручном режиме оператор устанавливает причину каждой НШС и, если необходимо, запускает процедуру оповещения по заранее заданному списку абонентов. По завершении оповещения все абоненты получают короткие сообщения на мобильные телефоны и подробные отчеты по электронной почте. E-mail-отчет позволяет пользователю просматривать всю важную информацию, в том числе с помощью «Сервера web-мониторинга». Доступ к серверу осуществляется при выборе гиперссылки в нижней части отчета. После авторизации пользователь может видеть полную информацию обо всех НШС за выбранный в настройках оповещения период (рис. 7).

Также информацию о НШС в работе системы присылают службе приема-передачи данных (рис. 8). Уведомления посылаются в случаях:

- ошибки в работе службы приема-передачи данных;
- ошибки при работе с сервером MS SQL;
- ошибки при приеме-передаче данных с почтового сервера;
- отсутствия новых данных в системе.

Система мониторинга	Статус системы
Рентгенрассвет АЭС	Система не работает с 09.01.2012 08:00:00
СМ	Система не работает с 09.01.2012 06:59:00
ГМ	Система не работает с 09.01.2012 07:00:00
РО-Завис	Система не работает с 09.01.2012 07:00:00
СМ-Завис	Система не работает с ...
АСКРО Курганской области	Система не работает с 08.11.2012 11:40:00
АСКРО Свердловской области	Система не работает с 08.11.2012 11:35:00
АСКРО Приморского края	Система не работает с 31.12.2012 18:17:00
АСКРО Хабаровского края	Система не работает с 31.12.2012 18:33:00
АСКРО Камчатского края	Система не работает с 31.12.2012 17:47:00
АСКРО Сахалинской обл.	Система не работает с 31.12.2012 17:40:00

Рис. 7. Отчет о нештатных ситуациях

**Настройка уведомлений об ошибках**

Настройка уведомлений этой программы

- Отправлять уведомления
- Отправлять список состояний
- Ошибки службы: 120 мин

Настройка уведомлений службы

- Отправлять уведомления
- Отправлять список состояний
- Ошибки службы: 120 мин
- Ошибки MS SQL сервера: 11 мин
- Ошибки POP3/FTP сервера: 11 мин
- Нет новых данных для: 11 канал.
- Нет новых данных поставщика
- Нет сохранения данных для: 11 измер.
- Нет сохранения данных поставщика

Сервер SMTP: smtp.ibrae.ru

Порт SMTP: 25

eMail получателя: operatoRD@ibrae.ru

eMail отправителя: tascro@ibrae.ru

Subject (Тема): сбой в работе

Кнопки: Проверить, Применить, Отменить

Рис. 8. Пример настройки уведомлений об ошибках в работе программы приема-передачи данных

Пример такого сообщения приведен ниже:

ErsKursk; ErsRDEx; 2.2.50

25.12.2012 21:22:57 Ошибки работы 60 мин.

Последнее извлечение 25 дек (вторник) 2012г. 21:15

Последняя отправка 25 дек (вторник) 2012г. 21:16

Запуск программы (версия 2.2.50) – 28.11.2012 17:16:05

MS SQL сервер подключен(список станций проверен) – 06.12.2012 16:15:00

FTP: ErsRussia подключение – подключен2 – 28.11.2012 17:16:16

FTP: ErsRussia отправка – RU20121225171603Z\_Kursk.EUR переправлен на сервер – 25.12.2012 21:16:09

Станция 46060101/1/274 – записей 6 записано в файл: RU20121225171603Z\_Kursk.EUR – 25.12.2012 21:16:05

Станция 46060102/1/275 – величина 14,5; время 25.12.2012 21:01:00; буфер 1; вывод 13/15 мин. – 25.12.2012 21:22:10

Параметры уведомления загружены (Ош.службы 60 мин, Ош.отправки 120 мин, Нет данных 100 ст., список состояний) – 28.11.2012 17:16:20

Станция 46060103/1/276 – величина 13,6; время 25.12.2012 21:01:00; буфер 1; вывод 13/15 мин. – 25.12.2012 21:22:10

Станция 46060104/1/277 – записей 2 записано в файл: RU20121225171603Z\_Kursk.EUR – 25.12.2012 21:16:05

Станция 46060105/1/278 – записей 6 записано в файл: RU20121225171603Z\_Kursk.EUR – 25.12.2012 21:16:05

## **Литература**

1. Гаврилов С. Л., Киселёв В. П., Краснощёров С. Н. и др. Представление данных радиационного мониторинга с использованием web-GIS технологий, в том числе на мобильных устройствах и портативных компьютерах // АНРИ. — 2013. — № 2. — В печати.

# **Разработка и создание автоматизированных систем контроля радиационной обстановки на ядерно и радиационно опасных объектах**

*Р. В. Арутюнян, С. А. Богатов, С. Л. Гаврилов, В. Н. Долгов, М. Е. Егорова, В. П. Киселёв, А. С. Клемин, А. Н. Князев, А. В. Коноплёв, Б. В. Одинов, И. А. Осипьянц, А. Е. Пименов, С. А. Шикин (ИБРАЭ РАН), К. Н. Нурлыбаев (ООО «НПП “Доза”»)*

## **1. Введение**

С 1999 г. в ИБРАЭ РАН разрабатываются и создаются автоматизированные системы радиационного контроля на ядерно и радиационно опасных объектах. Ряд систем был создан в Мурманской области, где ведутся широко-масштабные работы по комплексной утилизации выведенных из эксплуатации судов российского атомного флота и экологической реабилитации загрязненных территорий и акваторий (рис. 1). В результате этой деятельности территория области может быть подвержена существенному техногенному воздействию.



Рис. 1. Потенциально опасные объекты Мурманской области

Аналогичная ситуация сложилась и в Архангельской области, где работы по утилизации и ремонту АПЛ ведутся на крупнейших в стране предприятиях

ПО «Севмаш» и ЦС «Звездочка» (рис. 2). На этих предприятиях также были созданы автоматизированные системы контроля радиационной обстановки. Кроме того были созданы объектовые системы на подведомственных Госкорпорации «Росатом» ГНЦ «Научно-исследовательский институт атомных реакторов» (НИИАР) и РФЯЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» (ВНИИЭФ).

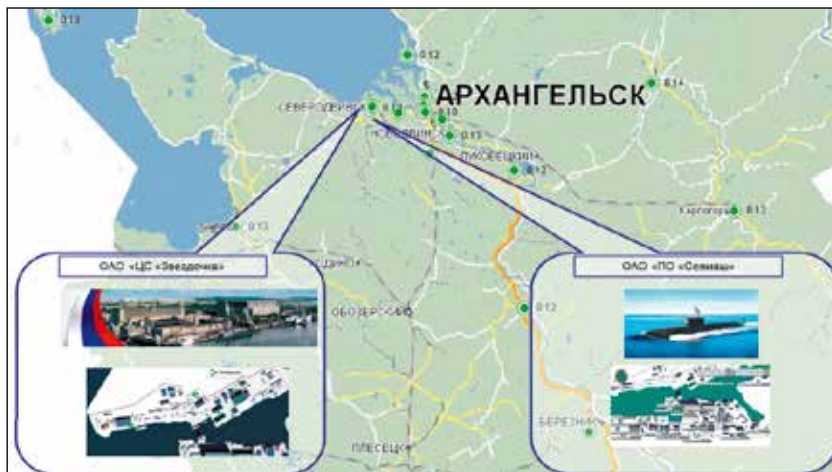


Рис. 2. Потенциально опасные объекты Архангельской области

## 2. Назначение объектовых систем АСКРО

Основным назначением объектовой АСКРО является раннее обнаружение изменений радиационной обстановки на территории промплощадки, санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и зоны наблюдения (ЗН) с целью обеспечения руководства предприятия информацией для принятия адекватных решений.

Система АСКРО предназначена для решения следующих основных задач:

- осуществление непрерывного автоматизированного контроля радиационной обстановки на территории (акватории) СЗЗ, ЗН и промплощадки;
- осуществление непрерывного автоматизированного контроля отдельных параметров метеорологической обстановки на территории (акватории) СЗЗ, ЗН и промплощадки;
- обеспечение сбора и оперативной передачи данных с возможностями диагностики состояния элементов системы;
- обработка, хранение и представление оперативных данных с использованием технологий геоинформационных систем;



- автоматическая сигнализация при переходе любого контролируемого параметра за уставку аварийной или предупредительной сигнализации;
- обеспечение заинтересованных лиц внутри предприятия и за его пределами данными радиационного контроля в установленном порядке;
- осуществление информационного обмена с действующими и вводимыми в действие региональными, ведомственными и государственными подсистемами ЕГАСКРО, ведомственными кризисными центрами, а также с другими информационно-измерительными системами в области радиационного контроля в установленном порядке.

Объектовая АСКРО обеспечивает поддержание готовности к работе, сохранение работоспособности и устойчивую работу в следующих режимах:

- повседневной деятельности (нормальная радиационная обстановка, отсутствие нарушений технологических регламентов радиационно опасных работ);
- повышенной готовности (ухудшение радиационной обстановки и/или получение прогноза о возможном возникновении радиационной аварии);
- чрезвычайной ситуации (возникновение радиационных аварий или аварийных ситуаций на контролируемых объектах и во время ликвидации последствий чрезвычайной ситуации).

Основным режимом функционирования АСКРО является режим повседневной деятельности. Смена режима функционирования производится на основании анализа радиационной обстановки и прогноза ее изменения автоматически при достижении отдельными радиационными параметрами установленных контрольных уровней или по команде оператора. Изменение режима функционирования системы обеспечивается изменением параметров функционирования измерительных подсистем, сетей передачи данных и регламентов обработки информации, а также может сопровождаться проведением организационных мероприятий по обеспечению бесперебойного функционирования системы.

Типовой перечень контролируемых параметров, диапазон и погрешность их измерения приведены в табл. 1.

**Таблица 1. Перечень основных контролируемых параметров АСКРО**

Контролируемый параметр	Единица измерения	Диапазон измерений
Мощность эквивалентной дозы гамма-облучения	мкЗв/ч	$(0,1—10^7) \pm 25\%$
Объемная активность очищенной воды, сливаемой в систему канализации	Бк/м <sup>3</sup>	$1,5 \cdot 10^3 — 10^6 \pm (10—50)\%$



Табл. 1 (окончание)

Контролируемый параметр	Единица измерения	Диапазон измерений
Объемная активность морской воды в акватории предприятия	Бк/м <sup>3</sup>	$1,5 \cdot 10^3 — 10^6 \pm (10—50)\%$
Альфа- и бета-активность воздуха в вентиляционных системах	Бк/м <sup>3</sup>	Для альфа-излучателей $10^{-2}—10^5$ , для бета-излучателей $10^{-1}—10^6$
Параметры метеоусловий:		
скорость ветра	м/с	$(0—50) \pm 2\%$
направление ветра	град	$(0—360) \pm 5^\circ$
температура воздуха	°С	$(-40—50) \pm 0,5^\circ\text{C}$
влажность воздуха	%	$(0—100) \pm 5\%$
атмосферное давление	гПа	$(800—1100) \pm 0,5$ гПа

### 3. Аппаратное обеспечение АСКРО

Современные системы АСКРО строятся в соответствии с так называемой концепцией распределенного интеллекта. Она подразумевает, что вся первичная обработка информации (преобразование скорости счета в физическую величину, сравнение с заданными уставками, диагностика основных неисправностей и т. д.) осуществляется непосредственно в точке проведения измерений. Для этого используются так называемые интеллектуальные контроллеры, представляющие собой микропроцессоры со специализированной микропрограммой, зашитой во встроенную энергонезависимую память. Такие контроллеры встроены непосредственно в корпус блока детектирования либо представляют собой отдельный блок, установленный в непосредственной близости от него. На выходе контроллера для связи с системой передачи данных АСКРО, как правило, используется стандартный компьютерный интерфейс. Наиболее распространен последовательный интерфейс RS-485, позволяющий осуществлять передачу данных на расстояние до 1,2 км. Для информационного обмена обычно применяют стандартные унифицированные протоколы. В созданных в ИБРАЭ РАН системах для обмена данными применяются протоколы DiBus и Modbus. Данные с контроллеров собираются на компьютерах-концентраторах, включенных в локальную вычислительную сеть АСКРО. В качестве компьютеров-концентраторов применяются промышленные персональные компьютеры (ППК, например, Аxiomtech e-BOX 746-FL, DMP e-BOX 4300 JSK) или специализированные блоки обработки и передачи данных (например,

БОП-1М производства НПП «Доза»). Передача данных по локальной сети осуществляется с помощью стандартных сетевых транспортных протоколов (в наших системах, как правило, UDP). Все данные, приходящие с контроллеров и концентраторов, собираются на сервере АСКРО и хранятся в базе данных (в наших системах, как правило, MS SQL). Отображаются результаты измерений на сервере и на любых рабочих станциях, включенных в локальную сеть. Обобщенная структурная схема АСКРО приведена на рис. 3. Для организации локальной сети АСКРО могут применяться как медные (витая пара) и волоконно-оптические линии связи, так и беспроводные решения (Wi-Fi и др.).

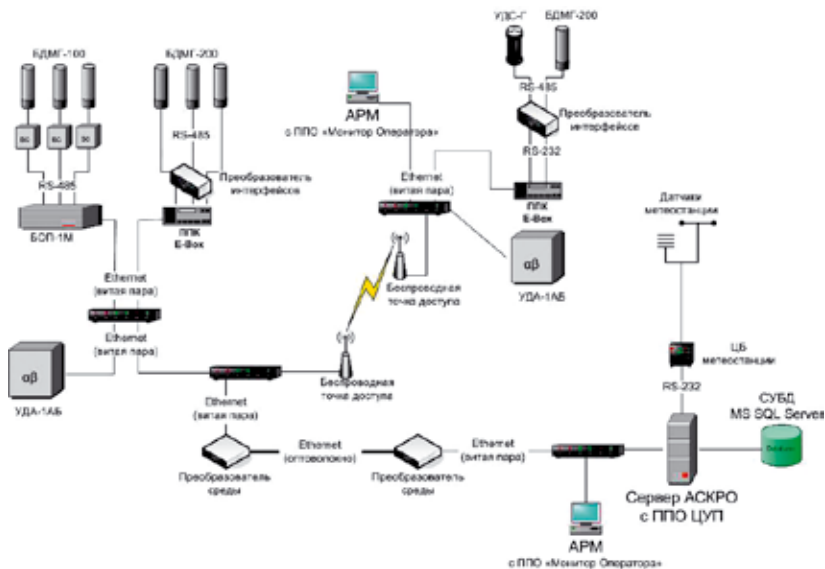


Рис. 3. Обобщенная структурная схема АСКРО

В качестве измерительного оборудования в созданных нами системах применялись серийно выпускаемые и включенные в государственный реестр средств измерений блоки детектирования:

- для регистрации мощности гамма-излучения:
  - БДМГ-08 (-03,-04,-05) производства Пятигорского завода «Импульс» (до 2004 г.);
  - БДМГ-100 и БДМГ-200 производства НПП «Доза» (до 2008 г.);
  - ДБГ-С11Д производства НПП «Доза» (с 2008 г.);
- для гамма-спектрометрического контроля воды — установки на базе устройства детектирования УДС-Г производства НПП «Аспект»;
- для контроля радиоактивности воздуха установки УДА-1АБ, УДГ-01, ПВС-01 и «Бриз» производства НПП «Доза».

## 4. Программное обеспечение объектов АСКРО

Программное обеспечение (ПО) современных АСКРО — одна из ключевых частей системы. Оно состоит из стандартного лицензионного ПО (операционные системы, базы данных и т. д.) и специализированного прикладного программного обеспечения (ППО).

Программы, входящие в общий комплекс ППО системы, выполняют следующие основные функции:

- управление работой блоков детектирования (включают и выключают накопление данных, задают времена экспозиции, переключают режимы работы и преобразуют скорости счета в физические величины);
- сбор и передачу данных, их предварительный анализ, запись и хранение в базе данных;
- отображение измеренных данных в наглядном и удобном для пользователя виде;
- конфигурирование и настройку оборудования системы.

Обобщенная структура прикладного программного обеспечения, разработанного в ИБРАЭ РАН, представлена на рис. 4.

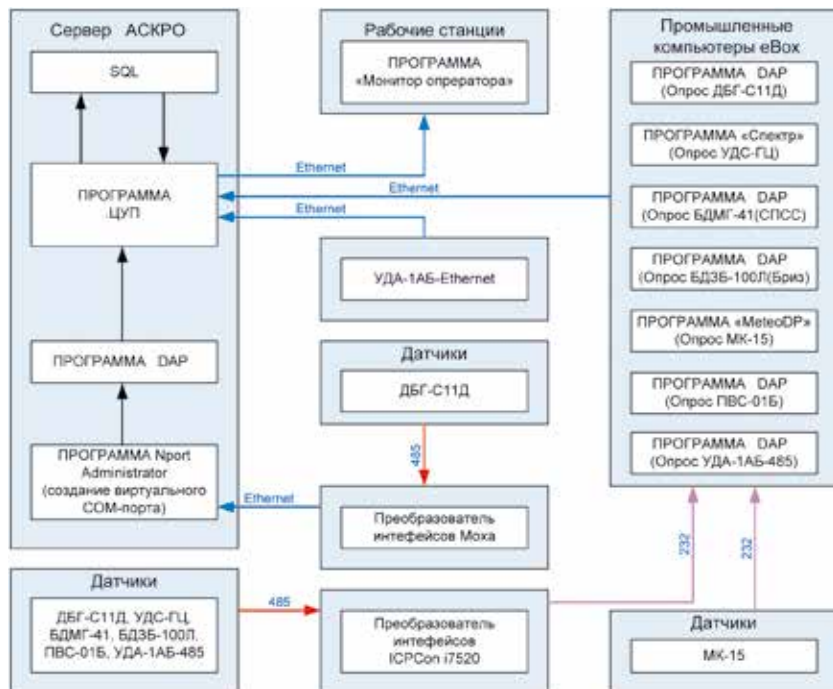


Рис. 4. Структура программного обеспечения системы

Система работает следующим образом. Блоками детектирования управляют микропрограммы, установленные непосредственно в контроллерах. Контроллер может конструктивно находиться непосредственно внутри корпуса блока детектирования (например, ДБГ-С11Д) или на небольшом расстоянии от него (например, блок сопряжения БС-11 совместно с блоком БДМГ-100). Эти микропрограммы позволяют проводить измерение цикл за циклом, преобразовывать измеренную скорость счета импульсов в величину мощности дозы и передавать текущие значения мощности дозы по последовательным интерфейсам связи (RS-232, RS-485) в вышестоящую программу DAP (Data acquisition&processing). На рис. 5 показано основное окно программы DAP. Опрашивается один блок детектирования ДБГ-С11Д.

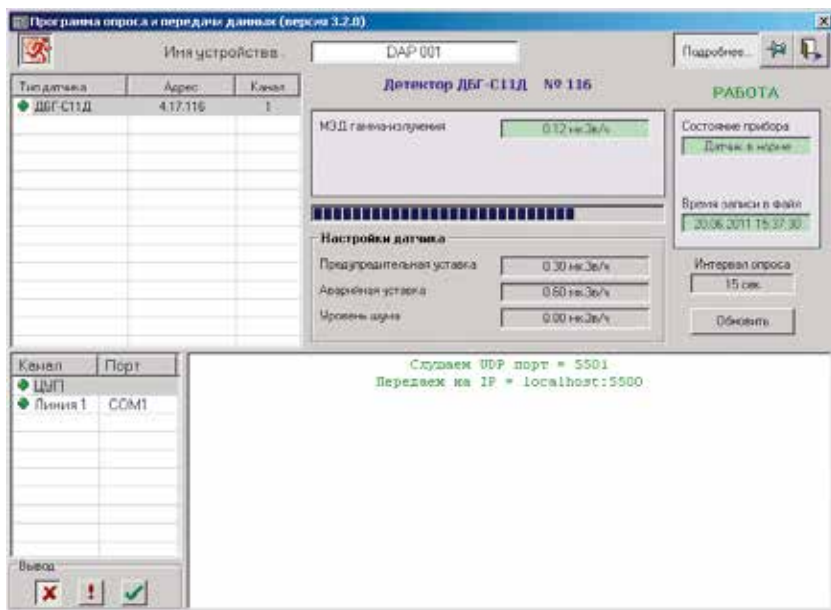


Рис. 5. Основное окно программы DAP

Программа DAP функционирует в промышленных персональных компьютерах типа e-BOX и управляет работой всех подключенных к нему контроллеров блоков детектирования:

- УДМГ-100;
- БДМГ-200;
- ПВС01Б;
- ДБГ-С11Д;
- БДЗБ-100 (в составе установки «Бриз») и многих других.

Программа DAP позволяет задавать все необходимые параметры измерений и вести измерения, передает данные в «Центральную управляющую программу» (ЦУП) — ядро всей системы.

В случае использования вместо ППК блока обработки и передачи данных БОП-1М те же функции выполняет программа MP-2, установленная в нем. Блок БОП-1М, как правило, применяется при более жестких условиях эксплуатации, чем ППК.

Установка контроля радиоактивных аэрозолей в воздухе УДА-1АБ подключается к системе аналогично блокам БОП-1М.

Для управления контроллером спектрометра водной среды на базе устройства детектирования УДС-Г была разработана программа «Спектр». Она устанавливается на промышленном персональном компьютере, к которому подключено устройство детектирования УДС-Г посредством последовательного интерфейса RS-485. Эта программа позволяет считывать энергетические спектры из встроенного контроллера УДС-Г, обрабатывать их и передавать результаты обработки в вышестоящую программу ЦУП.

Работой автоматической метеостанции (МК-15) также управляет специально разработанная программа «DAP-метео», которая пересылает данные в ЦУП.

**«Центральная управляющая программа»** является ядром АСКРО и основным инструментом сотрудников отдела радиационной безопасности предприятия. ЦУП позволяет осуществлять комплексное администрирование, оценивать состояние и работоспособность всех элементов и системы АСКРО в целом.

ЦУП обеспечивает получение показаний со всех узлов и блоков детектирования АСКРО, ведение базы данных, рассылку необходимых сведений в программу визуализации «Монитор оператора» и предоставление оперативной информации о составе оборудования и текущем состоянии АСКРО. Также с помощью ЦУП может производиться настройка базы данных, конфигурирование и изменение состава оборудования.

Возможности, предоставляемые ЦУП:

- конфигурирование системы (добавление типов датчиков, добавление и удаление БОП, DAP и датчиков);
- настройка и изменение аварийных и предупредительных уставок;
- просмотр текущих значений и состояния датчиков и устройств связи в табличном виде;
- изменение списка пользователей.

Пример пользовательского интерфейса оператора ЦУП представлен на рис. 6.

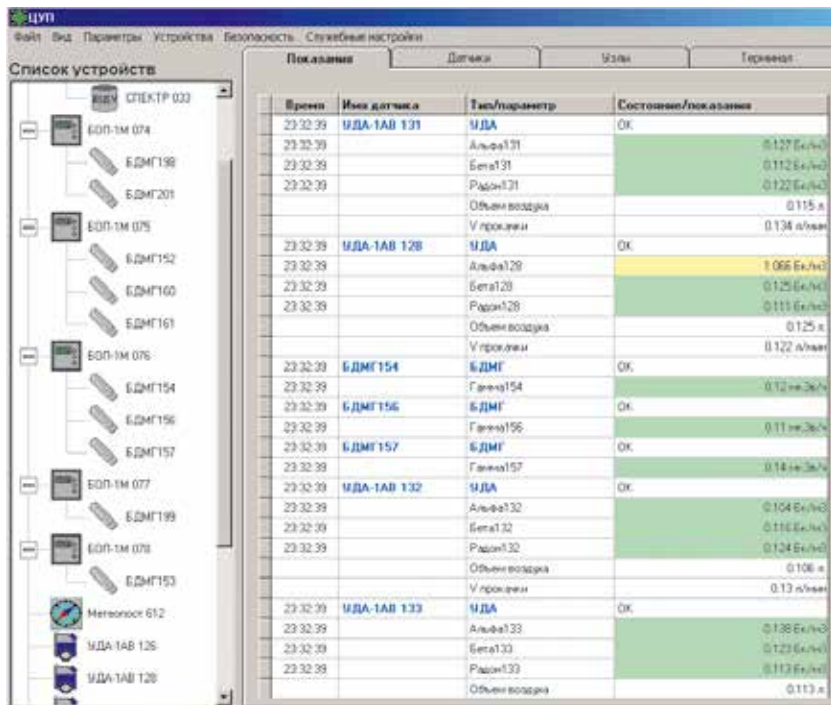


Рис. 6. Пример экранной копии интерфейса оператора ЦУП

**Программа «Монитор оператора» (МО)** предназначена для визуализации текущих показаний датчиков и просмотра истории наблюдения. Она является одним из основных инструментов сотрудников отдела радиационной безопасности предприятия. МО также может использоваться службами эксплуатации для наблюдения за состоянием приборов и фиксирования диагностических сообщений, требующих вмешательства оператора. Кроме того, эта программа полезна для руководства предприятия при необходимости оценки радиационной обстановки в целом.

МО имеет гибкий настраиваемый графический интерфейс, позволяющий мгновенно оценить радиационную обстановку и допускающий множество вариантов отображения информации.

В случае возникновения нештатной ситуации (превышения предельных значений параметров, несанкционированного отключения датчиков или узлов системы) соответствующее визуальное оповещение может сопровождаться звуковым сигналом, привлекающим внимание оператора.

Пользователь имеет возможность просматривать следующие объекты:

- карты и планы с условными изображениями датчиков и групп параметров, цветовая индикация которых меняется в зависимости от радиационной обстановки в режиме реального времени;
- текущие показания в режиме реального времени:
  - значения параметров;
  - оперативные тренды;
  - значения, превышающие предельные показатели;
  - гистограммы для параметров;
- информацию, сохраненную в базе данных:
  - списки и графики аварий за любой период;
  - графики значений параметров за пять дней, год и 10 лет;
  - состав оборудования системы.

МО может быть настроен индивидуально в зависимости от потребностей конкретного пользователя.

Пример основного окна интерфейса МО представлен на рис. 7.



Рис. 7. Основное окно программы «Монитор оператора»

#### **4. История создания объектовых систем**

Первая объектовая система радиационного контроля, созданная ИБРАЭ РАН, была развернута на ФГУП «Атомфлот» и предназначена для обеспечения радиационной безопасности при эксплуатации площадки временного хранения отработавшего ядерного топлива атомных подводных лодок ВМФ.

Она была создана в рамках международной программы «АМЕС» (Arctic Military Environmental Cooperation).

Система включает в себя 8 постов контроля мощности дозы гамма-излучения, 2 установки контроля радиоактивного загрязнения воздуха на промплощадке, 3 установки контроля альфа- и бета-радиоактивных аэрозолей в вентиляционных системах, установку контроля радиоактивного загрязнения очищенных сбросных вод и автоматическую метеостанцию. Программное обеспечение для сбора и передачи данных в системе радиационного мониторинга было разработано в ИБРАЭ РАН. Программное обеспечение для визуализации результатов «Picasso-АМЕС», разработанное в Норвежском институте энерготехнологий (город Халден), было предоставлено норвежской стороной и адаптировано специалистами ИБРАЭ РАН. Работы по созданию системы были завершены в сентябре 2003 г., а в апреле 2004 г. система была принята в эксплуатацию.

Другим проектом, осуществленным в рамках направления «Радиационный контроль на объектах утилизации» программы АМЕС, было создание системы радиационного контроля на ФГУП «10 СРЗ» Министерства обороны России, расположенном в городе Полярном Мурманской области и участвующем в программе утилизации атомных подводных лодок. Эта система включает 12 точек контроля мощности дозы гамма-излучения (рис. 8а), одну установку контроля альфа- и бета-радиоактивных аэрозолей в спецвентиляции, установку контроля радиоактивного загрязнения очищенных сбросных вод (рис. 8б) и автоматическую метеостанцию. Программное обеспечение системы было аналогично системе на ФГУП «Атомфлот». Она была принята в эксплуатацию в ноябре 2005 г.



а



б

Рис. 8. Блок детектирования мощности дозы гамма-излучения БДМГ-100 (а) и установка контроля объемной активности воды РСКВ-1 (б) на ФГУП «10 СРЗ»



В 2005—2006 гг. на ФГУП «Атомфлот» проводилась реконструкция здания № 5 для создания долговременного хранилища неперерабатываемого и поврежденного ядерного топлива ледокольного флота. Для обеспечения радиационной безопасности была спроектирована и создана система радиационного контроля. Проект выполнен ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский и проектный институт энергетической техники» при участии ИБРАЭ РАН. Реализация системы осуществлена силами ИБРАЭ РАН совместно с НПП «Доза» и ООО «ТехноЦентр сервис». Система включает 7 блоков детектирования мощности дозы гамма-излучения БДМГ-100 (рис. 9а), 8 установок контроля радиоактивных аэрозолей в воздухе производственных помещений и в вентиляции УДА-1АБ, 5 установок контроля радиоактивности благородных газов в вентиляции и в помещениях УДГ-01 и установку контроля параметров выбросов через вентиляционную трубу УППВМ.



*а*



*б*

Рис. 9. Блок детектирования мощности дозы гамма-излучения БДМГ-100 (*а*) и установки контроля объемной активности аэрозолей воздуха УДА-1АБ (*б*) в здании 5 на ФГУП «Атомфлот»

Для повышения уровня радиационной безопасности на предприятии в 2008—2011 гг. в рамках федеральной целевой программы были проведены работы по модернизации системы радиационного контроля на ФГУП «Атомфлот». Этот проект существенно увеличил количество точек контроля радиационной обстановки в технологических помещениях, на территории

предприятия и в зоне наблюдения. Так, в здании ремонтно-технологического комплекса (РТК), на участках проведения работ размещены 14 датчиков измерения мощности дозы гамма-излучения, в здании переключения сетей — 1 датчик. В здании хранилища твердых отходов установлены 8 аналогичных датчиков и 1 установка измерения объемной активности радиоактивных аэрозолей в вентиляционной системе установки сжигания.

В здании сооружения контроля сточных вод предприятия в процессе модернизации погружной блок детектирования, используемый для контроля воды, сливаемой в залив, заменен на спектральную установку РСКВ-01.

При модернизации системы радиационного контроля количество блоков детектирования мощности дозы гамма-излучения возросло до 33. В качестве блоков детектирования используются устройства БДМГ-41 и УДМГ-100.

Модернизированная система радиационного контроля ФГУП «Атомфлот» объединила все существующие на предприятии системы радиационного контроля в единую автоматизированную систему с общим сервером и единым программным обеспечением. В систему также поступает информация с контрольных точек, расположенных в санитарно-защитной зоне предприятия (Мишуково, общежитие «Атомфлот», офис «СевРАО»). Результаты измерений от удаленных точек на территории предприятия и с точек контроля в санитарно-защитной зоне (рис. 10) передаются в систему по радио- и GPRS-каналам с использованием специального программного обеспечения.

С 2005 по 2008 гг. в рамках международного проекта «Усовершенствование системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования Мурманской области» были разработаны и созданы (или расширены) еще четыре объектовые системы автоматизированного контроля радиационной обстановки: на ФГУП «СРЗ “Нерпа”», в окрестностях Филиала № 1 ФГУП «СевРАО» (Заозерск), в Филиале № 2 ФГУП «СевРАО» (поселок Гремиха) и в пункте временного хранения реакторных отсеков в Филиале № 3 ФГУП «СевРАО» (Сайда-губа).

С 2007 по 2008 гг. в рамках международных проектов при участии ИБРАЭ РАН были разработаны и созданы (или расширены) объектовые системы автоматизированного контроля радиационной обстановки на технической территории Филиала № 1 ФГУП «СевРАО» (губа Андреева) и в пункте длительного хранения реакторных отсеков в Филиале № 3 ФГУП «СевРАО» (Сайда-губа).

С 2008 по 2011 гг. в рамках международного проекта «Усовершенствование системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования Архангельской области» были разработаны и созданы еще две объектовые системы автоматизированного контроля радиационной обстановки: на ОАО «Севмаш» и ОАО «ЦС “Звездочка”».

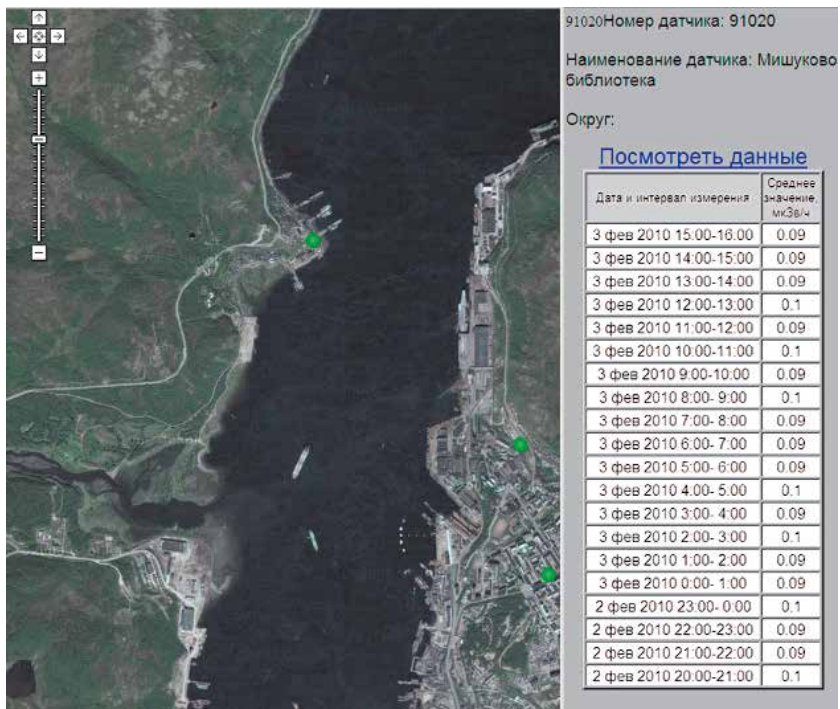


Рис. 10. Информация с точек контроля в санитарно-защитной зоне ФГУП «Атомфлот»

В табл. 2 приведена краткая информация об объектовых системах радиационного контроля, разработанных и созданных силами ИБРАЭ РАН в Мурманской, Архангельской и ряде других областей с 2000 по 2010 гг.

**Таблица 2. Перечень и краткие характеристики объектовых систем радиационного контроля, созданных ИБРАЭ РАН в период с 2000 по 2010 гг.**

Расположение систем АСКРО	Контролируемый объект	Сроки реализации	Количество точек контроля	Источник финансирования
ФГУП «Атомфлот»	Накопительная площадка временного хранения отработавшего ядерного топлива	2002—2004 гг.	15	Программа АМЕС
ФГУП «Атомфлот»	Хранилище ОЯТ КТ (здание № 5)	2004 г.	20	Программа «Глобальное партнерство» при финансовой помощи со стороны правительства Великобритании

Табл. 2 (окончание)

Расположение систем АСКРО	Контролируемый объект	Сроки реализации	Количество точек контроля	Источник финансирования
ФГУП «Атомфлот»	РТК, промплощадка	2008—2011 гг.	33	Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года»
ФГУП «СРЗ “Нерпа”»	Промплощадка	2005—2008 гг.	35	Международный проект «Усовершенствование системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования Мурманской области», Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР)
Филиал № 1 ФГУП «СевРАО»	Окрестности филиала, Заозерск	2005—2008 гг.	4	То же
Филиал № 2 ФГУП «СевРАО»	Промплощадка (расширение системы)	2005—2008 гг.	10	»
Филиал № 3 ФГУП «СевРАО»	Временное хранилище реакторных отсеков	2005—2008 гг.	8	»
Филиал № 1 ФГУП «СевРАО»	Промплощадка (расширение системы)	2007—2008 гг.	23	Министерство торговли и промышленности Великобритании (через NUKEM)
Филиал № 3 ФГУП «СевРАО»	Долговременное хранилище реакторных отсеков	2007—2008 гг.	43	Министерство труда Германии (через «Energiewerke Nord GmbH»)
ОАО «ЦС “Звездочка”»	Промплощадка, санитарно-защитная зона	2008—2010 гг.	19	Международный проект «Усовершенствование системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования Архангельской области», ЕБРР
ОАО «ПО “Севмаш”»	Промплощадка, санитарно-защитная зона	2008—2010 гг.	34	То же
ИАЦ ОАО «ГНЦ НИИАР»	Санитарно-защитная зона, зона наблюдения	2010 г.	10	Росатом
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»	Санитарно-защитная зона, зона наблюдения	2010 г.	10	Росатом

# **Развитие существующих систем АСКРО в концепции «гибридного» мониторинга**

*С. А. Богатов, А. А. Киселёв, А. Е. Пименов, А. М. Шведов*

## **1. Предпосылки для модернизации и развития существующих систем АСКРО**

При оценках необходимости модернизации и развития АСКРО необходимо принимать во внимание демографические, экологические и экономические критерии.

Демографические критерии определяются в СанПиН 2.6.1.07-03 [1], в соответствии с которыми число стационарных постов в зоне наблюдения зависит от численности населения. В населенном пункте предусматривается установка: не менее 1 поста — при населении до 50 тыс. жителей, 2 постов — 100 тыс., 2—3 постов — 200—300 тыс., 3—5 постов — 200—500 тыс., 5—10 постов — более 500 тыс. жителей, 10—20 стационарных и маршрутных постов — при населении более 1 млн жителей.

Следует отметить, что данные критерии в настоящее время выполняются практически везде, где расположены объекты Госкорпорации «Росатом». Однако формальное определение количества постов по данному критерию едва ли приемлемо по экологическим и экономическим соображениям, особенно для небольших населенных пунктов рядом с радиационно опасными объектами (РОО). С одной стороны, эксплуатация и обслуживание даже одного стационарного поста контроля (ПК) требует довольно больших затрат и наличия квалифицированного персонала, с другой — показания отдельного ПК, как правило, мало репрезентативны. Ниже этот вопрос рассматривается подробнее, но упомянутые обстоятельства не могут служить оправданием для отказа от контроля вообще.

В соответствии с [2] в случае аварий технические средства радиационного контроля должны гарантированно обеспечить обнаружение радиационной аварии. Однако, по несложным оценкам (см., например, [3]), даже для обнаружения самого факта радиационной аварии при рассматриваемых в проектах РОО наихудших «базовых» сценариях, при категории атмосферной устойчивости типа  $F$  в модели Пасквилла — Гиффорда, минимальное число ПК, расположение которых оптимизировано для обнаружения конкретной аварии, должно составлять несколько десятков единиц. При рассмотрении всего спектра аварий на рассматриваемом РОО число ПК возрастет еще больше, что обычно неприемлемо по экономическим критериям.

При попытках количественного восстановления картины загрязнения только с помощью стационарных ПК на местности их необходимое число будет исчисляться уже сотнями в зависимости от требуемой точности. Существующие ПК с учетом их качества и количества не могут использоваться для решения так называемой обратной задачи — восстановления параметров источника выброса радионуклидов. Так, с учетом сложившейся практики размещения стационарных ПК мощности дозы (МД) гамма-излучения на элементах застройки, отклонение их показаний относительно обычно предполагаемой в модельных расчетах плоской и однородной геометрии может достигать десятков процентов в зависимости от факторов накопления.

С учетом реального размещения ПК можно найти достаточно сценариев радиационных аварий, когда с учетом порога показаний ПК для достоверного обнаружения радиационной аномалии ни один из постов не будет информативен.

Экономические требования сводятся к ограничению числа постов ПК выделяемым финансированием, что обусловлено высокой стоимостью линий связи, оборудования, зарплатой обслуживающего персонала и т. д.

Таким образом, в имеющемся варианте реализованных систем АСКРО со стационарными ПК последние выполняют преимущественно индикаторные функции (качественное обнаружение изменений радиационного фона в точке измерения). Основная роль таких постов — констатация факта нормальной радиационной обстановки для широкой общественности в условиях нормальной эксплуатации РОО, но в случае реального превышения радиационного фона такие ПК оказываются малоинформативными с точки зрения определения и прогноза радиационной обстановки за пределами точек их расположения.

При разработке или модернизации системы типа АСКРО также необходимо учитывать ее ресурс. Так, в соответствии с рекомендациями [4] целесообразно принять полный назначенный срок службы (ресурс) приборов не более 10 лет, а систем — 15 лет. С учетом сроков ввода в эксплуатацию большинства систем АСКРО (начало 2000-х годов) срок их службы истекает, и в ближайшее время должна проводиться их массовая модернизация.

Ремонт ПК в заводских условиях усложнен тем, что приборы или их комплектующие могут быть сняты с производства. Устарели программное обеспечение и средства вычислительной техники и документирования. Ремонт приборов в кустарных условиях на месте без квалифицированных кадров и последующих испытаний и поверки может привести к существенным погрешностям при дальнейших измерениях и отказу приборов в момент возникновения реальной радиационной аварии.

Перечисленные обстоятельства свидетельствуют в пользу разработки решений для усовершенствования и модернизации существующих систем АСКРО.

## **2. Концепция гибридного мониторинга**

Из имеющихся на сегодня направлений оптимизации АСКРО наиболее привлекательной представляется концепция мониторинга [5; 6], в которой АСКРО рассматривается в виде единого измерительно-расчетного комплекса, обеспечивающего непрерывный процесс адаптации модели распространения радиоактивных примесей к конкретным условиям по результатам измерений на местности. Такую концепцию будем называть гибридным мониторингом.

Задачи гибридного мониторинга радиоактивного загрязнения окружающей среды:

- обнаружение аномального или аварийного газоаэрозольного выброса (жидкого сброса);
- оценка активности или мощности выброса (сброса);
- прогноз распространения радиоактивного загрязнения и его воздействия на окружающую среду и население;
- регистрация фактического значения радиоактивного загрязнения;
- отображение радиационной обстановки в контролируемом районе.

Не следует упускать из виду еще одно обстоятельство, которое не всегда очевидно. Решения должны приниматься уже на ранней фазе развития радиационной аварии, когда предотвращаемые дозы могут оказаться особенно велики. Именно этот факт существенно влияет на эффективность защитных мероприятий. С другой стороны, именно на ранней фазе аварии наличие необходимой информации и ее качество обычно оставляют желать лучшего. В таких обстоятельствах контроль качества экспериментальных результатов обследования в рамках их подстановки в расчетную модель может помочь выявить некорректные (противоречивые) результаты, а также определить приоритеты для дополнения и уточнения экспериментальных данных с точки зрения выдачи общей картины и прогноза радиационных последствий аварии.

Основной целью гибридного мониторинга, как и прежде, является информационное обеспечение решений, направленных на минимизацию последствий аномальных или аварийных выбросов (сбросов).

Схема организации гибридного мониторинга приведена на рис. 1. Стационарные ПК в населенных пунктах 2 выполняют индикаторные функции, связанные с измерениями мощности дозы гамма-излучения в точке размещения. В отличие от стандартной схемы АСКРО в качестве основных средств

измерения используется метеомачта 3, которая должна выдать возможно более точный набор метеорологических параметров для расчетной модели распространения примеси, и передвижные радиометрические лаборатории 5, целевым образом проводящие измерения в области РЗОС (радиоактивно-го следа на местности) 4. Метеорологические данные и данные измерений РЗОС собираются в управляющем центре 7, где производится коррекция расчетной модели на основе натуральных измерений.

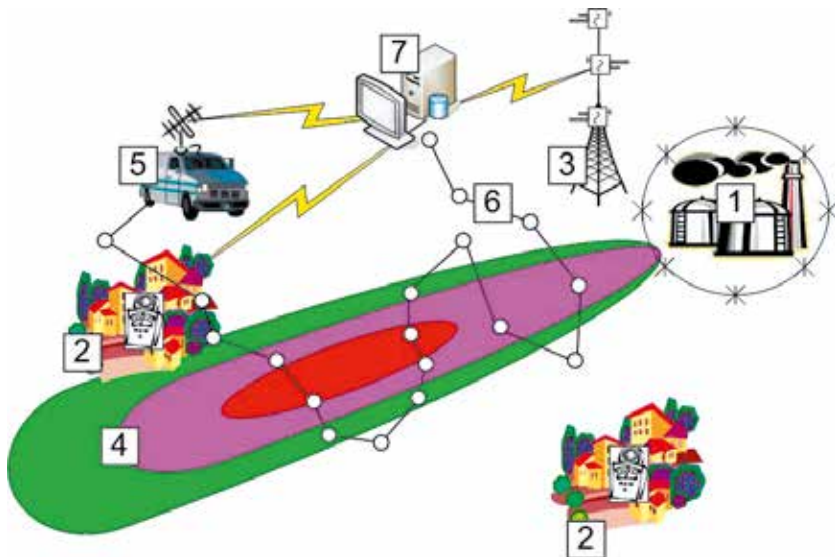


Рис. 1. Схема организации гибридного мониторинга: 1 — РОО, 2 — стационарные посты контроля в населенных пунктах, 3 — метеомачта в непосредственной близости от РОО, 4 — радиоактивное загрязнение окружающей среды (РЗОС) при аварийном выбросе (след), 5 — передвижная радиометрическая лаборатория (ПРЛ), 6 — траектория движения ПРЛ с точками измерений, 7 — управляющий центр

Ключевым преимуществом данной схемы по сравнению со стандартной является возможность проведения измерений необходимого количества и качества при следовании ПРЛ по маршруту в районе сформированного радиоактивного следа. Даже с учетом ограничений, налагаемых наличием дорог, пригодных для передвижения ПРЛ, число и качество проведенных измерений окажется несопоставимо больше и лучше, чем одиночными ПК, размещенными в условиях неоднородного рельефа или городской застройки.

Мобильные средства контроля оснащаются техническими средствами, обеспечивающими измерения МД гамма-излучения, спектральные измерения на местности, отбор проб внешней среды, обработку и передачу собранной информации по радиоканалу в управляющий центр. В условиях относительно



спокойной радиационной обстановки при отсутствии опасности для здоровья персонала ПРЛ или ее опасного радиоактивного загрязнения при передвижении по следу возможно проведение в полевых условиях радиометрического и спектрометрического анализа образцов окружающей среды.

Автоматизированная система моделирования распределения радионуклидов (модельного мониторинга) должна содержать блоки получения исходных данных в рамках принятой модели расчета и систему наглядного представления экспериментальных и расчетных данных.

В процессе работы системы обеспечивается сравнение выходных данных измерительного и модельного мониторинга, относящихся в пространстве и во времени к одним точкам, и производится адаптация модели к реальной обстановке путем коррекции входных параметров из имеющегося набора. Система содержит программные средства для последовательного прогона модели с разными наборами входных данных до достижения максимального совпадения предсказаний расчета и измеренных данных. Набор исходных данных, при котором достигается максимальное совпадение расчета и эксперимента, используется для общей оценки прогноза радиационной обстановки.

В качестве системы обеспечения качества получаемых результатов должен проводиться контроль самосогласованности получаемых результатов при использовании различных исходных параметров, например, мощности дозы и плотности загрязнения предполагаемым набором радионуклидов.

Концепция гибридного мониторинга предъявляет повышенные требования к системе контроля метеопараметров, методам и точности проводимых измерений на местности, а также к ПРЛ. Остановимся на них подробнее.

### **3. Метеопосты в системе гибридного мониторинга**

**Метеорологическая площадка.** При выборе метеоплощадки следует руководствоваться требованиями [7], в соответствии с которыми метеорологическая площадка должна находиться на открытой местности на значительном расстоянии от леса и жилой застройки, особенно многоэтажной. Требования к выбору метеорологической площадки:

- размер — 26×26 м (площадки, на которых производятся в том числе и актинометрические наблюдения (измерение солнечной радиации), имеют размер 26×36 м);
- ориентация сторон площадки — четко на север, юг, запад, восток (если площадка прямоугольная, то ориентация длинной стороны — с севера на юг);

- место для площадки должно быть типичным для окружающей местности радиусом 20—30 км;
- расстояние до невысоких строений, отдельно стоящих деревьев должно быть не менее 10-кратной их высоты, а расстояние от сплошного леса или городской застройки — не менее 20-кратной;
- расстояние до оврагов, обрывов, уреза воды — не менее 100 м.

**Необходимые метеорологические измерения.** Целями метеорологического мониторинга в соответствии с [8] являются:

- определение аэрометеорологических характеристик, необходимых для расчетов (во взаимодействии с АСКРО) потенциального радиационного воздействия на персонал, население и окружающую среду при нарушениях нормальной эксплуатации включая аварии;
- прогнозирование и своевременное выявление тенденций изменения аэрометеорологических параметров окружающей среды;
- выработка рекомендаций для снижения негативного воздействия объекта использования атомной энергии (ОИАЭ) на окружающую среду.

В период эксплуатации системы метеорологического мониторинга ее задачей является непрерывное метеообеспечение АСКРО при выполнении оперативного прогноза в условиях нормальной эксплуатации и при авариях. При аварийных выбросах различной продолжительности система метеорологического мониторинга обеспечивает информацией АСКРО и систему экологического мониторинга, в частности, блок моделирования рассеивания выбросов в пограничном слое атмосферы в реальном времени.

Для организации аэрометеорологического мониторинга на площадке ОИАЭ требуется комплекс автоматических измерительных приборов и систем, которые позволяют осуществлять непрерывные наблюдения за параметрами атмосферного пограничного слоя. Автоматический измерительный комплекс состоит из метеорологического комплекса, осуществляющего метеорологические измерения в приземном слое атмосферы, и (желательно) доплеровского содара, предназначенного для измерений выше приземного слоя атмосферы. Комплекс позволяет выполнять мониторинг в полном объеме в пограничном слое атмосферы в диапазоне высот от 20 до 1000 м.

Метеорологический комплекс должен как минимум включать метеорологические датчики скорости и направления ветра, температуры и влажности воздуха и осадков. Датчики располагаются на различных уровнях над землей с помощью специальных мачт и рей. Для этого используются мачты телескопического типа высотой от 10 до 30 м и/или мачты других конструкций высотой до 100 м. На метеорологической площадке при комплексных наблюдениях устанавливается и необходимая часть оборудования для аэрологических исследований.

На метеорологической мачте на трех уровнях монтируются датчики скорости и направления ветра, на среднем уровне крепятся датчики температуры, относительной влажности воздуха, атмосферного давления, солнечного и ультрафиолетового излучения и устанавливается сборник осадков.

Точность измерений метеорологических параметров в основном соответствует требованиям, предъявляемым Международным агентством по атомной энергии к метеорологическим контрольно-измерительным системам (табл. 1).

**Таблица 1. Точность измерения параметров системой метеорологического мониторинга [8]**

Параметр	Характеристика	
	Необходимый порог измерений	Погрешность
Направление ветра	До 0,5 м/с с отклонением 10°	±5°
Скорость ветра	0,5 м/с	±0,25 м/с при $U < 1$ м/с, 10% при $U > 1$ м/с
Температура воздуха	—	±0,5°С
Разность температур	—	±0,1°С
Влажность	—	±5% относительной влажности
Осадки	Интенсивность 0,25 мм/ч, полные 0,1 мм	±10% (разрешающая способность прибора)

Метеорологические средства измерения и системы должны периодически обслуживаться и поверяться. Данные о ветре и температуре воздуха усредняются по крайней мере за 10—15 мин, но не реже чем раз в час, количество осадков — ежечасное.

Средние значения параметров ветра и турбулентных характеристик выше приземного слоя атмосферы (в слое перемешивания) измеряются доплеровским содаром в диапазоне высот от 20 до 1000 м с разрешением по высоте до 10 м. Высота слоя перемешивания определяется содаром ежечасно.

При аварийной ситуации система мониторинга должна определять (обновлять) исходные данные для моделей дисперсии радионуклидов в атмосфере каждые 10—15 мин.

Над неоднородной подстилающей поверхностью данные аэрометеорологических измерений в одном пункте неправомерно распространять на весь контролируемый район. Возможно, систему мониторинга необходимо в будущем по мере накопления данных и знаний о нижнем слое атмосферы на площадке ОИАЭ дополнять, т. е. создавать сеть.

#### 4. Метод полевой полупроводниковой спектрометрии

Метод полевой полупроводниковой спектрометрии (ППС) объединяет достоинства измерений МД на местности и последующей идентификации радионуклидов в лабораторных условиях. При измерениях на местности с помощью полупроводникового детектора (ППД) высокого разрешения (например, ППД из особо чистого германия — ОЧГ) набранный спектр позволит идентифицировать естественные и техногенные радионуклиды по присутствию в спектре характерных фотопиков. Более детальная обработка поможет интерпретировать скорость счета в фотопике как объемную или поверхностную концентрацию идентифицированных радионуклидов, а также оценить вклад каждого радионуклида в общую мощность дозы гамма-излучения на местности в точке измерения.

Возможность идентификации радионуклидов по фотопикам определяется высоким разрешением полупроводниковых Ge-детекторов — не хуже 2 кэВ для энергии 1332 кэВ (т. е. около 0,15%, для сравнения: разрешение сцинтилляционных детекторов — порядка 7—9%). На рис. 2 показана аппаратура, используемая в методе ППС.



Рис. 2. Полупроводниковый детектор и многоканальный анализатор «Canberra»

Представительность измерений, проводимых методом ППС, заключается в том, что детектор, размещенный над землей, измеряет спектр гамма-квантов, собираемых с поверхности площадью не менее нескольких сот квадратных метров. Оперативность измерений соответствует обнаружению поверхностной активности типичных продуктов деления около 100 Бк/м<sup>2</sup> за 10 мин (при эффективном объеме детектора относительно сцинтиллятора NaI(Tl) 3×3 дюйма — 25%).

Метод ППС предъявляет дополнительные требования к площадке, где проводятся измерения. Идеальной является гладкая открытая площадка радиусом не менее 20 м с минимальным количеством препятствий, способных экранировать гамма-излучение. Детектор, как правило, располагается на высоте 1 ± 0,5 м (что практически не влияет на точность измерений).

Измерения методом ППС очень чувствительны к распределению активности по глубине залегания. Как правило, это распределение характеризуется экспоненциальной зависимостью от глубины  $z$  с характерной глубиной  $1/\alpha$  (глубина, на которой удельная активность грунта уменьшается в  $e$  раз). Для «свежих» выпадений параметр  $\alpha/\rho$  составляет, как правило,  $1\text{—}10\text{ см}^2/\text{г}$  ( $\rho$  — плотность грунта, около  $1,6\text{ г}/\text{см}^3$ ). При таких параметрах (глубина залегания активности порядка  $1\text{ мм}$ , детектор на высоте  $1\text{ м}$  от грунта)  $50\%$  излучения собираются с площади радиусом около  $10\text{ м}$  от детектора,  $90\%$  активности — с радиуса около  $400\text{ м}$ .

Хотя чувствительность измерений методом ППС достаточно высока к распределению активности по глубине, которое, вообще говоря, заранее неизвестно, именно для «свежих» выпадений неопределенность определения поверхностной активности в диапазоне параметра  $\alpha/\rho=1\text{—}10\text{ см}^2/\text{г}$  составляет не более  $10\%$  [9].

При наличии неоднородностей рельефа или глубины залегания метод ППС должен применяться в комбинации с отдельными измерениями распределения активности по глубине с помощью отбора образцов (рис. 3), выделения площадей с постоянными значениями таких параметров и усреднения измерений по относительно однородным участкам. В последнее время получили развитие методы оценки глубинного распределения активности с помощью коллиматоров [10]. Коллиматор может также использоваться для ограничения поля зрения детектора с целью выделения на местности однородного участка, не требующего при измерениях привлечения дополнительной информации о характере пространственного распределения активности.

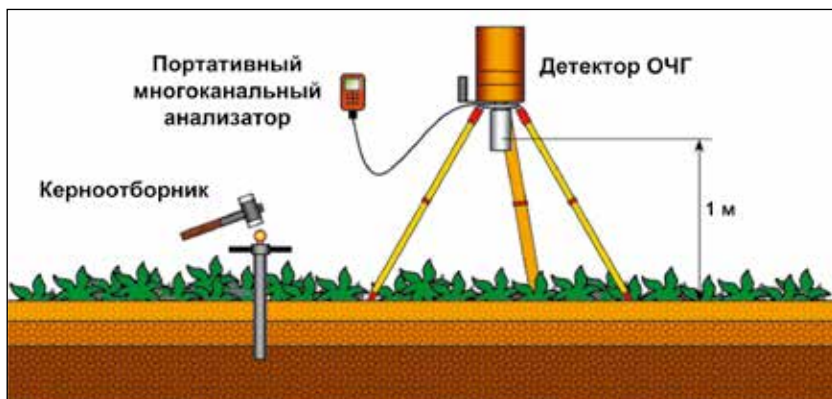


Рис. 3. Организация полевых измерений с отбором кернов почвы для последующего определения вертикального профиля распределения радионуклидов

Общая погрешность метода ППС при измерениях на открытых участках местности для «свежих» выпадений складывается из следующих компонентов:

- вариации параметра  $\alpha/\rho$  — 10%;
- калибровка детектора — 3%;
- плотность и влажность грунта — входят в оценку вариации  $\alpha/\rho$ ;
- статистическая точность определяется скоростью счета в фотопике и налицием под пиком сплошной «подложки», определяемой рассеянным излучением (менее ~2% за 1 мин измерений в условиях естественного фона).

В общем случае при выборе соответствующих мест измерения эта погрешность будет не хуже 15—20%. В настоящее время метод ППС является наиболее подходящим с точки зрения реализации подходов гибридного мониторинга.

## **5. Передвижные радиометрические лаборатории**

Для уточнения и проверки данных, получаемых от постов контроля АСКРО, а также проведения радиационной разведки в штатном и аварийных режимах в зонах вне радиуса чувствительности стационарных постов контроля в состав АСКРО должны входить передвижные радиометрические лаборатории.

Такие лаборатории в общем случае предназначены для выполнения следующих основных задач:

- гамма-съемка на местности с одновременной привязкой к координатам измерения и передачей результатов измерения в режиме реального времени;
- доставка персонала, измерительного и вспомогательного оборудования к местам проведения работ;
- определение местонахождения источников ионизирующего излучения и оценка радионуклидного состава источника;
- отбор, экспресс-анализ и транспортировка проб почвы, воды и воздуха;
- сбор, обработка и передача полученных данных в подсистему раннего предупреждения о возможном радиоактивном загрязнении территории.

Требования к ПРЛ определяются перечисленными задачами.

## **6. Предполагаемые этапы развития АСКРО**

В настоящее время существующие ПК АСКРО выполняют возложенные на них функции в системе «классического» мониторинга. Однако ресурс существующих средств контроля практически исчерпан, и промедление с заменой постов на аналогичные по функциям, в конструкции которых использованы новые технические решения, может привести ко все возрастающему числу единичных отказов и в конечном счете к выходу системы из строя.

Замена ПК на начальном этапе должна продлить эксплуатацию АСКРО на срок не менее 10 лет.

С учетом планируемого развития новых производств и расширения номенклатуры РОО следует рассмотреть вопрос о переходе на систему гибридного мониторинга. Необходимо учитывать, что такой переход потребует проведения научно-исследовательских работ по внедрению метода ППС в качестве штатного средства радиационного контроля, установки метеорологических постов нового поколения на базе высотной мачты с переходом на градиентные измерения, разработки и внедрения методов решения задачи восстановления источника, выработки адекватного прогноза и т. п.

## **Литература**

1. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.6.1.07-03 «Гигиенические требования к проектированию предприятий и установок атомной промышленности» (СПП ПУАП-03). Утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 8 января 2003 г. с 1 июня 2003 г.
2. «Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Контроль радиационной безопасности. Общие требования». Методические указания МУ 2.6.1.14—2001.
3. Положение о повышении точности прогностических оценок радиационных характеристик радиоактивного загрязнения окружающей среды и дозовых нагрузок на персонал и население (РБ-053-10). Утверждено приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 8 июня 2010 г. № 465.
4. Ионизирующее излучение. Радиационная безопасность. Рекомендации по приборному обеспечению дозиметрического и радиометрического контроля в соответствии с НРБ-99 и ОСПОРБ-99 / Минатом. — М., 2003.
5. Еремеев М. С., Еременко В. А., Жернов В. С. и др. Гибридный мониторинг радиационной обстановки перспективный подход к оперативному контролю и прогнозированию радиационных загрязнений среды выбросами и сбросами АЭС // Атом. энергия. — 1985. — Т. 59, вып. 5. — С. 370—372.
6. Еремеев И. О., Жернов В. С., Клименко М. А. и др. Цели и средства мониторинга радиоактивного загрязнения среды // Атом. энергия. — 1988. — Т. 65, вып. 6. — С. 437—439.

7. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. — Вып. 3. — Ч. 1. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — 301 с.
8. Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии. НП-064-05.
9. *Miller K. M., Shebell P.* In Situ Gamma-ray Spectrometry: Report EML-557 / US Department of Energy Environmental Measurements Laboratory. — New York, 1993. — 45 p.
10. *Benke R. R., Kearfott K. J.* An improved in situ method for determining depth distributions of gamma-ray emitting radionuclides // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. — 2001. — A 463. — P. 93—412.



# **Разработка и создание передвижных радиометрических лабораторий для региональных систем аварийного реагирования**

*С. Л. Гаврилов, В. Н. Долгов, В. П. Киселёв, Н. Н. Сёмин,  
С. Е. Сиротинский, С. А. Шикин (ИБРАЭ РАН),  
Ю. Н. Мартынюк, В. А. Чернышев (ООО «НПП “Доза”»),  
О. В. Шеметов (ООО «Автоспектр-НН»)*

## **1. Введение**

Передвижные радиометрические лаборатории (ПРЛ) широко применяются для радиационных измерений на местности как при аварийных ситуациях с радиационным фактором, так и для регулярных рутинных измерений. Спектр создаваемых передвижных лабораторий по функциям, конструкции, составу, назначению, комплектации и т. д. настолько широк, что необходима некоторая условная классификация. ПРЛ можно разбить на два класса: тяжелые и легкие.

В классе *тяжелых лабораторий* можно выделить несколько основных типов.

ПРЛ для работы в зоне поражения, в непосредственной близости от аварийного объекта строятся на базе шасси тяжелых автомобилей, например, типа БТР с использованием специальных усиленных средств радиационной защиты персонала и основных агрегатов (приточно-вытяжной вентиляции с системами фильтрации, дополнительных свинцовых экранов на днище и боковинах кузова, дополнительной фильтрации воздуха, поступающего в двигатель, и т. п.). Основное назначение такой лаборатории — радиационная разведка в зоне поражения, в том числе с элементами спектрометрии, отбор проб почвы, воздуха для дальнейшего анализа.

Имеются примеры разработки таких лабораторий и с установкой аналитического оборудования, в том числе для радиохимического разделения элементов.

Для анализа проб в непосредственной близости от зоны поражения обычно используют передвижные аналитические лаборатории на базе шасси тяжелых грузовиков «Урал», «КамАЗ», оснащенных герметичными кузовами-фургонами. В таких машинах устанавливают радиохимическое, гамма-, альфа- и бета-спектрометрическое оборудование. Иногда они оборудуются даже установками по производству жидкого азота для охлаждения полупроводниковых спектрометрических детекторов. Часто такие лаборатории имеют также комплекты

оборудования индивидуального дозиметрического контроля с устройствами считывания и хранения архивов. Кроме того, ПРЛ нередко укомплектовывают оборудованием для дезактивации личного состава с целью предотвращения заноса загрязненного грунта и пыли внутрь «чистого» кузова-фургона.

Для таких лабораторий дополнительные средства пассивной защиты уже не так актуальны, так как они используются в относительно чистых местах. Таким образом, основная их функция — анализ доставляемых проб и обеспечение индивидуального дозиметрического контроля персонала, участвующего в ликвидации аварии.

На базе тяжелых шасси строят также и передвижные метрологические лаборатории для поверки и калибровки измерительного оборудования в непосредственной близости от проводимых противоаварийных работ.

*Легкие лаборатории*, как правило, строятся на базе шасси микроавтобусов («Газель», «Форд Транзит», «Фольксваген Крафтер» и т. п.) или автомобилей повышенной проходимости и обычно применяются для оконтуривания зон радиационного загрязнения, обследования населенных пунктов вблизи границ зон загрязнения с целью принятия решений о переселении населения, для текущего радиационного контроля, в том числе и в качестве дополнения к стационарным системам АСКРО. В таких машинах не применяются дополнительные меры радиационной защиты персонала, а особое внимание уделяется разнообразным средствам измерения и связи для оперативной обработки и передачи полученных данных.

Именно о таких передвижных лабораториях и пойдет речь ниже.

За последние десять лет ИБРАЭ РАН совместно с НПП «Доза» и ООО «Автоспектр-НН» разработали и создали около двадцати передвижных радиометрических лабораторий в рамках международных проектов и отечественных программ для использования в системах противоаварийного реагирования Мурманской, Архангельской, Тверской, Курской и ряда других областей. Переоборудование первых пяти ПРЛ выполнялось совместно со специализированным предприятием ООО «Автолик» (Нижний Новгород).

## **2. Основное назначение и функции ПРЛ**

Основное назначение ПРЛ — радиационная разведка и уточнение радиационной обстановки на местности как в аварийных ситуациях, так и при плановых радиационных обследованиях территорий.

Передвижные лаборатории способны выполнять следующие функции:

- обнаружение радиоактивных источников и загрязнений;
- оконтуривание загрязненных территорий;

- определение основных характеристик радиоактивных загрязнений:
  - мощности амбиентного эквивалента дозы на местности;
  - нуклидного состава загрязнений или источников;
  - наличия альфа- и бета-излучающих радионуклидов;
  - наличия радиоактивных аэрозолей;
- отбор, экспресс-анализ и транспортировка проб почвы, воды и воздуха;
- связь с кризисными центрами и другими экипажами, в том числе передача результатов измерений в режиме реального времени с привязкой к географическим координатам.

### 3. Оборудование ПРЛ

Для выполнения перечисленных функций передвижные лаборатории комплектуются измерительным оборудованием, компьютерной системой включая прикладное программное обеспечение (ПО), средствами навигации, связи и видеофиксации. Кроме того, в комплект ПРЛ входят пробоотборные устройства воздуха, воды и грунта и вспомогательное оборудование.

Структурная схема оборудования ПРЛ и его взаимосвязи представлены на рис. 1.

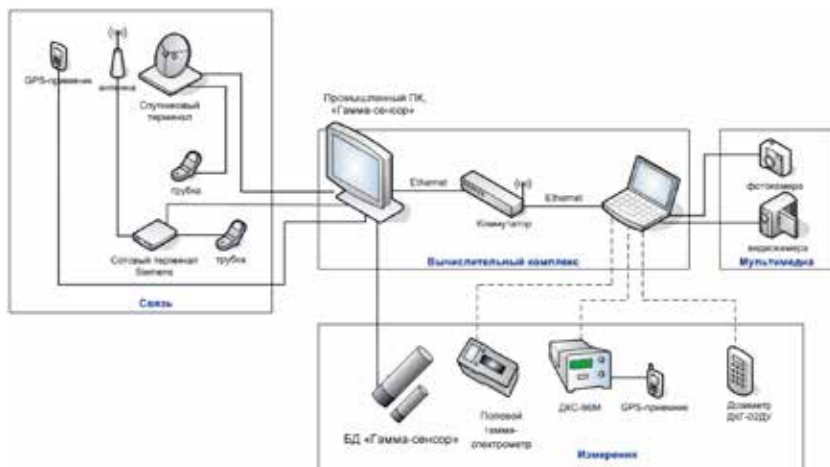


Рис. 1. Структурная схема оборудования ПРЛ и его взаимосвязи

**Спектрометрическое оборудование.** Основным средством измерения является стационарно размещенная в автомобиле спектрально-чувствительная дозиметрическая установка «Гамма-сенсор» (рис. 2). Она предназначена для проведения гамма-съемки на местности, определения нуклидного состава радиоактивного загрязнения или радиоактивного источника, определения

координат измерений с помощью GPS-приемника, нанесения данных на электронную карту, ведения базы данных и передачи данных в кризисный центр. Установка состоит из электронного блока и блока детекторов. Электронный блок стационарно установлен на рабочем столе в лабораторном отсеке. Он состоит из аналого-цифрового преобразователя, спутниковой навигационной системы, блоков питания и промышленного компьютера «Advantech» (рис. 2). Блок детекторов состоит из спектрометрического сцинтилляционного детектора БДЭГ-4 и блока детектирования мощности дозы гамма-излучения БДМГ-200.

Кроме того, передвижная лаборатория комплектуется портативными полевыми гамма-спектрометрами МКС-А03 или МКС-АТ6101 (рис. 3).



Рис. 2. Установка «Гамма-сенсор» на базе компьютера «Advantech» с блоками детектирования БДЭГ-4 и БДМГ-200



Рис. 3. Полевые портативные гамма-спектрометры МКС-03А (а) и МКС-АТ6101 (б)

**Радиометрическое оборудование.** Стандартный набор радиометрического и дозиметрического оборудования приведен на рис. 4.



**Рис. 4.** Радиометрическое и дозиметрическое оборудование ПРЛ: а — дозиметр-радиометр ДКС-96М с гамма- датчиком; б — сменные блоки детектирования к ДКС-96: БДЗА-96т, БДПГ-96, БДКС-96с; в — дозиметр ДКГ-02У «Арбитр»

**Средства связи.** Основные средства связи ПРЛ — сотовые GSM-роутеры (терминалы) для передачи данных и спутниковые терминалы и сотовые телефоны для передачи данных и для голосовой связи. Предусмотрены также УКВ-радиостанции для голосовой связи между членами экипажа и в ряде случаев с базовой станцией.

**Компьютерная система.** Штатная компьютерная система передвижной лаборатории состоит из промышленного панельного компьютера «Advantech» PPC-154T (или аналогичного) и дополнительного портативного компьютера типа ноутбук. Для удобства работы в передвижной лаборатории организована локальная вычислительная сеть, в которую кроме штатных компьютеров могут быть подключены любые дополнительные. Подключение осуществляется как по проводной, так и по беспроводной технологии (Wi-Fi).

Выход в Интернет возможен через сотовый терминал/роутер («Siemens MC-35i», iRZ RUH2 и т. п.) или спутниковый терминал («NERA Voyager», «Thrane&Thrane Explorer 727», «Thrane&Thrane Explorer 700» и т. п.).

Кроме того, передвижная лаборатория оснащена устройствами для отбора и перевозки проб воздуха, воды и грунта (рис. 5).



*а*



*б*



*в*

Рис. 5. Пробоотборные устройства: *а* — устройство отбора проб воздуха ПУ-5; *б* — пробоотборник грунта ПГ-200; *в* — пробоотборник воды СП-2

В состав вспомогательного оборудования ПРЛ входят: защитная спецодежда, индивидуальные средства защиты, шанцевый и монтажный инструмент, средства дезактивации, предупреждающие знаки и приспособления для ограждения участков территорий.

#### **4. Прикладное программное обеспечение ПРЛ**

Прикладное программное обеспечение (ППО) ПРЛ предназначено для решения следующих задач.

*Сбор данных со всех блоков детектирования, установленных в ПРЛ. В случае автономных приборов с собственной памятью ППО ПРЛ обеспечивает считывание и отображение данных измерения из памяти этих приборов.*

*Отображение информации при измерении мощности эквивалентной дозы (МЭД) по маршруту следования.*

*Хранение информации.* Осуществляется с записью всех измеренных значений в текстовый файл либо локальную базу данных.

*Анализ спектрального состава гамма-излучения.* ППО производит анализ спектров с целью идентификации основных дозообразующих нуклидов. В состав ППО входит база данных с основными характеристиками радиоактивных нуклидов.

*Обмен данными с кризисными центрами.* ППО обеспечивает передачу данных в кризисные центры по любому доступному каналу связи. Выбор оптимального канала связи и протокола передачи информации возлагается на оператора ПРЛ. Предусмотрены два режима работы:

- непрерывная автоматическая передача информации о положении ПРЛ и измерении МЭД по маршруту с заданным интервалом времени;
- передача накопленной информации по команде оператора ПРЛ.

*Организация работы локальной вычислительной сети.* ППО обеспечивает работу локальной вычислительной сети ПРЛ. С использованием средств операционной системы обеспечивается доступ к общим ресурсам: накопленным данным измерений, принтеру, каналу выхода в Интернет. Имеется возможность подключения к локальной сети других компьютеров и оборудования.

**Структура ППО.** Прикладное программное обеспечение ПРЛ состоит из следующих основных частей.

*Программное обеспечение измерительных систем* обеспечивает функционирование измерительного оборудования, обработку, представление и хранение данных.

*Программное обеспечение для связи с локальными измерительными системами* позволяет организовать информационный обмен автономных измерительных приборов с центральным (или вспомогательным) компьютером для считывания буфера данных, полученных при автономных измерениях.

*Программное обеспечение локальной вычислительной сети (ЛВС)* обеспечивает информационный обмен между компьютерами ПРЛ включая возможность быстрого подключения дополнительных компьютеров в случае необходимости.

*Программное обеспечение для передачи данных* обеспечивает передачу данных во время измерений в кризисные центры в режиме онлайн.

*Картографическая система* предназначена для наглядного и удобного отображения измеренных результатов на электронной карте на мониторе компьютера.

**ПО «Сенсор».** Специализированное программное обеспечение «Сенсор» разработано в НПП «Доза» специально для работы с дозиметрической установкой «Гамма-сенсор».

Программа «Сенсор» предназначена для осуществления связи между компьютером, аналого-цифровым преобразователем (АЦП) и спутниковой навигационной системой GPS, своевременной записи данных на диск, работы с АЦП и GPS, расчета МЭД в точке расположения детектора и оценки вклада излучения радионуклидов в дозу. Программа позволяет вести базу полученных данных и передавать ее в Microsoft Excel для дальнейшей обработки.

Программа «Сенсор» отображает на экране набранный спектр, позволяет менять горизонтальный и вертикальный масштабы, проводить энергетическую калибровку, очищать буфер АЦП, останавливать и запускать измерение. Одновременно с энергетическим спектром на экране в окне «Спектрометр» можно наблюдать дозовый спектр. В отличие от энергетического гамма-спектра дозовый спектр представляет собой распределение вклада от гамма-квантов различных энергий в общую дозу за истекший период между двумя записями. Дозовый спектр обновляется каждый раз при расчете мощности дозы.

Программа «Сенсор» имеет модуль «Диспетчер-компоновщик», который следит за таймером реального времени, обеспечивая сбор данных со всех систем и их запись на диск через установленные пользователем промежутки времени. Диспетчер-компоновщик позволяет одновременно вести диалог с пользователем, выполнять функции спектрометра и навигационной системы по отдельности, а также отображать на экране текущее значение эквивалентной дозы, энергетический и дозовый спектры (рис. 6). Диспетчер-компоновщик ведет контроль за превышением контрольного уровня мощности дозы и сообщает об этом звуковым сигналом и соответствующей записью на экране.

В процессе работы программа «Сенсор» контролирует диапазон измеряемой мощности дозы и при необходимости выдает рекомендацию на переключение диапазона.

В режиме работы с файлами можно просмотреть данные, сохраненные на диске компьютера. Они представлены в виде строк-записей, содержащих время записи, географические координаты точки измерения, мощность дозы и комментарии. Все данные можно редактировать, а комментарии вставлять или изменять во время работы, отмечая, таким образом, важные моменты для упрощения последующей расшифровки. Отметив интересные строки, можно наблюдать на экране спектр, который накопился за время, прошедшее между отмеченными записями.



Программа «Сенсор» позволяет производить различные операции со спектрами, осуществлять сглаживание, вычитание, поиск пиков, проверку калибровки энергетической шкалы спектрометра, калибровку энергетической шкалы, работу с базами данных.

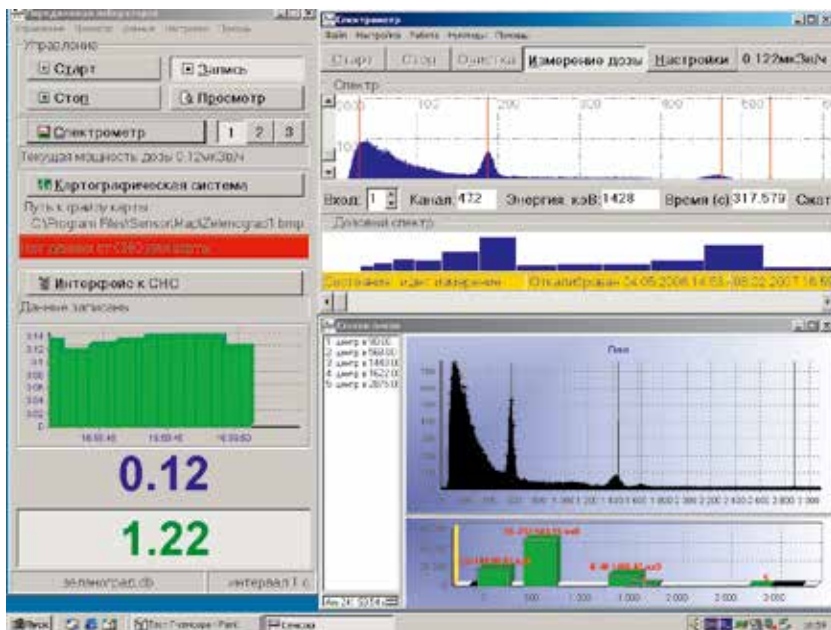


Рис. 6. Рабочий экран программы «Сенсор»

Калибровка спектрометра производится методом линейной аппроксимации по двум точкам. Проверку калибровки энергетической шкалы спектрометра необходимо производить каждый раз после включения и прогрева аппаратуры. Для калибровки снимается спектр контрольного источника  $^{22}\text{Na}$  (режим «Автокалибровка»).

**ПО для сбора данных с автономных приборов.** Для записи результатов измерений, выполненных автономными измерительными устройствами, разработаны специализированные программы записи. Они позволяют сохранить результаты измерений в базах данных на основном и вспомогательных компьютерах.

Эти программы позволяют осуществить связь со следующими приборами:

- портативным гамма-спектрометром МКС-А03;
- радиометром ДКС-96;
- портативным дозиметром ДКГ-02У («Арбитр»);
- портативным гамма-спектрометром МКС-АТ6101.

**ПО для передачи данных.** В ПО «Сенсор» имеется возможность включения/выключения непрерывного режима передачи данных. При включении этого режима программа начинает запись данных в заданный каталог. Передаются значения, получаемые от блока детектирования, время, координаты. При выключении режима запись файлов в каталог прекращается. Интервал формирования файлов задается при установке программы.

Для отправки данных с ПРЛ на сервер системы используется программа FileX3, разработанная в Автономной некоммерческой организации «Центр анализа безопасности энергетики при ИБРАЭ РАН». Она просматривает каталог файлов, в который ПО «Сенсор» записывает данные измерений. Если в заданном каталоге находятся файлы с данными, программа производит их отправку по протоколу TCP/IP на сервер системы, где соответствующее ПО производит запись результатов измерений в базу данных. На рис. 7 показано главное окно программы во время отправки файлов.

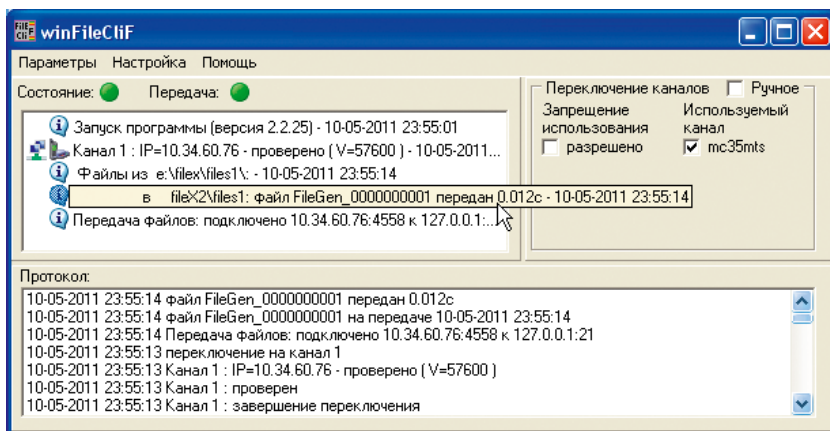


Рис. 7. Главное окно программы WinFileCliX

Кроме указанных выше возможностей программа WinFileCliX позволяет:

- при доступности нескольких каналов передачи данных автоматически выбирать из них наиболее дешевый;
- управлять RAS-подключением, т. е. соединением удаленного доступа, самостоятельно иницируя отключение / подключение / переподключение / сброс соединения в зависимости от динамически изменяющихся условий.

Также в программу входят автоматические средства, препятствующие зависанию соединения и всей операционной системы в целом (рис. 8):

- перезагрузка операционной системы при фатальных ошибках удаленного доступа;

- перезагрузка операционной системы при отсутствии передачи файлов (если они есть в наличии);
- перезапуск устройств при ошибках соединения удаленного доступа (RASdial);
- выключение и включение модемов и отправка команды сброса для модемов.

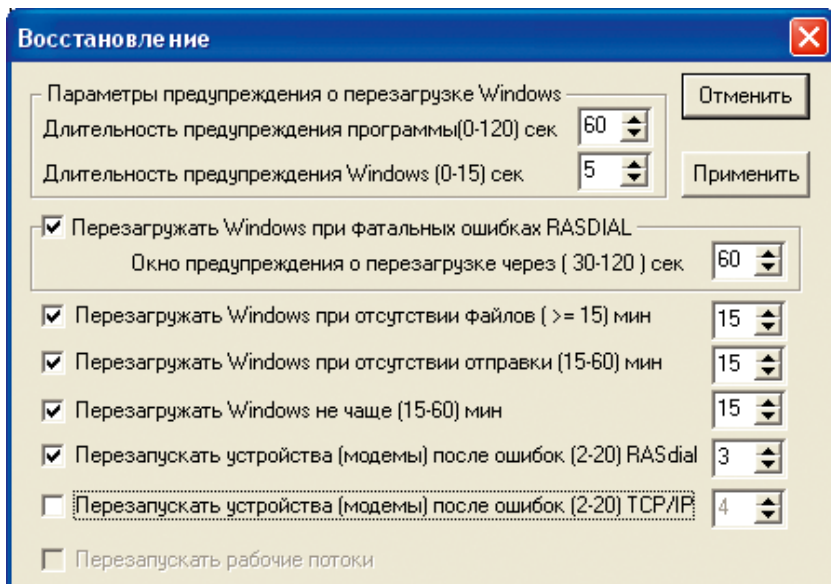


Рис. 8. Функции программы WinFileCliX для восстановления соединения

## 5. Конструктивные особенности ПРЛ

В зависимости от условий эксплуатации создавались передвижные лаборатории как на базе легких грузовых фургонов («Форд Транзит», «Фиат Дукато» и подобных), так и на базе внедорожников («Лендровер Дефендер», «Мицубиси Паджеро Спорт»).

ПРЛ на базе цельнометаллического фургона представляет собой базовый автомобиль, переоборудованный в передвижную лабораторию, предназначенную для автономной работы в полевых условиях в течение длительного времени. Для обеспечения нормальных условий работы экипажа и функционирования аппаратуры автомобиль оснащен системами внутреннего отопления, кондиционирования, освещения и автономного электропитания. Как правило, кузов автомобиля разделен на три отсека: водительский, лабораторный и грузовой. Автомобиль оборудован специальной лабораторной

мебелью для размещения измерительного оборудования и прочих приборов, рабочими местами экипажа. Три места экипажа находятся в водительском отсеке, два — в лабораторном отсеке. Предполагаемая численность экипажа — три-пять человек включая водителя.

На борту имеется комплекс оборудования радиационного контроля, состоящий из бортовой установки для гамма-съемки местности, переносных измерительных приборов и систем для отбора проб растительности, воды, почвы и воздуха. Комплекс оборудования позволяет решать весь объем задач, возникающих при радиационной разведке, в том числе в условиях радиационной аварии.

В ПРЛ, базирующихся на основе цельнометаллических фургонов, питание технических средств осуществляется однофазным напряжением переменного тока 220 В, 50 Гц.

При движении автомобиля и в отсутствии внешних сетей 220 В питание технических средств осуществляется системой автономного питания, в состав которой входят преобразователь 12 В — 220 В МАП «Энергия» или Mobil-Ep и аккумулятор емкостью 190—200 А·ч. Время автономной работы — 7—9 ч в зависимости от применяемой нагрузки.

На стоянке помимо основной системы питания можно использовать внешнюю сеть питания 220 В или бензиновый генератор, входящий в комплект ПРЛ.

В салоне ПРЛ установлены евророзетки 220 В для подключения электрооборудования.

Максимальная мощность основной системы питания — 1 кВт, суммарная потребляемая мощность — не более 300 ВА.

В последних разработках ПРЛ использовалось устройство развязки аккумуляторов УРА 200, которое позволяло заряжать дополнительный аккумулятор от бортовой сети автомобиля при условии полной зарядки штатной батареи. Зарядка дополнительного аккумулятора начиналась при напряжении на основной батарее более 13,2 В.

Внешний вид ПРЛ на базе грузового фургона «Фиат Дукато» представлен на рис. 9.



Рис. 9. Внешний вид ПРЛ на базе грузового фургона «Фиат Дукато»

**ПРЛ на базе внедорожника.** В ряде случаев, когда ПРЛ предполагалось использовать в основном в условиях неудовлетворительного состояния дорожного покрытия и частично бездорожья, были созданы лаборатории на базе автомобилей повышенной проходимости. Использовались автомобили «Лендровер Дефендер 110» (рис. 10) и «Мицубиси Паджеро Спорт».



Рис. 10. Внешний вид ПРЛ на базе внедорожника «Лендровер Дефендер 110»

Блоки детектирования и внешние антенны размещались стационарно (с возможностью быстрого демонтажа), а оборудование помещалось в специализированные герметичные кейсы и фиксировалось в багажнике. Все активное оборудование (промышленный компьютер, спутниковый терминал, сотовый роутер) было собрано в одном из кейсов, который с помощью специальных кабелей подключался к компактному преобразователю питания «MobilEn SP 300» (12/220 В, 300 Вт), к ЛВС ПРЛ и к внешним антеннам и блокам детектирования. Управление измерениями осуществлялось с помощью профессионального защищенного ноутбука «Panasonic», который размещался в салоне на специальной подставке и был связан с промышленным компьютером установки «Гамма-сенсор» по проложенной внутри автомобиля локальной вычислительной сети или по беспроводной сети Wi-Fi. Примеры размещения оборудования приведены на рис. 11 и 12.



*а*

*б*

Рис. 11. Размещение ноутбука на специальном кронштейне в салоне (а) и кейсов с оборудованием в багажнике (б) ПРЛ



*а*

*б*

Рис. 12. Размещение активного оборудования (а) и блоков детектирования в багажнике ПРЛ (б)

## **6. Участие передвижных лабораторий в учениях**

Передвижные радиометрические лаборатории, разработанные и созданные нами в последние семь лет, активно использовались при проведении командно-штабных учений по противоаварийному реагированию на чрезвычайную ситуацию с радиационным фактором. Наиболее крупные учения с использованием описываемых ПРЛ:

- командно-штабные учения «Заполярье-2007» на филиале № 1 ФГУП «СевРАО», губа Андреева (Мурманская область), 24 октября 2007 г.;
- тактико-специальные учения «Арктика-2008» на ОАО «ЦС “Звездочка”», Северодвинск (Архангельская область), 30 июля — 1 августа 2008 г.;
- комплексные противоаварийные учения на Балаковской АЭС (Саратовская область) совместно с концерном «Росэнергоатом», 2009 г.;
- командно-штабные учения «Арктика-2010» на СРЗ «Нерпа» (филиал ОАО «ЦС “Звездочка”»), Снежногорск-2 (Мурманская область), 28—29 июля 2010 г.;
- командно-штабные учения с органами управления, силами и средствами территориальной и функциональных подсистем РСЧС Курской области по ликвидации чрезвычайной ситуации радиационного характера, Курск, 25 октября 2011 г.;
- командно-штабные учения «Арктика-2012» на базе отделения «Сайда-Губа» СЗЦ по обращению с радиоактивными отходами «СевРАО», Снежногорск-2 (Мурманская область), 20—21 июня 2012 г.

## **7. Заключение**

В настоящее время в России разными компаниями производится довольно много передвижных радиометрических лабораторий различных комплектации и исполнения. При этом ПРЛ, созданные в ИБРАЭ РАН совместно с НПП «Доза» и ООО «Автоспектр-НН», имеют целый комплекс преимуществ:

- гамма-съемка на местности производится с координатной привязкой и автоматическим определением вклада в общую мощность дозы основных дозообразующих нуклидов;
- результаты измерений передаются в кризисный центр в режиме реального времени, где они сразу отображаются в наглядном виде на географической подложке с помощью геоинформационных систем;
- для передачи данных в режиме реального времени используется как содовая, так и спутниковая связь;
- в ПРЛ организована проводная и беспроводная локальная сеть, позволяющая подключать дополнительные мобильные компьютеры в случае привлечения дополнительных специалистов и экспертов;
- имеется опыт создания ПРЛ на базе внедорожников с автономным измерительным оборудованием.

# **Мобильный программно-технический комплекс поддержки работ эксперта по радиационной безопасности**

*Д. В. Арон, Р. В. Арутюнян, А. В. Глушко, В. Н. Долгов, В. П. Киселёв, С. Н. Краснощёров, Н. Н. Сёмин, Д. Н. Токарчук, А. В. Шикин, С. А. Шикин*

## **1. Назначение комплекса**

Выполнение экспертами по радиационной безопасности их функций в части оперативной оценки радиационной обстановки в зоне аварии и выработки адекватных рекомендаций по защите персонала, населения и окружающей среды базируется на знании текущей радиационной обстановки, использовании целого комплекса различных баз данных, информационно-справочных и моделирующих систем. При этом информационно-аналитическая поддержка работ по ликвидации последствий аварий с радиационным фактором условно может быть разделена на поддержку, осуществляемую в удаленных стационарных кризисных центрах (примером может служить Технический кризисный центр ИБРАЭ РАН), и поддержку работ, выполняемых непосредственно на месте аварии в полевых условиях. Решая по существу близкие задачи, программно-техническое обеспечение в этих двух случаях заметно различается.

На месте аварии:

- практически отсутствует поддержка программно-технических комплексов и каналов связи высококвалифицированными специалистами в области связи, вычислительной техники и программного обеспечения;
- все используемые методики прогноза развития радиационной обстановки и расчета доз должны выполняться быстро, быть в меру консервативными и работать на минимальном количестве входных данных;
- используемая техника должна быть малогабаритной, работать автономно в течение длительного времени в полевых условиях (т. е. быть защищенной по метеоусловиям, пыли, вибрации, электромагнитным полям).

Основные задачи, решаемые средствами мобильного комплекса, являются:

- информационно-аналитическая поддержка работ по ликвидации последствий радиационных аварий, включающая:
  - картографическое обеспечение работ (электронные карты различных масштабов, схемы промышленных площадок основных радиационно опасных объектов);



- комплексное описание радиационно и ядерно опасных объектов и их окрестностей, включая базу данных по населенным пунктам вблизи радиационно опасных объектов;
- справочную систему по нормативно-правовым документам в области радиационной безопасности;
- моделирование (прогнозирование) развития аварии и оценки ее возможных радиационных последствий;
- измерение параметров радиационной обстановки на местности с географической привязкой данных измерений;
- обеспечение оперативной связи и передачи данных;
- подготовку необходимых рабочих и справочных документов, прогнозов и рекомендаций и их оперативная передача в вышестоящие организации.

Рассматриваемый мобильный программно-технический комплекс представляет собой уменьшенный вариант стационарного информационно-аналитического кризисного центра, призванный выполнять его основные функции, но в непосредственной близости от места аварии. Его важными особенностями являются мобильность (возможность ручной транспортировки), возможность длительной работы на автономных источниках питания и обеспечение средствами связи, позволяющими передавать и получать информацию практически из любой точки земного шара, в том числе производить оперативный обмен данными с удаленными кризисными центрами.

В ходе ликвидации последствий радиационной аварии возможно уменьшение роли стационарных пунктов контроля и возрастание роли мобильных отрядов и лабораторий, особенно на ранней и промежуточной фазах аварии. Кроме того, при транспортных авариях, кражах и утерях источников, аварий с передвижными источниками излучения или возможных террористических актах данные со стационарных постов контроля, как правило, вообще будут отсутствовать. Оценка же радиологических последствий аварии требует постоянного уточнения имеющегося прогноза на основе экспериментального подтверждения или корректировки ранее сделанных оценок радиационной обстановки. Поэтому стандартное информационно-аналитическое обеспечение комплекса дополнено средствами оперативного измерения отдельных параметров радиационной обстановки (в первую очередь для проверки и коррекции прогноза радиационной обстановки) и спутниковой навигацией для географической привязки данных измерения.

Аппаратно-программное обеспечение комплекса ориентировано на его обслуживание одним специалистом в области радиационной безопасности, обладающим знаниями в области информационных и коммуникационных технологий на уровне среднего пользователя операционной системы Windows и основных офисных приложений.

Статья посвящена описанию разработанного в ИБРАЭ РАН мобильного программно-технического комплекса, предназначенного для решения на местности описанных выше задач радиационной защиты при авариях.

## **2. Аппаратное обеспечение мобильного комплекса**

Аппаратный состав комплекса определялся возможностью реализации его основных функций:

- обеспечения информационных, вычислительных и управляющих функций;
- обеспечения связи с другими центрами и абонентами и передачи цифровой и голосовой информации;
- проведения полевых измерений для оперативной разведки на местности и выборочной проверки результатов моделирования и прогнозирования;
- обеспечения географической привязки измерений в режиме реального времени;
- подготовки копий документов;
- длительной автономной работы комплекса в полевых условиях.

Разработанный вариант мобильного комплекса состоит из двух рабочих мест. Это обусловлено необходимостью распараллеливания работы на месте аварии. На первом (основном) рабочем месте (рис. 1) проводятся следующие работы:

- организация каналов связи;
- проведение необходимых расчетов дозовой нагрузки на оперативный персонал и прогнозирование радиационной обстановки в районе аварии;
- анализ нормативно-правовой документации в области радиационной безопасности;
- подготовка справок и отчетных документов.



Рис. 1. Пример развертывания основного рабочего места мобильного комплекса

Второе (дополнительное) рабочее место используется для измерения радиационной обстановки в районе аварии. На нем при необходимости может осуществляться и информационная аналитическая поддержка следующих работ:

- прогнозирования радиационной обстановки в районе аварии;
- оценки возможных доз оперативного персонала, участвующего в работах по ликвидации аварии.

Программное обеспечение этих двух рабочих мест полностью идентично, что позволяет в зависимости от ситуации легко перераспределять решаемые задачи, а также повышает надежность работы всего мобильного комплекса за счет фактического дублирования всех отдельных узлов и систем комплекса.

Так как мобильный комплекс должен надежно работать в сложных метеорологических условиях, характеризующихся повышенной влажностью и низкими температурами, а также выдерживать высокие механические нагрузки, возникающие при движении автотранспорта, на котором он может быть развернут, основное рабочее место программно-технического комплекса реализовано на базе защищенного ноутбука «Panasonic Toughbook CF-30». По уровню защиты он соответствует военному стандарту США MIL-STD 810F, имеет уровень защиты от влаги и пыли IP 54. Вся информация, хранящаяся на жестком диске, защищена от температурных воздействий, пыли и влаги, а также от ударов и сильной вибрации. Корпус ноутбука изготовлен из магниевых сплавов с использованием технологии тонкостенного литья. Жесткий диск быстросъемный. Он находится в алюминиевом контейнере и покрыт специальным демпфирующим материалом толщиной 32 мм, предохраняющим жесткий диск во время работы от ударов и вибрации. Ноутбук построен на базе процессора «Intel Core Duo L2400 (LV)» с рабочей частотой 1,66 ГГц и имеет 512 Мб оперативной памяти, расширяемой до 4 Гб. Жесткий диск емкостью 80 Гб позволяет хранить все необходимое программное обеспечение, а также различные архивы — чертежи и карты, результаты замеров, фотоматериалы и видеархивы. Благодаря использованию технологии низкого энергопотребления «Intel» батарея «Panasonic», установленная в CF-30, обеспечивает продолжительность автономной работы до 8 ч.

В состав ноутбука входит модуль системы глобального позиционирования GPS с современной антенной SIRF и поддержкой системы EGNOS для точного позиционирования. «Panasonic Toughbook CF-30» имеет широкий диапазон интерфейсов: Bluetooth, Wi-Fi, слоты для PC-карты, Express-карты, SD-карты, три порта USB и один COM-порт.

«Panasonic Toughbook CF-30» оборудован модулем TPM (Trusted Platform Module), используемым для безопасной передачи данных по сети, а так-

же для уникальной идентификации ноутбука в корпоративной сети (интранет). С помощью смарт-карт и записанной на них информации о правах доступа можно разграничивать полномочия при использовании ноутбука несколькими пользователями. Еще один способ разграничения полномочий — использование сканера отпечатка пальца.

Второе рабочее место мобильного комплекса (рис. 2) реализовано на базе компактного планшетного ноутбука «Samsung», имеющего 512 Мб оперативной памяти, диск емкостью 60 Гб и возможность подсоединяться к широкому спектру оборудования с помощью интерфейсов: Bluetooth, Wi-Fi, USB. Время автономной работы на собственном аккумуляторе составляет 4,5 ч.



Рис. 2. Пример развертывания автономной системы радиационной разведки на базе второго рабочего места мобильного комплекса

Для повышения длительности автономной работы мобильного комплекса дополнительно используется универсальная аккумуляторная батарея AP СН-Р1656 компании «АСМЕРpower». Она предназначена для продолжительной работы в автономных условиях совместно с мобильными устройствами — ноутбуками, карманными персональными компьютерами, цифровыми фото- и видеокамерами, мобильными телефонами, зарядными устройствами. Батарея имеет выходное напряжение 16, 12 и 5 В и укомплектована большим количеством переходников под различные типы разъемов. Она имеет встроенную защиту от перегрузок, короткого замыкания, перегрева,

перезаряда и перезаряд. AP CH-P1656 обеспечивает до 18 ч автономной работы всего комплекса.

В качестве принтера формата А4 используется портативная модель «Саппо IP90v».

Для измерения мощности гамма-излучения используется блок БДМГ-200, имеющий встроенный процессор и интерфейс RS-485, что позволяет подключать его к ноутбукам через USB-порт. Блоки детектирования БДМГ-200 выпускаются НПП «Доза» (<http://www.doza.ru>), сертифицированы и включены в государственный реестр средств измерений. Блок детектирования не требует для работы отдельного электропитания, так как оно осуществляется через USB-порт от компьютера. Датчик может осуществлять непрерывный мониторинг радиационного фона (в диапазоне мощности дозы  $H^*(10)$  0,1 мкЗв/ч — 10 Зв/ч для энергий гамма-излучения 0,05—3,0 МэВ).

Для обеспечения географической привязки измерений в составе комплекса используются три GPS-приемника:

- приемник, встроенный в «Panasonic Toughbook CF-30»;
- GPSMAP 60Сх производства компании «Garmin»;
- Bluetooth GPS-приемник BT-338.

Первые два используются на основном рабочем месте, третий — на дополнительном.

Для развертывания на месте аварии локальной сети используется беспроводной маршрутизатор D-link, позволяющий осуществлять беспроводную связь между различными рабочими местами на расстоянии до 100 м.

Для использования сотового канала связи мобильный программно-технический комплекс оснащен мобильным телефоном, поддерживающим GPRS-формат передачи данных.

На территориях, где нет поддержки протокола обмена данными GPRS, выход в Интернет и прием-передача сообщений по электронной почте осуществляются через GSM-канал либо через спутниковый терминал.

Для надежной голосовой и цифровой (через Интернет со скоростью до 432 кбит/с) передачи данных мобильный программно-технический комплекс оснащен спутниковым терминалом «Explorer 500», работающим в широкополосной спутниковой сети стандарта Inmarsat BGAN (Broadband Global Area Network). Терминал представляет собой единое устройство, имеющее небольшие размеры и вес. Антенны BGAN, GPS-антенна и антенна Bluetooth объединены в антенный модуль, неразрывно связанный с терминалом. Наличие ЖК-дисплея и функциональных клавиш помогает легко осуществлять настройку на спутник, а быстрый выбор направления на спутник возможен с использованием встроенного компаса.

Наличие Web-интерфейса максимально облегчает задачи пользователя по конфигурации терминала «ТТ-3710А Explorer 500». Интерфейсные порты позволяют подключать устройства различного типа. Bluetooth-интерфейс дает возможность использовать беспроводные устройства (телефоны с поддержкой Bluetooth, ноутбуки с Bluetooth-интерфейсом) на расстоянии до 100 м от терминала. Емкость литиевой аккумуляторной батареи терминала позволяет 1,5 ч работать в режиме передачи данных и 36 ч находиться в режиме ожидания.

Для транспортировки мобильного комплекса используется ударопрочный герметичный транспортный контейнер «Корсар К-72», имеющий поропластовое наполнение для защиты оборудования от механического воздействия. Кроме того, на его основе можно быстро развернуть оборудование мобильного комплекса в полевых условиях. На рис. 3 показан пример разворачивания мобильного комплекса на базе транспортного контейнера.



Рис. 3. Разворачивание мобильного комплекса в полевых условиях внутри транспортного контейнера

### **3. Программное обеспечение мобильного комплекса**

Все прикладное программное обеспечение мобильного аппаратно-программного комплекса условно можно разбить на два класса:

- телекоммуникационное программное обеспечение;
- программное обеспечение поддержки принятия решений экспертами.

Телекоммуникационное программное обеспечение предназначено для работы с сотовым телефоном, спутниковым терминалом «Inmarsat BGAN» и в локальной сети. Оно поставляется вместе с соответствующим аппаратным обеспечением и не является предметом разработки ИБРАЭ РАН.

Установленное на мобильном комплексе прикладное программное обеспечение поддержки принятия решений экспертов по радиационной безопасности предназначено для решения следующих задач:

- обеспечение информацией по действующей нормативной базе в области обеспечения радиационной безопасности;
- обеспечение комплексной информацией по основным радиационно опасным объектам и территории их размещения;
- работа с банком электронных карт, в том числе подготовка исходных данных и карт для проведения экспресс-анализа последствий радиационных аварий;
- сбор и визуализация на электронной карте данных радиационного мониторинга в режиме онлайн;
- экспресс-анализ последствий радиационных аварий для населения и окружающей среды.

Для удобства работы все прикладные программы, предназначенные для оперативной технической поддержки специалиста по радиационной безопасности, интегрированы в мобильном комплексе в рамках единой программной оболочки «Автоматизированное рабочее место эксперта». В состав комплекса входят:

- справочная система по нормативно-правовой документации;
- программа расчета дозовых нагрузок;
- специализированная геоинформационная система (ГИС) «MapView», предназначенная для:
  - работы с банком электронных карт и комплексной информацией по радиационно опасным объектам;
  - проведения измерения гамма-фона и вывода данных измерения на электронную карту в режиме онлайн;
  - передачи данных о местоположении мобильного комплекса и значении измеренного гамма-фона в кризисный центр;
  - оценки радиационной обстановки в районе аварии с выводом данных расчета в том числе и на электронную карту (прогностический модуль TRACE).

Все перечисленное прикладное программное обеспечение разработано в ИБРАЭ РАН.

**Информационно-справочная система по нормативно-правовой документации.** В нее входят международные договоры, федеральные законы, правовые акты президента и правительства России. Также широко представлены нормативные документы и стандарты в области использования атомной энергии, методические указания и рекомендации, международные рекомендации и издания по безопасности (документы, подготовленные и выпущенные МАГАТЭ). Система позволяет осуществлять поиск и просмотр необходимых документов, а также редактирование базы данных правовых документов в области радиационной безопасности, в том числе по обращению с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами. На рис. 4 показано основное рабочее окно программы.

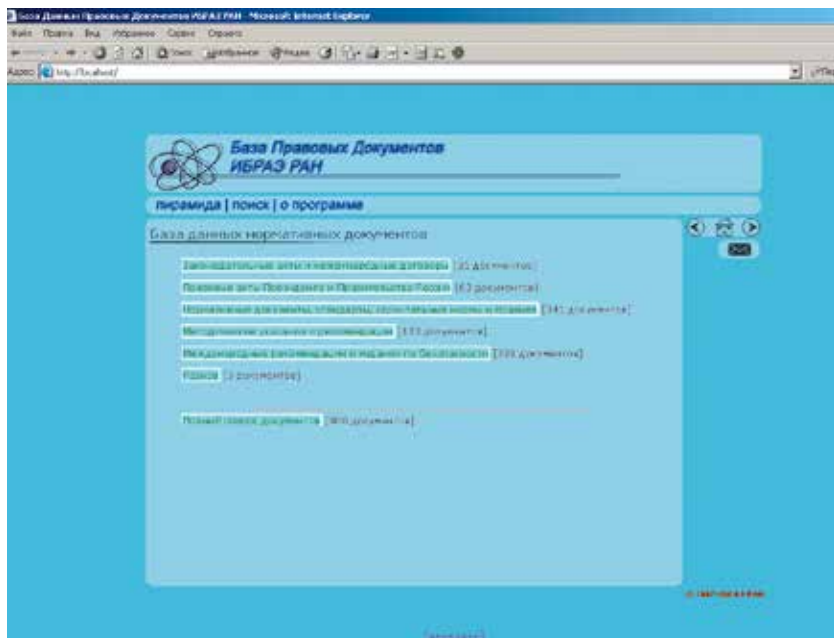


Рис. 4. Внешний вид программы

Доступ к необходимому документу можно осуществлять, выбрав соответствующий раздел в меню программы или используя кнопку «Поиск».

**Программа расчета дозовых нагрузок.** Программа предназначена для расчета доз внешнего и внутреннего облучения от радиоактивных источников различной геометрии. За основу при расчете дозовых нагрузок взяты методики МАГАТЭ, описанные в TECDOC 1162. Вид основного рабочего окна



программы показан на рис. 5. Чтобы перейти к расчетам возможных доз, необходимо нажать кнопку с нужным типом расчета. Далее следует в соответствующих окнах задать характеристики источника облучения и геометрию облучения. Данные расчета в различных срезах будут выведены в виде многостраничной формы (рис. 6), где их при необходимости можно сохранить в виде стандартных документов Word и Excel.

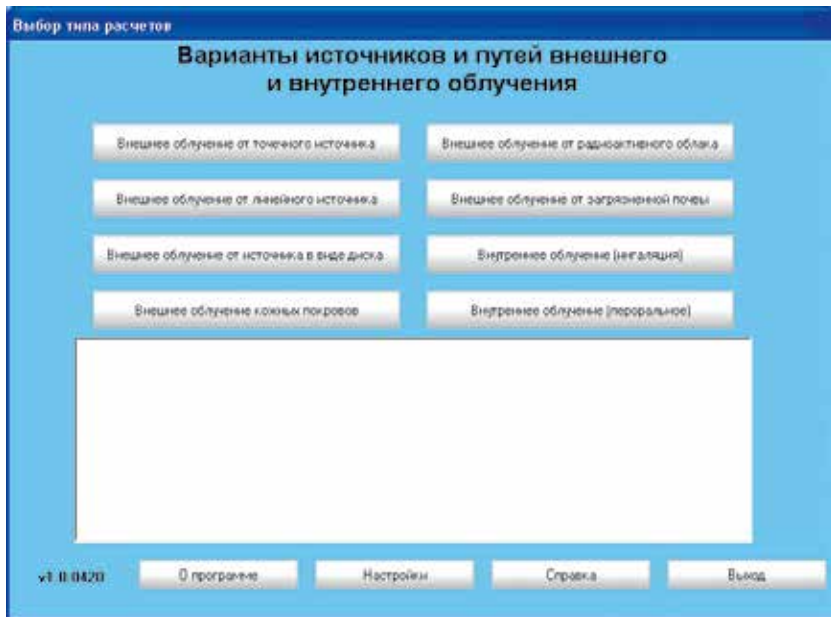


Рис. 5. Вид главного окна программы расчета дозовых нагрузок

Тип расчета	Точечный источник	Эффективная доза (мЗв)	Мощность дозы (мГр/час)	Активность источника (кБк)	Продолжительность облучения (час)	Расстояние от источника (м)	Тип жара
Co-60		2,92E-07	1,05E-07	31	4	6	Воздух
Fe-59		1,43E-07	5,47E-08	22	4	6	Воздух
I-125		4,20E-07	1,58E-07	33	4	6	Воздух
Сумма		8,55E-07	3,18E-07				

Рис. 6. Окно вывода результатов в программе расчета дозовых нагрузок

**Специализированная геоинформационная система «MapView».** Разработанная в ИБРАЭ РАН специализированная ГИС «MapView» является основным программным средством настоящего мобильного программно-технического комплекса, позволяющим осуществлять на базе единого банка электронных карт весь комплекс работ по анализу и измерению радиационной обстановки в районе аварии. Данная ГИС разработана на базе коммерческой геоинформационной системы «MapInfo». На рис. 7 показано основное рабочее окно ГИС «MapView».

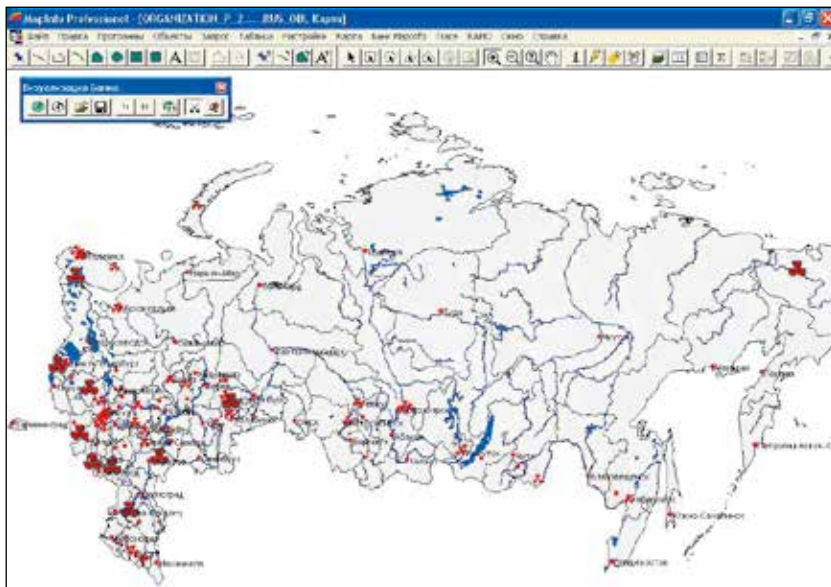


Рис. 7. Рабочее окно программного модуля «MapView»

По умолчанию в нее загружена обзорная карта России с нанесенными основными радиационно опасными объектами. Можно перейти на карты более крупного масштаба вплоть до 1:200 000. При этом радиационно опасные объекты автоматически переносятся на карты любого масштаба. Банк электронных карт содержит также снимки высокого разрешения окрестностей объектов и планы их промплощадок.

В настоящей версии мобильного программно-технического комплекса сформированный банк электронных карт [1] включает следующие карты и планы:

- обзорную карту России масштаба 1:8 000 000;
- карты регионов размещения основных радиационно опасных объектов масштаба 1:1 000 000;

- карты 30-километровых окрестностей атомных станций России и основных радиационно опасных объектов масштаба 1:200 000;
- отдельные номенклатурные листы масштаба 1:1 000 000, покрывающие всю территорию России;
- отдельные номенклатурные листы масштаба 1:200 000, покрывающие 100 км окрестности всех десяти атомных станций России, основных объектов ядерно-топливного цикла, а также полностью территории Московской, Брянской, Тульской, Калужской, Орловской и Ленинградской областей;
- карты всех регионов России масштаба 1:100 000;
- планы промышленных площадок атомных станций России и основных радиационно опасных объектов;
- растровые карты окрестностей зарубежных АЭС различного масштаба.

Программное обеспечение специализированной ГИС позволяет формировать карты окрестностей произвольных населенных пунктов либо предприятий на базе отдельных номенклатурных листов масштаба 1:1 000 000 и 1:200 000. При этом при скроллинге карты происходит автоматическая загрузка необходимых номенклатурных листов и переход от одного масштаба карт к другому при масштабировании окна карты. Таким образом, для пользователя работа с отдельными номенклатурными листами равносильна работе с единой картой.

Для получения комплексной информации по радиационно опасным объектам, районам их размещения необходимо в панели операций системы (см. рис. 7) активизировать опцию «Геолинк» и подвести курсор мыши к необходимому объекту на карте. Если с данным объектом связана какая-либо информация, то откроется соответствующая HTML-страница.

На рис. 8 приведен пример отображения HTML-файла со структурированной комплексной информацией по Ленинградской АЭС.

Важной составной частью информационного блока являются компьютерные версии аварийных планов радиационно опасных объектов.

**Прогностический модуль.** Для получения экспресс-прогноза радиационной обстановки в районе аварии с оценкой возможных доз для персонала и окрестного населения необходимо загрузить в рабочее окно карту и запустить из главного меню ГИС (см. рис. 7) прогностический модуль TRACE. Модуль включает в себя гауссову модель атмосферного переноса для расчета распространения радиоактивных выбросов в атмосфере и оценки дозового воздействия таких выбросов на человека. Методика расчета основана на рекомендациях, изложенных в нормативно-технических документах [2; 3].

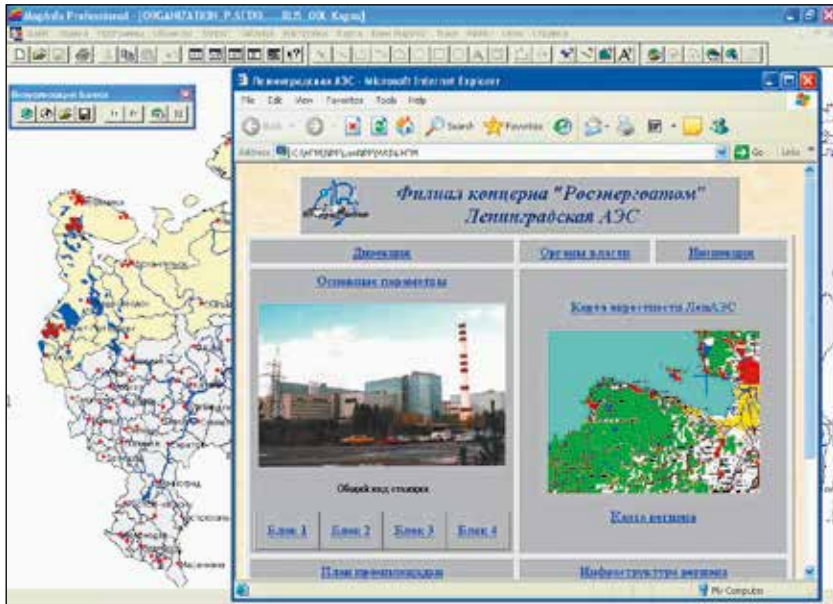


Рис. 8. Пример представления информации по Ленинградской АЭС

Пользователю предоставляются следующие возможности:

- задать параметры радиоактивного выброса и метеорологические условия в районе аварии;
- провести расчеты по модели атмосферного переноса с отображением на карте результатов моделирования;
- анализировать возможные последствия выбросов включая генерацию отчета в виде текстового файла;
- сохранять текущее состояние системы в специальном конфигурационном файле для воспроизведения при дальнейшем анализе;
- записывать результаты моделирования в файл стандартного формата для последующего приготовления печатной копии.

При моделировании рассчитываются следующие целевые функции:

- загрязнение земной поверхности;
- внешняя доза от облака (эффективная);
- внешняя доза от выпадений (эффективная);
- ингаляционная доза (эффективная);
- ингаляционная доза (легкие);
- ингаляционная доза (щитовидная железа, дети);
- ингаляционная доза (щитовидная железа, взрослые);
- полная эффективная доза;
- мощность дозы.





использованы все имеющиеся в мобильном комплексе каналы связи: GPRS, GSM-Dialup, SMS, спутниковый канал связи, выход в Интернет по какой-либо доступной локальной сети.

Передача возможна через Интернет по стандартным протоколам (SMTP, POP3, HTTP, FTP), либо в режиме «точка-точка», либо с использованием сервисов провайдеров канала связи (например, SMS).

Датчик мощности дозы БДМГ-200УД подключается к USB-порту ноутбука. При необходимости к GPS-приемнику подключается антенна.

На рис. 10 приведен пример отображения измерения гамма-фона, проведенного во время командно-штабных противоаварийных учений на Нововоронежской АЭС в 2006 г.



Рис. 10. Пример вывода данных измерения мощности дозы на электронную карту

Программное обеспечение дает возможность передавать карту с отображенными на ней данными измерения гамма-фона непосредственно в прогностический модуль TRACE. Это позволяет оперативно корректировать данные прогноза радиационной обстановки по результатам измерения, что значительно повышает их достоверность.

## **Литература**

1. *Евдокимова З. А., Жилина Н. И., Киселёв В. П. и др.* Организация банка электронных карт ИБРАЭ РАН. — М., 2002. — 60 с. — (Препринт / ИБРАЭ; № 2002-04).
2. Безопасность в атомной энергетике. Общие положения безопасности АЭС. Методы расчета распространения радиоактивных веществ с АЭС и облучения окружающего населения. НТД 38.220.56-84 / Междунар. хоз. объединение ИНТЕРАТОМЭНЕРГО. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 133 с.
3. Руководство по установлению допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферу (ДВ-98) / Госкомэкология России; Минатом России. — М., 1999. — 329 с.

## **2. СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВАРИЙНОГО РЕАГИРОВАНИЯ**

### ***Территориальные системы аварийного реагирования и радиационного мониторинга***

*Е. В. Антоний, Р. В. Арутюнян, Р. И. Бакин, С. Л. Гаврилов,  
С. Н. Краснопёров, В. П. Меркушов, И. А. Осипьянц*

#### **1. Введение**

В соответствии с федеральным законом «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ в редакции от 11 февраля 2013 г. и нормативными актами Российской Федерации (постановлением Правительства РФ «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» от 30 декабря 2003 г. № 794 в редакции от 19 ноября 2012 г.) в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЧС) действует принцип разграничения полномочий между федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Федерации, органами местного самоуправления и организациями. Согласно этому принципу администрация субъекта Федерации несет полную ответственность за реализацию мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий ЧС природного и техногенного характера, в том числе радиационных аварий на территории субъекта.

В настоящее время территориальные системы аварийного реагирования и радиационного мониторинга (ТС АР и РМ) в организационном, техническом, информационном и кадровом отношении не всегда могут в полном объеме обеспечить адекватное решение задач защиты населения и минимизации социальных и экономических последствий в случае ЧС с радиационным фактором. Без адекватной системы реагирования не могут быть осуществлены эффективные меры радиационной защиты населения, предотвращен социальный и экономический ущерб, обусловленный неоправданными уровнями вмешательства.

Развитие ТС АР и РМ предполагает модернизацию региональных, муниципальных и объектовых органов управления Российской единой системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) в части, касающейся предотвращения и ликвидации возможных ЧС с радиационным



фактором, создание новых вспомогательных структур, оснащение их современными техническими средствами, обеспечение доступа к оперативной информации о текущей радиационной ситуации и прогнозах ее развития.

Органы повседневного управления РСЧС регионального, муниципального и объектового уровней должны быть обеспечены техническими средствами, укомплектованы кадрами для обеспечения мониторинга радиационной обстановки на подведомственных территориях, взаимодействия с другими участниками системы аварийного реагирования, со структурами, осуществляющими научную и техническую поддержку.

На базе органов повседневного управления РСЧС и постоянно действующих органов управления РСЧС регионального уровня, территориальной службы Росгидромета образуется структура, которая должна обеспечивать координационные органы РСЧС (комиссии по чрезвычайным ситуациям — КЧС — различных уровней), руководство субъекта и федеральные органы исполнительной власти оперативной информацией о радиационной обстановке на его территории, прогнозами ее развития, рекомендациями по защите населения и территорий.

Должно быть обеспечено информационное взаимодействие по радиационной тематике (оперативная передача информации о радиационной обстановке, о нештатных ситуациях, уточнение информации, передача рекомендаций и т. п.) между органами повседневного управления, постоянно действующими органами управления РСЧС на региональном, межрегиональном и федеральном уровнях, силами и средствами РСЧС.

Профильный персонал всех элементов РСЧС и вспомогательных структур, задействованных в мониторинге радиационной обстановки, ликвидации последствий ЧС с радиационным фактором, должен пройти соответствующее обучение и участвовать на регулярной основе в противоаварийных учениях и тренировках.

Только в этом случае администрация субъекта Федерации будет в состоянии обеспечить решение задач по защите населения и минимизации прямых и косвенных последствий аварий на радиационно опасных предприятиях, а также в тех случаях, когда общественность воспринимает ситуацию как аварийную.

## **2. Общие сведения о территориальной системе аварийного реагирования и радиационного мониторинга**

Для адекватного реагирования на чрезвычайные ситуации с радиационным фактором должны быть созданы:

- Информационно-аналитическая подсистема ТС АР и РМ, создаваемая на базе территориальных органов по гражданской обороне и чрезвычайным

- чайным ситуациям (ГО и ЧС)<sup>1</sup>, территориального подразделения Росгидромета, администрации субъекта Федерации. Подсистема позволяет обеспечить мониторинг радиационной обстановки в регионе, информационную поддержку, выработку рекомендаций для координационных органов РСЧС (КЧС различных уровней) и руководства субъекта Федерации, организовать техническое обеспечение информационного взаимодействия с другими участниками ТС АР и РМ.
- Современная инфраструктура для взаимодействия подразделений ядерно и радиационно опасных предприятий, отвечающих за аварийное реагирование и радиационный мониторинг (например, локальных кризисных центров предприятий), с участниками ТС АР и РМ на ЧС с радиационным фактором.
  - Территориальная автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АСКРО), осуществляющая автоматизированный мониторинг радиационной обстановки на территории субъекта Федерации.
  - Объектовые АСКРО на крупных ядерно и радиационно опасных предприятиях, осуществляющие автоматизированный мониторинг радиационной обстановки на территории предприятия, санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения.
  - Мобильные средства радиационной разведки, необходимые для осуществления радиационного мониторинга (и оперативной передачи данных) в тех местах, где отсутствуют стационарные средства измерений.
  - Система научно-технической поддержки со стороны кризисных центров и соответствующих экспертных центров функциональных подсистем РСЧС для обеспечения поддержки создаваемой территориальной системы аварийного реагирования на ЧС с радиационным фактором при оценке источника выброса и распространения радиоактивных веществ в окружающей среде, по оценке и прогнозу доз облучения населения и окружающей среды, выработке рекомендаций по защите населения, персонала, территорий.
  - Коммуникационная инфраструктура для обеспечения взаимодействия всех элементов ТС АР и РМ.

Для функционирования всех создаваемых элементов и эксплуатации технических систем в каждой структуре должен быть сформирован соответствующий штат. Персонал должен пройти обучение, участвовать в периодических тренировках и учениях по данной тематике.

Создаваемая информационно-аналитическая подсистема территориальной системы должна базироваться на существующих элементах или структурах.

---

<sup>1</sup> Распределение функций в рамках системы аварийного реагирования между региональным управлением по ГО и ЧС и главным управлением МЧС России по субъекту Федерации определяется региональной нормативно-правовой базой в области ГО и ЧС и соответствующими соглашениями между субъектом Федерации и МЧС.

Подсистема может быть расширена на другие (не радиационного характера) типы ЧС.

Создаваемая система также должна использоваться для информирования населения о радиационной обстановке на территории субъекта Федерации<sup>2</sup>.

### **3. Основные элементы территориальной подсистемы РСЧС и их взаимодействие при решении задач предупреждения и ликвидации ЧС с радиационным фактором**

В соответствии с постановлением Правительства РФ «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» от 30 декабря 2003 г. № 794 в редакции от 19 ноября 2012 г. постоянно действующими органами управления системы аварийного реагирования на региональном уровне являются территориальные органы МЧС России — органы, специально уполномоченные решать задачи гражданской обороны и задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций по субъектам Федерации (главные управления МЧС России по субъектам Федерации).

Органами повседневного управления на региональном уровне являются:

- центры управления в кризисных ситуациях региональных центров;
- центры управления в кризисных ситуациях главных управлений МЧС России по субъектам Федерации;
- информационные центры, дежурно-диспетчерские службы органов исполнительной власти субъектов Федерации;
- единые дежурно-диспетчерские службы муниципальных образований;
- дежурно-диспетчерские службы организаций (объектов).

В случае нештатных ситуаций основным органом, который отвечает за сбор информации о ЧС и подготовку рекомендаций по ликвидации последствий ЧС, координацию деятельности органов управления и сил единой системы, обеспечение согласованности действий участников ТС АР и РМ, является комиссия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности администрации субъекта Федерации (КЧС субъекта Федерации). Комиссия входит в состав территориальной подсистемы единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и предназначена для осуществления мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Комиссия руководит ликвидацией чрезвычайных ситуаций с привлечением при необходимости всех имеющихся сил и средств в зоне чрезвычайной ситуации,

---

<sup>2</sup> Актуальность решения задач адекватного реагирования на ЧС радиационного характера в части информирования населения наглядно проявилась в ситуациях вокруг Балаковской АЭС в 2004 г. и Волгодонской АЭС в 2007 г.

а также руководит мероприятиями по поддержанию постоянной готовности органов управления, сил и средств к действиям в чрезвычайных ситуациях. Комиссия также обеспечивает готовность пунктов управления противоаварийными мероприятиями. В компетенцию КЧС входит введение в установленном порядке на территории субъекта Федерации режимов функционирования системы аварийного реагирования (повседневной деятельности, повышенной готовности или чрезвычайной ситуации).

Решения о реализации конкретных мероприятий принимает руководитель администрации субъекта Федерации.

В случае нештатных ситуаций радиационного характера важную роль в поддержке работы КЧС субъекта Федерации играют:

- центр мониторинга и прогнозирования (ЦМП), ряд других подразделений органа по ГО и ЧС субъекта Федерации, которые выполняют сбор, анализ данных, подготовку сводной информации, рекомендаций;
- территориальный орган МЧС России;
- диспетчерские службы: единая дежурно-диспетчерская служба (ЕДДС), дежурно-диспетчерская служба (ДДС) и др.;
- региональное подразделение Росгидромета, которое предоставляет информацию о текущей и прогнозируемой метеообстановке; в случае нештатных ситуаций радиационного характера региональное подразделение Росгидромета является ответственным за прогнозирование распространения радиоактивных веществ в окружающей среде, в том числе трансграничного переноса — во взаимодействии с Федеральным информационно-аналитическим центром (ФИАЦ) Росгидромета.

При возникновении ЧС с радиационным фактором необходимо обеспечить оперативное взаимодействие между КЧС субъекта Федерации, территориальным органом по ГО и ЧС, объектом, на котором зафиксирована ЧС, региональным подразделением Росгидромета, территориальным органом МЧС России.

Также должны быть приняты все меры для своевременной передачи адекватной информации о нештатной ситуации в средства массовой информации.

#### **4. Информационно-аналитическая подсистема территориальной системы аварийного реагирования на ЧС с радиационным фактором**

Информационно-аналитическая подсистема включает в себя средства поддержки принятия решений для координирующих органов РСЧС (КЧС различных уровней) и руководства субъекта Федерации, предоставляет техническое и информационное сопровождение их работы при возникновении ЧС с радиационным фактором.

Основные задачи подсистемы:

- сбор, обработка, анализ и предоставление данных радиационного мониторинга, в том числе с помощью мобильных средств радиационной разведки;
- анализ и прогнозирование последствий радиационных аварий;
- выработка рекомендаций для МЧС и администрации субъекта Федерации по мерам защиты населения и территорий;
- обеспечение связи и обмена данными между основными участниками системы аварийного реагирования на ЧС с радиационным фактором;
- обращение за оперативной экспертной научно-технической поддержкой при работе региональной МЧС и администрации субъекта Федерации;
- информационное обеспечение региональной МЧС;
- техническое обеспечение региональной МЧС;
- обеспечение взаимодействия с территориальными подразделениями федеральных органов исполнительной власти;
- развитие методического, программно-технического и информационного обеспечения системы аварийного реагирования субъекта Федерации;
- участие в мероприятиях по повышению готовности и развитию сил и средств аварийного реагирования, в том числе обеспечение проведения учений и тренировок.

В штатном режиме эксплуатации элементы, входящие в информационно-аналитическую подсистему, обеспечивают готовность и развитие соответствующих элементов системы аварийного реагирования.

Целесообразно строить информационно-аналитическую подсистему территориальной системы аварийного реагирования на ЧС с радиационным фактором на базе следующих структур:

- ситуационного центра в администрации субъекта Федерации;
- центра мониторинга и прогнозирования органа по ГО и ЧС субъекта Федерации;
- центра сбора и обработки информации радиационного мониторинга на базе регионального подразделения Росгидромета;
- абонентских пунктов<sup>3</sup> в территориальном управлении МЧС России, ЕДДС субъекта Федерации, некоторых муниципальных образованиях, других организациях.

Места и роли основных участников системы аварийного реагирования на ЧС с радиационным фактором проиллюстрированы на рис. 1.

---

<sup>3</sup> Абонентские пункты используются для передачи информации и обеспечения технической возможности оперативного взаимодействия.



## **5. Основные задачи элементов информационно-аналитической подсистемы территориальной системы аварийного реагирования на ЧС с радиационным фактором**

Основные задачи Ситуационного центра в администрации субъекта Федерации:

- обеспечение руководства субъекта Федерации оперативной информацией о текущей обстановке в зоне ЧС, оперативное взаимодействие с КЧС субъекта Федерации, областными и федеральными органами исполнительной власти и предприятиями;
- обеспечение руководства субъекта Федерации повседневной информацией о реализации мероприятий по предупреждению ЧС, наблюдении и контроле состояния потенциально опасных объектов и окружающей среды на территории субъекта Федерации;
- проведение мероприятий по информированию общественности.

Основные задачи центра мониторинга и прогнозирования органа по ГО и ЧС субъекта Федерации:

- информационное и техническое обеспечение КЧС субъекта Федерации и его руководства в повседневном и аварийном режимах;
- планирование, контроль введения в действие и выполнения противоаварийных мероприятий в целом для субъекта Федерации;
- оперативный мониторинг основных параметров радиационной обстановки на всей территории субъекта Федерации, в том числе с использованием передвижных лабораторий радиационной разведки;
- сопровождение и развитие информационных и программно-технических ресурсов, обеспечение функционирования средств связи и обмена данными;
- участие в организации обучения, а также проведение учений и тренировок персонала органа по ГО и ЧС, участие в проведении учений и тренировок.

Основные задачи центра сбора и обработки информации на базе регионального подразделения Росгидромета:

- сбор, накопление, обработка, анализ, предоставление и передача данных по радиационной обстановке на территории региона;
- получение и обработка текущих данных по метеообстановке в регионе и обеспечение ее прогноза;
- техническая поддержка и развитие территориальной АСКРО;
- оценка и прогнозирование воздушного и водного переноса радионуклидов включая трансграничный (во взаимодействии с ФИАЦ Росгидромета).

## **6. Режимы функционирования, основные функции элементов информационно-аналитической подсистемы территориальной системы аварийного реагирования на ЧС с радиационным фактором, других участников системы аварийного реагирования**

Выделяются следующие режимы функционирования системы:

- режим повседневной деятельности;
- режим повышенной готовности;
- режим чрезвычайной ситуации.

При отсутствии угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций с радиационным фактором на объектах или территориях элементы информационно-аналитической подсистемы ТС АР и РМ функционируют в режиме повседневной деятельности.

Элементы подсистемы переходят в режим повышенной готовности при угрозе возникновения радиационно опасной ситуации на территории субъекта Федерации как на радиационно опасных объектах (РОО), так и на других потенциально опасных объектах. Такой режим вводится в случае нарушения пределов и условий безопасной эксплуатации РОО без радиационных последствий, обнаружения признаков угрозы радиационно опасной ситуации на объектах или по указанию.

Элементы подсистемы переходят в режим чрезвычайной ситуации после установления факта возникновения аварии и аварийного оповещения либо в некоторых случаях при возникновении угрозы ЧС. Элементы подсистемы могут перейти в режим чрезвычайной ситуации из режима повседневной деятельности, минуя режим повышенной готовности.

Ниже рассмотрены основные функции структурных элементов информационно-аналитической подсистемы территориальной системы аварийного реагирования на ЧС с радиационным фактором в режиме повседневной деятельности и режиме чрезвычайной ситуации, так как режим повышенной готовности отличается от режима чрезвычайной ситуации только объемом подготовительных работ и степенью активизации сил аварийного реагирования.

### **6.1. Режим повседневной деятельности**

#### **Основные функции Ситуационного центра в администрации субъекта Федерации:**

- предоставление руководству субъекта Федерации справочной информации о РОО на его территории, о текущей радиационной обстановке на



территории субъекта Федерации и на территории радиационно опасных предприятий; представление справочной информации об источниках опасности, силах и средствах аварийного реагирования<sup>4</sup>;

- организация взаимодействия руководства субъекта Федерации с предприятиями и другими участниками системы аварийного реагирования для решения административных, управленческих, финансово-экономических задач обеспечения ядерной и радиационной безопасности;
- участие в противоаварийных учениях и тренировках;
- подготовка информационных материалов, в том числе для информирования общественности и средств массовой информации;
- обслуживание программно-технических средств и коммуникационных систем центра.

#### **Основные функции центра мониторинга и прогнозирования органа по ГО и ЧС субъекта Федерации:**

- мониторинг радиационной обстановки на территории субъекта Федерации и обеспечение его руководства оперативной информацией о текущей радиационной обстановке;
- мониторинг, анализ радиационных инцидентов на территории субъекта Федерации;
- подготовка справочной информации о РОО на территории субъекта Федерации, о текущей радиационной обстановке, справочной информации об источниках опасности, силах и средствах аварийного реагирования;
- обеспечение оперативного взаимодействия с участниками системы аварийного реагирования;
- планирование противоаварийных мероприятий на территории субъекта Федерации;
- подготовка отчетных и информационных материалов;
- проведение работ по актуализации информации в специализированных базах данных;
- участие в противоаварийных учениях и тренировках;
- обслуживание программно-технических средств и коммуникационных систем центра.

#### **Основные функции Центра сбора и обработки информации на базе регионального подразделения Росгидромета:**

- сбор, обработка, анализ, хранение и предоставление данных территориальной АСКРО и части объектовых АСКРО;
- сбор, обработка, анализ, хранение и предоставление данных неавтоматизированных систем радиационного мониторинга на территории субъекта Федерации;

---

<sup>4</sup> Сопровождение информационных систем, актуализацию информации в базах данных обеспечивает центр мониторинга и прогнозирования органа по ГО и ЧС субъекта Федерации.

- техническая поддержка и развитие территориальной АСКРО;
- обеспечение передачи данных радиационного мониторинга в кризисные центры;
- получение и обработка текущих данных по метеообстановке в регионе и обеспечение ее прогноза;
- участие в противоаварийных учениях и тренировках;
- обслуживание программно-технических средств и коммуникационных систем центра.

**Основные функции Технического кризисного центра ИБРАЭ РАН как центра научно-технической поддержки (ЦНТП):**

- поддержка участников системы аварийного реагирования в решении научно-технических задач обеспечения радиационной безопасности и радиационной защиты;
- методическая, информационно-аналитическая и экспертная поддержка участников системы аварийного реагирования по вопросам радиационной защиты населения и территорий при ЧС с радиационным фактором;
- подготовка сценариев и оценка радиационных и социально-экономических последствий возможных аварий;
- участие в противоаварийных учениях и тренировках;
- разработка новых программно-технических средств, совершенствование и модернизация существующих программно-технических средств;
- участие во встречах с общественностью и подготовке информационных материалов и публикаций по проблеме радиационной безопасности для населения и СМИ;
- обслуживание программно-технических средств и коммуникационных систем центра.

**Основные функции других центров научно-технической поддержки:**

- участие в совершенствовании элементов системы аварийного реагирования объектового и отраслевого уровней;
- подготовка сценариев и анализ последствий возможных аварий в части оценки источника, оценки состояния радиационно опасного объекта, подготовка сценариев радиологических последствий возможных аварий;
- участие в противоаварийных учениях и тренировках;
- разработка новых программно-технических средств ЦНТП;
- обслуживание программно-технических средств и коммуникационных систем центра.

## **6.2. Режим чрезвычайной ситуации**

### **Основные функции Ситуационного центра в администрации субъекта Федерации:**

- обеспечение руководства субъекта Федерации оперативной информацией о текущей радиационной обстановке в зоне ЧС;
- предоставление руководству субъекта Федерации информации о ходе реализации противоаварийных мероприятий, рекомендациях по защите населения и территорий, выработанных областной КЧС;
- обеспечение оперативного взаимодействия руководства субъекта Федерации с участниками аварийного реагирования;
- подготовка информационных материалов, в том числе для информирования общественности, о ходе ликвидации ЧС и принятых мерах по защите персонала и населения.

### **Основные функции центра мониторинга и прогнозирования органа по ГО и ЧС субъекта Федерации:**

- анализ и прогнозирование последствий ЧС с радиационным фактором;
- выработка рекомендаций по мерам защиты населения и территорий;
- обработка, анализ и предоставление данных территориальной и части объектовых АСКРО, данных радиационной разведки;
- обеспечение взаимодействия с участниками аварийного реагирования на местном, региональном и федеральном уровнях (включая оповещение);
- информационное и техническое обеспечение работы КЧС субъекта Федерации;
- обеспечение функционирования средств связи и обмена данными;
- подготовка оперативных и информационных материалов для администрации субъекта Федерации.

### **Основные функции Центра сбора и обработки информации на базе регионального подразделения Росгидромета:**

- сбор, обработка, анализ и предоставление данных территориальной АСКРО и части объектовых АСКРО;
- сбор, обработка, анализ, хранение и представление данных неавтоматизированных систем радиационного мониторинга на территории субъекта Федерации;
- обеспечение передачи данных радиационного мониторинга участникам системы аварийного реагирования;
- получение и обработка текущих данных по метеобстановке в регионе и обеспечение ее прогноза, оперативная передача данных о текущей и прогнозируемой метеорологической обстановке участникам системы аварийного реагирования;

- анализ и прогнозирование загрязнения окружающей среды, в том числе трансграничного переноса радионуклидов (во взаимодействии с ФИАЦ Росгидромета).

**Основные функции ТКЦ ИБРАЭ РАН<sup>5</sup>:**

- прогнозирование и оценка основных характеристик источника радиоактивного выброса (динамических характеристик, нуклидного и физико-химического состава, параметров радиоактивного облака);
- подготовка первичного прогноза загрязнения окружающей среды и его корректировка с учетом уточненных характеристик источника, данных мониторинга и других фактических данных;
- оценка ситуации по масштабу аварии, радиоактивному загрязнению территории, прогнозу доз облучения населения;
- выработка рекомендаций по защите персонала, населения и окружающей среды.

**Основные функции других центров научно-технической поддержки:**

- прогнозирование и оценка основных характеристик источника радиоактивного выброса (динамических характеристик, нуклидного и физико-химического состава, параметров радиоактивного облака);
- подготовка прогноза состояния радиационно опасного объекта;
- объективная оценка ситуации по масштабу аварии;
- выработка рекомендаций для принятия неотложных мер по переводу аварийного объекта в безопасное состояние и мерам, предпринимаемым для ликвидации последствий аварии на объекте.

## **7. Типовое оснащение элементов информационно-аналитической подсистемы территориальной системы аварийного реагирования на ЧС с радиационным фактором**

Персонал центров может формироваться на базе существующих структурных подразделений организаций, либо могут быть добавлены отдельные штатные единицы. Персонал центров должен пройти соответствующее обучение.

---

<sup>5</sup> Решение о привлечении ТКЦ ИБРАЭ РАН и других кризисных центров, соответствующих экспертных центров функциональных подсистем РСЧС принимается региональными структурами и руководством предприятий.

## **7.1. Ситуационный центр в администрации субъекта Федерации**

Для решения основных задач и реализации основных функций ситуационный центр целесообразно разместить в здании администрации субъекта Федерации.

В состав центра следует включить следующие помещения:

- зал для совещаний (ориентировочно на 10—20 человек);
- помещение для работы персонала центра (2—3 человека);
- серверное помещение.

Оснащение ситуационного центра:

- технические средства — система видеоконференцсвязи, аудио- и видеопрезентационное оборудование, современные автоматизированные рабочие места персонала, серверное и коммуникационное оборудование, система бесперебойного электропитания;
- программные средства — средства просмотра и анализа данных радиационного мониторинга, информационно-справочные системы для руководства, обеспечивающие доступ к данным о состоянии радиационно опасных объектов и оперативной информации по оценке последствий ЧС и реализации противоаварийных мероприятий.

## **7.2. Центр мониторинга и прогнозирования органа по ГО и ЧС субъекта Федерации**

Для решения задач по предотвращению и ликвидации последствий ЧС с радиационным фактором в ЦМП органа по ГО и ЧС субъекта Федерации следует предусмотреть два помещения для работы персонала и экспертов центра, серверное помещение.

Должно быть обеспечено информационное взаимодействие между залом для проведения заседаний КЧС субъекта Федерации и ЦМП органа по ГО и ЧС.

Оснащение центра:

- технические средства — система видеоконференцсвязи, аудио- и видеопрезентационное оборудование, современные автоматизированные рабочие места персонала, серверное и коммуникационное оборудование, система гарантированного электропитания на базе дизель-генераторной установки и источника бесперебойного питания;
- программные средства — средства сбора, просмотра и анализа данных радиационного мониторинга, базы данных и информационно-справочные системы по состоянию объектов, сценариям возможных аварий,

- планам защиты населения и территорий, банк электронных карт, расчетно-моделирующие системы;
- передвижные лаборатории радиационной разведки.

### **7.3. Центр сбора и обработки информации на базе регионального подразделения Росгидромета**

Помещения для работы персонала центра целесообразно разместить в здании регионального подразделения Росгидромета.

В состав центра следует включить следующие помещения:

- два помещения для работы персонала центра (по 3—4 человека);
- серверное помещение.

Оснащение центра:

- технические средства — система видеоконференцсвязи, аудио- и видеопрезентационное оборудование, современные автоматизированные рабочие места персонала, серверное и коммуникационное оборудование, система бесперебойного электропитания.
- программные средства — средства сбора, визуализации, анализа данных радиационного мониторинга, управления системой сбора данных, средства подготовки сводок по метеообстановке в регионе, банк электронных карт, расчетно-моделирующие и тренинговые системы.

## **8. Организация связи между элементами подсистемы**

### **8.1. Общие сведения**

Для организации связи между элементами информационно-аналитической подсистемы ТС АР и РМ должны быть организованы каналы передачи данных.

Сеть передачи данных, объединяющая элементы, используется для:

- совместной работы с информационными системами и базами данных, поддержки функционирования систем радиационного мониторинга;
- видеоконференцсвязи на основе стандартов H.323, H.320 (рекомендации ITU-T);
- технологической IP-телефонии (организация телефонной связи между УПАТС, установленными в организациях);
- работы электронной почты;
- доступ к ресурсам Интернета;

- работы служебных сетевых сервисов, в том числе резервного копирования и репликации баз данных.

## **8.2. Каналы связи**

Организация системы связи зависит от следующих условий:

- расстояния между центрами;
- технической возможности прокладки оптоволоконных линий;
- наличия прямой видимости между центрами, рельефа местности;
- технической возможности организации выделенных каналов связи в центрах местным оператором связи.

Возможна организация следующих каналов связи:

- канала связи на основе ВОЛС;
- канала связи на основе радиорелейного оборудования;
- выделенного канала связи с подключением к местному оператору связи.

Для организации непрерывного взаимодействия между элементами информационно-аналитической подсистемы территориальной системы аварийного реагирования на ЧС с радиационным фактором, а также минимизации зависимости работоспособности каналов от внешних факторов (перебоев в работе оператора связи и перебоев в электроснабжении) целесообразно использовать вновь организованные каналы связи с подключением каналаобразующего оборудования к системе бесперебойного электропитания каждого из центра.

Для повышения надежности системы желательно дублировать каналы связи резервными каналами. В качестве резервных каналов связи целесообразно использовать каналы меньшей пропускной способности, чем основной. Для этих целей используются следующие каналы:

- арендованные каналы связи;
- радиоканалы;
- телефонные сети общего пользования.

## **8.3. Организация связи между элементами территориальной системы и ТКЦ ИБРАЭ РАН, другими центрами научно-технической поддержки**

Для связи элементов территориальной системы аварийного реагирования на ЧС с радиационным фактором и предприятий с ТКЦ ИБРАЭ РАН и другими центрами научно-технической поддержки целесообразно использовать выделенные цифровые каналы связи с гарантированной пропускной спо-

способностью либо обеспечивающие приоритетную передачу трафика, критичного к задержкам.

## **9. Выводы**

В течение последних двенадцати лет ИБРАЭ РАН совместно с МЧС России, Госкорпорацией «Росатом», Росгидрометом и субъектами Федерации ведет работы по созданию и совершенствованию территориальных систем радиационного мониторинга и аварийного реагирования в субъектах Федерации.

Эти работы предусмотрены федеральными целевыми программами, областными целевыми программами, ведутся они и в рамках международного сотрудничества.

Примером может служить совершенствование территориальных систем радиационного мониторинга и аварийного реагирования в Мурманской (2005—2008 гг.) и Архангельской (2008—2011 гг.) областях.

Действуют региональные ситуационные кризисные центры, модернизированы территориальные системы автоматизированного контроля радиационной обстановки, созданы современные линии связи, передвижные лаборатории радиационной разведки. Организована система экспертной поддержки администраций областей в сфере принятия решений по защите населения и территорий. Созданная инфраструктура обеспечивает информационную, экспертную и техническую поддержку областных комиссий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Существенно модернизированы процедуры и регламенты взаимодействия участников аварийного реагирования на местном, объектовом, областном и федеральном уровнях. Проведены подготовка и обучение персонала территориальных структур аварийного реагирования. На этапе опытной эксплуатации систем были проведены масштабные комплексные противоаварийные учения, в ходе которых были опробованы все элементы инфраструктуры аварийного реагирования. Учения показали существенное повышение эффективности взаимодействия объектового, территориального и федерального уровней аварийного реагирования.

Две миссии МАГАТЭ (в 2007 г. в Мурманской области и в 2011 г. в Архангельской области), проводившие оценку состояния аварийной готовности, отметили высокий уровень готовности систем в обоих регионах и рекомендовали их к распространению в других субъектах Федерации.

Опыт прошлых радиационных аварий и инцидентов показал, что подавляющая часть социально-экономического ущерба связана с неадекватным реагированием и отсутствием эффективной инфраструктуры, обеспечивающей территориальные органы управления оперативной и квалифицированной



научной поддержкой при принятии решений по мерам вмешательства — защите населения и территорий.

Системный анализ ущербов, связанных с такими ситуациями, показывает, что даже при относительно небольших загрязнениях населенных территорий, не требующих каких-либо мер защиты населения, социально-экономический ущерб может быть огромным.

Кроме того, специфика радиационных аварий (в отличие от химических и других ЧС) приводит к тому, что даже самое незначительное превышение радиационного фона может быть зарегистрировано на больших расстояниях от источника, а это, в свою очередь, может привести к восприятию такого события как ЧС регионального или даже федерального уровня.

Вопросы аварийного реагирования и поддержания готовности сил и средств к ликвидации ЧС радиационного характера, минимизации их последствий являются приоритетными задачами Единой системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Постоянное внимание к вопросам развития и совершенствования системы аварийного реагирования, реализация практических мероприятий по ее модернизации, внедрение научно-технических достижений в области безопасности и аварийных технологий позволяют обеспечить готовность РСЧС к предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

В то же время текущее состояние территориальных систем в организационном, техническом, информационном, кадровом плане не позволяет обеспечить адекватное решение задач защиты населения и предотвращения неоправданных мер вмешательства и минимизации социальных и экономических последствий, в том числе не связанных с радиационным риском.

С учетом нынешних радиационных и прогнозируемых политических и социальных последствий аварий можно констатировать, что в условиях дальнейшего развития атомной энергетики требуется уделять еще больше внимания вопросам ядерной и радиационной безопасности, обеспечению готовности системы реагирования.

Кардинальное совершенствование и создание на территориальном уровне современных систем радиационного мониторинга и аварийного реагирования, интегрированных в национальную систему РСЧС, обеспечит возможность прогноза радиационной обстановки (в случае возможных аварий для всех основных типов ядерных установок, используемых в России и приграничных странах), ее контроль на базе стационарных и оперативно развертываемых комплексов, в том числе и в тех регионах, где нет стационарных ядерно и радиационно опасных объектов.

Создание в субъектах Федерации постоянно действующей структуры, оснащенной современными техническими средствами, имеющей доступ

к оперативной информации о текущей ситуации и прогнозах ее развития, укомплектованной квалифицированным персоналом, участвующим на регулярной основе в противоаварийных учениях и тренировках, позволит региональным властям обеспечить решение задач по защите населения и минимизации прямых и косвенных последствий аварии на радиационно опасных предприятиях или в тех случаях, когда общественность воспринимает ситуацию как аварийную.

Развитие территориальных систем аварийного реагирования направлено на повышение готовности сил и средств территориальных подсистем РСЧС субъектов Федерации за счет создания современных программно-технических комплексов экспертной поддержки аварийного реагирования на ЧС с радиационным фактором, системы научно-технической поддержки принятия решений органами исполнительной власти со стороны компетентных научных организаций для выработки адекватных мер по защите населения в случае радиационных аварий и инцидентов и минимизации их последствий, организации взаимодействия территориальных и функциональных подсистем РСЧС, создания аппаратно-программных комплексов для оснащения постов контроля радиационной обстановки территориальных систем радиационного мониторинга и передвижных радиометрических лабораторий.

Практическая реализация таких систем в субъектах Федерации обеспечивает повышение готовности сил и средств территориальных подсистем РСЧС регионов, их оперативное взаимодействие с функциональными подсистемами РСЧС и экспертными центрами при решении задач реагирования на ЧС с радиационным фактором для своевременного принятия решений по обеспечению безопасности населения и территорий.

# **Расчетно-моделирующие средства поддержки принятия решений при ЧС с радиационным фактором**

*Д. В. Арон, Р. И. Бакин, А. В. Зарянов, С. Н. Краснопёров,  
В. П. Меркушов, И. А. Осипьяни, О. А. Павловский, Д. А. Припачкин,  
А. В. Шикин*

## **1. Введение**

Обостренное восприятие радиационных рисков общественностью, а также зачастую лицами, принимающими решения по защите населения на территориальном и муниципальном уровнях, является существенным фактором уязвимости социально-экономической сферы при радиационно опасных ситуациях даже в случае малости радиологических рисков. Поэтому особую важность приобретают четкая оценка ситуации, адекватное и своевременное реагирование и эффективное информирование населения.

Высокая наукоемкость и сложность атомных технологий предъявляют особые специфические требования к организации системы аварийной готовности, квалификации персонала и научно-техническому обеспечению и сопровождению территориальных систем радиационного мониторинга и аварийного реагирования (ТС РМ и АР), которые необходимы для принятия научно обоснованных управленческих и технических решений.

Научно-техническую и экспертную поддержку территориальных систем в области оценки и прогнозирования развития ситуации, выработки рекомендаций по мерам защиты населения и территорий субъектов Российской Федерации в случае радиационных аварий и инцидентов могут обеспечивать центры научно-технической поддержки (примером может служить Технический кризисный центр ИБРАЭ РАН).

Цели научно-технической поддержки:

- повышение эффективности и оперативности реагирования на ЧС с радиационным фактором и снижение радиационных и социально-экономических последствий для территории субъекта Федерации и ее населения;
- повышение готовности органов управления и сил территориальной подсистемы Российской единой системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) к действиям по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) с радиационным фактором;
- повышение эффективности мероприятий по информированию общественности по вопросам ядерной и радиационной безопасности в режиме повседневной деятельности, в случаях возникновения чрезвычайных

ситуаций с радиационным фактором или в ситуациях, воспринимаемых населением как аварийные.

Для решения задач научно-технической поддержки принятия решений по защите населения и территорий создан, используется и развивается мощный комплекс информационных и программно-технических средств. Информационный компонент комплекса включает базы данных по описанию характеристик радиационно опасных объектов, характеристикам территорий их размещения, в том числе по населению, объектам окружающей среды, инфраструктуре, базы данных по радиологическим сценариям аварий, картографический банк электронных карт, базы данных по нормативно-технической документации.

В настоящее время при возникновении аварийной ситуации с выходом радиоактивных веществ за пределы защитных барьеров ядерно и радиационно опасных объектов (ЯРОО) анализ радиационной обстановки, оценка и прогноз радиологических последствий для населения и территории расположения ЯРОО осуществляются с помощью современных компьютерных систем и программных средств, предназначенных для поддержки принятия решений по определению мер защиты населения.

Данные системы в качестве входной информации используют:

- количество радиоактивных веществ, которые поступили или могут поступить в окружающую среду;
- параметры выброса/сброса (высота и длительность выброса, размеры облака, объем сброса и т. д.);
- метеоусловия в районе чрезвычайной ситуации (в том числе подробные детальные метеоданные, учитывающие изменчивость погодных условий);
- демографические данные (количество населенных пунктов, состав и количество населения).

Затем производятся оценка дозовых нагрузок на население, сравнительная оценка прогнозируемой радиационной обстановки и фактических измерений на местности с помощью стационарных и мобильных средств контроля радиационной обстановки, а также сравнительный анализ прогнозируемых доз облучения с существующими критериями, нормами и уровнями облучения.

С получением прогнозируемых оценок доз облучения вырабатываются рекомендации по мерам защиты населения, действиям территориальных органов управления и лиц, принимающих решения.

Ниже приведено краткое описание набора расчетных и моделирующих программных средств, обеспечивающих оперативную поддержку принятия решений при ЧС с радиационным фактором и прогнозирование последствий радиационных инцидентов и аварий.

## **2. Программное средство для оценки радиационных последствий аварийных ситуаций при выбросах радиоактивных веществ в атмосферу**

Программное средство предназначено для оперативного прогнозирования радиационной обстановки при выбросах радиоактивных веществ во время аварий на ЯРОО. Программа может использоваться для поддержки принятия решений в реальном времени на начальной, острой фазе радиационной аварии. Результаты моделирования представляются в наглядном, удобном для анализа виде на картографической основе. Программное средство дает возможность просматривать и анализировать развитие обстановки на всей территории расчетной области, а также в отдельных точках (населенных пунктах).

В настоящее время оценка и прогноз радиационной обстановки зачастую базируется на принципе постоянства метеоусловий, что справедливо только в случае кратковременных выбросов. В случае реальных аварийных ситуаций (опыт реагирования на аварии на Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима-1» это подтверждает) изменяющиеся погодные условия очень сильно влияют на картину радиоактивного загрязнения местности. Современные подходы к аварийному прогнозированию распространения радионуклидов в атмосфере в случае аварии на ЯРОО, реализованные в данном программном средстве, учитывают неоднородность метеоусловий как во времени, так и в пространстве.

Вычислительной основой программного средства является лагранжева траекторная стохастическая модель атмосферного переноса примесей. Возможности этой модели позволяют:

- рассчитывать перенос загрязнений на расстояния в сотни километров;
- учитывать реальную неоднородность ветрового поля, его изменение во времени;
- рассматривать источник произвольной конфигурации и формы (точечный, площадной, объемный) с меняющимися во времени параметрами;
- учитывать влияние рельефа местности на процесс рассеивания;
- учитывать влияние локальных осадков в конкретной координатной области распространения радиоактивного следа.

Для проверки результатов моделирования выполнена верификация программного средства. Экспериментальный материал, использованный для верификации, в общей сложности составляет более 800 измерений приземных концентраций в разных экспериментах. Верификация показала, что модель распространения дает правильную оценку приземных концентраций примеси и может быть использована для более широкого круга условий распространения радионуклидов по сравнению со стандартными методиками.

Программное средство позволяет рассчитывать следующие целевые функции:

- дозы, Зв:
  - от облака;
  - от поверхности;
  - ингаляционную;
  - внешнюю;
  - полную;
- мощность дозы, Зв/с:
  - от облака;
  - от поверхности;
  - внешнего гамма-облучения;
  - полную;
- приземные концентрации радионуклидов, Бк/м<sup>3</sup>;
- интегралы приземных концентраций ТЭС, Бк·с/м<sup>3</sup>;
- поверхностное загрязнение земной поверхности (плотность выпадений радионуклидов), Бк/м<sup>2</sup>.

Дозы рассчитываются как на все тело (полная эффективная доза), так и на отдельные органы: гонады, красный костный мозг, легкие, щитовидную железу, толстую кишку, кожу. Также расчет выполняется для разных возрастных групп населения.

Примеры выполняемых расчетов:

- расчет в ближней зоне от объекта (СЗЗ, 1—5 км от точки выброса);
- расчет на достаточно больших расстояниях — 100—150 км при длительном выбросе (1—2 сут) (рис. 1);
- любой детальный расчет для оценки радиационной обстановки на местности с нетривиальной конфигурацией источника и сложным метеосценарием с большим количеством нуклидов в выбросе (40—50), большим количеством выходных функций (более 15), с заказанным радиальным сектором, генерацией дополнительных файлов выпадений.

В программном средстве реализована возможность задания точек индикации, по которым производится подробный расчет временной динамики заданного пользователем набора целевых функций (рис. 2). Точки индикации задаются из базы данных, содержащей населенные пункты, характерные для данной карты, как наиболее часто используемые в качестве точек индикации. В то же время имеется возможность в качестве точек индикации задать любой другой достаточно крупный или важный объект и отредактировать любую точку индикации.

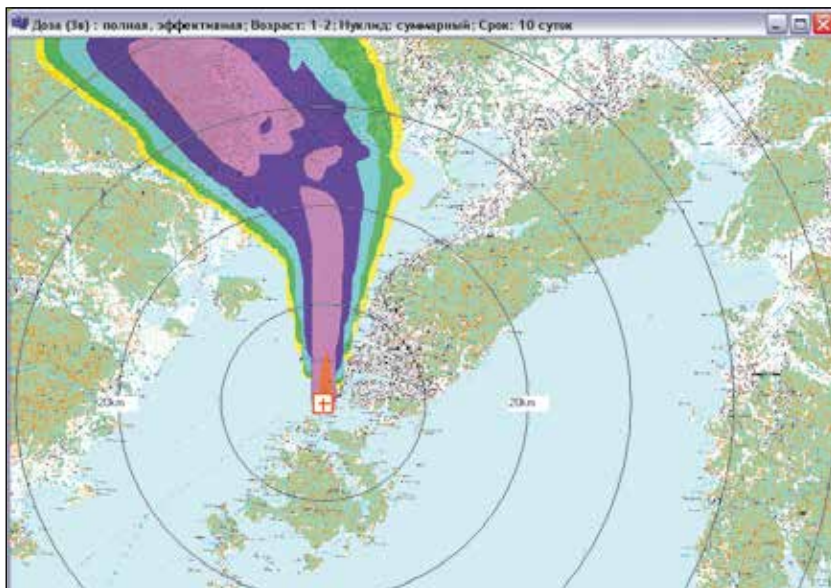


Рис. 1. Расчет со сложным метеосценарием

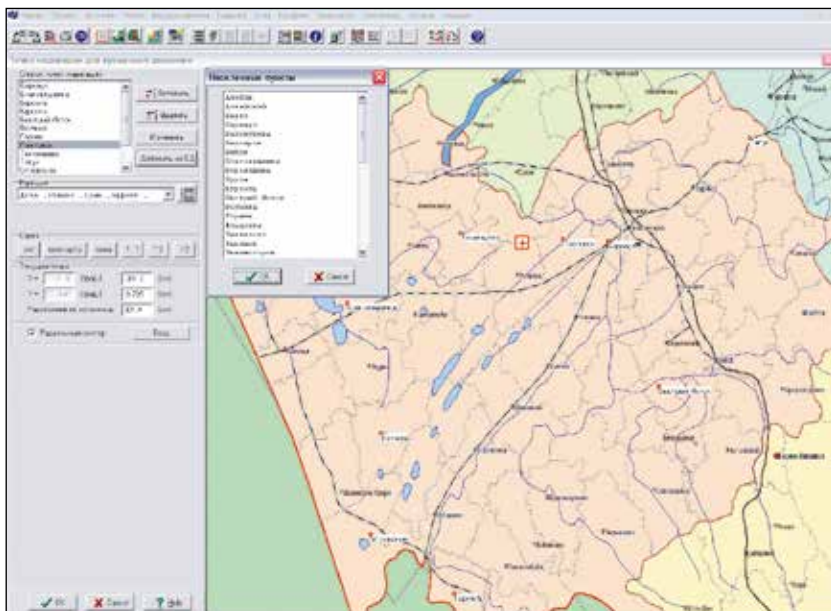


Рис. 2. Задание точек индикации

Одной из главных особенностей программного средства является модуль ввода параметров выброса: количественный состав, высота, свойства распространения в атмосфере и выпадения на поверхность земли. Выброс может делиться на временные фазы, характеризующиеся временем начала и продолжительностью, а также активностью и эффективной высотой источника. Каждая временная фаза, в свою очередь, состоит из групп, отличающихся по свойствам распространения в атмосфере — гравитационной скорости, скорости сухого осаждения и вымывания осадками.

Как и при задании параметров источника, задание метеосценария состоит из фаз. Время прогноза делится на отрезки произвольной продолжительности, и для каждого из этих отрезков задаются метеоданные. Отличие состоит в том, что в сценарии погоды временные фазы непрерывны — конец одной является началом следующей.

Для метеосценария реализована возможность задать следующие параметры:

- время — время начала фазы;
- ветер — задание направления ветра в градусах;
- скорость — задание скорости ветра в м/с; скорость ветра может быть как постоянной, так и изменяющейся с высотой;
- осадки — задание интенсивности осадков в мм/ч, интенсивность осадков может быть равномерной по всей области расчета или иметь неравномерный локальный характер;
- тип осадков — задание типа осадков:
  - дождь;
  - снег с дождем;
  - ливень;
  - снег;
  - морось и туман;
- класс устойчивости — задание класса устойчивости атмосферы по шкале Паскуилла с поправками из следующего списка: А, В, С, D, E, F; есть возможность определить этот параметр расчетным способом или по внешним метеонаблюдениям;
- шероховатость, м — задание шероховатости поверхности зоны прогноза.

Принятие решений о мерах защиты населения в случае крупной радиационной аварии с радиоактивным загрязнением территории проводится на основании сравнения прогнозируемой дозы, предотвращаемой защитным мероприятием, с уровнями А и Б, приведенными в табл. 6.3 НРБ-99/2009. Если уровень облучения, предотвращаемого защитным мероприятием, не превосходит уровень А, нет необходимости в выполнении мер защиты, связанных с нарушением нормальной жизнедеятельности населения, а также хозяйственного и социального функционирования территории. Если предотвращаемое защитным мероприятием облучение превосходит уровень А,



но не достигает уровня Б, решение о выполнении мер защиты принимается по принципам обоснования и оптимизации с учетом конкретной обстановки и местных условий. Если уровень облучения, предотвращаемого защитным мероприятием, достигает уровня Б и превосходит его, необходимо выполнение соответствующих мер защиты, даже если они связаны с нарушением нормальной жизнедеятельности населения, хозяйственного и социального функционирования территории.

Помимо этого программное средство позволяет генерировать стандартные отчеты по основным результатам расчета радиоактивного загрязнения местности:

- отчет по радиационной обстановке вдоль оси следа в зависимости от расстояния от источника выброса; этот отчет дает четкое представление о дозовых нагрузках на население вдоль оси следа на основании следующих основных показателей:
  - величина дозы на щитовидную железу для детей и взрослых;
  - величина дозы радиоактивного загрязнения от облака;
  - величина дозы радиоактивного загрязнения от поверхности за 10 суток;
  - величина дозы внешнего радиоактивного загрязнения за 10 суток;
- отчет по радиационной обстановке по населенным пунктам и функциям, заказанным пользователем; этот отчет позволяет быстро оценить радиационную обстановку в наиболее важных для пользователя населенных пунктах.
- отчет по радиационной обстановке в окрестностях объекта выброса для текущего активного окна (рис. 3).

Применение системы моделирования распространения радионуклидов в атмосфере для действующих российских ЯРОО с учетом оперативных метеоданных существенно повышает качество и достоверность прогнозов, используемых при принятии решений в случае возникновения или угроз ЧС радиационного характера.

Форма 4

**Результат оценки радиационной обстановки на  
местности**

**ЦТП ИБРАЭ РАН**

Наименование ЦТП, предоставляющего услуги по радиации

**Название АЭС (вводная №3)**

Место проведения прогнозируемого мероприятия

**Метеоусловия**

**Ветер** Направление 180,00 град. Осадки  да  нет Категория устойчивости  
Скорость 3,00 м/сек. интенсивность  А,  В,  С,  D,  E,  F  
тип осадков

**Характеристика территории в направлении ветра**

Параметр шероховатости ( $z_0$ ) 1,00 м

Таблица 1. Прогнозируемая доза за первые 10 суток после аварии, мЗв

Расстояние от АЭС, км.	Доза на ЦЖ Взрослые	Доза на ЦЖ Дети	Доза на все тело
1	2,1E+0	1,1E+0	3,8E+0
2	1,2E+0	6,2E-1	2,3E+0
3	9,2E-1	4,6E-1	1,7E+0
4	7,6E-1	3,8E-1	1,4E+0
5	5,9E-1	3,0E-1	1,1E+0
6	5,0E-1	2,5E-1	9,0E-1
7	4,3E-1	2,2E-1	7,8E-1
8	3,6E-1	1,8E-1	6,6E-1
9	3,1E-1	1,6E-1	5,7E-1
10	2,7E-1	1,4E-1	4,9E-1
12	2,1E-1	1,0E-1	3,7E-1
14	1,6E-1	8,1E-2	2,9E-1
16	1,3E-1	6,6E-2	2,4E-1
18	1,0E-1	5,1E-2	1,8E-1
20	7,1E-2	3,6E-2	1,3E-1
22	5,5E-2	2,8E-2	1,0E-1
24	4,7E-2	2,4E-2	8,5E-2
26	4,2E-2	2,1E-2	1,1E-1
28	3,7E-2	1,9E-2	4,7E-1
30	3,5E-2	1,8E-2	5,0E-1
35	2,7E-2	1,4E-2	3,9E-1
40	1,2E-2	6,1E-3	1,7E-1

Исполнитель (фамилия, подпись) \_\_\_\_\_ Ф.И.О.  
Время и дата отправки формы (по Москве) \_\_\_\_\_ "01" месяц 2000 г.

Рис. 3. Отчетная форма о результатах расчета

### **3. Программное средство расчета доз внешнего и внутреннего облучения (основанное на методике IAEA-TECDOC-1162/R)**

#### **3.1. Назначение**

Данное программное средство (его главное окно показано на рис. 4) предназначено для специалистов по радиационной защите, специалистов ТС РМ и АР на чрезвычайные ситуации радиационного характера, дозиметристов, персонала аварийно-спасательных формирований. Оно позволяет проводить быстрые инженерные расчеты дозовых нагрузок на человека от источников различной простейшей геометрии (точечных, линейных, дисковых) на различных расстояниях от него, в том числе:

- выполнять расчет доз внешнего облучения кожи за счет бета-излучения радионуклидов при поверхностном загрязнении кожных покровов и одежды;
- проводить оценку радиационного воздействия гамма-излучения от радиоактивного облака и от загрязненной поверхности;
- выполнять расчет доз внутреннего облучения за счет поступления радиоактивных веществ с вдыхаемым воздухом и продуктами питания;
- оценивать событие по международной шкале ядерных и радиологических событий INES.

#### **3.2. Расчетная методика**

Программное средство состоит из компьютерного кода и базы данных коэффициентов для радионуклидов. В основе расчетной методики используется документ Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) «Общие инструкции оценки и реагирования на радиологические аварийные ситуации» (IAEA-TECDOC-1162, Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency, 2000).



Рис. 4. Главное окно программного средства

### 3.3. База данных коэффициентов

В программном средстве используется база данных по радионуклидам, содержащая таблицы дозовых коэффициентов для каждого из включенных в систему радионуклидов в зависимости от геометрии источника и пути воздействия. База данных содержит:

- основные универсальные характеристики нуклидов (атомный вес и период полураспада);
- коэффициенты половинного ослабления для различных материалов;
- дозовые коэффициенты при различных путях облучения (радиоактивное облако, загрязненная поверхность, внутреннее облучение при ингаляции и пероральном поступлении, облучение кожных покровов);
- коэффициенты эквивалентности радионуклидов по  $^{131}\text{I}$ .

### 3.4. Перечень решаемых задач

*Внешнее облучение от точечного источника.* Расчет эффективной дозы и мощности поглощенной дозы внешнего облучения в воздухе на определенном расстоянии от точечного источника с учетом экранирования различными материалами.

Оценка расстояния до точечного источника на основе измерения мощностей поглощенных доз в воздухе в двух точках, лежащих на одной оси с источником.

Оценка активности точечного источника на основе данных о его нуклидном составе, мощности дозы и расстоянии до источника с учетом экранирования различными материалами.

Оценка допустимого времени пребывания вблизи точечного источника излучения с учетом разрешенной эффективной дозы и экранирования различными материалами.

*Внешнее облучение от линейного источника.* Расчет эффективной дозы и мощности поглощенной дозы внешнего облучения в воздухе на определенном расстоянии от линейного источника.

Оценка удельной активности линейного источника на основе данных о его нуклидном составе, мощности дозы и удаленности.

Оценка допустимого времени пребывания вблизи линейного источника излучения с учетом разрешенной эффективной дозы.

*Внешнее облучение от источника в виде диска.* Расчет эффективной дозы и мощности поглощенной дозы внешнего облучения от дискового источника в воздухе на определенном расстоянии от оси диска и на высоте одного метра.

Оценка удельной поверхностной активности источника на основе данных о его нуклидном составе, мощности дозы и расстоянии от центра диска.

Оценка допустимого времени пребывания вблизи дискового источника излучения с учетом разрешенной эффективной дозы.

*Внешнее облучение кожных покровов.* Расчет эквивалентной дозы внешнего облучения кожи за счет бета-излучения радионуклидов при поверхностном загрязнении кожных покровов или одежды.

Расчет допустимого уровня поверхностного загрязнения кожных покровов или одежды с учетом эквивалентной дозы.

*Внешнее облучение от радиоактивного облака.* Расчет эффективной дозы и мощности поглощенной дозы внешнего облучения в воздухе за счет гамма-излучения радионуклидов в воздухе.

Оценка концентрации в воздухе радиоактивных веществ.

Оценка допустимого времени пребывания в зоне внешнего облучения от радиоактивного облака с учетом разрешенной эффективной дозы.

*Внешнее облучение от загрязненной почвы.* Расчет эффективной дозы и мощности поглощенной дозы внешнего облучения в воздухе за счет гамма-излучения радионуклидов на поверхности почвы.

Оценка концентрации радионуклидов на поверхности почвы на основе данных о мощности дозы гамма-излучения.

Оценка допустимого времени пребывания на загрязненной территории с учетом разрешенной эффективной дозы.

*Внутреннее облучение (ингаляция).* Расчет эффективной дозы внутреннего облучения организма за счет поступления радиоактивных веществ с вдыхаемым воздухом.

Расчет допустимой концентрации радионуклидов в воздухе на основе предела дозы внутреннего облучения и времени пребывания в зоне загрязнения.

Оценка допустимого времени пребывания в зоне загрязнения с учетом разрешенной эффективной дозы.

Оценка ожидаемой эквивалентной дозы на щитовидную железу при ингаляции радиоактивных изотопов йода и теллура.

*Внутреннее облучение (пероральное).* Расчет эффективной дозы внутреннего облучения организма за счет поступления радиоактивных веществ с загрязненными продуктами питания.

Оценка возможного загрязнения продуктов питания на ранней стадии аварии.

Расчет допустимого времени потребления продуктов питания с учетом предельной эффективной дозы и концентрации радионуклидов в воде, молоке, мясе и овощах.

*Классификация события по шкале INES.* Классификация события по международной шкале ядерных и радиологических событий INES. Расчет радиологической эквивалентности по  $^{131}\text{I}$ .

*Экспресс-оценка дозовых нагрузок.* Экспресс-оценка доз внешнего и внутреннего облучения в начальный период радиационной аварии.

*Активность источника.* Расчет активности источника и массы радиоактивного материала с учетом распада.

## **4. Справочная система нормативно-технической документации в области аварийного реагирования на ЧС с радиационным фактором**

### **4.1. Назначение**

Справочная система нормативно-технической документации предназначена для информационного обеспечения и поддержки ТС РМ и АР по законодательству, нормативно-правовым актам и документам.

Она позволяет хранить, выполнять поиск и отображать тексты и реквизиты нормативных документов, а также стандартов, применяемых на территории России и регламентирующих деятельность РСЧС на различных уровнях организации (единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС).

### **4.2. О программе**

Полнота и актуальность справочной системы, эргономичный интерфейс и удобный механизм отображения информации позволяют решать любые задачи, связанные с поиском нормативного документа. Высокий уровень сервиса, предоставляемого пользователю программы, обеспечен преимуществами атрибутивной и полнотекстовой базы данных, охватом различных классов документов от законодательных актов федерального уровня до приказов предприятий атомной отрасли (рис. 5). В справочной системе представлено шесть основных классов документов:

- законодательные акты федерального уровня;
- документы министерств, ведомств, акционерных обществ, предприятий и организаций;
- нормативные документы, стандарты и нормы;
- методические указания, руководства, руководящие документы;
- территориальные системы аварийного реагирования;
- международные документы.

Реализована связь с офисными продуктами и другими графическими программами отображения данных.

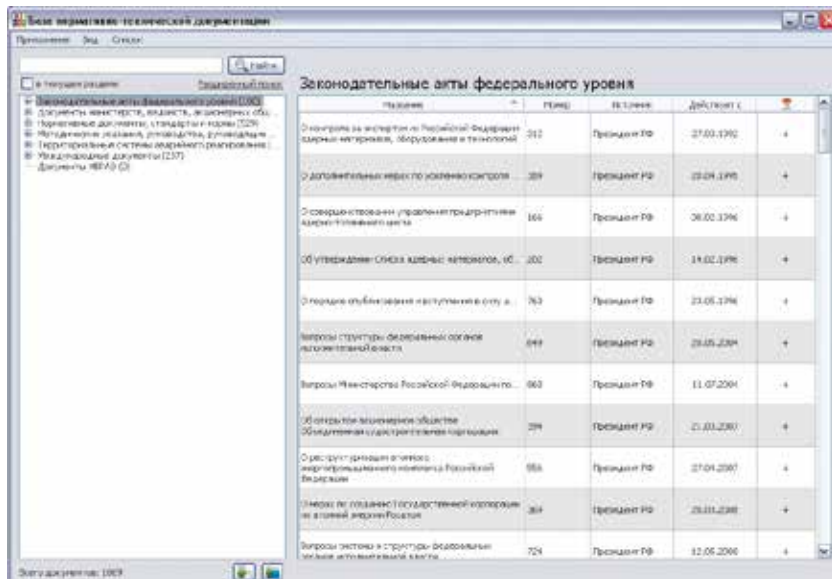


Рис. 5. Основное окно справочной системы

**Информационная полнота:**

- наглядное отображение атрибутов документа (номер, действует / не действует, дата утверждения, орган, утвердивший документ);
- полнота охвата документов и стандартов (от законодательных актов федерального уровня до приказов министерств и ведомств);
- возможность создания и ведения пользовательских разделов с поддержкой иерархии;
- добавление собственных документов в любой раздел справочной системы.

**Широкие возможности поиска документов:**

- поиск по атрибутам (названию, номеру, разделу, наименованию организации, принявшей документ, а также по ключевым словам в аннотации, датам ввода, утверждения и т. д.);
- поиск по разделу;
- два варианта поиска — обычный и расширенный по нескольким атрибутам (рис. 6);
- интеллектуальный поиск по названию (поиск по ключевым словам в названии документа, расположенным в любом порядке).



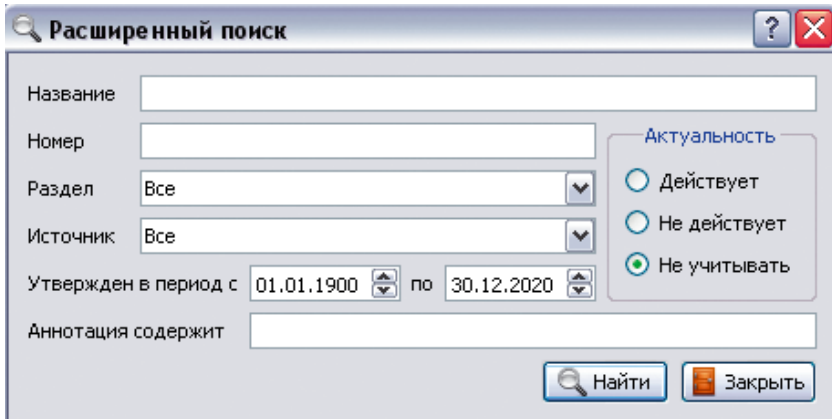


Рис. 6. Расширенный поиск документов

*Интеграция с офисными приложениями.* В справочной системе реализована интеграция с офисными приложениями (рис. 7), что позволяет хранить в системе документы различных форматов (.doc, .xls, .pdf и т. д.).

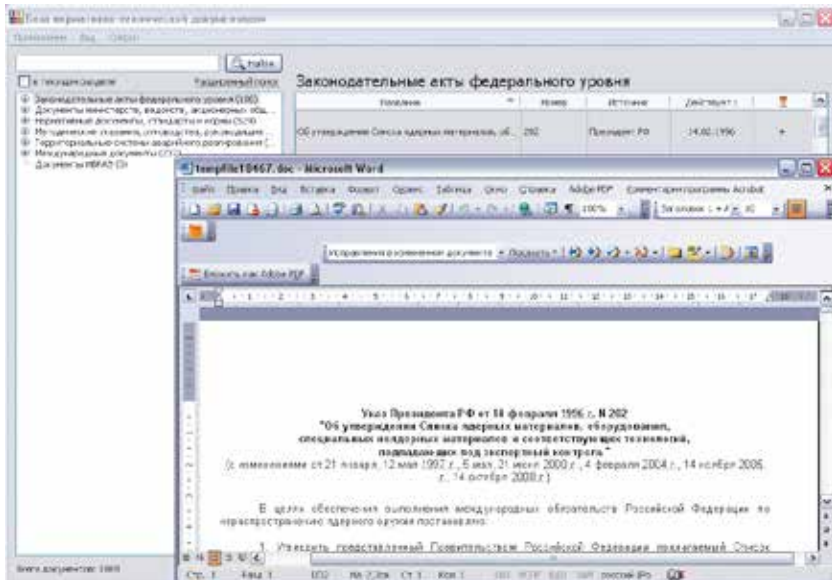


Рис. 7. Открытие документа в Microsoft Word

### **4.3. Особенности справочной системы**

Одной из отличительных особенностей справочной системы является возможность ее редактирования (редактирование/создание разделов, органов, принявших документ, редактирование/добавление документов). Кроме того, в ней представлен широкий набор международных документов: международные конвенции, публикации Международной комиссии по радиологической защите, широкий спектр документов МАГАТЭ, а также отчеты Научного комитета по действию атомной радиации при ООН.

В отличие от других аналогов справочная система содержит документы по особой специальности, а именно аварийной готовности и реагированию на ЧС с радиационным фактором.

# **Специализированная геоинформационная система Мурманской области**

*А. В. Глушко, В. П. Киселёв, Н. Н. Сёмин, Д. Н. Токарчук*

## **1. Введение**

Территория Мурманской области характеризуется размещением большого количества радиационно опасных объектов. Это потребовало создания здесь эффективной современной системы аварийной готовности и реагирования. В частности, с целью совершенствования территориальной системы аварийного реагирования на возможные аварии и инциденты с радиационным фактором на базе Управления по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям Мурманской области был создан Региональный кризисный центр, призванный координировать организацию и выполнение всего комплекса работ по обеспечению аварийной готовности на территориальном уровне [1; 2].

Обеспечение радиационной безопасности населения в случае возможных радиационных аварий и инцидентов требует оперативного решения целого ряда задач:

- своевременного фиксирования изменения параметров радиационной обстановки и определения источника выброса радионуклидов в окружающую среду;
- оценки текущей радиационной обстановки в районе аварии;
- оперативного составления прогноза развития радиационной обстановки;
- выработки адекватных рекомендаций по защите персонала, населения и окружающей среды;
- ввода необходимых сил и средств аварийного реагирования для ликвидации последствий аварии.

Решение этих задач в настоящее время невозможно представить без использования как данных автоматизированной системы радиационного мониторинга, так и целого набора различных информационно-справочных и моделирующих компьютерных систем и баз данных. Поэтому при разработке программного обеспечения Регионального кризисного центра Мурманской области была поставлена задача интеграции этого многообразия различных программных систем в рамках единого программного комплекса информационно-аналитической поддержки. Для этого в ИБРАЭ РАН была разработана специализированная геоинформационная система «ГИС\_Мурманск», описанию основных элементов которой посвящена настоящая статья.

С конца 2007 г. «ГИС\_Мурманск» задействована в оперативной работе Регионального кризисного центра Мурманской области. Она позволяет осуществлять наглядную визуализацию данных мониторинга радиационной и метеорологической обстановки на территории области, моделировать развитие радиационной обстановки в случае аварийного выброса радионуклидов в окружающую среду, оперативно получать необходимую информацию по потенциально радиационно опасным объектам включая описание источников опасности и комплексное описание территории их размещения, а также имеющихся в наличии сил и средств, которые могут быть задействованы в ликвидации последствий радиационных аварий. Кроме того, «ГИС\_Мурманск» может быть использована для подготовки и проведения учений и тренировок различного уровня по аварийному реагированию и для текущей подготовки аварийно-спасательных служб и формирований области.

## **2. Структура ГИС**

Картографическое обеспечение «ГИС\_Мурманск» включает в себя векторные карты области различных масштабов и спутниковые снимки окрестностей радиационно опасных объектов области.

Атрибутивная информация хранится на сервере с СУБД MS SQL, доступ к которой осуществляется как из окна карты, так и из списков соответствующих опций меню ГИС.

Схематично структура «ГИС\_Мурманск» показана на рис. 1. В ней реализована традиционная геореляционная модель данных. Программный комплекс разработан на базе двух коммерческих программных продуктов: ГИС «MapInfo» и Microsoft SQL-сервер.

Вся атрибутивная информация системы «ГИС\_Мурманск» (данные радиационного, метеорологического и химического мониторинга, описание радиационно опасных объектов, сил и средств аварийного реагирования и т. п.) хранится в базе данных (БД) SQL-сервера Регионального кризисного центра. Доступ к этой БД осуществляется по сети с клиентских машин, на которых и устанавливается программное обеспечение «ГИС\_Мурманск». Режим доступа к различного рода данным определяется задачами, решаемыми на конкретном рабочем месте.

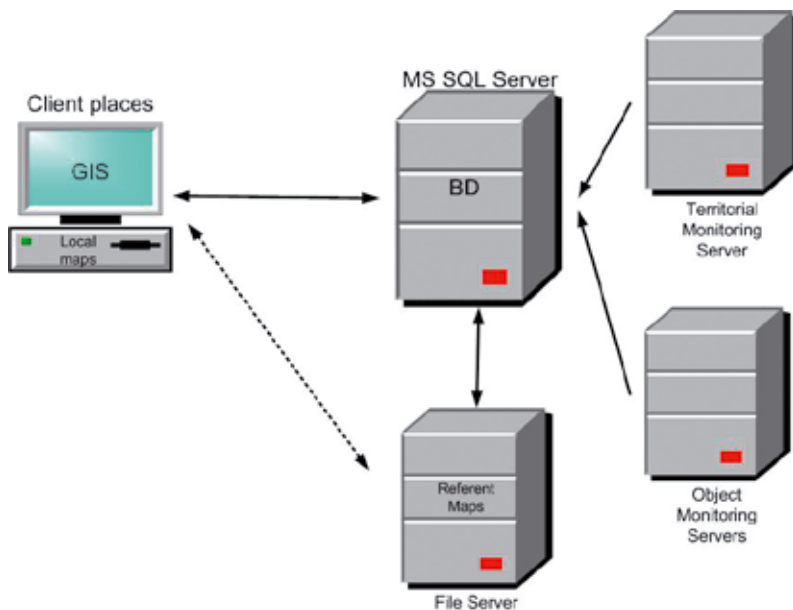


Рис. 1. Структура «ГИС\_Мурманск»

Референтный банк электронных карт «ГИС\_Мурманск» (во внутреннем формате MapInfo) хранится на том же сервере, где развернут Microsoft SQL-сервер баз данных, однако для повышения скорости работы ГИС организован механизм репликации его электронных карт на клиентские машины. Это особенно важно, когда клиентское место расположено вне локальной сети Регионального кризисного центра, а доступ к данным осуществляется через Интернет. Состав реплицируемых карт определяется правами конкретного рабочего места. Механизм репликации банка электронных карт предусматривает обновление карт на клиентской машине при каждом запуске программы «ГИС\_Мурманск», что позволяет поддерживать в актуальном состоянии банки электронных карт на всех клиентских машинах [3].

В ГИС реализованы следующие ролевые административные права:

1. «Администратор» — доступ ко всем опциям ГИС. Возможность редактирования базы данных и карт.
2. «Специалист» — доступ ко всем опциям ГИС. Редактирование данных блокировано.
3. «Диспетчер» — доступ к отдельным опциям ГИС. Редактирование данных блокировано.
4. «Оператор» — доступ к отдельным опциям ГИС. Возможность редактирования отдельных разделов базы данных.

Административные права устанавливаются на этапе инсталляции ГИС на клиентской машине и SQL-сервере БД.

Как элемент информационно-аналитической поддержки работы Регионального кризисного центра по организации работы по защите населения, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС), «ГИС\_Мурманск» предназначена для решения следующих задач:

1) сбор и представление информации:

- о потенциально опасных объектах на территории области, на которых возможно возникновение ЧС с радиационным фактором;
- о территории размещения потенциально опасных объектов включая населенные пункты, объекты экономики, инфраструктуру территории и ее природно-климатические особенности;
- об организациях и службах, ответственных за вопросы защиты населения от техногенных аварий и природных катастроф на территории Мурманской области;
- о состоянии сил и средств территориальной системы реагирования на чрезвычайные ситуации (РСЧС);
- о ЧС и предпосылках к ним на территории Мурманской области включая текущие и архивные данные;

2) осуществление наглядной визуализации данных мониторинга радиационной, химической и метеорологической обстановки;

3) моделирование развития радиационной обстановки в районе аварии с выводом результатов моделирования на карту;

4) подготовка различных отчетных форм и документов.

Эти задачи определили набор интегрируемых в ГИС программных модулей. При инсталляции ГИС на конкретном рабочем месте можно задать перечень необходимых программных модулей, которые будут представлены в интерфейсе программы.

### **3. Элементы интерфейса ГИС**

Интерфейс ГИС для всех клиентов независимо от их прав один и тот же и отличается только составом доступных опций, поэтому ограничимся кратким описанием интерфейса ГИС для клиента с правами «Администратора».

Общий вид основного рабочего окна показан на рис. 2. По умолчанию в него загружена обзорная административная карта Мурманской области, на которую выведены текущие данные радиационного мониторинга, а также основные радиационно опасные объекты.

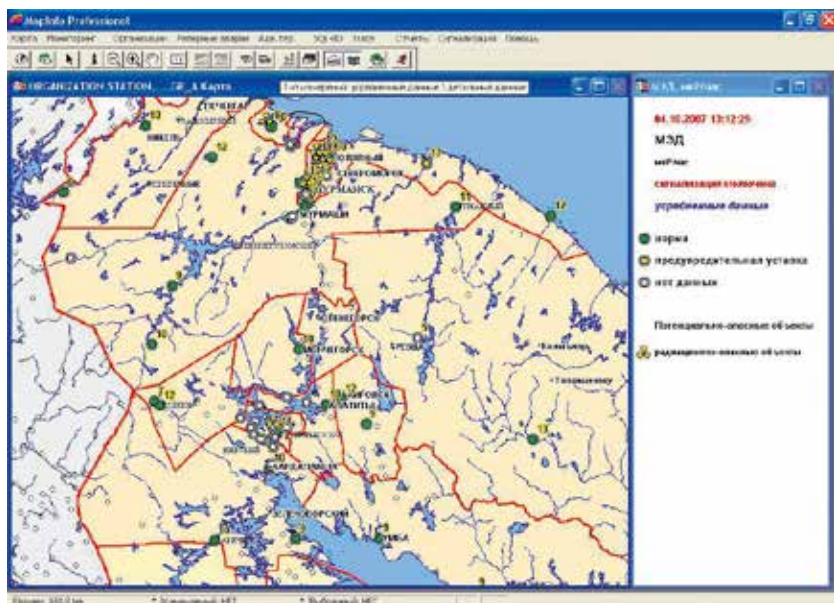


Рис. 2. Основное рабочее окно «ГИС\_Мурманск»

Цвет постов контроля радиационной обстановки соотносится с текущими значениями мощности дозы гамма-излучения (зеленый — норма, желтый — превышение предупредительной уставки, красный — превышение аварийной уставки).

При необходимости можно перейти к картам более крупного масштаба. При этом все радиационно опасные объекты и посты контроля автоматически перерисовываются, так как являются не элементами карт, а элементами геокодирования соответствующих объектов в базе данных SQL-сервера.

Доступ к информации по потенциально опасным объектам, данным мониторинга, органам управления территорий разного уровня можно осуществлять как непосредственно из рабочего окна карты, выбирая курсором мыши интересующий объект на карте, так и используя опции функционального меню. Основное функциональное меню содержит следующие разделы: «Карта», «Мониторинг», «Организации», «Реперные аварии», «Адм.тер», «SQL-BD», «Трассе», «Отчеты», «Сигнализация», «Помощь».

При выборе опции «Карта» открывается подменю, которое позволяет загрузить в рабочее окно «ГИС\_Мурманск» карту/план/снимок из банка электронных карт.

Раздел «Мониторинг» дает возможность просматривать и анализировать данные радиационного, химического и метеорологического мониторинга

области. На рис. 3 показано рабочее окно раздела «Мониторинг». В списке выделяются посты контроля, на которых в настоящее время имеет место превышение аварийных или предупредительных уставок, — красным и желтым цветами соответственно. Серым цветом выделяются посты, с которых данные за последние сутки не поступали. По умолчанию выводятся данные измерения мощности экспозиционной дозы (МЭД) гамма-фона, однако пользователь легко может перейти к выводу других данных измерения, например, температуры, скорости ветра, давления и т. д., для чего нужно просто выбрать соответствующий канал измерения.

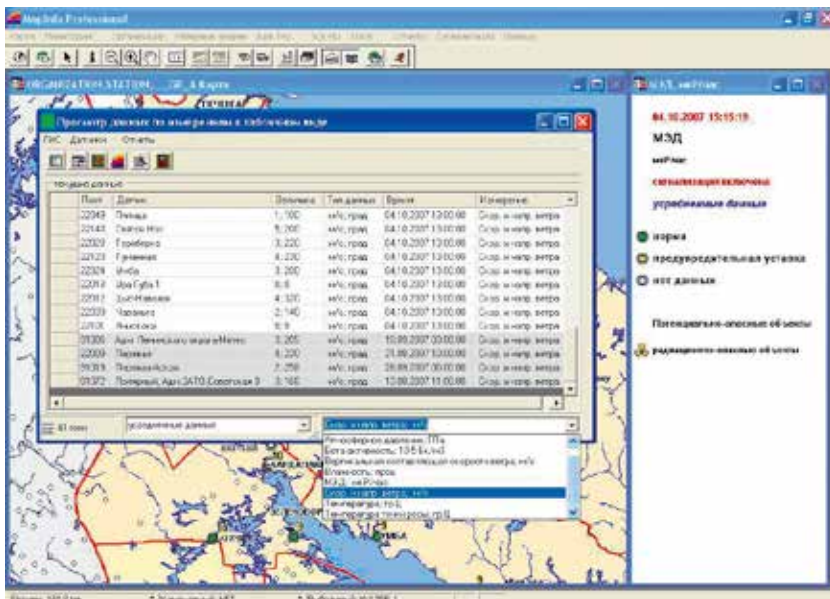


Рис. 3. Пример выбора типа измеряемой величины

Выбрав интересующий пост из списка, можно перейти к просмотру динамики данных измерений по посту за интересующий период в табличном или графическом виде (рис. 4), а также получить полную информацию об установленных на нем датчиках, режимах измерения, месте расположения и обслуживающей организации.

К просмотру результатов измерений по конкретному посту мониторинга также можно перейти, выбрав его курсором мыши на карте.

Если хотя бы на одном из датчиков произойдет превышение уставки (предупредительной или аварийной), на экран монитора поверх рабочего окна ГИС будет выведено окно «Аварийные и предупредительные сообщения», сопровождаемое звуковым сигналом.



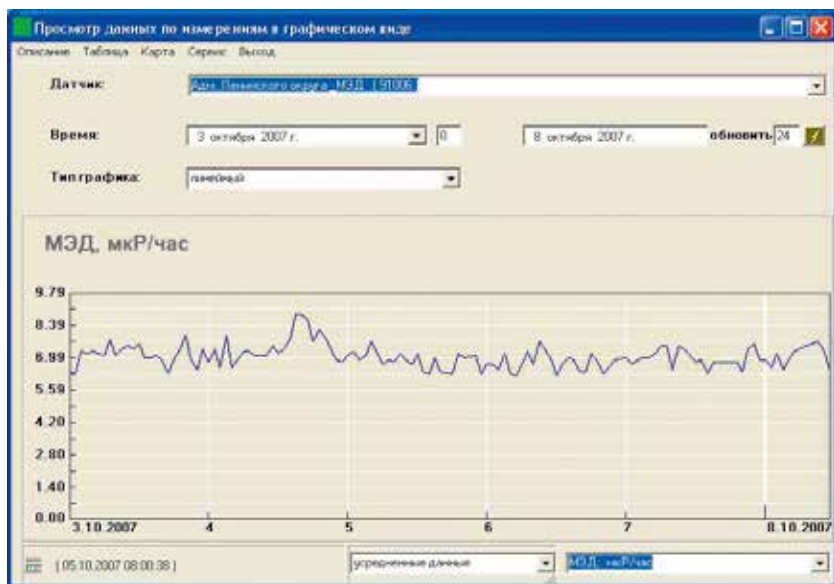


Рис. 4. Просмотр данных мониторинга в графическом виде

Чтобы подготовить отчетный документ по радиационной обстановке, необходимо выбрать в функциональном меню ГИС опцию «Отчеты», при этом откроется диалоговое окно, где можно задать интервал времени и тип отчетной формы.

Для получения комплексной информации по радиационно опасным объектам области необходимо в верхнем функциональном меню «ГИС\_Мурманск» выбрать опцию «Организации». При этом откроется подменю со списком всех радиационно опасных объектов. После выбора из списка интересующей организации откроется ее подменю с различными блоками информации (рис. 5).

При выборе в открывшемся подменю информационного блока «Организация» откроется многооконная диалоговая форма, из которой можно получить полное описание данной организации: направления деятельности, основные источники опасности и их характеристики, возможные аварии и их последствия, контактную информацию дирекции и основных производственных подразделений.

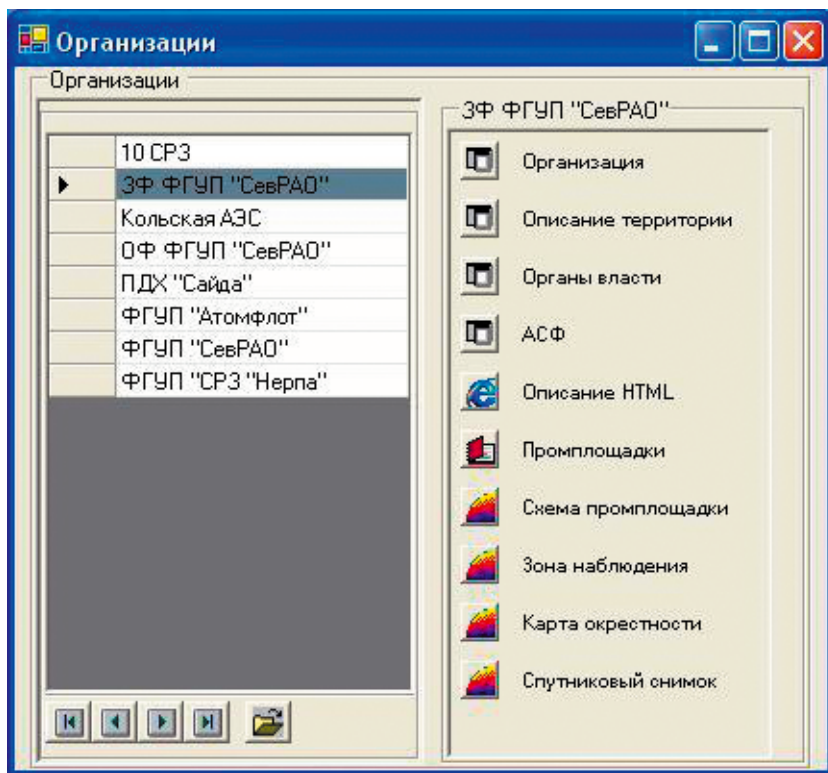


Рис. 5. Подменю отдельной организации

Для получения комплексной информации по территории размещения предприятия необходимо выбрать информационный блок «Описание территории». При этом откроется многооконная диалоговая форма с имеющейся информацией (рис. 6).

Для получения контактной информации по органам власти и основным службам области, контролирующим деятельность данной организации, в первую очередь в части защиты окружающей среды и окрестного населения, необходимо выбрать блок «Органы власти».

В информационном блоке «АСФ» (аварийно-спасательные формирования) можно получить информацию по силам и средствам, которые могут быть привлечены для ликвидации аварии с радиационным фактором на данном предприятии.

Также можно получить информацию по радиационно опасному объекту, выбрав его из окна карты.

**Описание территории**

Общее описание | Дорожная сеть | Растительность | Климат | Рельеф/грунты | Гидрография

**ФГУП "Атомфлот"**

<b>Административно-территориальное образование</b>	<b>Население</b>	<b>Площадь</b>
Мурманск (горсовет)	325101	
<b>Административный центр</b>	Показать объект на карте	
Мурманск		

**Список населенных пунктов из зоны влияния данной организации**

Название населенного пункта	Население	Мужчины	Женщины	Дети
Мурманск	325101	150417	174684	22564
Мурмаши	16011	9645	6366	891
Снежногорск	13500	0	0	0
Гаджиево	12600	0	0	0
Кола	10797	4882	5915	776
Росляково	9500	0	0	0

Число нас. пунктов 16

**Списки предприятий из зоны влияния данной организации**

Химически опасные		Гидродинамически опасные		Прочие предприятия	
Радиационно-опасные		Пожаровзрыво опасные			
N	Предприятие	Город			
1	ФГУП "СевРАО"	Мурманск			
2	ФГУП "СРЗ "Нерпа"	Снежногорск			
3	ПДХ "Сайда"	Гаджиево			
4	ФГУП Мурманский "Радон"	Мурманск			
5	Северный Флот	Мурманск			

Число предприятий 5

Рис. 6. Форма «Описание территории»

Как уже указывалось, информацию о возможных авариях на том или ином радиационно опасном объекте можно получить через опцию «Организации» функционального меню. Информацию о возможных авариях с выбросом радионуклидов в окружающую среду можно получить также через опцию «Реперные аварии» функционального меню. Выбрав из открывающегося списка интересующий тип аварии, можно перейти к диалоговой форме, содержащей информацию о предприятиях области, на которых рассматриваемая авария возможна, получить описание данной аварии (включая ее вероятность, уровень/класс по международной шкале INES, характерный источник выброса) и возможных ее последствий для населения и окружающей среды. Также имеется возможность запустить из данной диалоговой формы прогностический программный модуль «Trase» [4], который позволяет промоделировать развитие радиационной обстановки в районе аварии при аварийном выбросе радионуклидов в атмосферу и отобразить результаты расчета на соответствующей электронной карте и в виде различных отчетных форм (рис. 7).

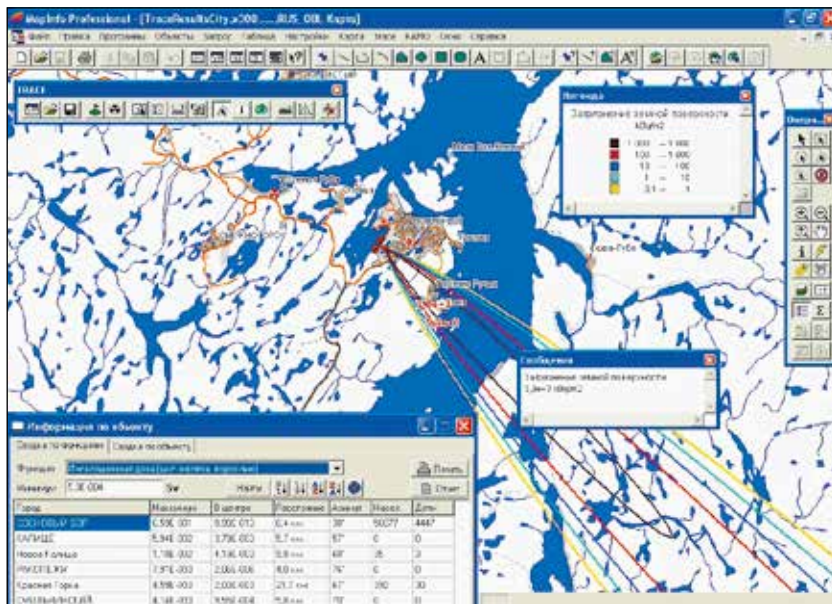


Рис. 7. Вывод данных моделирования радиационной обстановки

Опция «Адм.территории» позволяет получить комплексную информацию по административно-территориальным образованиям области включая описание территории, контактную информацию руководства и органов управления, ответственных за обеспечение безопасности населения, в том числе в условиях ЧС.

Ввод и редактирование баз данных, на которых работает «ГИС\_Мурманск», осуществляется через отдельный программный модуль, который запускается как самостоятельно, так и через опцию «SQL BD» «ГИС\_Мурманск» (рис. 8).

При этом доступность различных разделов базы определяется статусом пользователя.

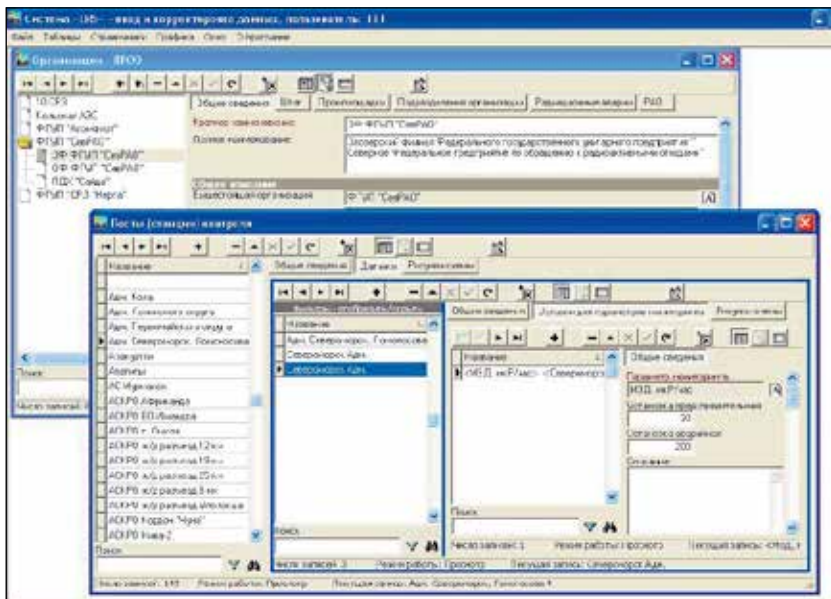


Рис. 8. Примеры рабочих окон программы ввода/редактирования данных

Данные мониторинга поступают в БД автоматически по различным каналам связи с соответствующих серверов сбора данных. Прием/передача данных мониторинга и запись их в БД осуществляется специально разработанными сервисными программами.

Использование опции «Отчеты» позволяет на основе актуальной информации в базе данных быстро готовить стандартные отчеты о радиационной обстановке в регионе, потенциально опасных объектах региона, источниках опасности, силах и средствах аварийно-спасательных формирований различного уровня. Отчет выдается в виде структурированного документа Microsoft Word или Microsoft Excel. Набор доступных отчетных форм также определяется статусом пользователя.

На базе разработанной «ГИС\_Мурманск» в Ситуационном центре администрации Мурманской области, Управлении по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям области и Мурманском УГМС созданы рабочие места, соответствующие различным аспектам их деятельности. За счет внедрения «ГИС\_Мурманск» создано единое информационное пространство для различных структур и ведомств для повышения оперативности и эффективности работы по предупреждению и ликвидации последствий ЧС радиационного характера.

## **Литература**

1. *Арутюнян Р. В., Большов Л. А., Богатов С. А. и др.* Создание системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования в Мурманской области // *Атом. энергия.* — 2006. — Т. 101, вып. 1. — С. 69—76.
2. *Amozova L. P., Arutyunyan R. V., Bogatov S. A. et al.* Enhancement of the radiation monitoring and emergency response system in the Murmansk region // *Radioprotection.* — 2009. — Vol. 44, № 5. — P. 383—388.
3. *Arutyunyan R. V., Glushko A. V., Egorkin V. A. et al.* Software to Support a Specialized Bank of Digital Maps // *The First International Symposium on Geo-information for Disaster Management.* — Berlin; Heidelberg: Springer Verl., 2005. — P. 551—558.
4. *Воробьев В. А., Жилина Н. И., Каневский М. Ф. и др.* Современные интегрированные информационно-моделирующие радиоэкологические системы // *Известия РАН. Энергетика.* — 2000. — № 3. — С. 130—147.

# **Геоинформационная система мониторинга параметров и анализа распространения опасных веществ в окружающей среде**

*И. Г. Акимова, Е. В. Антоний, И. Е. Кириллина, А. П. Ларин,  
В. П. Меркушов, П. В. Огарь, П. В. Степанова, П. М. Финкельштейн*

## **1. Общие сведения**

### **1.1. Термины и определения**

ГИС — геоинформационная система.

ГИСМАР — геоинформационная система мониторинга параметров и анализа распространения опасных веществ в окружающей среде.

АРМ — автоматизированное рабочее место пользователя, входящее в состав ГИСМАР.

РОО — радиационно опасный объект.

АСКРО — автоматизированная система контроля радиационной обстановки, обеспечивающая непрерывный мониторинг радиационной обстановки в местах расположения постов контроля и своевременное предупреждение об изменении радиационной обстановки при авариях на РОО или при транспортировке радиационно опасных грузов. АСКРО включает в себя автоматизированные посты радиационного контроля и центр сбора и обработки поступающей с постов информации.

Различают объектовые и территориальные АСКРО:

- обслуживание объектовой АСКРО осуществляет организация, эксплуатирующая РОО;
- обслуживание территориальной АСКРО осуществляет организация, уполномоченная исполнительным органом субъекта Федерации, на территории которого функционирует система.

Группа АСКРО — условная группировка систем АСКРО для удобства их отображения в дереве объектов мониторинга. Для объектовых АСКРО группировка выполняется по их принадлежности к организации, эксплуатирующей один РОО. Верхний уровень группировки содержит две группы: объектовые АСКРО и территориальные АСКРО.

ПОО — потенциально опасный объект.

ИИС — автоматизированная информационно-измерительная система, обеспечивающая непрерывный мониторинг параметров, характеризующих состояние окружающей среды и безопасность ПОО, в местах расположения постов контроля и своевременное предупреждение об изменении состояния при авариях на ПОО или при транспортировке опасных грузов. ИИС включает группу постов контроля и центральную станцию (пост), объединенные одним конструктивным решением. ИИС является более широким понятием, чем АСКРО, так как может применяться для контроля не только радиационных, но и других видов параметров.

Группа ИИС — условная группировка ИИС для удобства их отображения в дереве объектов мониторинга. Для объектовых ИИС группировка выполняется по их принадлежности к организации, эксплуатирующей один ПОО. Верхний уровень группировки содержит две группы: объектовые ИИС и территориальные ИИС.

Датчик — прибор для непрерывного контроля радиационной обстановки, обеспечивающий измерение одного или нескольких параметров. Датчики производятся серийно, все типы датчиков внесены в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации. Датчики контроля радиационных и технологических параметров являются важным для безопасности оборудованием и подлежат государственной сертификации.

Дерево объектов — иерархическая группировка объектов мониторинга в каждом АРМ ГИСМАР. Дерево объектов «АРМ диспетчера»: группа ИИС (группа АСКРО), ИИС (АСКРО), пост контроля, канал.

Канал в ГИСМАР — параметр, измеряемый или рассчитываемый для объекта мониторинга, для которого установлены критерии оценки состояния и/или регламент поступления данных. В «АРМ диспетчера», где основным объектом мониторинга является пост контроля, канал можно рассматривать как виртуальный датчик поста контроля, измеряющий только один параметр, с определенными для него уставками и регламентом поступления данных в основном и аварийном режимах.

Картографические слои — элементы, составляющие векторные электронные карты, характеризующиеся определенным типом локализации объектов слоя (точечные, линейные, площадные объекты и надписи), и состоящие из объектов, относящихся к одному классу (например, объекты гидрографии, растительного покрова, автодорожной сети и т. д.). Все картографические слои разбиты на два типа:

- общегеографические слои, характеризующиеся тем, что атрибутивная информация объектов данного слоя условно постоянна и хранится во внутреннем формате самого слоя; на пользователя не возлагается обязанность ее систематической коррекции;



- тематические слои, характеризующиеся тем, что атрибутивная информация объектов данного слоя хранится в реляционной базе данных (БД) и систематически обновляется пользователями.

Категория объекта — перечень классификаторов и сущностей информационного наполнения ГИСМАР, для которых могут быть определены условно постоянные характеристики (атрибуты) и связи с другими объектами, а также перечень контролируемых параметров. Конкретный перечень категорий объектов определяется при внедрении ГИСМАР в соответствии с задачами проекта. Каждое АРМ обеспечивает работу со всеми или группой категорий объектов.

Объект — значение классификатора или конкретный элемент рассматриваемой предметной области, относящийся к одной из категорий объектов.

Объект мониторинга — объект, являющийся предметом рассмотрения конкретного проекта, в котором для сбора и анализа информации применяется ГИСМАР, а также каналы определения параметров рассматриваемого объекта.

Параметр (показатель) — радиационная, химическая, экологическая и другая физическая величина, которая позволяет судить о состоянии безопасности, экологии и других характеристиках объектов мониторинга во временном разрезе.

Пост контроля — группа датчиков, расположенных в одном месте и имеющих единый блок управления. Существуют стационарные и передвижные посты контроля.

Событие — изменение состояния канала.

УАС — уставка аварийной сигнализации. Характеризует выход значения за нормативную или другую установленную для него величину, сигнализирующую о необходимости принятия решений.

УПС — уставка предупредительной сигнализации. Характеризует выход за границу среднего (фонового) значения для данного канала или превышения нормативной величины и сигнализирует о необходимости обратить внимание на данный канал.

## **1.2. Цель создания системы**

ГИСМАР — реализация информационной системы, обеспечивающей оперативный контроль и анализ состояния объектов мониторинга, хранение и предоставление необходимых для аварийного реагирования данных, в том числе с использованием ГИС-технологий; способной работать в распределенном окружении; настраиваемой на конкретную информационную модель предметной области для применения в различных проектах. Это достигается за счет максимально возможного отделения организации базы

данных и программного обеспечения от реальных объектов предметной области, для которой может быть применена ГИСМАР.

Одно из преимуществ ГИСМАР перед аналогичными системами, используемыми в своем составе ГИС-технологии, состоит в том, что ГИСМАР реализована на платформах и технологиях, соответствующих стандартам открытых систем, и не использует платного лицензионного программного обеспечения, что обеспечивает снижение стоимости внедрения и эксплуатации для заказчиков.

### **1.3. Назначение системы**

ГИСМАР предназначена для решения следующих задач:

- представление данных мониторинга, в том числе с использованием ГИС-технологий;
- ввод данных об объектах мониторинга;
- автоматическое получение значений параметров от ИИС (АСКРО);
- обмен данными мониторинга с другими системами (получение и передача данных);
- хранение и обработка данных, автоматическая сигнализация о превышении установленных для параметров значений (уставок);
- визуальная и звуковая сигнализация при выходе измеренных значений за уставки;
- представление, в том числе с использованием ГИС-технологий, текущих и архивных данных мониторинга;
- настройка системы в соответствии с информационной моделью предметной области, реализуемой в рамках конкретного проекта, в том числе определение следующей метаинформации:
  - категорий объектов, их атрибутов и связей между ними;
  - состава классификаторов;
  - состава параметров (показателей);
- формирование отчетных документов;
- прогноз распространения радиоактивных веществ в окружающей среде (в атмосфере) на основании характеристик источника радиоактивного выброса;
- прогноз распространения в атмосфере химически опасных веществ;
- одновременное представление на картах оперативных данных мониторинга и результатов моделирования;
- автоматическое определение по результатам моделирования перечня населенных пунктов, попадающих в зону загрязнения;
- просмотр, ввод и корректировка необходимой справочной информации;
- автоматическая репликация данных между узлами распределенной системы.

## **1.4. Архитектура системы**

ГИСМАР имеет трехзвенную архитектуру:

- База данных.
- Серверное программное обеспечение (СПО), состоящее из следующих компонентов:
  - сервера приложений, обеспечивающего основную функциональность системы (обработку поступающих значений параметров, реагирование на запросы пользователей, аутентификацию и контроль доступа);
  - сервера репликаций, обеспечивающего синхронизацию данных между узлами распределенной БД;
  - картографического сервера, обеспечивающего обработку и предоставление пространственной информации.
- Клиентское программное обеспечение (КПО) — набор АРМ с удобным графическим интерфейсом, предназначенных для реализации конкретных функций системы:
  - «АРМ диспетчера» — рабочее место дежурного диспетчера, обеспечивающего мониторинг оперативных (радиационных, химических, экологических и др.) параметров.
  - «АРМ эксперта» — рабочее место эксперта радиационного мониторинга.
  - «АРМ администратора данных» — рабочее место администратора данных, обеспечивающего ввод справочной информации в систему.

## **1.5. Концепция организации базы данных ГИСМАР**

БД с информацией о системах, постах, каналах, датчиках АСКРО организована стандартным для реляционной БД образом — всем сущностям предметной области соответствуют таблицы БД и связи между ними. Это оптимальная организация БД с точки зрения скорости обработки данных, что необходимо для задач мониторинга, но она является максимально жесткой и сложной для изменений.

Концепция справочной БД заключается в максимально возможном отделении организации объектов базы данных от реальных объектов рассматриваемой предметной области для обеспечения ее гибкости и расширяемости при изменении информационных потребностей пользователей без модификации структуры БД и программного обеспечения. Логическая структура БД включает основные понятия, приведенные в табл. 1.

**Таблица 1. Основные понятия логической структуры БД**

Понятие	Характеристика
Объект	<p>Единая сущность для хранения классификаторов и объектов контроля. Имеет две иерархии:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• иерархия категорий — предназначена для отнесения каждого конкретного объекта к определенной категории, для которой могут быть определены следующие признаки:<ul style="list-style-type: none"><li>• возможность существования адреса, контактной информации, координат, дополнительных атрибутов *;</li><li>• состав дополнительных атрибутов;</li><li>• типы связей с объектами других категорий, в том числе классификаторами;</li></ul></li><li>• базовая иерархия дерева объектов — предназначена для ускорения построения дерева объектов в приложении.</li></ul> <p>Для каждого объекта при вводе должна быть определена категория, к которой он относится, введены основные и дополнительные атрибуты, установлены связи</p>
Показатель	<p>Радиационные, химические, экологические, экономические и другие величины, критерии, уровни, измерители, индикаторы, которые позволяют судить о состоянии безопасности, экологии, экономики и других характеристиках объектов контроля во временном разрезе. Каждый показатель может иметь один из следующих типов:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• дата;</li><li>• целое число;</li><li>• число;</li><li>• код классификатора;</li><li>• строка;</li><li>• текст;</li><li>• двоичный файл;</li><li>• логический.</li></ul> <p>Для показателей должны быть определены необходимые разрезы (объекты контроля и классификаторы), единицы измерения и другие характеристики</p>
Значения показателей	<p>Измеряемые, рассчитываемые, определяемые на определенный момент (или за период) данные по объектам контроля</p>

\* Под атрибутом понимается существенная для данной категории характеристика объекта, изменение которой во времени не рассматривается в рамках конкретного проекта. В отличие от показателей по объектам, которые хранятся во временном разрезе, атрибуты при изменении значения просто обновляются.

Для реализации на этой модели БД любого конкретного проекта необходимо для соответствующей ему предметной области определить следующую метаинформацию:

- перечень и состав классификаторов и их атрибутов;
- категории объектов, атрибуты и связи между ними;
- состав показателей.

Описание категорий объектов модели БД, реализованной в текущей версии ГИСМАР, представлено в следующем разделе.

## **2. Краткое описание системы и ее компонентов**

### **2.1. Общее описание системы**

В ГИСМАР реализованы следующие функции:

- автоматическое получение параметров от информационно-измерительных систем и обмен данными радиационного мониторинга с другими системами: отраслевой АСКРО Госкорпорации «Росатом», АСКРО субъектов Федерации, Единой государственной автоматизированной системой контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации;
- обработка данных и автоматическая сигнализация;
- репликация данных;
- разграничение доступа к данным.

### **2.2. Клиентское программное обеспечение «АРМ диспетчера»**

Клиентское программное приложение «АРМ диспетчера», входящее в состав ГИСМАР, предназначено для наблюдения за состоянием окружающей среды и потенциально опасных объектов, а также для оперативного реагирования на события, происходящие в ГИСМАР. Главное окно программы показано на рис. 1.

Для работы с приложением «АРМ диспетчера» пользователю назначается одна из следующих ролей:

- «Диспетчер» — позволяет выполнять все действия в приложении «АРМ диспетчера»;
- «Пользователь» — позволяет просматривать информацию в «АРМ диспетчера».

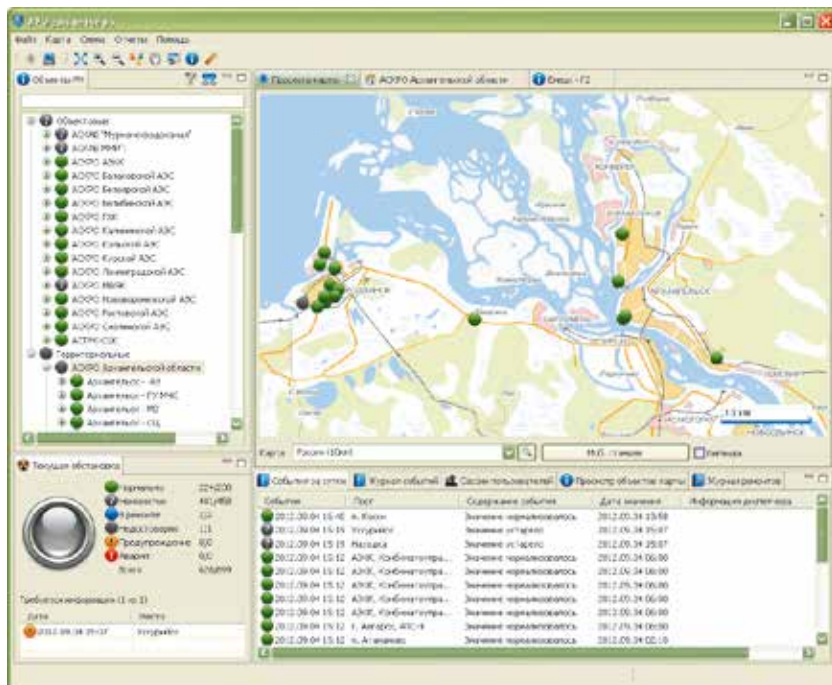


Рис. 1. Главное окно клиентского приложения «АРМ диспетчера»

Приложение «АРМ диспетчера» обеспечивает выполнение следующих функций:

- отображение всех объектов мониторинга на масштабируемых картах России, субъектов Федерации, окрестностей потенциально опасных объектов;
- отображение текущего состояния всех объектов мониторинга в виде иерархической структуры;
- быстрый просмотр информации обо всех ИИС в различном состоянии;
- фильтрация информации по состоянию канала или измеряемому параметру;
- быстрый переход к разделу с подробной информацией об объекте:
  - отображение объекта на карте;
  - контактные данные организации, передающей данные мониторинга, и эксплуатирующей организации;
  - сведения о планируемом, текущем и законченном ремонте объектов;
  - текущее состояние объекта мониторинга, в том числе в виде гистограммы с указанием диапазона измерения и уставок предупредительной и аварийной сигнализации;

- построение графиков и таблиц с историей измерений значений параметров за выбранный период;
- мгновенное уведомление о событиях;
- оперативное реагирование на информацию о событиях;
- просмотр информации о событиях;
- генерация отчетов о радиационной обстановке и событиях в системе.

Указанное клиентское приложение может использоваться при построении как территориальных систем мониторинга, так и объектовых систем. В рамках выполнения работ по государственному контракту на базе указанного приложения в Мурманской области была реализована система сбора и отображения данных с территориальной АСКРО и с двух химически опасных объектов области (рис. 2). Также указанная система была внедрена при реализации международного проекта по усовершенствованию системы мониторинга и аварийного реагирования в Архангельской области. В рамках указанного проекта система была установлена в ситуационном центре правительства Архангельской области, в ГУ МЧС России по Архангельской области, в локальном кризисном центре ОАО «ЦС “Звездочка”», в мэрии Северодвинска, в центре ФГБУ «Северное-УГМС».

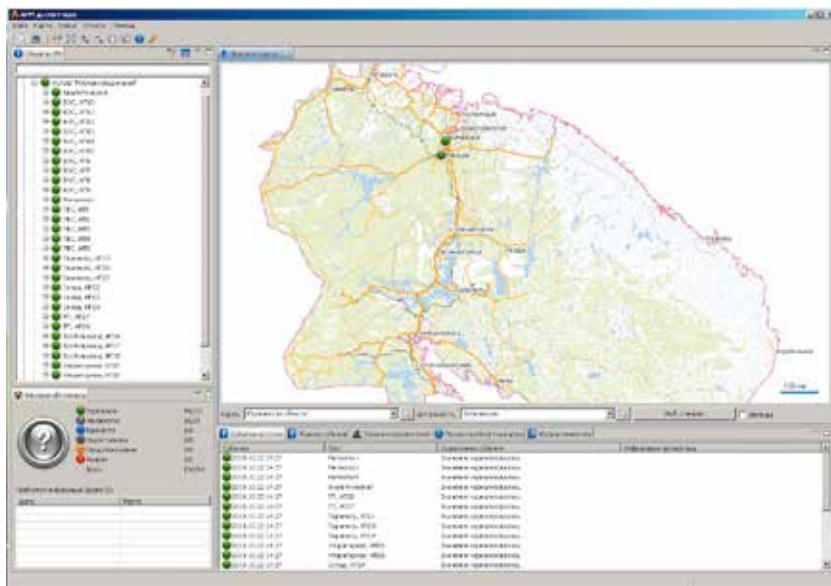


Рис. 2. Отображение результатов мониторинга химически опасных объектов

### **2.3. Клиентское программное обеспечение «АРМ эксперта»**

«АРМ эксперта», входящее в состав ГИСМАР, предназначено для поддержки деятельности экспертов кризисных центров территориальных и функциональных подсистем РСЧС различных уровней от объектового до федерального, оперативного обмена данными и результатами расчетов между экспертами различных кризисных центров для совместной подготовки рекомендаций по мерам защиты населения в случае аварий с выходом радиоактивных или химически опасных веществ в окружающую среду.

Для работы с приложением пользователю назначается роль «Эксперт».

Приложение «АРМ эксперта» обеспечивает выполнение следующих функций:

- экспресс-оценка радиационной обстановки и дозовых нагрузок на население при авариях на ЯРОО, а также при перевозке радиационно опасных грузов с использованием расчетного модуля, реализующего модель атмосферного переноса Гаусса (рис. 3);
- оценка распространения химически опасных веществ в атмосфере при авариях на химически опасных объектах (рис. 4), а также при перевозке химически опасных грузов, на основе «Методики прогнозирования масштабов заражения СДЯВ при авариях на ХОО и транспорте» (РД 52.04.253-90);
- обмен исходными данными и результатами расчетов между экспертами различных кризисных центров;
- одновременное представление на картах оперативных данных параметров мониторинга (радиационных, химических, метеорологических) и результатов прогнозов.





Рис. 3. Пример экспресс-оценки радиационной обстановки

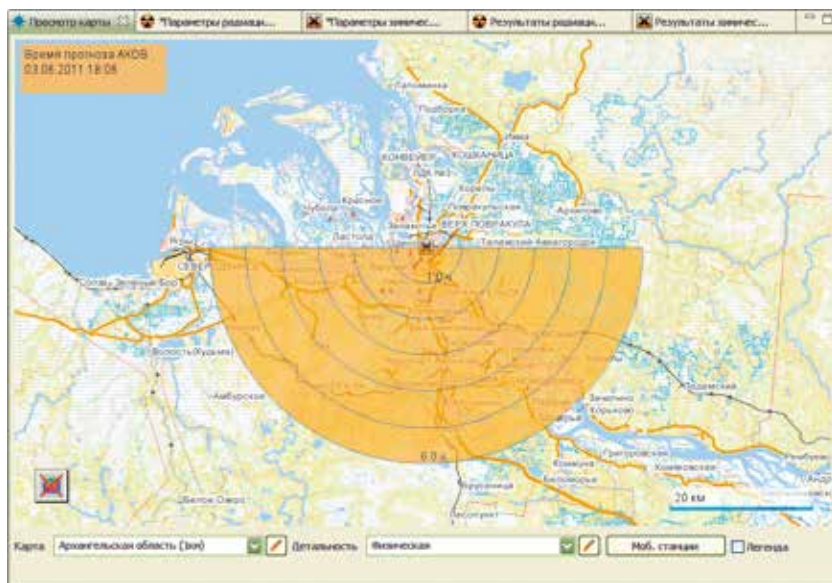


Рис. 4. Пример прогноза распространения аварийно химически опасных веществ (АХОВ)

## 2.4. Клиентское программное обеспечение «АРМ администратора данных»

Программное приложение «АРМ администратора данных», входящее в состав ГИСМАР, предназначено для просмотра, ввода и корректировки всей атрибутивной информации ГИСМАР по объектам, связанным с аварийным реагированием и относящимся к определенным категориям, приведенным в табл. 2.

Таблица 2. Категории объектов

№	Категория/ подкатегория объекта	Описание
1	<b>АТО (административно-территориальные образования)</b>	Административно-территориальное деление (устройство) — разделение территории унитарного государства или субъекта федеративного государства на части (административно-территориальные единицы), в соответствии с которым строится система местных органов власти
1.1	Субъекты РФ	АТО, для которых установлена связь: <i>Тип АТО — Субъект РФ</i>
1.2	Муниципальные образования	АТО, для которых установлены связи: Тип АТО — Муниципальное образование. Входит в состав АТО — вышестоящее АТО
1.3	Населенные пункты	АТО, для которых установлены связи: <i>Тип АТО — Населенный пункт.</i> <i>Входит в состав АТО — вышестоящее АТО</i>
2	<b>Организации</b>	Организация — любое объединение людей, созданное с определенными целями, сформированное и оформленное в соответствии с действующим законодательством. В рамках данной задачи рассматриваются следующие типы организаций: органы управления; юридические лица и филиалы; подразделения, формирования; другие объединения
2.1	Органы управления РФ	<i>Организации, для которых Тип организации установлен в значении <b>Федеральный орган управления</b> или его дочерние типы</i>
2.2	Органы управления АТО	<i>Организации, для которых установлены следующие связи: Тип организации — <b>Орган управления</b> или его дочерние типы. <b>Является органом управления АТО</b> — соответствующее АТО</i>
2.3	Организации (в населенном пункте)	<i>Организации, для которых установлены следующие связи: Тип организации — <b>Юридическое лицо, филиал</b> или не установлен. <b>Находится на территории</b> — соответствующее АТО (населенный пункт).</i>

Табл. 2 (продолжение)

№	Категория/ подкатегория объекта	Описание
2.4	Потенциально опасные организации по типам опасности	<i>Организации, для которых связь Тип опасности установлена в одно из следующих значений классификатора: ядерно и/или радиационно опасные; пожаровзрывоопасные; техногенно опасные; биологически опасные; химически опасные; другие</i>
2.5	Подчиненные организации	<i>Организации, для которых установлены следующие связи: Тип организации — любое значение, кроме Подразделение, формирование; Подчинена (входит в состав) — вышестоящая организация</i>
2.6	Подразделения, формирования	<i>Организации, для которых установлены следующие связи: Тип организации — Подразделение, формирование; Подчинена (входит в состав) — родительская организация</i>
2.7	Координационные органы	<i>Организации, для которых установлены следующие связи: Тип элемента РСЧС — координационный орган или его дочер- ные типы; Является элементом подсистемы РСЧС — соответствующая система/подсистема РСЧС</i>
2.8	Постоянно действующие органы управления	<i>Организации, для которых установлены следующие связи: Тип элемента РСЧС — постоянно действующий орган управле- ния или его дочерные типы; Является элементом подсистемы РСЧС — соответствующая система/подсистема РСЧС</i>
2.9	Органы повседневного управления	<i>Организации, для которых установлены следующие связи: Тип элемента РСЧС — орган повседневного управления или его дочерные типы; Является элементом подсистемы РСЧС — соответствующая система/подсистема РСЧС</i>
2.10	Силы СЧС	<i>Организации, для которых установлены следующие связи: Тип элемента РСЧС — силы СЧС или его дочерные типы; Является элементом подсистемы РСЧС — соответствующая система/подсистема РСЧС</i>
2.11	Связь, оповещение, информационное обеспечение	<i>Организации, для которых установлены следующие связи: Тип элемента РСЧС — подразделения связи, оповещения и ин- формац. обеспечения или его дочерные типы; Является элементом подсистемы РСЧС — соответствующая система/подсистема РСЧС</i>
2.12	Привлекаемые силы	<i>Организации, для которых установлена связь (М:М): Является привлекаемой силой для СЧС — соответствующая система/подсистема РСЧС</i>

Табл. 2 (продолжение)

№	Категория/ подкатегория объекта	Описание
3	<b>Должности (роли)</b>	<i>Должность</i> (роль) — трудовая функция сотрудников организации в соответствии со штатным расписанием или другими документами организации
3.1	Руководство АТО	<i>Должности</i> , для которых установлена связь: <i>Относится к руководству АТО</i> — соответствующее АТО
3.2	Должности (в организации)	<i>Должности</i> , для которых установлена связь: <i>В структуре организации</i> — соответствующая организация
3.3	Должности (подчиненные)	<i>Должности</i> , для которых установлена связь: <i>Имеет руководителя</i> — должность непосредственного руководителя
4	<b>Физические лица</b>	Люди, занимающие определенные должности или выполняющие определенные роли
4.1	Должностные лица	Физические лица, для которых установлена связь (М:М): Занимает должность (выполняет роль) — соответствующая должность
5	<b>Промышленные комплексы (промплощадки)</b>	Промышленный комплекс (промплощадка) — комплекс систем, сооружений, используемый для осуществления определенных видов деятельности (производственных, военных, научных и др.), располагающийся в пределах конкретной территории (как правило, режимной)
5.1	Промплощадки (организации)	<i>Промплощадки</i> , для которых установлена связь: <i>Эксплуатируется организацией</i> — соответствующая организация
6	<b>Промышленные объекты</b>	Промышленный объект (стационарный или мобильный) — часть промышленного комплекса или промышленной сети или отдельно расположенный технический объект, выполняющий предусмотренную для него функцию (функции) в определенном проекте объеме. Промышленный объект может включать другие промышленные объекты, если для данной организации существует необходимость такой иерархии. Промышленный объект может представлять собой источник опасности (радиационной, химической и др.). Промышленный объект является средством производства. Сырье, отходы, изделия, полуфабрикаты и другие элементы производственного процесса, не относящиеся к средствам производства, не являются промышленными объектами, даже если представляют собой источники опасности
6.1	Промышленные объекты (отдельно стоящие)	<i>Промышленные объекты</i> организации, расположенные вне промплощадки и не входящие в состав другого промышленного объекта, т. е. промышленные объекты, для которых установлена связь <i>Эксплуатируется организацией</i> и не установлены связи: Является элементом промышленного объекта. Относится к промплощадке

Табл. 2 (продолжение)

№	Категория/ подкатегория объекта	Описание
6.2	Промышленные объекты (на промплощадке)	Промышленные объекты организации, расположенные на промплощадке, для которых установлена связь: <i>Относится к промплощадке</i> — соответствующая промплощадка
6.3	Промышленные объекты (входящие в состав другого промышленного объекта)	Промышленные объекты организации, входящие в состав другого промышленного объекта, для которых установлена связь: <i>Является элементом промышленного объекта</i> — соответствующий промышленный объект
7	<b>Сооружения</b>	Здания, сооружения, помещения, представляющие значительные постройки различного вида и назначения, которые могут быть нанесены на план или карту, имеют адрес или обозначения для их идентификации. Промышленный объект может состоять из нескольких зданий, также несколько промышленных объектов могут находиться в одном здании
7.1	Сооружения (на промплощадке)	<i>Сооружения</i> , расположенные на промплощадке, для которых установлена связь: <i>Относится к промплощадке</i> — соответствующая промплощадка
7.2	Сооружения (организации)	<i>Сооружения</i> , для которых установлена связь: <i>Принадлежит организации</i> — соответствующая организация
8	<b>РСЧС (подсистемы РСЧС)</b>	Перечень систем, создаваемых федеральными органами исполнительной власти и уполномоченными организациями. Например, РСЧС, ее территориальные и функциональные подсистемы
8.1	Подсистемы РСЧС	<i>Подсистемы РСЧС</i> , для которых установлена связь: <i>Является подсистемой</i> — вышестоящая система
8.2	Подсистема РСЧС (организации)	<i>Подсистемы РСЧС</i> , для которых установлена связь: <i>Создана организацией</i> — соответствующая организация
9	<b>Типовые аварии</b>	Типовая авария — заранее проанализированные аварийные последовательности для конкретного или типового источника опасности, по которым рассчитаны величина, состав и другие характеристики выброса (источника), являющиеся исходными данными для расчетов распространения в окружающей среде радиоактивных или сильнодействующих ядовитых веществ
10	<b>Нештатные ситуации</b>	Чрезвычайная ситуация (в соответствии с критериями, установленными приказом МЧС РФ от 8 июля 2004 г. № 329 [Об утверждении критериев информации о чрезвычайных ситуациях]) или другое событие, по которому должны формироваться и представляться донесения (отчеты)
10.1	Нештатные ситуации (в организации)	<i>Нештатные ситуации</i> , произошедшие в организации, для которых установлена связь: <i>Произошла в организации</i> — соответствующая организация

Табл. 2 (окончание)

№	Категория/ подкатегория объекта	Описание
10.2	Нештатные ситуации (на территории АТО)	<i>Нештатные ситуации</i> , произошедшие на территории АТО, для которых установлена связь: <i>Произошла на территории</i> — соответствующее АТО

**Примечание.** Объект может относиться только к одной категории, но одновременно к нескольким подкатегориям — в зависимости от установленных для него связей. Состав дополнительных атрибутов и связей каждого объекта определяется категорией, к которой он относится.

Для работы с приложением пользователю должна быть назначена одна из следующих ролей:

- «Оператор» — позволяет выполнять все действия в приложении «АРМ администратора данных»;
- «Просмотр справочных данных» — позволяет просматривать данные в приложении «АРМ администратора данных» (рис. 5).

Приложение «АРМ администратора данных» обеспечивает выполнение следующих функций:

- ввод и редактирование данных по объектам ГИСМАР;
- поиск и просмотр данных.

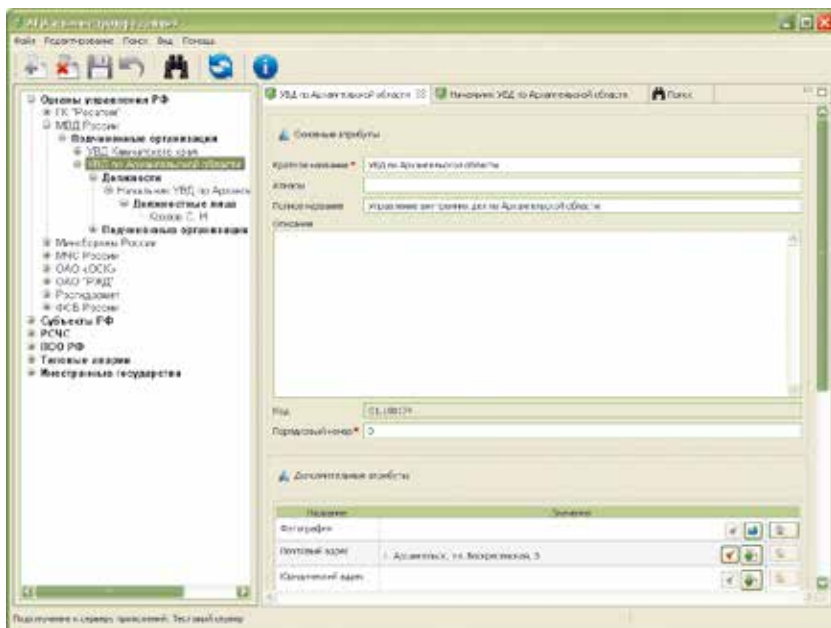


Рис. 5. Главное окно клиентского приложения «АРМ администратора данных»

## Литература

1. РД 52.04.253-90. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. — СПб., 2000.
2. Капустин С. Ю., Малахов В. И. Методическое пособие по прогнозированию и оценке химической обстановки в чрезвычайных ситуациях: Для студентов всех специальностей / Под ред. А. П. Башкова. — Иваново, 2001.
3. Официальный сайт проекта PostgreSQL // <http://www.postgresql.org/docs/9.2/interactive/index.html>.
4. Официальный сайт проекта Java // <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/documentation/index.html>.
5. Официальный сайт проекта Apache ActiveMQ // [http://www.tmsolutions.com/Apache\\_Software/ActiveMQ\\_Reference\\_Guide.php](http://www.tmsolutions.com/Apache_Software/ActiveMQ_Reference_Guide.php).
6. Официальный сайт проекта картографический сервер GeoServer // <http://docs.geoserver.org/stable/en/developer/>.

# ***Картографическое обеспечение работ по радиационному мониторингу и аварийному реагированию***

*А. В. Глушко, И. Е. Кириллина, В. П. Киселёв, Н. Н. Сёмин,  
Д. Н. Токарчук*

## **1. Основные требования к электронным картам**

Программно-технические комплексы систем радиационного мониторинга и аварийного реагирования на чрезвычайные ситуации в настоящее время разрабатываются, как правило, в виде различных специализированных геоинформационных систем (ГИС). Это обусловлено как самим характером оперируемых данных, большей частью характеризующихся пространственной локализацией, так и требованием обеспечения более наглядной визуализации результатов измерения, анализа и моделирования. В подавляющем большинстве случаев при разработке ГИС-приложений реализуется геореляционная модель данных. В этом случае геометрическая информация по объектам хранится в специальных графических файлах, а атрибутивная информация — в виде записей реляционной базы данных. Связь позиционной и атрибутивной информации по картографическим объектам осуществляется по соответствующим уникальным индексам. Позиционное описание объектов происходит в рамках выбранной системы географических координат и высот. При этом нет единого формата представления позиционной информации (формата электронных карт), он определяется инструментарием, на базе которого разрабатывается та или иная специализированная геоинформационная система.

Основным рабочим интерфейсом ГИС-приложения является электронная карта, через которую можно получить доступ ко всей имеющейся информации по интересующим объектам, а также наглядно отобразить результаты анализа и моделирования в рамках данного приложения.

Номенклатура, формат и качество электронных карт ГИС-приложения определяются решаемыми задачами и той ролью, которую электронные карты в нем играют. Однако было бы крайне расточительно как в финансовом, так и в трудозатратном аспектах создавать электронные карты под каждый отдельный ГИС-проект с нуля, целесообразнее использовать существующие электронные карты, дорабатывая их при необходимости под конкретный ГИС-проект. В этом случае исходные электронные карты должны быть созданы и храниться в каком-либо открытом и широко распространенном формате. Это позволяет без больших затрат конвертировать их во внутрен-



ний формат конкретного ГИС-приложения. По этой причине в ИБРАЭ РАН в течение многих лет ведется единый банк электронных карт (БЭК ИБРАЭ) в формате широко распространенной в России и мире коммерческой ГИС «MapInfo» [1]. Выбор этого формата в качестве базового в первую очередь обусловлен тем, что ГИС «MapInfo» [2] имеет развитые средства создания и редактирования векторных электронных карт. Кроме того, она поддерживает работу с наиболее распространенными в настоящее время обменными форматами карт, такими как shp, mif/mid и dxf. При этом обменный текстовый формат «MapInfo» mif/mid поддерживается всеми основными коммерческими ГИС, что облегчает подготовку банков карт для ГИС-проектов, создаваемых на базе иных программных пакетов.

На сегодня БЭК ИБРАЭ включает следующие типы векторных и растровых карт и планов различных масштабов:

- обзорные карты мира (масштабов 1:30 000 000, 1:1 600 000);
- обзорные карты России и стран СНГ (масштабов 1:1 000 000, 1:8 000 000);
- карты регионов России (масштабов 1:1 000 000, 1:100 000, OpenStreet-Mar);
- карты окрестностей ядерно и радиационно опасных объектов России (масштабов 1:100 000, 1:200 000);
- отдельные номенклатурные листы карт различных масштабов (1:1 000 000, 1:200 000);
- отдельные тематические слои;
- растровые карты, планы и спутниковые снимки (с географической привязкой).

Векторные электронные карты и схемы, размещаемые в БЭК ИБРАЭ, получены из различных источников, созданы с использованием различных картографических классификаторов и, как правило, поступают без описания соответствующего классификатора.

Для унификации графического представления однотипных объектов в различных картах необходимо графические атрибуты однотипных картографических объектов в разных классификаторах привести к одному виду. С этой целью в ИБРАЭ РАН были разработаны программные модули «Classifier» и «Map\_Generator», позволяющие одновременно вести несколько различных картографических классификаторов и преобразовывать в соответствии с ними исходные векторные карты, добиваясь унификации представления однотипных объектов в различных картах. Краткое описание работы данных программных модулей приведено ниже.

Чтобы размещаемые в БЭК ИБРАЭ электронные карты можно было использовать в различных приложениях, накладывающих определенные требова-

ния на их структурную организацию, топологию и качество, а также чтобы они соответствовали действующим в России стандартам на электронные карты, должны выполняться определенные общие требования.

Общие требования к векторным картам:

- все карты одного масштабного ряда должны быть выполнены в единой системе координат и высот, желательно в единой проекции;
- они должны быть полными, достоверными, актуальными и точными;
- они должны быть выполнены строго в соответствии с используемым классификатором, где тип объекта должен однозначно идентифицироваться его кодом, который является обязательным атрибутом описания;
- изображенные объекты карты должны сохранять точность местоположения, геометрического подобия и размеров в соответствии с масштабом карты и ее назначением;
- каждый тип картографических объектов должен однозначно характеризоваться кодом графического описания и набором семантических атрибутов;
- объекты одного типа пространственной локализации должны быть разнесены на различные картографические слои;
- структура пространственных данных должна быть топологически корректной и, в частности, не допускать самопересечения площадных объектов, наложения площадных объектов внутри одного слоя, образовывать замкнутые петли при самопересечении полилиний и т. д.

Общие требования к растровым картам:

- они должны быть полными, достоверными, современными, точными;
- они должны быть контрастными и читаемыми;
- качество изображения не должно быть хуже исходного материала;
- растр должен быть очищен от «грязи» (шумов) фрагментов растра, не несущих информационной нагрузки, т. е. дефектов исходного материала и сканирования;
- они должны содержать файл паспортных данных с информацией об источнике получения, масштабе, картографической проекции и др.;
- с целью унификации географической привязку растровых карт необходимо проводить в формате ГИС «MapInfo».

Имея координатную привязку, растровые карты, планы и спутниковые снимки могут быть загружены в соответствующее ГИС-приложение в виде подосновы соответствующей векторной карты или отдельного тематического векторного слоя для более точной передачи текущего состояния интересующей местности.

Широкое использование растровых карт в разрабатываемых ГИС-приложениях в первую очередь обусловлено тем, что они более доступны

по сравнению с векторными картами. В частности, не представляет труда получение актуализированных растровых карт из открытых интернет-ресурсов с использованием, например, такого программного продукта, как «SASPlanet». При этом можно, скачивая карты с различным разрешением, создавать для интересующей территории «пирамиду» карт, что позволяет обеспечивать высокую четкость представления карты при ее дискретном зуммировании в широком диапазоне.

## **2. Программные средства подготовки карт**

Как уже указывалось, векторные карты различного масштаба, а тем более поступающие из различных источников, выполнены с использованием различных картографических классификаторов и в различных форматах. Поэтому перед размещением в БЭК ИБРАЭ их необходимо конвертировать в единый формат и унифицировать графическое представление однотипных графических объектов в различных картах.

С конвертацией в единый формат проблем практически нет, так как в подавляющем большинстве карты создаются в известных картографических форматах, позволяющих с помощью большинства коммерческих ГИС легко конвертировать позиционный и атрибутивный компоненты данных в желаемый формат. В нашем случае для этих целей используются такие коммерческие программные продукты, как «MapInfo», «Панорама», GISMAP, а также открытое приложение «QuantumGis».

В качестве единого формата хранения карт в БЭК ИБРАЭ в свое время был выбран формат «MapInfo», в который и происходит конвертация всех векторных электронных карт. В процессе конвертации из одного формата в другой происходит полная потеря атрибутов графического представления объектов карты, и необходимо не просто заново их восстанавливать, но и устанавливать единое унифицированное представление однотипных графических объектов для всех векторных карт, размещаемых в БЭК ИБРАЭ. Для этого в ИБРАЭ РАН разработаны программные модули «Classifier» и «Map\_Generator», позволяющие синхронно вести несколько различных картографических классификаторов и преобразовывать в соответствии с ними исходные векторные карты, добиваясь унифицированного представления однотипных объектов в них.

Идентификация типов картографических объектов, как правило, осуществляется прямым заданием их уникальных кодов в качестве одного из атрибутов семантического описания картографических объектов. При производстве векторных карт различные производители используют разные библиотеки графических атрибутов объектов, что приводит к тому, что

даже карты, выполненные на одном программном обеспечении и использующие одни и те же картографические классификаторы, выглядят совершенно различно, не говоря уже о тех случаях, когда они изготавливаются на основе разных классификаторов и на разном программном обеспечении. Это, естественно, затрудняет визуальное восприятие местности при переходе с одного типа карт на другой.

Когда исходные карты выполнены строго в соответствии с определенным классификатором, эта проблема легко решается путем синхронизации кодов однотипных объектов в различных классификаторах и последующего преобразования карт с использованием какой-либо одной библиотеки графических атрибутов. Сложнее обстоит дело, когда код типа объекта в исходных картах отсутствует либо задается в неявном виде, когда тип объекта определяется комбинацией значений отдельных атрибутов семантического описания объекта, как, например, это имеет место в картах «OpenStreetMap».

Если код типа объекта в исходных картах отсутствует, приходится перед размещением карт в БЭК ИБРАЭ проводить кодификацию объектов карты с использованием наиболее подходящего для этого классификатора. В нашем случае это делается штатными средствами ГИС «MapInfo».

Если тип объекта определяется комбинацией значений отдельных атрибутов семантического описания объекта, проводится предварительная работа по формированию соответствующего классификатора на основе обработки ряда карт данного типа и затем — последующая его синхронизация с другими классификаторами. Для формирования данного классификатора на основании описания формата карт «OpenStreetMap» разработан соответствующий программный модуль.

## **2.1. Программный модуль ведения картографических классификаторов**

Разработанный программный модуль «Map Classifier» позволяет одновременно вести несколько различных картографических классификаторов, в том числе добавлять новые слои, объекты, менять структуру таблиц атрибутивной информации по слоям. Данный модуль интегрирован в программный модуль «Map\_Generator», предназначенный для подготовки векторных карт, размещаемых в БЭК ИБРАЭ с целью их унификации.

В настоящей версии программный модуль «Map Classifier» содержит четыре основных классификатора: три для карт масштаба 1:1 000 000, 1:200 000, 1:100 000, получаемых из геофонда России, и один для карт «OpenStreetMap», выставляемых для открытого использования на сайте

<http://gis-lab.info>. На основе этих классификаторов легко можно создавать классификаторы для подготовки карт под то или иное разрабатываемое конкретное ГИС-приложение. Например, готовить карты для разрабатываемых ГИС-приложений на базе пакета разработчика «MapX», в частности, для программы визуализации данных радиационного мониторинга «Монитор РО».

Как уже указывалось, при формировании банка электронных карт довольно часто приходится сталкиваться с ситуацией, когда вместе с картами не поступают соответствующие им классификаторы, на основе которых они были изготовлены. В этом случае стоит задача его восстановления на основе типа локализации и отдельных значений атрибутов картографических объектов этих карт.

Характерная особенность программного модуля «Map Classifier» — возможность постоянного обновления классификаторов по мере обработки массивов карт, изготовленных на их основе. Более подробно об этом речь идет в подразделе 2.2, посвященном обработке карт.

Остановимся более подробно на реализации перечисленных функций программного модуля «Map Classifier».

**Создание нового классификатора.** Все картографические классификаторы разбиты нами на два вида, а именно классификаторы, на основе требований которых создается соответствующий массив карт, и классификаторы, служащие для подготовки карт данного массива под требования определенного ГИС-приложения. Первые классификаторы будем называть родительскими, вторые — дочерними. Хотя с точки зрения работы с ними программного модуля «Map Classifier» они идентичны, но формируются несколько по-разному.

Родительский классификатор формируется либо на основе передаваемого поставщиком карт описания классификатора, организованного, например, в виде таблицы определенного формата, либо путем обработки соответствующего массива карт. В любом случае имеется возможность непрерывной корректировки классификаторов по ходу обработки соответствующих карт. Последнее особенно важно, так как карты, формально изготовленные на основе требований одного классификатора, но в различных коллективах, часто имеют существенные различия в названиях слоев, структуре атрибутивной информации и др.

Дочерний классификатор формируется исключительно на основе родительского классификатора и предназначен для подготовки соответствующего массива карт для отдельного ГИС-приложения с учетом его требований.

При запуске программного модуля «Map Classifier» открывается окно выбора режима работы (рис. 1).

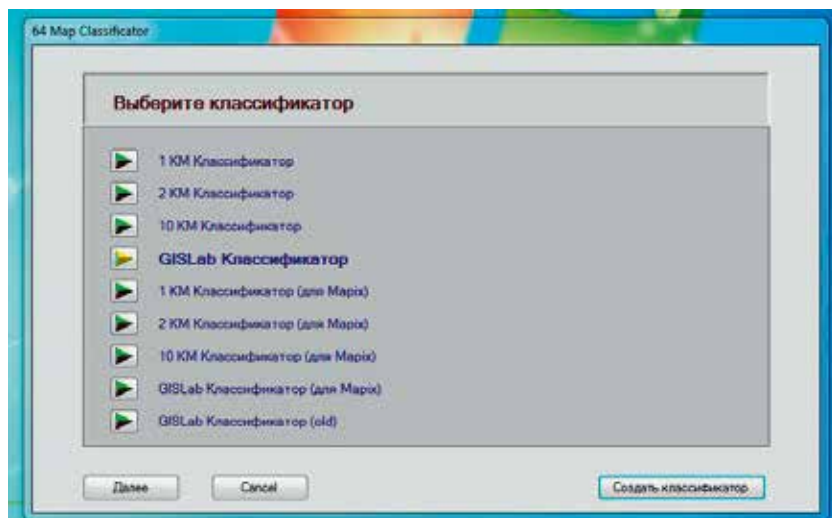


Рис. 1. Выбор режима работы

Если требуется редактировать уже существующий классификатор, нужно просто выбрать его из приведенного списка. При необходимости создать новый классификатор выбирают опцию «Создать классификатор» и следуют предлагаемой программой пошаговой инструкции.

Имеется возможность одновременно работать с несколькими классификаторами. Для этого несколько раз запускают программный модуль, выбирая из списка соответствующие классификаторы. Это необходимо при осуществлении синхронизации графического представления однотипных объектов в различных классификаторах.

**Редактирование классификатора.** Реализованная в программном модуле «Map Classifier» процедура редактирования классификаторов имеет следующие основные функции:

- добавление, удаление и переименование отдельных картографических слоев карт;
- редактирование структуры атрибутивной информации картографических слоев;
- перенос объектов с одного слоя на другой, если структуры атрибутивной информации в них совпадают или непротиворечивы;
- задание атрибутов прорисовки объектов на карте;
- синхронизация атрибутов прорисовки однотипных объектов как внутри одного классификатора, так и между разными классификаторами.

Для редактирования классификатора необходимо предварительно выбрать его из списка (см. рис. 1), при этом откроется рабочее окно программного

модуля, имеющее две закладки: «Слои» и «Объекты». Закладка «Объекты» чисто информационная и позволяет просмотреть все картографические объекты и их расположение в том или ином слое карты. Редактирование классификатора осуществляется из закладки «Слои» (рис. 2). В ней представлены все картографические слои данного классификатора с указанием их названия, типа пространственной локализации (точечные, линейные, площадные, текстовые) и пределов их видимости в зависимости от зуммирования окна карты. По умолчанию слои показаны в алфавитном порядке.

Чтобы задать необходимый порядок прорисовки слоев, следует выбором соответствующей пиктограммы пиктографического меню окна модуля перейти в режим упорядочивания порядка прорисовки и далее, используя стандартный механизм перемещения записей, по списку (выбор записи из списка и перемещение ее с помощью соответствующего блока пиктографического меню), расположить слои в необходимом порядке.

Для редактирования полей записей (слоев), представленных на рис. 2, необходимо перейти по соответствующей пиктограмме в режим редактирования записи (рис. 3). Здесь можно изменить описание слоя, тип пространственной локализации объектов слоя, видимость слоя, а также заблокировать обработку данного слоя. Если в классификаторе у слоя стоит признак блокировки, то этот слой будет отсутствовать в карте, полученной путем обработки исходной карты. Это часто необходимо при подготовке карт из БЭК ИБРАЭ под какой-то частный ГИС-проект.

Для редактирования структуры атрибутивной информации слоя необходимо перейти по соответствующей пиктограмме в соответствующий режим редактирования (рис. 4). Здесь имеется возможность внести необходимые изменения в структуру таблицы атрибутивной информации, переименовать или изменить формат поля данного атрибута, изменить его местоположение в списке, добавить или убрать данный атрибут. Это также часто необходимо при подготовке карт из БЭК ИБРАЭ под частный ГИС-проект.

Для добавления нового слоя следует в левом пиктографическом меню рабочего окна выбрать пиктограмму «Добавить», после чего откроется окно редактирования характеристик слоя, куда надо внести значения для нового слоя. Далее через открывшееся окно, предназначенное для редактирования структуры таблицы атрибутивной информации, задается желаемая структура таблицы атрибутивной информации или выбирается структура какого-либо из существующих в классификаторе слоев. Добавление новых слоев, как правило, выполняется с целью разнесения объектов какого-либо слоя исходной карты по разным слоям для улучшения генерализации объектов карты.

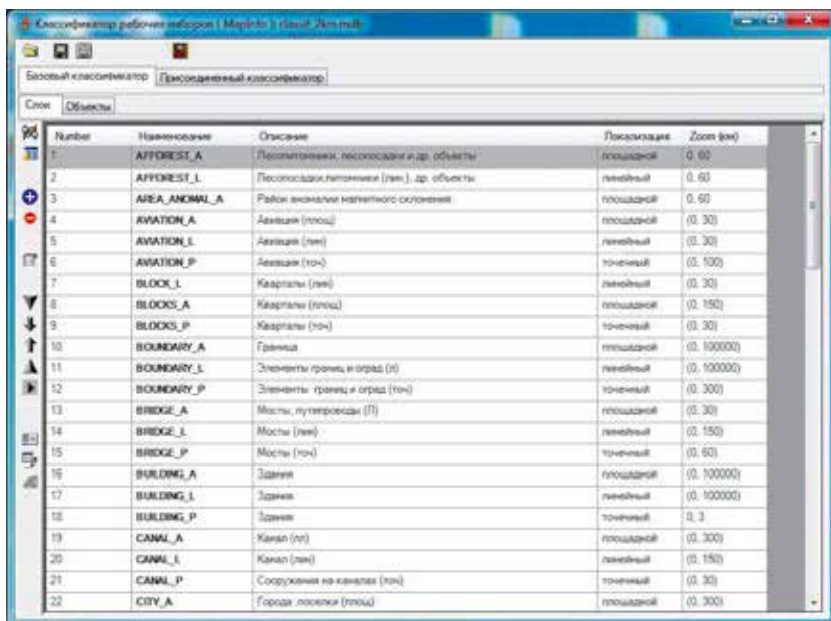


Рис. 2. Основное рабочее окно программного модуля

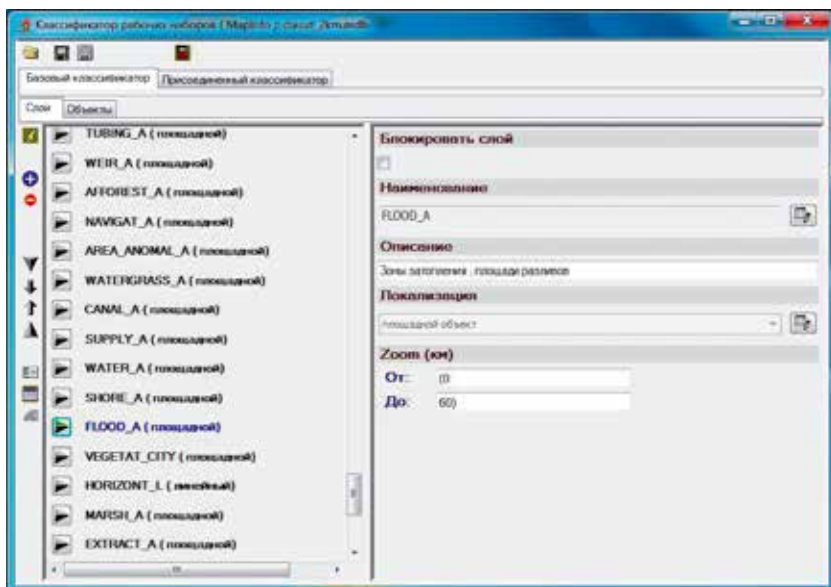


Рис. 3. Редактирование характеристик слоя



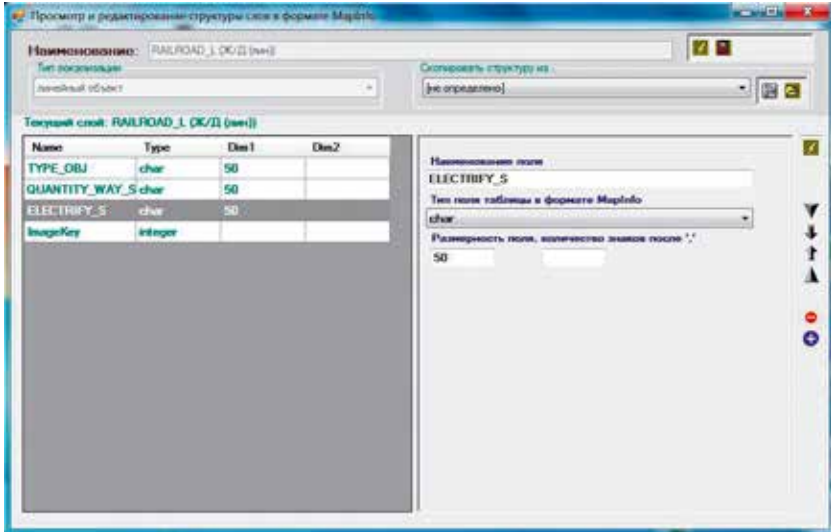


Рис. 4. Редактирование структуры таблицы атрибутивной информации слоя

Для задания стилей прорисовки объектов какого-либо картографического слоя необходимо выделить его в основном рабочем окне программного модуля (см. рис. 2) и затем активировать пиктограмму «Информация по объектам». При этом рабочее окно примет вид, показанный на рис. 5. В левой части окна приведен список всех картографических слоев данного классификатора, а в правой — диалоговое окно со списком всех типов объектов выделенного слоя.

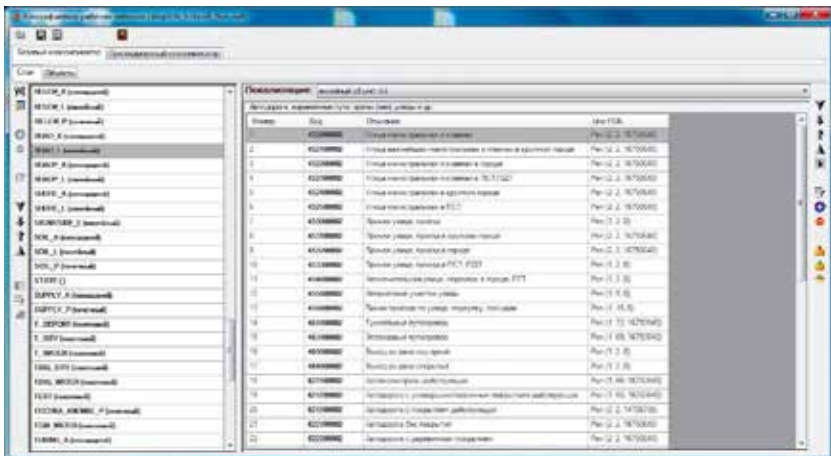


Рис. 5. Рабочее окно задания стилей прорисовки объектов

Здесь можно добавить новый тип объекта в слой, удалить объект либо перенести его с данного слоя на другой. Программа следит за тем, чтобы в слое присутствовали только типы объектов с присущей ему пространственной локализацией. Необходимо помнить, что при переносе объектов из одного слоя в другой будет изменена структура их таблицы атрибутивной информации, так как она определяется не объектом, а тем слоем, в котором он находится.

В модуле реализованы два разных механизма задания стиля прорисовки объектов. Можно, используя библиотеку стилей, напрямую задать стиль прорисовки выбранного из списка типа объекта, а можно присвоить ему стиль прорисовки любого другого объекта независимо от того, к какому из классификаторов он относится. В последнем случае предоставляется возможность синхронизовать стили прорисовки однотипных объектов в различных классификаторах. В этом случае, если у какого-то объекта в дальнейшем будет изменен стиль прорисовки, то он автоматически будет изменен и у всех синхронизованных с ним объектов других классификаторов. Тем самым может быть достигнут единый стиль представления объектов в картах, изготовленных на основе различных классификаторов, например, карт масштаба 1:100 000, изготовленных на предприятиях Роскартографии, и карт «OpenStreetMap», выкладываемых для свободного доступа на сайте <http://gis-lab.info>.

Для изменения стиля графического представления объектов какого-либо типа необходимо выбрать данный тип объекта из списка (см. рис. 5) и затем, выбрав опцию «Редактирование», перейти в режим редактирования. При этом в рабочем окне будет приведен текущий стиль прорисовки и появятся инструменты, необходимые для его изменения. Изменение стилей объектов реализовано точно так же, как и в ГИС «MapInfo». На рис. 6 приведен пример задания стиля прорисовки у площадного объекта.

Для изменения стиля объекта путем задания ему стиля прорисовки другого объекта необходимо выбрать объект с необходимым стилем, сохранить его, затем выбрать редактируемый объект и вставить стиль. При этом имеют место два режима вставки: без синхронизации стилей объектов и с синхронизацией. В случае вставки с синхронизацией при последующем изменении задания стиля одного объекта автоматически будет изменяться стиль и синхронизируемого с ним объекта независимо от того, принадлежат эти объекты к одному классификатору или разным. При необходимости синхронизация между объектами может быть разорвана.

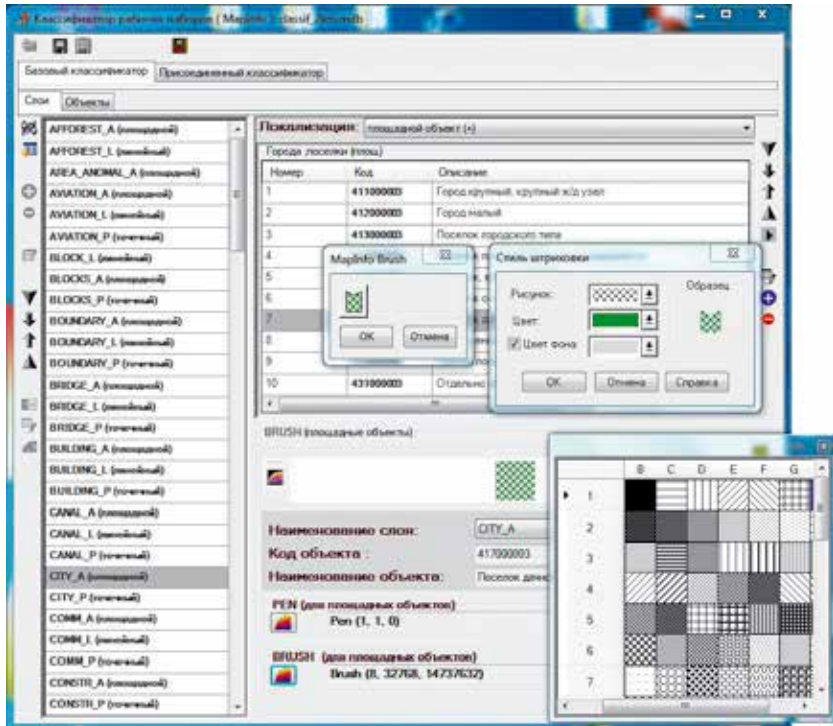


Рис. 6. Пример задания стиля площадного объекта

## 2.2. Программный модуль преобразования карт в единый формат

При формировании БЭК ИБРАЭ приходится использовать карты разных форматов из различных источников. Как уже указывалось, для удобства формирования и ведения БЭК ИБРАЭ было принято решение хранить все векторные электронные карты в формате ГИС «MapInfo» и по возможности в унифицированном виде. В связи с этим все векторные электронные карты перед размещением в БЭК ИБРАЭ должны быть подвергнуты соответствующей обработке. Если исходные карты имеют иной формат, они должны быть предварительно конвертированы в формат «MapInfo». После этого необходимо задать графическое представление объектов карт в соответствии с их классификаторами. Это выполняется с использованием программного модуля «Map\_Generator», интегрированного с описанным выше программным модулем ведения классификаторов.

При запуске данного программного модуля необходимо выбрать из предлагаемого списка тот классификатор, который затем будет использоваться при преобразовании данного массива карт. Это должен быть либо родительский классификатор для данного массива карт, когда проводится подготовка карт перед размещением в БЭК ИБРАЭ, либо один из его дочерних классификаторов, когда идет подготовка карт под конкретный ГИС-проект. Например, при подготовке карт для программы визуализации данных радиационного мониторинга «Монитор РО» для улучшения восприятия на экране монитора данных измерения необходимо существенно разгрузить карты, убрав с них ненужные для данного ГИС-приложения объекты. Кроме того, необходимо несколько модифицировать структуру атрибутивной информации по объектам. В этом случае предварительно с помощью программного модуля «Map Classifier» подготавливаются соответствующие дочерние классификаторы, учитывающие требования данного ГИС-приложения.

После выбора необходимого классификатора откроется основное рабочее окно программного модуля преобразования карт «Map\_Generator» (рис. 7). Здесь в соответствующих окнах задается директория, из которой будет браться исходная карта для преобразования, и директория, в которую будет помещена подготовленная карта. После этого запускается процесс преобразования карты.

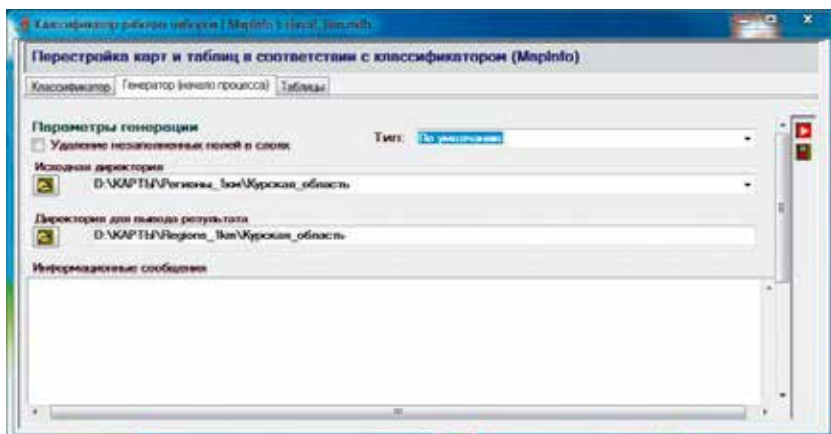


Рис. 7. Основное рабочее окно модуля «Map\_Generator»

При преобразовании происходит проверка соответствия структуры и объектового состава обрабатываемых карт выбранному классификатору. Результаты проверки выводятся в виде соответствующей окраски записей в текущем рабочем окне программного модуля (рис. 8).

Number	Наименование	Направление	Подклассификация	Информация
1	ГИДР_Л		линейный	
2	ГИДР_Р		площадной	
3	ГИДР_Т	ГИДР_Т (ГИДР_Л)	линейный	
4	ГИДР_Т		точечный	
5	ГИДРОТЕХ_Л		линейный	
6	ГИДРОТЕХ_Р		площадной	
7	ГИДРОТЕХ_Т	ГИДРОТЕХ_Т (ГИДРОТЕХ_Л)	линейный	
8	ГИДРОТЕХ_Т		точечный	
9	ГРАНИЦА_РФ	ГРАНИЦА_РФ (ГРАНИЦА_РФ_Л)	линейный	
10	ГРАНИЦЫ_Л		линейный	
11	ГРУНТ_Р		площадной	
12	ДОР_СООРУЖ_Л		линейный	
13	ДОР_СООРУЖ_Т	ДОР_СООРУЖ_Т (ДОР_СООРУЖ_Л)	линейный	
14	ДОР_СООРУЖ_Т		точечный	
15	ДОРОГИ_Л		линейный	
16	ДОРОГИ_Л	ДОРОГИ_Л (ДОРОГИ_ГРУНТ_Л)	линейный	
17	ДОРОГИ_Л	ДОРОГИ_Л (ЖЕЛЕЗНЫЕ_ДОРОГИ_Л)	линейный	
18	ДОРОГИ_Л	ДОРОГИ_Л (ШОССЕ_Л)	линейный	
19	КВАРТАЛЫ_Р		площадной	
20	НП_Р		площадной	
21	РАМКА_Р		площадной	
22	РАСТ_Л		линейный	
23	РАСТ_Р		площадной	
24	РЕЛЬЕФ_Л		линейный	
25	РЕЛЬЕФ_Р		площадной	
26	РЕЛЬЕФ_Т		точечный	
27	СОЦ.ЭКОНОМ.Л		линейный	

Рис. 8. Пример отображение в модуле «Map\_Generator» обнаруженных несоответствий между классификатором и обрабатываемой картой

Чтобы не было потери информации при преобразовании карты, рекомендуется устранять обнаруженные несоответствия карты с ее классификатором по ходу обработки. В тех случаях, когда обнаруженные несоответствия обусловлены неполнотой либо ошибками в классификаторе, необходимо внести изменения (например, когда обнаруживаются новые типы объектов или новые значимые атрибуты, присущие слоям карты, и др.) и тем самым всегда поддерживать классификатор в актуальном состоянии.

Когда несоответствия обусловлены ошибками при создании карты (например, разночтениями названия или формата поля атрибута, названия слоя и т. д.), требуется внести исправления в исходную карту и вновь запустить процесс ее обработки. В первую очередь необходимо исправлять критические несо-

ответствия, окрашиваемые в красный цвет. Все остальные несоответствия можно игнорировать, так как они не критичны и не ведут к потере или искажению данных. При преобразовании карты происходит автоматическая подготовка рабочих наборов карт двух типов — физической и контурной карт.

### **2.3. Программный модуль импорта и подготовки карт «OpenStreetMap»**

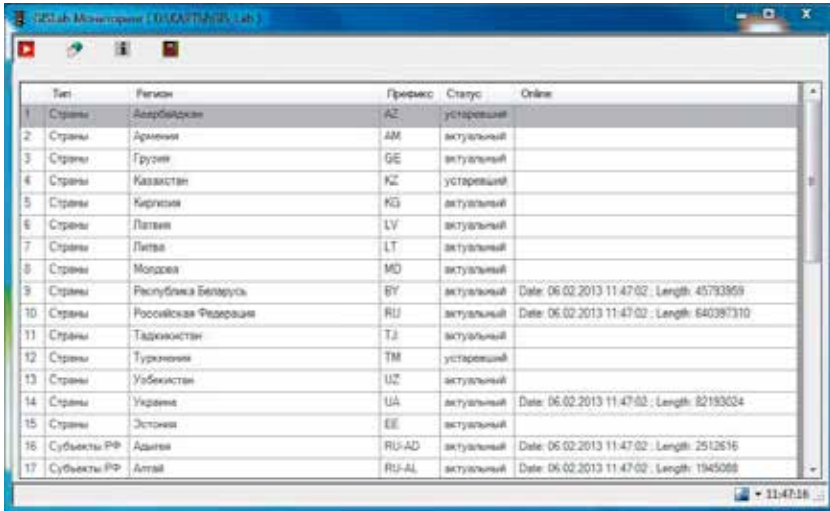
На сайте <http://gis-lab.info> выкладываются для свободного доступа карты «OpenStreetMap» в формате SHP — файлов по территории России и стран СНГ. Для территории России карты выкладываются как разбитые по отдельным ее регионам, так и по всей территории одновременно. В отличие от карт, получаемых из других источников, карты «OpenStreetMap» постоянно актуализируются, правда, не равномерно по всей территории, а главным образом вдоль основных автодорог и вокруг более или менее крупных населенных пунктов. Для задач радиационного мониторинга и аварийного реагирования, как правило, это наиболее интересные территории. Кроме того, карты в окрестности населенных пунктов выполнены в крупном масштабе с пространственным разрешением вплоть до отдельного строения, что часто необходимо в работе. На том же сайте можно получить файл с подробным описанием этих карт, в котором указаны как все возможные слои, так и названия полей таблицы атрибутивной информации для каждого слоя, на основании которых происходит классификация типов объектов в картах «OpenStreetMap». К сожалению, не приводится сам классификатор объектов, однако его можно восстановить в результате обработки массива карт с помощью описанного выше модуля обработки карт.

Импорт карт «OpenStreetMap» в БЭК ИБРАЭ РАН включает следующие операции:

- скачивание исходных карт в формате SHP с сайта;
- формальная конвертация исходных карт в формат «MapInfo» для дальнейшей обработки;
- формирование классификатора карт «OpenStreetMap»;
- преобразование исходных карт на основе подготовленного классификатора.

Для импорта карт «OpenStreetMap» с сайта <http://gis-lab.info> и размещения их в БЭК ИБРАЭ разработан программный модуль «GISLab Мониторинг», который выполняет перечисленные операции. В него интегрированы описанные выше программные модули «Map Classifier» и «Map\_Generator». При запуске программного модуля открывается окно, в котором приведены все доступные на данный момент карты на сайте <http://gis-lab.info> (рис. 9).

Необходимо выбрать карту из списка и запустить процесс ее импорта и преобразования.



Тип	Регион	Префикс	Статус	Online	
1	Страны	Азербайджан	AZ	устаревший	
2	Страны	Армения	AM	актуальный	
3	Страны	Грузия	GE	актуальный	
4	Страны	Кавказстан	KZ	устаревший	
5	Страны	Киргизия	KG	актуальный	
6	Страны	Латвия	LV	актуальный	
7	Страны	Литва	LT	актуальный	
8	Страны	Молдова	MD	актуальный	
9	Страны	Республика Беларусь	BY	актуальный	Date: 06.02.2013 11:47:02 ; Length: 45793959
10	Страны	Российская Федерация	RU	актуальный	Date: 06.02.2013 11:47:02 ; Length: 640387310
11	Страны	Таджикистан	TJ	актуальный	
12	Страны	Туркмения	TM	устаревший	
13	Страны	Узбекистан	UZ	актуальный	
14	Страны	Украина	UA	актуальный	Date: 06.02.2013 11:47:02 ; Length: 82193024
15	Страны	Эстония	EE	актуальный	
16	Субъекты РФ	Адыгея	RU-AD	актуальный	Date: 06.02.2013 11:47:02 ; Length: 2512616
17	Субъекты РФ	Алтай	RU-AL	актуальный	Date: 06.02.2013 11:47:02 ; Length: 1945088

Рис. 9. Рабочее окно программного модуля импорта карт «OpenStreetMap»

Как и в случае описанного выше преобразования карт с использованием программного модуля «Map\_Generator», если при импортировании карты обнаруживается ее несоответствие подготовленному предварительно классификатору, имеется возможность внести необходимые изменения как в сам классификатор, так и в импортируемую карту. Импортированная с помощью данного программного модуля электронная карта полностью подготовлена для размещения в БЭК ИБРАЭ. На рис. 10 приведен пример импортированной карты.



Рис. 10. Фрагмент импортированной карты «OpenStreetMap»

### **3. Примеры подготовки электронных карт для различных систем аварийного реагирования и радиационного мониторинга**

Электронные карты для различных программно-технических комплексов систем аварийного реагирования (АР) и радиационного мониторинга (РМ) готовятся на базе одних и тех же карт из БЭК ИБРАЭ, но имеют особенности, обусловленные специфическими требованиями, предъявляемыми к ним в конкретном ГИС-приложении.

Так, для систем РМ карты служат по большей части неким фоном, на котором идет отображение данных измерения. Здесь карты в основном предназначены для получения целостной картины радиационной обстановки на рассматриваемой территории, а также для определения с необходимой точностью мест расположения постов мониторинга. При этом в исходные электронные карты должны быть добавлены тематические слои, например, с расположением радиационно опасных объектов, инциденты на которых могут привести к изменению радиационной обстановки на данной территории. С другой стороны, они должны быть максимально объективно разгружены, чтобы при любом текущем масштабе в рабочем окне систем РМ объекты карты не мешали восприятию данных измерения. Это достигается использованием набора карт различного масштаба и организацией соответствующей генерализации их объектового состава. По этой причине для разрабатываемых систем РМ на каждую территорию готовятся следующие электронные карты:

- обзорные карты масштаба 1:1 000 000 для отображения целостной картины радиационной обстановки на уровне региона;
- карты масштаба 1:100 000 для отображения картины радиационной обстановки в окрестности выбранного поста мониторинга;
- карты «OpenStreetMap» для определения точного местоположения поста мониторинга и отображения данных измерения радиационной обстановки мобильными системами мониторинга.

Чтобы обеспечить необходимую генерализацию и объектовый состав, для данного ГИС-приложения и для каждого типа карт в программном модуле «Map Classifier» на базе соответствующего «родительского» классификатора готовятся соответствующие «подчиненные» классификаторы. Затем с использованием программного модуля «Map\_Generator» и карт из БЭК ИБРАЭ готовятся карты для данного приложения.

На рис. 11 показаны фрагменты подготовленных различных типов (масштабов) карт на одну и ту же территорию.





Рис. 11. Фрагменты карт различного масштаба подготовленных для системы «Монитор РО»: а — карта масштаба 1:1 000 000; б — карта масштаба 1:100 000; в — карта «OpenStreetMap»

Карты для систем АР в отличие от карт для систем мониторинга предназначены для решения более широкого класса задач, в частности:

- оперативной картографической поддержки работ по ликвидации последствий чрезвычайной ситуации, в том числе с радиационным фактором;
- комплексного описания ядерно и радиационно опасных объектов, в том числе территорий их размещения;
- комплексного описания сил и средств систем аварийного реагирования различного уровня;
- отображения данных измерений радиационной, метеорологической и химической обстановки;
- отображения результатов модельных расчетов развития радиационной обстановки в районе ЧС с выбросом радионуклидов в окружающую среду;

- анализа возможного социально-экономического ущерба от последствий чрезвычайной ситуации;
- подготовки различных отчетных документов, справок и др.

Это приводит к необходимости расширения номенклатурного состава карт, а также максимального сохранения объектового состава исходных карт и их семантического описания. Также требуется организовать единое по всем картам индексирование ряда объектов, таких как элементы административно-территориального деления (населенные пункты, районы, регионы, округа), элементы подготавливаемых тематических слоев (потенциально опасные объекты, аварийно-спасательные формирования, загрязненные территории и т. д.). Это необходимо для организации связи картографических объектов с комплексной информацией по ним, хранящейся в различных базах данных, с которыми работает данное ГИС-приложение системы аварийного реагирования.

Индексирование картографических объектов в настоящее время осуществляется штатными средствами ГИС «MapInfo» с использованием всего арсенала имеющихся там средств SQL-запросов и геопространственного анализа. Это наиболее трудоемкая и ответственная часть работы для подготовки банка карт для данного типа ГИС-приложений, так как полностью автоматизировать ее не удается, и остается большой объем ручной работы операторов.

В качестве индексов для картографических объектов, характеризующих административно-территориальное деление России, для удобства выбраны коды ОКАТО, так как они позволяют осуществлять автоматическое наполнение и актуализацию части атрибутивных данных по этим объектам на основе данных официальных источников информации. Это значительно сокращает трудозатраты по формированию и актуализации баз данных ГИС-приложений.

В тех случаях, когда нет возможности или нецелесообразно использовать общероссийские классификаторы и кодификаторы, для индексирования картографических объектов формируются собственные индексы. Формирование индексов в рамках БЭК ИБРАЭ заметно снижает трудозатраты при формировании информационной среды отдельных разрабатываемых приложений, а также упрощают процесс интеграции отдельных ГИС-приложений в программно-технические комплексы, работающие на общих базах данных.

## **Литература**

1. Евдокимова З. А., Жилина Н. И., Киселёв В. П. и др. Организация банка электронных карт ИБРАЭ РАН. — М., 2002. — 60 с. — (Препринт / ИБРАЭ; № 2002-04).
2. Руководство пользователя системы MapInfo Professional 11.5. — М.: ООО «ЭСТИ-МАП», 2012.

# **Учения и тренировки — проверка готовности к действиям по реагированию на чрезвычайные ситуации с радиационным фактором**

*Р. И. Бакин, В. Ф. Евсеев, С. Н. Краснопёров, И. А. Осипьяни,  
С. В. Панченко, Е. Л. Серебряков, А. В. Шикин*

## **1. Введение**

В условиях крайне редких аварийных событий на радиационно опасных объектах, приводящих к возможному выходу радиоактивных продуктов за пределы защитных барьеров в количествах выше установленных нормативов и к переоблучению населения, эффективное повышение готовности сил и средств к минимизации последствий аварий достигается путем проведения учений и тренировок как отдельных участников процесса, так и всей их совокупности.

В учениях и тренировках отрабатывается взаимодействие между подсистемами Российской единой системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) (функциональными и территориальными), кризисными центрами разного профиля, федеральными и территориальными органами власти. При проведении масштабных комплексных противоаварийных учений задействуются все структуры противоаварийного реагирования на уровне всего государства или их большинство.

## **2. Учения и тренировки**

**Тренировки.** Регулярные тренировки между специалистами кризисных центров фактически начались с 1999 г., когда появилась возможность использовать для организации взаимодействия Интернет. В этих тренировках помимо обмена информацией по каналам Интернета шло дублирование сообщений по факсу. К настоящему времени организация связи между участниками реагирования на объектовом, муниципальном, территориальном, федеральном уровнях осуществляется по следующим информационным каналам: видеоконференция, ftp-сервер, факс, телефон, электронная почта (рис. 1).

Такая система позволяет обеспечить работу участников в едином информационном пространстве на всех этапах противоаварийной тренировки включая подготовительные этапы и подведение итогов.



Рис. 1. Организация связи между участниками тренировки

Интенсивность подобных учебных тренировок остается довольно стабильной, составляя от нескольких единиц до десятка в календарный год.

**Тренировки по взаимодействию со СМИ.** В последнее время особое внимание уделяется организации и обучению специалистов различных ведомств по взаимодействию со средствами массовой информации. При кризисных центрах ведомств на территориях, а также на эксплуатирующих атомные объекты предприятиях создаются специальные центры по обеспечению подобного взаимодействия.

В процессе проведения противоаварийных тренировок отрабатывается решение следующих задач:

- информирование населения через СМИ о радиационных последствиях условной аварии, пострадавших, ходе работ по локализации и ликвидации последствий аварии (подготовка пресс-релизов, отражение информационной атаки);
- сбор и анализ замечаний и предложений, разработка на их основе мероприятий по повышению готовности территориальной системы аварий-

ного реагирования и радиационного мониторинга к реагированию на чрезвычайные ситуации (ЧС).

**Комплексные учения.** Учения, проводимые до настоящего времени, можно подразделить по ведомственному признаку:

- противоаварийные командно-штабные учения группы ОПАС с персоналом АЭС ОАО «Концерн «Росэнергоатом»»;
- командно-штабные учения по отработке механизмов принятия управленческих решений в случае радиационной аварии, проводимые МЧС России или Госкорпорацией «Росатом»;
- международные учения по отработке взаимодействия в случае крупной радиационной аварии.

За последние годы проведено около четырех десятков учений с участием различных национальных служб.

Проведение учений и тренировок позволяет:

- выявить причины расхождений в оценках и наметить пути сближения позиций представителей территориальных органов управления, средств массовой информации, ученых и специалистов, общественности и местного населения по вопросам защиты населения и реабилитации территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению;
- сравнить отечественный и зарубежный методический, организационный и технический уровни информационной поддержки для принятия решений в случае аварии, включая оснащенность экспертов;
- оценить необходимость и достаточность имеющейся информации для уверенного прогнозирования радиационных последствий возможных аварий на ядерно и радиационно опасных объектах, а также для оценки эффективности планируемых контрмер по защите населения.

Кроме того, все участвующие стороны и наблюдатели из различных ведомств в ходе тренировок приобретают полезный опыт в различных сферах:

- территориальные органы управления — в вопросах:
  - совершенствования процесса принятия решений по вопросам защиты населения в случае радиационных аварий;
  - приобретения методологического опыта проведения учений и тренировок;
  - обсуждения принятых пределов доз дополнительного облучения, обусловленного радиоактивным загрязнением территории, в контексте перспектив их сближения с принятыми в международной практике уровнями вмешательства;
  - стратегии и тактики применения защитных мер, необходимых для решения проблем, связанных с загрязнением территории области в результате аварии на АЭС или ядерно и радиационно опасных объектах;

- специалисты и ученые — в вопросах, связанных:
  - с использованием информационных технологий, баз данных, расчетных кодов, геоинформационных и других программных средств, разработанных в рамках работ по информационному и системно-аналитическому обеспечению программ по обеспечению ядерной и радиационной безопасности;
  - с сопоставлением методов проведения экспертизы и оценкой эффективности своих подходов к информационной поддержке местных органов власти.

Важны также взаимодействие между кризисными центрами различного профиля и получение доступа к оперативной информации партнеров. За последний год налажен оперативный обмен данными между Центром технической поддержки ИБРАЭ РАН, ФГУП «СКЦ Росатома» и Национальным центром управления в кризисных ситуациях МЧС России.

Таким образом, в настоящее время в России создана и поддерживается система достижения и поддержания на высоком профессиональном уровне квалификации персонала, осуществляющего эксплуатацию объектов атомной отрасли. Особое внимание уделяется системе непрерывного обучения по вопросам аварийного реагирования и действиям по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций с радиационным фактором. Теоретические знания и навыки руководителей и специалистов объектов отрасли отрабатываются и закрепляются в ходе регулярных учений и тренировок.

Ниже приведено описание одного из крупнейших и масштабных с точки зрения отработки территориального уровня реагирования учений, проведенных в Архангельской области в 2012 г.

### **3. Учения «Поморье-2012»**

17 июля 2012 г. в Архангельской области прошли командно-штабные учения (КШУ) «Поморье-2012». Их подготовка и проведение осуществлялись в рамках международного проекта NDEP-008 «Усовершенствование системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования в Архангельской области» (далее — Проект).

При подготовке КШУ были учтены рекомендации экспертов миссии МАГАТЭ по оценке противоаварийной готовности в Архангельской области (4—14 июля 2011 г.), а также рекомендации российских и иностранных экспертов, высказанные по результатам комплексных противоаварийных учений «Арктика-2011» (13—14 июля 2011 г.).

Основная роль в подготовке и проведении КШУ «Поморье-2012» была отведена организациям — конечным пользователям результатов работ по Проекту.

### **3.1. Основные цели учений**

Учения направлены на отработку процедур по организации защиты населения и территорий в случае возникновения в Северодвинске чрезвычайной ситуации с радиационным фактором:

- оценки радиационной обстановки;
- выработки рекомендаций и решений по мерам защиты населения;
- взаимодействия между участниками системы аварийного реагирования;
- информирования общественности о возникновении и развитии условной аварийной ситуации.

### **3.2. Условная авария и ход учений**

По сценарию в Северодвинске в рамках незначительного временного интервала возникает превышение установленных контрольных уровней на постах контроля автоматизированных систем контроля радиационной обстановки (АСКРО):

- объектовой АСКРО ОАО «ЦС “Звездочка”»;
- Архангельской территориальной АСКРО (АТ АСКРО).

Информация о превышении фоновых значений подтверждается результатами ручных измерений отдела ядерной и радиационной безопасности ОАО «ЦС “Звездочка”».

Для оценки последствий аварийной ситуации требуется координация усилий предприятий, муниципальных и областных служб по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям, территориальных подразделений МЧС России, Росгидромета России, центров научно-технической поддержки (обмен данными измерений, согласованные действия по радиационной разведке, оценка ситуации, прогнозирование развития ситуации, выработка рекомендаций по контрмерам).

Источник и параметры выброса выбирались условно (условный источник выброса находился вне территории предприятий).

Параметры источника выброса и метеорологические параметры задавались экспертами Автономной некоммерческой организации «Центр анализа безопасности энергетики при ИБРАЭ РАН» (АНО ЦАБ ИБРАЭ РАН). Для выбранных параметров моделировались показания датчиков АСКРО, передвижных радиометрических лабораторий (ПРЛ), результаты лабораторного контроля. Участники учений получали доступ к результатам моделирования только непосредственно в ходе проведения учения.

Одной из основных задач учений была выработка рекомендаций по мерам защиты населения, персонала и территорий. Практическая реализация мер

по защите населения, персонала и территорий в ходе учения не предусматривалась (меры принимались условно).

### **3.3. Участники учения**

В КШУ принимали участие:

- Правительство Архангельской области включая Комиссию по чрезвычайным ситуациям и обеспечению пожарной безопасности (КЧС и ПБ);
- Главное управление (ГУ) МЧС России по Архангельской области (совместно с ЦУКС ГУ МЧС России по Архангельской области, ГКУ АО «Центр обеспечения мероприятий гражданской защиты», ГБУ АО «Служба спасения»);
- ОАО «ЦС “Звездочка”»;
- ОАО «ПО “Севмаш”»;
- Мэрия Северодвинска (включая КЧС и ПБ Северодвинска);
- Северное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС);
- ФГУП «СКЦ Росатома».

В ходе учений работал объединенный пресс-центр Правительства Архангельской области и ГУ МЧС России по Архангельской области. Представители пресс-центра мэрии Северодвинска принимали участие в учениях, находясь в Ситуационном центре мэрии Северодвинска.

В учениях принимали участие наблюдатели, представляющие следующие ведомства и организации:

- Правительство Архангельской области (областные Министерство промышленности и торговли, Министерство природных ресурсов и лесопромышленного комплекса, Агентство государственной противопожарной службы и гражданской защиты, Агентство природных ресурсов и экологии);
- Европейский банк реконструкции и развития;
- Северо-Европейское межрегиональное территориальное управление Ростехнадзора;
- Управление Роспотребнадзора по Архангельской области;
- ФГУП «Аварийно-технический центр Минатома России»;
- Региональное управление ФМБА России;
- ФГУП «ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова»;
- АНО ЦАБ ИБРАЭ РАН.

### **3.4. Основные вопросы**

При разработке сценария были запланированы отработка и изучение следующих вопросов:



1. Обнаружение факта превышения контрольных уровней датчиков АСКРО, расположенных в Северодвинске, в окрестностях предприятий ОАО «ЦС “Звездочка”» и ОАО «ПО “Севмаш”». Анализ ситуации и предварительная оценка местоположения источника (например, на территории или за территорией предприятия).
2. Изменение режимов работы кризисных, ситуационных центров. Изменение режима работы территориальной АСКРО.
3. Процедуры оповещения о возникновении признаков ухудшения радиационной обстановки, обмена информацией о ЧС с радиационным фактором между участниками системы аварийного реагирования в Архангельской области.
4. Измерение параметров радиационной обстановки с помощью ПРЛ.
5. Использование данных АСКРО, ПРЛ и ручных измерений для оценки источника и параметров выброса. Наглядное представление результатов измерений в режиме реального времени у участников учений.
6. Прогнозирование изменения радиационной обстановки уполномоченными специалистами организаций — участников системы аварийного реагирования на ЧС с радиационным фактором в Архангельской области. Сопоставление результатов оценки, получаемых на разных стадиях аварийной ситуации, с использованием различных средств.
7. Взаимодействие с центрами научно-технической поддержки. Обмен информацией.
8. Выработка рекомендаций по мерам защиты населения и территорий на муниципальном и территориальном уровнях.
9. Сбор, работа и подготовка решений КЧС и ПБ Правительства Архангельской области, КЧС и ПБ Северодвинска.
10. Обмен информацией, подготовленной для оповещения общественности. Подготовка пресс-релизов и передача их СМИ. Анализ пресс-релизов и их сопоставление с сообщениями, фактически подготовленными СМИ.

### **3.5. Радиационный сценарий**

В Северодвинске на Ягринском шоссе недалеко от пересечения с Архангельским шоссе произошла гипотетическая авария, повлекшая за собой выход радиоактивных веществ в атмосферу. Для целей учений консервативно предполагается выход радиоактивных веществ в атмосферу:  $^{60}\text{Co}$  —  $4,8 \cdot 10^{13}$  Бк,  $^{137}\text{Cs}$  —  $5,18 \cdot 10^{13}$  Бк.

Параметры выброса: длительность — 1 ч, эффективная высота выброса — 40 м, все радиоактивные вещества выбрасываются в аэрозольной форме.

Метеоусловия: ветер — юго-восточный ( $125^\circ$ ), скорость ветра — 3 м/с, категория устойчивости атмосферы — D (нейтральное состояние, нейтральная стратификация), осадков нет.

Шероховатость поверхности — 1 м.

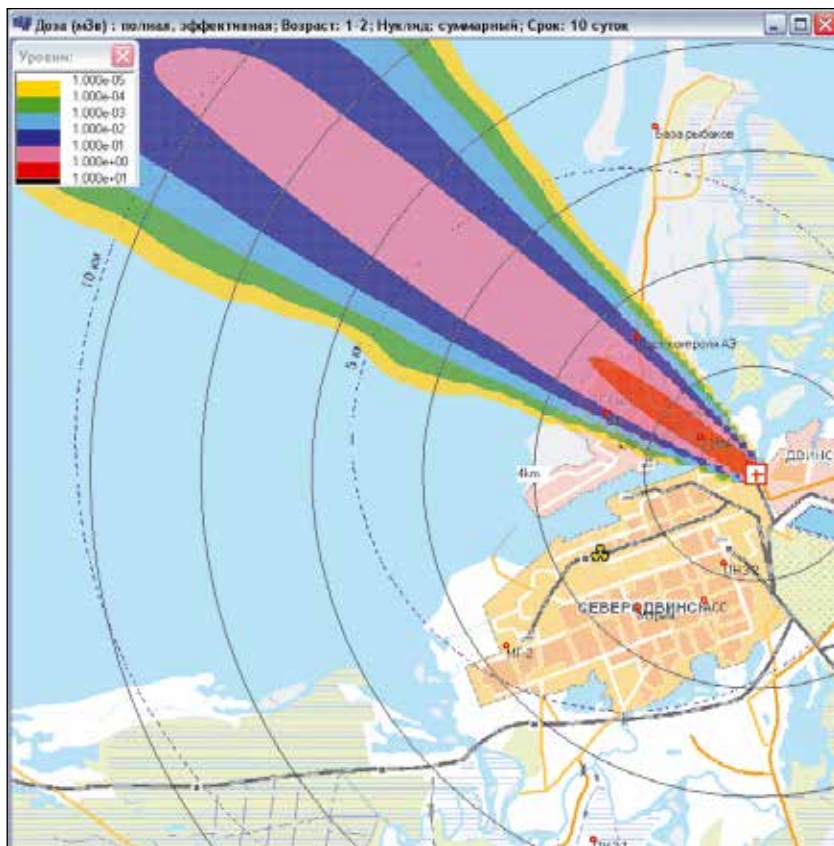


Рис. 2. Полная эффективная доза за 10 сут (критическая группа — дети одного-двух лет), мЗв

При указанных условиях в некоторых районах Северодвинска (например, на части территории полуострова Большой Чаячий, расположенной западней Ягринского шоссе) превышен критерий НРБ-99/2009 (уровень А) для принятия неотложных решений в начальном периоде радиационной аварии. Прогнозируемая полная доза за 10 сут составляет свыше 5 мЗв. Таким образом, для этих районов необходимо рассматривать вопрос о применении укрытия.

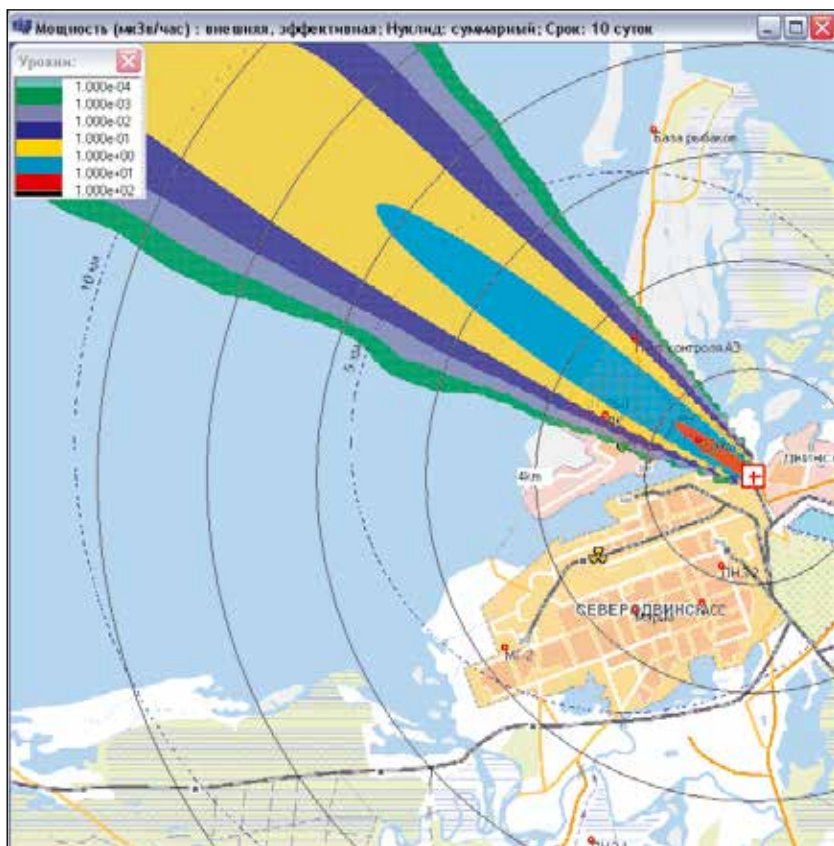


Рис. 3. Мощность дозы на десятые сутки после выброса, мкЗв/ч

При указанных условиях происходит превышение установленных контрольных уровней на двух постах контроля территориальной АСКРО в Северодвинске, одном посту контроля ОАО «ЦС “Звездочка”», размещенном вне территории промышленной площадки предприятия (данные передаются в АТ АСКРО), двух постах контроля объектовой АСКРО ОАО «ЦС “Звездочка”» на территории промышленной площадки.

### 3.6. Работа наблюдателей

В ходе КШУ «Поморье-2012» в большинстве организаций — участников учения присутствовали наблюдатели от АНО ЦАБ ИБРАЭ РАН, которым были поставлены следующие задачи:

- фиксация действий участников системы аварийного реагирования в ходе учения;
- наблюдение за ходом учения и выработка рекомендаций по дальнейшему совершенствованию системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования.

Основная группа наблюдателей в ходе учения была размещена в ситуационном центре Правительства Архангельской области, где приводилась дополнительная информация о ходе учения, элементах системы аварийного реагирования, действующих процедурах и регламентах.

Наблюдатели от ФГУП «ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова» в ходе учения находились в объединенном локальном кризисном центре ОАО «ЦС “Звездочка”» и ОАО «НИПТБ “Онега”».

### **3.7. Ход учений**

В целом по ходу учений можно выделить следующие этапы:

1. Фиксация превышения установленных контрольных уровней на постах контроля АТ АСКРО, АСКРО ОАО «ЦС “Звездочка”». Оповещение. Уточнение обстановки с помощью альтернативных средств измерений. Информация об источнике и параметрах выброса отсутствует.
2. Подтверждение изменения радиационной обстановки. Оповещение председателей КЧС и ПБ Северодвинска, Архангельской области, предприятий. Принятие решений об оповещении населения, персонала ОАО «ЦС “Звездочка”». Принятие решения о сборе КЧС и ПБ Северодвинска, Архангельской области. Подтверждение информации об отсутствии нештатных ситуаций на ядерно и радиационно опасных объектах ОАО «ЦС “Звездочка”» и ОАО «ПО “Севмаш”».
3. Работа оперативных служб до сбора КЧС и ПБ. Оповещение. Привлечение экспертных организаций для оказания научно-технической поддержки. Организация радиационной разведки, анализа изотопного состава выброса. Оценка существующей информации о радиационной обстановке.
4. Начало работы КЧС и ПБ Северодвинска, Архангельской области. Начало работы пресс-центров в Северодвинске и Архангельске. Совместная оценка ситуации с привлечением экспертных организаций. Обсуждение и согласование мер по защите населения и территории. Появление информации об отсутствии в выбросе изотопов йода. Подготовка информации для населения.

5. Обнаружение источника выброса. Экспертная оценка параметров источника выброса. Прогнозирование развития событий и последствий на основе уточненной информации. Работа КЧС и ПБ Северодвинска, Архангельской области. Обсуждение и согласование мер по защите населения и территории. Подготовка информации для населения.
6. Появление дополнительных результатов измерений. Уточнение параметров источника выброса. Подтверждение завершения выброса. Работа КЧС и ПБ Северодвинска, Архангельской области. Обсуждение и согласование мер по защите населения и территории. Подготовка информации для населения.

Участники учений не были заранее ознакомлены ни с радиационным сценарием, ни с вводной информацией, которая поступала им в ходе учений. Для повышения реалистичности событий в ходе учений АНО ЦАБ ИБРАЭ РАН были симитированы показания постов контроля АТ АСКРО, АСКРО ОАО «ЦС “Звездочка”», ПРЛ в соответствии с радиационным сценарием. Имитационные данные предоставлялись в отдельных экземплярах тех же программных средств, которые были поставлены в рамках Проекта для работы дежурных служб и экспертов системы аварийного реагирования на ЧС с радиационным фактором Архангельской области.

На рис. 4—7 представлены примеры имитационных данных для ПРЛ, постов контроля АТ АСКРО, которые предоставлялись участникам КШУ «Поморье-2012».

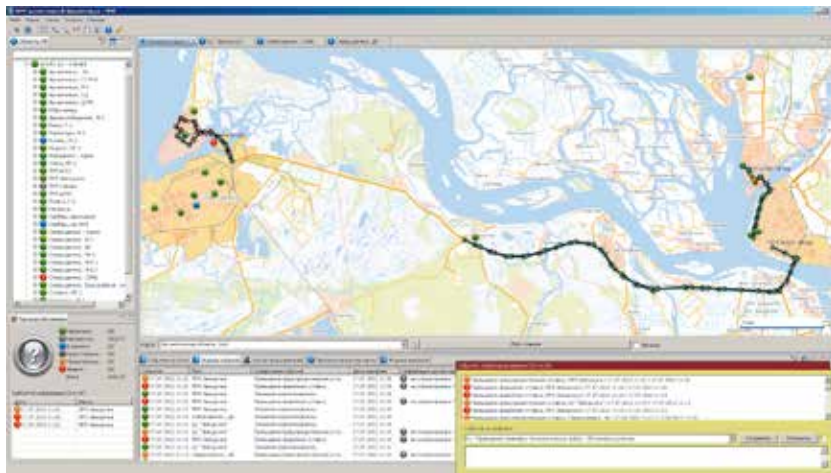


Рис. 4. Маршруты движения и имитационные данные измерений для трех ПРЛ в клиентском программном обеспечении комплекса ГИСМАР

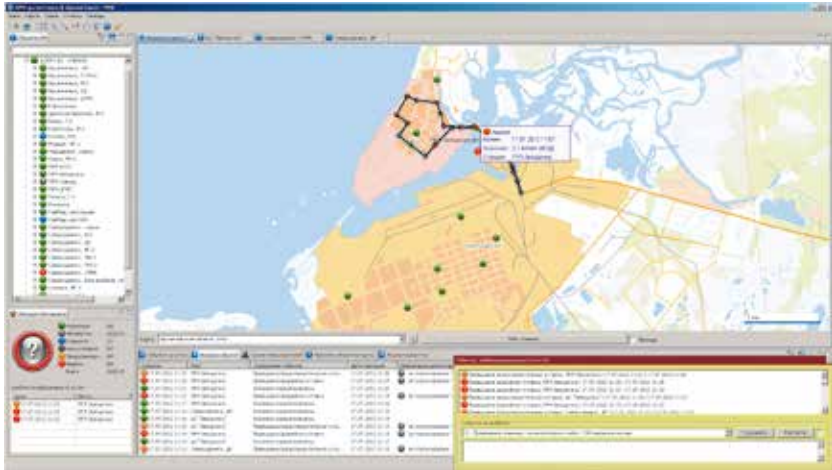


Рис. 5. Маршруты движения и имитационные данные измерений для ПРЛ ОАО «ЦС “Звездочка”» в клиентском программном обеспечении комплекса ГИСМАР

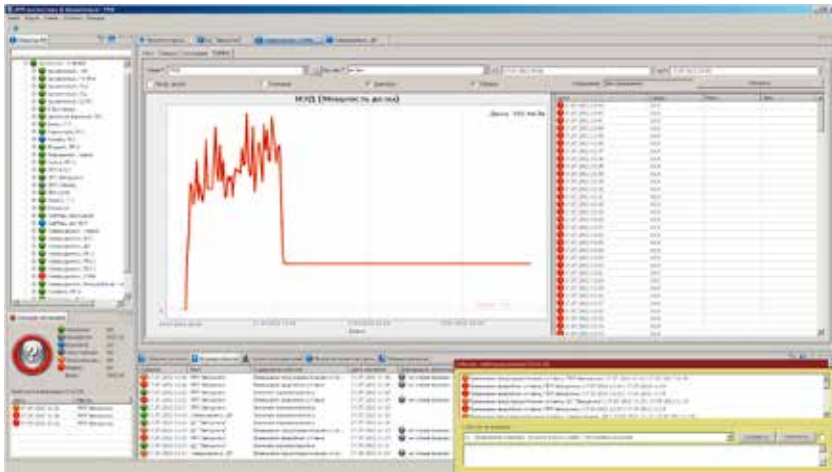


Рис. 6. Имитационные данные измерений для поста контроля на здании СЗМА в Северодвинске в клиентском программном обеспечении комплекса ГИСМАР



Рис. 7. Имитационные данные измерений для поста контроля на здании ДК на острове Ягры в Северодвинске в клиентском программном обеспечении комплекса ГИСМАР

### 3.8. Маршруты движения ПРЛ

В соответствии с проектными и техническими решениями, согласованными при оснащении ПРЛ ОАО «ЦС “Звездочка”» и ОАО «ПО “Севмаш”», данные с ПРЛ при их движении по территории промышленных площадок предприятий не передаются участникам системы аварийного реагирования.

В ходе учений три ПРЛ были направлены по маршрутам вне территории промышленных площадок (рис. 8—10). ПРЛ ОАО «ПО “Севмаш”» работала только на территории предприятия.





Рис. 8. Маршрут движения ПРЛ ОАО «ЦС “Звездочка”» в ходе учений

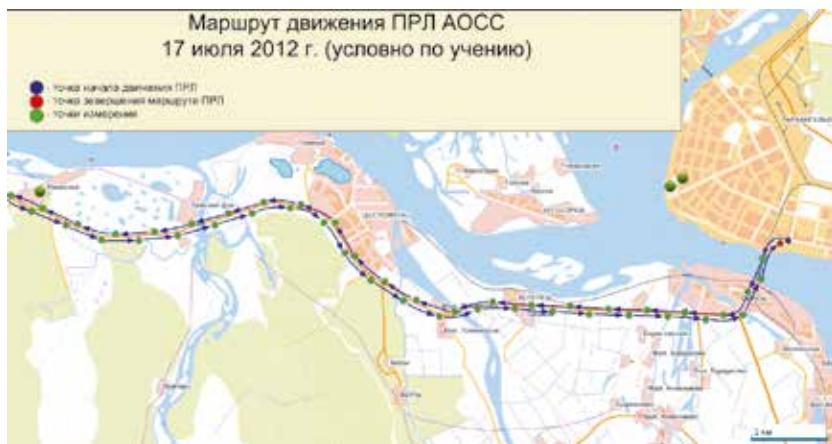


Рис. 9. Маршрут движения ПРЛ Архангельской областной службы спасения (АОСС) в ходе учений





Рис. 10. Маршрут движения ПРЛ Северного УГМС в ходе учений

### **3.9. Информирование общественности**

Основные цели информационной деятельности участников аварийного реагирования четко определены МАГАТЭ:

- предотвратить или минимизировать облучение населения, в том числе лучевые поражения;
- предотвратить или минимизировать ущерб от радиоактивного загрязнения собственности граждан;
- предотвратить или минимизировать неблагоприятные социально-экономические последствия аварии;
- создать условия для нормализации жизни людей, хозяйственной и экономической деятельности.

Для достижения этих целей участники системы аварийного реагирования должны принимать все практически осуществимые меры для предоставления населению полезной, своевременной, правдивой, последовательной и надлежащей информации в течение всего периода радиационной аварийной ситуации.

Представленные наблюдателям официальные сообщения в целом удовлетворяли требованиям, предъявляемым МАГАТЭ к оповещению населения в аварийной зоне и информированию широкой общественности, и руководящим документам РСЧС. Например, был создан временный (выездной) пресс-центр на базе ГУ МЧС России по Архангельской области. Первый пресс-релиз о происшествии был подготовлен и выпущен пресс-центром через 1 час 20 минут после возникновения ЧС (требование — не позднее, чем через 1,5 часа). Второе сообщение о событии в СМИ вышло еще через 35 минут (требование — не более чем через 1,5 часа после первого сообщения).

## **4. Заключение**

Подведение итогов командно-штабных учений «Поморье-2012» состоялось 18 июля 2012 г. на совещании под председательством министра промышленности и торговли Архангельской области А. Г. Шестакова, где выступили представители конечных пользователей работ по Проекту, представители АНО ЦАБ ИБРАЭ РАН.

В ходе совещания были сделаны следующие выводы:

- в ходе командно-штабных учений «Поморье-2012» полностью достигнуты все учебные цели;
- КШУ «Поморье-2012» продемонстрировали работоспособность системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования Архангельской области, созданной в рамках международного проекта «Усо-

вершенствование системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования в Архангельской области»;

- в дальнейшем целесообразно совершенствовать механизмы информирования общественности через СМИ при нештатных ситуациях радиационного характера, при подготовке информационных сообщений и распространении информационных материалов для СМИ и населения, повышать эффективность информационного взаимодействия участников аварийного реагирования (включая предприятия и подразделения федеральных органов исполнительной власти);
- для обеспечения готовности необходимо ежегодно проводить учения и тренировки, направленные на отработку процедур по организации защиты населения и территорий в случае возникновения чрезвычайной ситуации с радиационным фактором;
- целесообразно развивать созданную систему аварийного реагирования, в том числе с ее распространением на нерадиационные факторы;
- для повышения информированности населения о радиационной обстановке целесообразно решить вопрос о публикации данных АТ АСКРО в открытых интернет-ресурсах.

### **3. ПРИМЕРЫ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ АВАРИЙНОГО РЕАГИРОВАНИЯ И РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА В СУБЪЕКТАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

#### ***Система радиационного мониторинга и аварийного реагирования в Мурманской области***

*Е. В. Антоний, Р. В. Арутюнян, С. А. Богатов, С. Л. Гаврилов,  
А. В. Глушко, В. Ф. Евсеев, В. П. Киселёв, К. В. Огарь, Б. В. Одинов,  
И. А. Осипьянц, О. А. Павловский, Д. А. Пронин, Н. Н. Сёмин,  
Е. Л. Серебряков, Д. Н. Токарчук, С. В. Шаманский, С. А. Шикин  
(ИБРАЭ РАН), В. А. Хандобин (ФГУП «РосРАО»), Л. П. Амозова (СЗЦ  
«СевРАО» — филиал ФГУП «РосРАО»)*

#### **1. Введение**

В последнее время на территории Мурманской области ведутся широкомасштабные работы по комплексной утилизации выведенных из эксплуатации судов российского атомного флота и экологической реабилитации загрязненных территорий и акваторий. Кроме того, в регионе действует большое количество потенциально радиационно опасных предприятий и объектов. В случае возникновения аварийной обстановки территория области может быть подвержена существенному техногенному воздействию.

В апреле 2004 г. вступило в силу Соглашение о многосторонней ядерно-экологической программе в Российской Федерации (МНЭПР), целью которой является практическое международное сотрудничество в области обеспечения безопасности обращения с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) и радиоактивными отходами (РАО) на Северо-Западе России. Соглашение открыло новые возможности взаимодействия с зарубежными партнерами по решению таких насущных задач, как утилизация атомных подводных лодок и судов атомного технологического обслуживания, выведенных из состава Военно-морского флота, создание инфраструктуры для безопасного обращения с ОЯТ и РАО, экологическая реабилитация территорий бывших береговых военно-морских баз.

Финансирование работ в рамках МНЭПР из средств Фонда природоохранного партнерства «Северное измерение», который аккумулирует средства стран-доноров Европы включая Российскую Федерацию и Канаду, позволило осуществить в 2005—2008 гг. один из приоритетных проектов Стратегического Мастер-плана — усовершенствование системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования в Мурманской области.

Основные цели проекта:

- информирование населения и общественных организаций о текущей радиозэкологической обстановке и в случае радиационных аварий;
- предупреждение и минимизация последствий при возможных радиационных авариях на радиационно опасных объектах и установках, связанных с утилизацией атомных подводных лодок (АПЛ) в Мурманской области;
- обеспечение выработки рекомендаций для принятия решений по защите населения и территорий, смягчение последствий радиоактивного загрязнения окружающей среды, а также развитие системы оперативного оповещения соответствующих федеральных и территориальных структур и служб, ответственных за аварийное реагирование.

В результате выполнения проекта были решены следующие основные задачи:

- дооснащение существующих объектовых и территориальной автоматизированных систем контроля радиационной обстановки (АСКРО) необходимым оборудованием включая мобильные комплексы радиационной разведки;
- создание Регионального кризисного центра (РКЦ) Мурманской области и Кризисного центра (КЦ) ФГУП «СевРАО»;
- обеспечение передачи, сбора, обработки, хранения и представления собираемой информации в кризисные центры;
- передача информации о радиационной обстановке на местном, региональном, федеральном и международном уровнях в соответствии с российскими и международными правилами;
- разработка регламентов взаимодействия ведомственных (объектовых) и территориальных формирований при возникновении чрезвычайной ситуации (ЧС) радиационного характера;
- создание подсистемы оперативно-экспертной поддержки деятельности РКЦ Мурманской области и КЦ ФГУП «СевРАО» на базе ТКЦ ИБРАЭ РАН.

## **2. Создание системы кризисных центров в Мурманской области**

Основой системы аварийного реагирования являются кризисные центры, которые позволяют координировать всю деятельность в случае аварийной

ситуации. В кризисные центры стекаются все фактические данные о развитии аварийной обстановки, эксперты с помощью компьютерных физико-математических моделей анализируют аварийную обстановку и выполняют научно обоснованные прогнозы развития ситуации, в том числе с учетом принятых мер по защите населения.

В результате осуществления проекта в Мурманске были созданы два кризисных центра.

Основой системы аварийного реагирования является Региональный кризисный центр Мурманской области, включающий:

- Кризисный центр областной Комиссии по чрезвычайным ситуациям и обеспечению пожарной безопасности (КЧС и ПБ), расположенный в здании Управления ГО ЧС Мурманской области;
- Ситуационный центр (СЦ) принятия решений, расположенный в здании администрации области;
- Центр сбора и обработки информации, расположенный в здании областного управления Росгидромета;
- абонентский пункт МЧС России.

Был также создан ведомственный кризисный центр на ФГУП «СевРАО» — организации, входящей в состав Росатома и обеспечивающей работы и мероприятия по обращению с радиоактивными отходами в Мурманской области.

Все кризисные центры связаны современными высокоскоростными линиями связи, позволяющими оперативно обмениваться информацией, в том числе и с помощью видеоконференцсвязи.

Созданная в рамках проекта система кризисных центров позволяет обеспечить оперативную техническую, информационную, экспертную поддержку органов управления противоаварийными мероприятиями объектового, регионального и федерального уровней. Структурная схема созданной системы представлена на рис. 1.

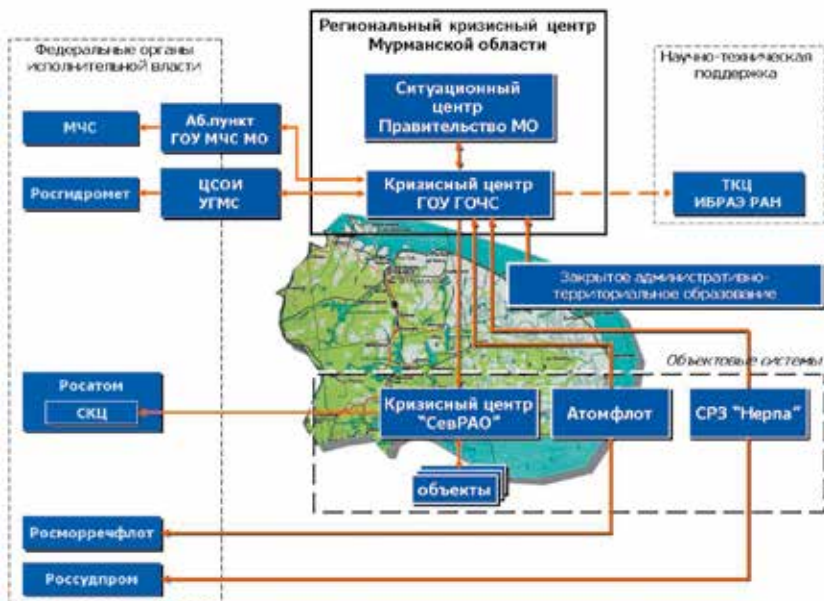


Рис. 1. Структурная схема системы аварийного реагирования

## 2.1. Региональный кризисный центр

Региональный кризисный центр является органом управления чрезвычайными ситуациями с радиационными последствиями на объектах утилизации АПЛ и обращения с ОЯТ и РАО на территории Мурманской области.

Основные задачи РКЦ:

- сбор, обработка, анализ и представление данных радиационного мониторинга, в том числе с помощью мобильных средств радиационной разведки;
- анализ и прогнозирование последствий радиационных аварий;
- выработка рекомендаций областной КЧС и ПБ и правительству области по мерам защиты населения и территорий;
- обеспечение связи и обмена данными между участниками аварийного реагирования, в том числе систем оповещения и видеоконференцсвязи;
- организация оперативной экспертной научно-технической поддержки областной КЧС и ПБ и правительства области;
- информационное обеспечение областной КЧС и ПБ;
- техническое обеспечение областной КЧС и ПБ;

- обеспечение взаимодействия с территориальными подразделениями федеральных органов исполнительной власти;
- развитие методического, программно-технического и информационного обеспечения системы аварийного реагирования области;
- повышение готовности и развитие сил и средств аварийного реагирования, в том числе проведение учений и тренировок.

**Кризисный центр ГОУ ГО ЧС.** Основные задачи центра:

- информационное и техническое обеспечение областной КЧС и ПБ и администрации области в повседневном и аварийном режимах;
- планирование, контроль введения в действие и выполнения противоаварийных мероприятий в целом для области;
- оперативный мониторинг основных параметров радиационной обстановки на всей территории области, в том числе с использованием передвижных лабораторий радиационной разведки;
- сопровождение и развитие информационных и программно-технических ресурсов, обеспечение функционирования средств связи и обмена данными.

Для выполнения этих задач КЦ реализует следующие функции:

- получение, обработку, анализ и представление данных территориального и части объектового мониторинга;
- анализ и прогнозирование последствий ЧС радиационного характера;
- выработка рекомендаций по мерам защиты населения и территорий;
- информационное обеспечение областной КЧС и ПБ и правительства области, в том числе сопровождение и развитие информационных ресурсов;
- обеспечение взаимодействия с участниками аварийного реагирования на местном, региональном и федеральном уровнях, а также с КЦ «СевРАО»;
- обеспечение функционирования средств связи и обмена данными;
- техническое обеспечение областной КЧС и ПБ;
- реализация работ в рамках мероприятий по предупреждению ЧС;
- подготовка оперативных и информационных материалов для правительства области;
- подготовка и тренировка персонала КЦ, областной КЧС и ПБ, комиссий по чрезвычайным ситуациям муниципальных образований.

В составе КЦ организованы:

- группа информационно-программного обеспечения, в том числе контроля радиационной обстановки;
- группа анализа и прогнозирования;
- группа технической поддержки.

Общий вид помещений Кризисного центра представлен на рис. 2.





Рис. 2. Помещения центра мониторинга и прогнозирования в ГОУ ГО ЧС

**Ситуационный центр Правительства Мурманской области** предназначен для обеспечения поддержки принятия решений по организации противоаварийных мероприятий, направленных на минимизацию и ликвидацию последствий радиационных аварий. СЦ обеспечивает работу руководства области в режиме ЧС. СЦ размещается на четвертом этаже здания правительства области и состоит из зала совещаний руководства области и технического помещения.

Задачи СЦ:

- в случае нештатных ситуаций — обеспечение руководства области оперативной информацией о текущей обстановке в зоне ЧС, оперативное взаимодействие с КЧС и ПБ области, областными и федеральными органами исполнительной власти;
- обеспечение руководства области повседневной информацией о реализации мероприятий по предупреждению ЧС;
- информирование общественности.

Функции СЦ:

- обеспечение руководства области оперативной информацией о текущей радиационной обстановке в зоне ЧС;
- предоставление информации о ходе реализации противоаварийных мероприятий, рекомендациях по защите населения и территорий, выработанных областной КЧС;

- обеспечение оперативного взаимодействия с участниками аварийного реагирования;
- подготовка информационных материалов, в том числе для общественности;
- участие в противоаварийных учениях и тренировках.

Общий вид помещений Ситуационного центра представлен на рис. 3.



Рис. 3. Помещения Ситуационного центра Правительства Мурманской области

**Центр сбора и обработки информации (ЦСОИ) Мурманского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (МУГМС)** обеспечивает сбор, обработку, анализ и представление данных территориальной и части объектовых систем АСКРО, а также метеообстановки.

Задачи ЦСОИ:

- сбор, накопление, обработка, анализ, представление и передача данных по радиационной обстановке территориальной АСКРО;
- получение и обработка текущих данных по метеообстановке в регионе и обеспечение ее прогноза (в случае ЧС радиационного характера);
- техническая поддержка и развитие территориальной АСКРО;
- анализ и прогнозирование загрязнения окружающей среды, в том числе трансграничного переноса радионуклидов.

ЦСОИ размещается на втором этаже здания ГУ МУГМС и состоит из серверной, помещения для персонала и зала совещаний.

**Абонентский пункт Главного управления МЧС России по Мурманской области** предназначен для получения данных территориальной АСКРО в повседневном режиме, а также в случае возникновения ЧС радиационного характера. Абонентский пункт обеспечивает доступ к оперативной информации соответствующих служб федеральных органов исполнительной власти.

**Кризисный центр ФГУП «СевРАО».** ФГУП «СевРАО» создано для обеспечения инфраструктуры по утилизации АПЛ, обращению с радиоактивными

отходами и отработавшим ядерным топливом и реабилитации радиационно опасных объектов в Северном регионе России.

В ведении предприятия находятся три филиала — бывшие береговые технические базы ВМФ в губе Андреева и поселке Гремиха, пункт длительного хранения реакторных отсеков в губе Сайда.

КЦ ФГУП «СевРАО» образован на базе администрации предприятия в Мурманске. Он размещается в здании офиса «СевРАО» и состоит из двух помещений для экспертов. Основные задачи КЦ:

- оперативный мониторинг основных параметров радиационной обстановки территории филиалов предприятия;
- планирование, контроль введения в действие и выполнения противоаварийных мероприятий на филиалах предприятия;
- оценка обстановки, выработка рекомендаций и техническая поддержка КЧС ФГУП «СевРАО» и КЧС филиалов в кризисной ситуации;
- информационное взаимодействие с Росатомом;
- обмен информацией между участниками системы аварийного реагирования, в том числе взаимодействие с РКЦ Мурманской области, ФГУП «СКЦ Росатома» и ТКЦ ИБРАЭ РАН.

На рис. 4 представлена схема взаимодействия КЦ ФГУП «СевРАО».



Рис. 4. Схема взаимодействия КЦ ФГУП «СевРАО»

Основная задача КЦ — оказание поддержки комиссии по чрезвычайным ситуациям «СевРАО» в выработке рекомендаций по мерам защиты персонала и минимизации последствий возможных аварий. При возникновении ЧС КЧС выполняет:

- анализ и оценку принятых руководством объекта мер по предотвращению развития аварии;
- контроль за действиями персонала объекта по проведению аварийных мероприятий;
- выработку рекомендаций для принятия решений о путях и методах минимизации, локализации и ликвидации последствий аварии;
- подготовку предложений о необходимости привлечения к ликвидации последствий аварии сил и средств Росатома;
- подготовку рекомендаций по оценке и прогнозу радиоактивного загрязнения окружающей среды для принятия срочных защитных мер для персонала и населения закрытых административно-территориальных образований (ЗАТО);
- консультирование персонала по вопросам ядерной и пожарной безопасности, инженерной, медицинской, радиационной и химической защиты;
- подготовку для вышестоящих организаций заключений о развитии аварии и необходимости принятия мер на федеральном уровне;
- сбор и анализ сведений о ходе работ и привлекаемых силах и средствах для локализации аварии и ликвидации ее последствий;
- организацию работ по привлечению ресурсов, материально-технических и транспортных средств других организаций;
- организацию взаимодействия аварийно-спасательных формирований (АСФ) объекта, гражданских организаций ГО с силами и средствами, привлекаемыми Росатомом для проведения работ в санитарно-защитной зоне;
- максимально быстрое информирование руководства органов местного самоуправления и населения через СМИ о ходе работ по локализации и ликвидации аварии, использовании мер защиты от радиационного воздействия;
- разработку предложений по обновлению и корректировке Плана мероприятий по защите персонала;
- организацию подготовки сил и средств к действиям в случае ЧС и ведомственный контроль за проведением мероприятий по их предупреждению.

## **2. Информационное и программное обеспечение кризисных центров**

В ходе реализации проекта был разработан и адаптирован информационно-программный комплекс поддержки системы аварийного реагирования,

предназначенный для поддержки принятия решений по мерам защиты персонала, населения и территорий в случае возникновения ЧС радиационного характера.

В состав комплекса входят базы данных, информационные и геоинформационные системы, моделирующие системы, компьютерные руководства и инженерные программы, обеспечивающие возможность оценки и прогнозирования последствий радиационных аварий, а также системы доступа к справочной и оперативной информации.

Компоненты информационно-программного комплекса разрабатывались с использованием различных языков программирования, использовались возможности программных продуктов MS Access, MapInfo, MS SQL. Данные радиационного мониторинга, передаваемые во ФГУП «СКЦ Росатома», хранятся и обрабатываются в СКЦ в среде Oracle.

Элементы комплекса установлены в кризисные центры. Состав программного и информационного обеспечения каждого центра зависит от функций и задач, поставленных перед участниками аварийного реагирования. Так, в Кризисном центре ФГУП «СевРАО» установлены системы оценки и прогнозирования последствий радиационных аварий для персонала, площадок, санитарно-защитных зон. Комплекс Центра сбора и обработки информации МУГМОС обеспечивает возможности оперативной обработки данных радиационного мониторинга и прогнозирования атмосферного трансграничного переноса радиоактивности. В КЦ ГОУ ГО ЧС компьютерные системы позволяют осуществлять подготовку рекомендаций по мерам защиты населения и территорий.

### **3. Создание и развитие объектовых автоматизированных систем радиационного мониторинга**

Необходимым элементом системы аварийного реагирования является развитая сеть автоматизированных систем контроля радиационной обстановки как на территории промплощадок радиационно опасных объектов и в их окрестностях (объектовые АСКРО), так и в населенных пунктах (территориальные АСКРО).

В рамках проекта были созданы или модернизированы следующие автоматизированные системы мониторинга:

- в ЗАТО Заозерск в окрестностях Филиала № 1 ФГУП «СевРАО» (бывшая береговая техническая база ВМФ в губе Андреева);
- на технической площадке Филиала № 2 ФГУП «СевРАО» (бывшая береговая техническая база ВМФ в поселке Гремиха);

- в пункте временного хранения реакторных блоков в губе Сайда;
- на ФГУП «СРЗ “Нерпа”».

Объектовые АСКРО филиалов ФГУП «СевРАО», как правило, состоят из постов контроля мощности дозы гамма-излучения, постов контроля мощности дозы нейтронного излучения (только в Гремихе), установок контроля объемной активности в прибрежных и сливных водах, автоматической метеостанции и центра сбора, хранения и отображения информации.

Система АСКРО на ФГУП «СРЗ “Нерпа”» в силу масштабности предприятия существенно сложнее и больше:

- 22 блока детектирования мощности дозы гамма-излучения;
- 2 блока детектирования радиоактивности морской воды;
- 2 блока детектирования радиоактивности сбросов;
- 5 блоков детектирования радиоактивных аэрозолей в спецвентиляции;
- 4 блока детектирования содержания радиоактивных веществ в воздухе;
- автоматическая метеостанция;
- вычислительный комплекс;
- локальная вычислительная сеть.

#### **4. Расширение существующей МТ АСКРО**

В рамках проекта были выполнены работы по развитию Мурманской территориальной системы АСКРО (на базе развития уже существующей системы Центра мониторинга окружающей среды Мурманского территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды). Всего были установлены и подключены к системе 23 новые точки контроля мощности дозы гамма-излучения и 9 автоматических метеостанций. Обновлены и модернизированы компьютерное оборудование и программное обеспечение.

Кроме того, был организован обмен данными радиационного мониторинга между Кольской АЭС и Региональным кризисным центром (по инициативе концерна «Росэнергоатом» вне рамок данного проекта).

Общее расположение всех новых и установленных ранее постов радиационного контроля показано на рис. 5.



Рис. 5. Общее расположение всех постов радиационного контроля в Мурманской области

#### 4.1. Развитие систем АСКРО в ЗАТО Мурманской области

В рамках работ по развитию систем в ЗАТО проведено обновление оборудования в Заозерске и Снежногорске, установлены два дополнительных датчика и метеостанция в Заозерске и дополнительный датчик АСКРО в Снежногорске. Созданы две новые подсистемы Мурманской территориальной АСКРО в ЗАТО:

- в Полярном — два датчика мощности эквивалентной дозы (МЭД) и автоматическая метеостанция;
- в Североморске — два поста контроля МЭД и автоматическая метеостанция;
- в поселке Росляково — один пост контроля МЭД.

В 30-километровой зоне наблюдения Кольской АЭС функционирует АСКРО, состоящая из 25 постов контроля мощности дозы гамма-излучения. В результате проведенных мероприятий данные измерений в режиме реального времени передаются в Кризисный центр концерна «Росэнергоатом».

## **4.2. Передача данных из ФГУП «Атомфлот» в РКЦ**

Система радиационного мониторинга на ФГУП «Атомфлот» была создана в рамках российско-американо-норвежской программы АМЕС (Arctic Military Environmental Cooperation), проект АМЕС 1.5-1. Создание системы было завершено в апреле 2004 г. Разработчиком и создателем системы радиационного мониторинга является ИБРАЭ РАН совместно с ЗАО «Сервисинтертехника» и ФГУП «Атомфлот». Пользователем системы АСРМ-НП-ЖРО является ФГУП «Атомфлот».

Программное обеспечение для хранения и визуализации данных радиационного мониторинга PICASSO-АМЕС предоставлено норвежской стороной в рамках проекта АМЕС 1.5-1. Русификация и адаптация программного обеспечения была произведена специалистами ИБРАЭ РАН.

В рамках этого проекта информация с двух постов контроля мощности дозы гамма-излучения, расположенных на границе предприятия, была интегрирована в Мурманскую территориальную систему.

## **5. Передвижные лаборатории радиационной разведки**

В рамках Проекта созданы четыре передвижные радиометрические лаборатории, в том числе две для ФГУП «СевРАО» и две для ГОУ ГО ЧС. Эти лаборатории предназначены для контроля радиационной обстановки на местности и передачи данных в кризисные центры в режиме реального времени. Они созданы на базе автомобиля «Форд Транзит». Кузов фургона, переоборудованный для размещения аппаратуры и людей, обеспечивает длительную автономную работу в полевых условиях. Автомобиль имеет внутреннее отопление, освещение и автономное электропитание.

## **6. Обеспечение линий связи**

Для обеспечения оперативного обмена информацией между кризисными центрами в Мурманске были созданы сеть передачи данных, объединяющая ГОУ ГО ЧС, ГУ МУГМОС, администрацию области, ФГУП «СевРАО», линия связи до места установки спутниковой антенны ФГУП «СКЦ Росатома» и линия связи до лабораторного корпуса МУГМОС.

Для сети используются оптоволоконные линии связи с самонесущим кабелем, проложенным по мачтам освещения и ЛЭП. Сеть имеет топологию типа звезда с центральной точкой в ГОУ ГО ЧС.

Основные типы сервисов в сети:



- видеоконференцсвязь на основе семейства протоколов H.323;
- IP-телефония (VoIP — Voice over IP);
- передача данных, в том числе телеметрии;
- электронная почта;
- совместная работа с данными, информационными системами;
- служебные сетевые сервисы, в том числе резервное копирование и репликация баз данных.

## **7. Создание системы экспертной поддержки**

Важное место в системе предупреждения чрезвычайных ситуаций радиационного характера и реагирования на чрезвычайные ситуации занимает оперативная экспертная поддержка работы Регионального кризисного центра Мурманской области и Кризисного центра ФГУП «СевРАО» на базе Технического кризисного центра (ТКЦ) ИБРАЭ РАН.

Задачи ТКЦ ИБРАЭ РАН:

- оценка и прогноз основных характеристик источника радиоактивного выброса при авариях и инцидентах;
- прогноз загрязнения окружающей среды с учетом данных радиационного мониторинга;
- оценка и прогноз доз облучения населения;
- выработка рекомендаций по защите населения и объектов окружающей среды;
- оценка эффективности защитных мероприятий и их оптимизация для конкретных условий с учетом радиологических, экономических и социальных условий.

Функционирование ТКЦ осуществляется по следующим направлениям:

- участие в аварийном реагировании;
- обеспечение круглосуточного функционирования;
- разработка методического обеспечения противоаварийного реагирования;
- участие в противоаварийных учениях и тренировках;
- развитие программно-технических комплексов.

## **8. Командно-штабные учения «Заполярье-2007»**

24 октября 2007 г. в соответствии с планом реализации проекта NDEP-003 «Усовершенствование системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования в Мурманской области» были успешно проведены командно-штабные учения «Заполярье-2007».

Одна из основных целей учений — проверка готовности и отработка функционирования элементов системы аварийного реагирования и радиационного мониторинга, разработанных в рамках проекта NDEP-003.

Согласно сценарию на технической территории Филиала № 1 ФГУП «СевРАО» (губа Андреева) произошла гипотетическая авария с разрушением транспортного упаковочного контейнера (ТУК) с ОЯТ. Часть содержащихся в ТУК радиоактивных веществ была выброшена в окружающую среду. Образовавшееся радиоактивное облако распространялось в юго-восточном направлении в сторону Мурманска.

В учениях были задействованы силы и средства ФГУП «СевРАО», администрации Заозерска, ГОУ ГО ЧС и ПБ Мурманской области, МУГМС, ГУ МЧС России по Мурманской области, силы и средства Мурманской территориальной подсистемы РСЧС и функциональных подсистем РСЧС (рис. 6).



Рис. 6. Рабочие моменты учений АСФ Заозерского филиала ФГУП «СевРАО»

Общее руководство учениями осуществляла Комиссия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности Правительства Мурманской области. В ходе учений были активизированы и работали в полном объеме созданные в рамках проекта СЦ Правительства Мурманской области, Кризисный центр ГОУ ГО ЧС и ПБ, ЦСОИ МУГМС, КЦ ФГУП «СевРАО». Научно-техническую поддержку осуществляли ТКЦ ИБРАЭ РАН и ФИАЦ Росгидромета ГУ «НПО Тайфун».

В ходе учений осуществлялось взаимодействие с ФГУП «СКЦ Росатома» и ОКЧС Росатома.

На учениях присутствовали наблюдатели — представители территориальных органов ГОЧС и ПБ, члены миссии Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), представитель Европейского банка реконструкции и развития, представители АНО ЦАБ ИБРАЭ РАН.

## **9. Миссия МАГАТЭ по оценке состояния системы аварийной готовности**

В соответствии с Конвенцией о помощи Росатом попросил МАГАТЭ провести оценку системы аварийной готовности и реагирования в Мурманской области. Миссия МАГАТЭ (EPREV) была проведена 15—26 октября 2007 г.

Цели миссии МАГАТЭ:

- оценить возможности реагирования Мурманской области на возможные ядерные и радиационные чрезвычайные ситуации;
- оценить возможности реагирования области на ядерные и радиационные чрезвычайные ситуации на предприятиях, связанных с утилизацией АПЛ, идентифицируя как недостатки, так и положительные черты;
- помочь области в развитии системы быстрого реагирования на ядерные и радиационные аварии;
- предложить мероприятия, которые могут быть проведены в кратчайшие сроки, для улучшения использования существующей системы реагирования;
- заложить основу для разработки долгосрочной областной программы по развитию системы аварийного реагирования на ядерные и радиационные чрезвычайные ситуации;
- обосновать решение, касающееся модернизации систем раннего оповещения и аварийного реагирования в других регионах;
- определить уровень соответствия целей проекта NDEP-003 соответствующим международным требованиям к системам реагирования на ядерные и радиационные чрезвычайные ситуации.

Группа экспертов МАГАТЭ приняла участие в учениях, проведенных на областном уровне 24 октября 2007 г. Они были посвящены тестированию системы аварийного реагирования области после ее обновления и установки новых элементов инфраструктуры.

Группа МАГАТЭ пришла к следующим выводам относительно реализации проекта NDEP-003 и учений, проведенных в рамках этого проекта:

- Проект NDEP-003 сыграл выдающуюся роль в повышении уровня аварийной готовности в области. Все новые элементы функционируют: автома-

тическая система контроля за радиационной обстановкой, система обмена данными, видеоконференции, мобильные лаборатории, экспертная поддержка и т. д. Со стороны конечных пользователей не было никаких нареканий, система функционирует в полном объеме, что было впечатляюще продемонстрировано во время противоаварийных учений. Новая система может служить моделью для других аналогичных проектов.

- Противоаварийные учения показали, что областная комиссия по кризисным ситуациям имеется в полном объеме, ее члены компетентны в области своих полномочий.
- Учения были хорошо спланированы и успешно проведены. Основным их результатом была демонстрация новых функциональных возможностей обновленной информационно-технической системы.

Группа экспертов МАГАТЭ также отметила ряд проблем и высказала рекомендации по проведению краткосрочных и долгосрочных мероприятий. Результаты работы и рекомендации миссии МАГАТЭ должны быть тщательно проанализированы и учтены при дальнейшем улучшении системы аварийного реагирования в Мурманской области и повышении уровня готовности персонала во всех организациях — участниках аварийного реагирования.

# **Система радиационного мониторинга и аварийного реагирования Архангельской области**

*И. Г. Акимова, Е. В. Антоний, Р. В. Арутюнян, С. А. Богатов, С. Л. Гаврилов, В. Н. Долгов, В. Ф. Дудников, В. Ф. Евсеев, В. П. Киселёв, Е. В. Кудешов, С. Н. Краснопёров, К. В. Огарь, И. А. Осипьянц, О. А. Павловский, А. Е. Пименов, Н. Н. Сёмин, Е. Л. Серебряков, С. А. Шикин, В. Ю. Яковлев (ИБРАЭ РАН), О. А. Ишенина (Агентство природных ресурсов и экологии Архангельской области), К. Н. Куликов (ОАО «НИПТБ «Онега»), В. С. Никитин (ОАО «ЦС "Звездочка"»)*

## **1. Введение**

В Северо-Западном регионе России осуществляются масштабные работы по выводу из эксплуатации радиационно опасных объектов Военно-морского флота. Важнейшее место при этом занимают задачи обеспечения ядерной, радиационной и экологической безопасности.

Одним из ключевых элементов обеспечения безопасности вывода из эксплуатации потенциально опасных объектов является готовность к реагированию на возможные радиационные инциденты и аварии.

Современные системы аварийного реагирования в Архангельской области необходимы для защиты населения и территорий в случае возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) радиационного характера на объектах утилизации атомных подводных лодок (АПЛ), обращения с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) и радиоактивными отходами (РАО).

В марте 2009 г. по заказу Правительства Архангельской области при финансировании Фонда поддержки экологического партнерства «Северное измерение» через Европейский банк реконструкции и развития начались работы по совершенствованию системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования.

Проект был направлен на повышение аварийной готовности, минимизацию последствий возможных радиационных аварий, повышение эффективности и оперативности принятия решений и реализации мер по защите населения и окружающей среды.

Основная цель проекта — кардинальное совершенствование системы контроля радиационной обстановки и аварийного реагирования на аварии на радиационно опасных объектах Архангельской области.

Работы велись по следующим основным направлениям:

- создание территориальной и развитие объектовых автоматизированных систем контроля радиационной обстановки (АСКРО) включая мобильные комплексы радиационной разведки;
- создание информационно-аналитической системы реагирования на чрезвычайные ситуации с радиационным фактором Архангельской территориальной подсистемы Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, включающей в себя Правительство Архангельской области, территориальные органы МЧС России, территориальные органы Росгидромета, областные органы по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям (ГО и ЧС), администрацию муниципального образования «Северодвинск»;
- создание локальных кризисных центров ОАО «ЦС “Звездочка”» и ОАО «ПО “Севмаш”», совершенствование системы аварийной готовности на уровне предприятий;
- создание систем коммуникаций и линий связи для обеспечения сбора, передачи, обработки, хранения и предоставления информации участникам системы реагирования на объектовом, региональном и федеральном уровнях;
- создание программно-технического комплекса оперативной экспертной поддержки принятия решений по мерам защиты персонала, населения и территорий;
- создание системы оперативной экспертной поддержки деятельности участников системы на базе Технического кризисного центра (ТКЦ) ИБРАЭ РАН и Отраслевого ситуационно-кризисного центра (ОСКЦ) Министерства промышленности и торговли Российской Федерации на базе ФГУП «ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова»;
- создание специализированного учебно-тренировочного центра, обучение специалистов.

Работы по созданию каждого из перечисленных элементов системы аварийного реагирования завершились подготовкой и обучением персонала, проведением опытной эксплуатации и комплексной проверки созданных систем в ходе противоаварийных учений «Арктика-2011», проведенных 13—14 июля 2011 г.

## **2. Система ситуационных и кризисных центров**

Созданная в Архангельской области информационно-аналитическая система реагирования на ЧС с радиационным фактором базируется на системе кризисных центров. С учетом структуры областных организаций, участвующих в противоаварийной деятельности, и особенностей законодательства

было решено создать семь кризисных центров различного назначения и ведомственной принадлежности:

- Центр поддержки принятия решений, функционирующий на базе Главного управления МЧС России по Архангельской области;
- ситуационный центр в Правительстве Архангельской области;
- центр сбора и обработки данных мониторинга в Северном управлении по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС) и Архангельском центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями (ЦГМС-Р);
- ситуационный центр (СЦ) администрации муниципального образования «Северодвинск»;
- объединенный локальный кризисный центр (ОЛКЦ) ОАО «ЦС “Звездочка”» и ОАО «НИПТБ “Онега”»;
- Локальный кризисный центр ОАО «ПО “Севмаш”»;
- ОСКЦ ФГУП «ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова» (дооснащение и развитие).

Основные задачи кризисных центров, входящих в систему противоаварийного реагирования:

- обеспечение информационной и технической поддержки Правительства Архангельской области, Комиссии по чрезвычайным ситуациям и обеспечению пожарной безопасности Архангельской области, администрации Северодвинска, исполнительных органов государственной власти при проведении мероприятий по предотвращению и ликвидации ЧС с радиационным фактором;
- анализ и прогнозирование последствий ЧС с радиационным фактором во взаимодействии с центрами научно-технической поддержки;
- выработка рекомендаций по мерам защиты населения, территорий и объектов окружающей среды;
- обеспечение сбора, обработки, анализа, хранения и предоставления данных радиационного мониторинга Архангельской территориальной АСКРО (АТ АСКРО), мобильных средств контроля радиационной обстановки;
- обеспечение оперативного взаимодействия между участниками системы аварийного реагирования.

В структуру информационно-аналитической системы реагирования на ЧС с радиационным фактором в Архангельской области входят:

- Главное управление МЧС России по Архангельской области, ГУ «Центр управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) МЧС России по Архангельской области»;
- Северное УГМС, ГУ «Архангельский ЦГМС-Р»;
- администрация губернатора Архангельской области и Правительства Архангельской области;

- ГКУ Архангельской области «Центр обеспечения мероприятий гражданской защиты»;
- Государственное бюджетное учреждение (ГБУ) Архангельской области «Служба спасения»;
- Государственное казенное учреждение (ГКУ) Архангельской области «Центр природопользования и охраны окружающей среды»;
- Государственное образовательное учреждение (ГОУ) Архангельской области «Учебно-методический центр по гражданской обороне, чрезвычайным ситуациям и пожарной безопасности»;
- Администрация муниципального образования «Северодвинск».

В рамках реализации проекта все центры были оснащены следующими техническими комплексами и системами:

- автоматизированными рабочими местами персонала;
- системой представления и отображения информации;
- системой видеоконференцсвязи;
- серверным оборудованием;
- локальной вычислительной сетью;
- системой гарантированного электропитания;
- вспомогательным оборудованием.

Общий вид ситуационных залов ОЛКЦ ОАО «ЦС “Звездочка”» и СЦ Правительства Архангельской области приведен на рис. 1 и 2.



Рис. 1. Ситуационный зал ОЛКЦ ОАО «ЦС “Звездочка”»





Рис. 2. Ситуационный зал СЦ Правительства Архангельской области

На рабочих местах сотрудников организаций, обеспечивающих функционирование информационно-аналитической системы, были установлены следующие специализированные программные средства:

- геоинформационная система мониторинга и аварийного реагирования;
- программное средство по расчету доз внешнего и внутреннего облучения от источников различной конфигурации;
- программное средство экспресс-оценки радиационной обстановки на ранней фазе развития радиационной аварии;
- программное средство прогнозирования переноса в атмосфере радиоактивных веществ и оценки дозовых нагрузок на население;
- программное средство по оценке миграции радиоактивных веществ в воде и оценке доз облучения населения по водным путям;
- база данных по нормативно-технической документации в области аварийного реагирования и радиационной безопасности.

Для организации оперативного взаимодействия участников системы аварийного реагирования центры оснащены системой на базе оборудования компании «Polysom», позволяющей проводить многоточечные сеансы видеоконференцсвязи. Оборудование видеоконференцсвязи интегрировано с системой представления и отображения информации.

Для каждого из центров обеспечена возможность организации сеансов видеоконференцсвязи со всеми участниками аварийного реагирования Архангельской области, а также со следующими организациями:

- Региональным кризисным центром (РКЦ) Мурманской области;
- ТКЦ ИБРАЭ РАН;
- ОСКЦ Минпромторга на базе ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова;
- абонентами системы видеоконференцсвязи Госкорпорации «Росатом», в том числе ФГУП «СКЦ Росатома», ГУ «НПО «Тайфун», Федеральным ме-

- дицинским биофизическим центром им. А. И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства, другими организациями;
- филиалом ОАО «ЦС “Звездочка”» судоремонтным заводом «Нерпа» (для ОЛКЦ ОАО «ЦС “Звездочка”» и ОАО «НИПТБ “Онега”»).

### **3. Подготовка персонала**

В рамках Проекта было проведено обучение персонала организаций — участников системы аварийного реагирования по следующим направлениям:

- подготовка руководителей подразделений организаций, ответственных за обеспечение аварийной готовности и аварийное реагирование на ЧС с радиационным фактором; аварийное реагирование на ЧС с радиационным фактором;
- эксплуатация и обслуживание объектов АСКРО;
- эксплуатация и обслуживание передвижной радиометрической лаборатории;
- программно-технические средства информационно-аналитической поддержки работ по анализу и оценке последствий радиационно опасных ситуаций;
- эксплуатация и обслуживание АТ АСКРО; программный комплекс ГИС-МАР;
- эксплуатация и обслуживание технических и коммуникационных комплексов кризисного/ситуационного центра;
- эксплуатация и обслуживание коммуникационного оборудования (курсы ICND1, ICND2, сертифицированные компанией «Cisco Systems»);
- эксплуатация и обслуживание электросилового оборудования.

### **4. Создание учебно-тренировочного центра**

На базе ГОУ Архангельской области «Учебно-методический центр по гражданской обороне, чрезвычайным ситуациям и пожарной безопасности» был создан учебно-тренировочный центр (УТЦ) для обучения специалистов в области реагирования на ЧС с радиационным фактором. Основные задачи УТЦ:

- повышение квалификации специалистов по радиационно опасным объектам в области реагирования на ЧС с радиационным фактором;
- разработка и внедрение в практику современных форм и методов обучения, в том числе с использованием современных компьютерных и информационных технологий, интегрирующих лучший мировой опыт;
- совершенствование учебных программ в области защиты населения и территорий при ЧС с радиационным фактором;

- совершенствование форм практических занятий, в том числе разработка и проведение учений, тренировок, ситуационных игр и т. д.;
- внедрение в практику учебного процесса современных научных достижений в области ядерной, радиационной безопасности и аварийного реагирования;
- организация взаимодействия с учебными центрами функциональных подсистем РСЧС по вопросам подготовки и повышения квалификации специалистов по защите населения и территорий при радиационных авариях;
- развитие технической базы УТЦ.

## **5. Системы радиационного мониторинга**

В рамках описываемого проекта были созданы территориальная система АСКРО Архангельской области и две объектовые системы АСКРО на ОАО «ЦС “Звездочка”» и ОАО «ПО “Севмаш”».

### **5.1. Архангельская территориальная АСКРО**

АТ АСКРО является одним из источников информации о радиационной обстановке на территории Архангельской области для территориальных и федеральных органов исполнительной власти. Основные функции АТ АСКРО:

- непрерывный автоматизированный контроль мощности дозы гамма-излучения;
- непрерывный автоматизированный контроль отдельных метеорологических параметров;
- обнаружение и автоматическая сигнализация при превышении мощности дозы гамма-излучения установленных пороговых значений;
- обработка, хранение и предоставление оперативных и архивных данных с использованием геоинформационных технологий;
- осуществление информационного обмена с ведомственными и государственными подсистемами единой государственной АСКРО, участниками системы аварийного реагирования в установленном порядке.

Структура территориальной АСКРО и схема взаимодействия с системой противоаварийного реагирования представлены на рис. 3.

Посты контроля АТ АСКРО размещены на территории области с учетом потенциальных источников радиационной опасности, их характеристик, результатов анализа многолетних наблюдений за метеорологическими параметрами, результатов анализа проектных и запроектных аварий, мест проживания населения, расположения обеспечивающей инфраструктуры.

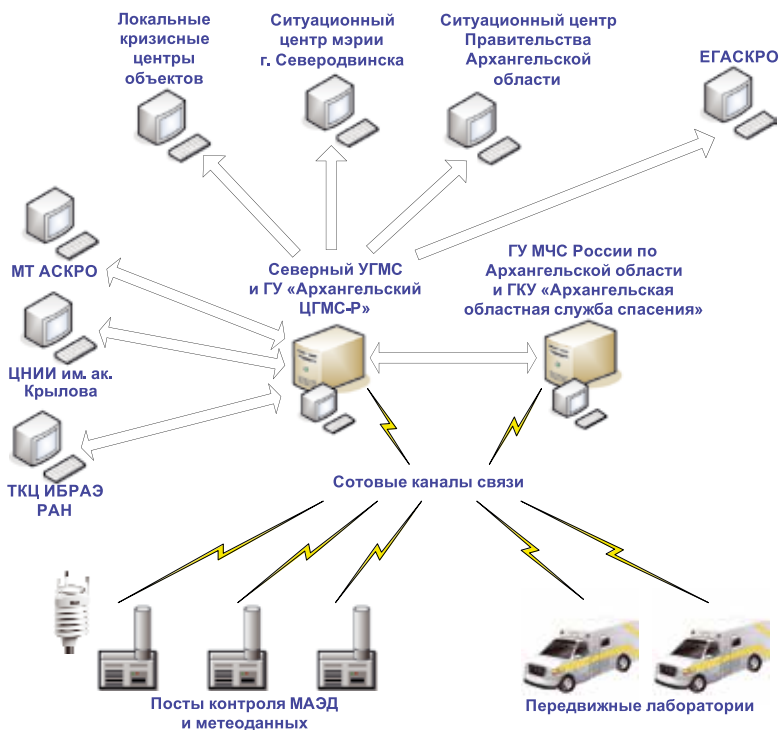


Рис. 3. Структура АТ АСКРО и схема взаимодействия с системой противоаварийного реагирования

АТ АСКРО включает:

- 25 постов автоматического контроля мощности дозы гамма-излучения;
- 2 автоматических метеорологических комплекса;
- 4 уличных информационных табло;
- 13 офисных индикационных табло;
- 2 сервера системы сбора и обработки информации;
- систему связи;
- системное и специальное прикладное программное обеспечение.

Расположение постов контроля АТ АСКРО на территории Архангельской области представлено на рис. 4.

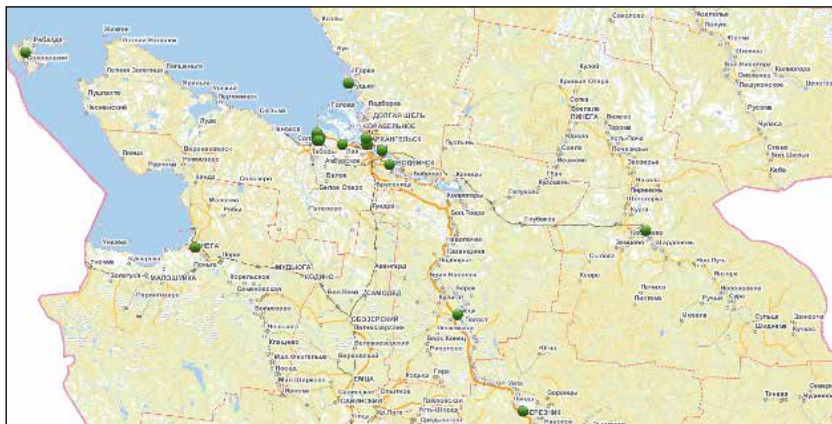


Рис. 4. Расположение постов контроля АТ АСКРО в Архангельской области

Контролируемые параметры, диапазоны и погрешности их измерения приведены в табл. 1.

**Таблица 1. Контролируемые параметры, диапазоны и погрешности их измерения**

Контролируемый параметр	Диапазон измерения	Основная погрешность измерений
Мощность дозы гамма-излучения, Зв/ч	$10^{-7}$ — $10^{-2}$	$\pm 15\%$
Температура воздуха, °С	-40...+50	$\pm 0,2$
Скорость ветра, м/с: горизонтальная составляющая $V_g$ вертикальная составляющая $V_v$	0—60 -10...10	$\pm(0,2 + 0,03V_g)$ $\pm(0,2 + 0,02V_v (0,01V_g))$
Направление ветра, град	0—360	$\pm 5$ при $V > 0,5$ м/с
Относительная влажность воздуха, %	0—100	$\pm 3$
Атмосферное давление, ГПа	800—1070	000,3

Оперативный контроль радиационной обстановки осуществляет ГУ «ЦУКС МЧС России по Архангельской области». Текущий контроль осуществляет ГУ «Архангельский ЦГМС-Р». Контроль показаний выполняется с использованием приложений «АРМ Диспетчера» геоинформационной системы аварийного реагирования ГИСМАР и программы «Монитор радиационной обстановки» АТ АСКРО.

## **5.2. АСКРО ОАО «ЦС “Звездочка”»**

АСКРО ОАО «ЦС “Звездочка”» обеспечивает непрерывный автоматизированный контроль основных параметров радиационной обстановки на территории предприятия.

Основное назначение АСКРО ОАО «ЦС “Звездочка”» — оперативное обеспечение специализированных служб и руководства информацией о состоянии радиационной обстановки на территории предприятия, в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения.

Данные АСКРО используются для оценки и прогнозирования радиационной обстановки, выработки рекомендаций по мерам защиты персонала. Контроль показаний обеспечивается ОЛКЦ ОАО «ЦС “Звездочка”» и отделом обеспечения ядерной и радиационной безопасности ОАО «ЦС “Звездочка”».

В состав АСКРО ОАО «ЦС “Звездочка”» входят:

- 12 устройств детектирования мощности дозы гамма-излучения;
- 2 установки для измерения объемной активности радиоактивных аэрозолей;
- 3 точки контроля объемной активности воды;
- 9 установок контроля радиоактивного загрязнения воздуха;
- автоматическая метеостанция;
- вычислительный комплекс.

## **5.3. АСКРО ОАО «ПО “Севмаш”»**

На ОАО «ПО “Севмаш”» была создана аналогичная система контроля радиационной обстановки, в состав которой вошли:

- 20 устройств детектирования мощности дозы гамма-излучения;
- 3 установки для измерения объемной активности радиоактивных аэрозолей;
- 5 точек контроля объемной активности воды;
- 4 установки контроля радиоактивного загрязнения воздуха;
- автоматическая метеостанция;
- основной и резервный серверы;
- вычислительный комплекс.

В АСКРО ОАО «ПО “Севмаш”» интегрирована подсистема временного хранилища ТРО «Миронова гора», включающая:

- 2 устройства детектирования мощности дозы гамма-излучения;
- 2 точки контроля объемной активности воды;
- вычислительный комплекс.

## **6. Передвижные радиометрические лаборатории**

Для задач контроля радиационной обстановки на территории Архангельской области и в окрестностях предприятий ОАО «ЦС “Звездочка”» и ОАО «ПО “Севмаш”» были созданы четыре передвижные радиометрические лаборатории (ПРЛ) — три на базе шасси «Фиат Дукато» (для ГУ «Архангельский ЦГМС-Р», ГБУ Архангельской области «Служба спасения» и ОАО «ПО “Севмаш”») (рис. 5) и одна на базе шасси «Лендровер Дефендер» (для ОАО «ЦС “Звездочка”») (рис. 6).



Рис. 5. Передвижная радиометрическая лаборатория Службы спасения Архангельской области (на базе автомобиля «Фиат Дукато»)



Рис. 6. Внешний вид ПРЛ на базе автомобиля «Land Rover Defender»

Передвижные радиометрические лаборатории предназначены для оперативной радиационной разведки как в случае возникновения нештатных ситуаций радиационного характера, так и для регулярных обследований.

ПРЛ предоставляют следующие основные возможности:

- обнаружение и локализация радиоактивных источников и загрязнений;
- отбор и экспресс-анализ проб почвы, воды и воздуха;
- определение характеристик радиоактивных загрязнений;
- нанесение на карту и оконтуривание загрязненных территорий;
- передача результатов измерений в кризисные центры в режиме реального времени.

## **7. Научно-техническая поддержка системы аварийного реагирования**

Научное обеспечение и экспертную поддержку Правительству Архангельской области, территориальным органам МЧС России в области оценки и прогнозирования развития ситуации, выработки рекомендаций по мерам защиты населения и территорий области в случае радиационных аварий и инцидентов обеспечивает ТКЦ ИБРАЭ РАН.

Научно-техническая поддержка оказывается на основании соглашения между Правительством Архангельской области и ИБРАЭ РАН о сотрудничестве в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций с радиационным фактором.

Соглашение заключено на период до конца 2015 г. и охватывает широкий круг вопросов.

В ТКЦ ИБРАЭ РАН реализованы основные компоненты, необходимые для оперативной поддержки принятия решений по защите населения и окружающей среды при радиационных авариях. В рамках проекта созданы и введены в эксплуатацию системы связи и обмена информацией между ТКЦ ИБРАЭ РАН и участниками системы аварийного реагирования в Архангельской области. ТКЦ ИБРАЭ РАН оснащен всеми необходимыми информационными ресурсами для оказания оперативной экспертной поддержки. ИБРАЭ РАН обеспечивает круглосуточное функционирование ТКЦ, развитие его научно-технического потенциала, обеспечение готовности, в том числе за счет проведения совместных учений и тренировок.

Научно-техническая поддержка предприятий ОАО «ЦС “Звездочка”» и ОАО «ПО “Севмаш”» осуществляется ТКЦ ИБРАЭ РАН и ОСКЦ Минпромторга России на базе ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова на основании специальных соглашений.



## **8. Комплексные противоаварийные учения «Арктика-2011»**

На завершающей стадии работ по проекту были подготовлены и 13—14 июля 2011 г. проведены командно-штабные учения «Арктика-2011».

Учения были направлены на отработку действий Архангельской территориальной системы аварийного реагирования, ОАО «ЦС “Звездочка”» по ликвидации последствий радиационной аварии. В ходе учений были проверены все элементы системы аварийного реагирования, созданные или модернизированные в рамках реализации проекта.

Подготовка учений осуществлялась в тесном сотрудничестве с правительством области, руководителями и специалистами ГУ МЧС России по Архангельской области, ГУ «Архангельский ЦГМС-Р», ОАО «ЦС “Звездочка”», ОАО «ПО “Севмаш”», мэрии Северодвинска, другими участниками системы аварийного реагирования.

Радиологический сценарий учений подготовлен при непосредственном участии специалистов ОАО «ЦС “Звездочка”» на основе анализа аварийных ситуаций на объектах обращения с ОЯТ и РАО. В качестве исходного события аварийной ситуации рассмотрено возникновение самоподдерживающейся цепной реакции в ядерной энергетической установке с выбросом радионуклидов с паровоздушной смесью при проведении работ по подрыву и демонтажу крышки реактора левого борта утилизируемой АПЛ на ОАО «ЦС “Звездочка”».

На рис. 7 показан рабочий момент учений «Арктика-2011».



Рис. 7. Тушение условного пожара во время учений «Арктика-2011»

## **9. Миссия МАГАТЭ по оценке противоаварийной готовности**

После завершения основных работ по проекту NDEP-008 по инициативе Европейского банка реконструкции и развития при поддержке Правительства Архангельской области Госкорпорация «Росатом» от имени Российской Федерации, обратилась в Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) с просьбой направить в Архангельскую область миссию МАГАТЭ по оценке аварийной готовности (ОАГР)

Основной целью миссий ОАГР, выполняемых по запросу правительств государств — членов МАГАТЭ, является независимая оценка возможностей и готовности страны к эффективному реагированию на радиационные и ядерные чрезвычайные ситуации любого типа. Основной упор делается на оценке соответствия имеющейся системы аварийного реагирования и готовности международным стандартам, в особенности рекомендациям документа МАГАТЭ серии «Стандарты безопасности» № GS-R-2 (Готовность и реагирование В случае ядерной или радиационной чрезвычайной ситуации / МАГАТЭ. — Вена, 2002). в данном случае запрашиваемая оценка ограничивалась готовностью Архангельской области к реагированию на ядерные и радиационные ЧС.

Перед миссией в Архангельской области были поставлены следующие основные задачи:

1. Оценить возможности региона по реагированию на ядерные и радиационные ЧС, принимая во внимание особые условия области (в том числе принять участие в качестве наблюдателей в учениях «Арктика-2011»).
2. Оценить возможности области по реагированию на ядерные и радиационные ЧС на объектах во время запланированных работ по утилизации АПЛ и наземных кораблей с ядерной энергетической установкой, реабилитации территорий.
3. Оказать области помощь в подготовке промежуточных мероприятий по незамедлительному реагированию на ядерные или радиационные ЧС. В число таких мероприятий входят предлагаемые действия, которые могут быть выполнены немедленно для более полного использования имеющихся ресурсов.
4. Подготовить основу для разработки в области долгосрочной программы по совершенствованию возможностей области по реагированию на ядерные и радиационные ЧС.

В результате работы миссии МАГАТЭ созданная система радиационного мониторинга и аварийного реагирования Архангельской области получила высокую оценку.

## **10. Заключение**

Созданная в рамках проекта система радиационного мониторинга и аварийного реагирования Архангельской области успешно прошла испытания в ходе комплексных противоаварийных учений, прошедших 13—14 июля 2011 г. Система получила высокую оценку российских и зарубежных наблюдателей.

В ходе совещания по подведению итогов работы по проекту, миссии МАГАТЭ и широкомасштабных противоаварийных учений было отмечено намерение Правительства Архангельской области развивать созданную систему, в том числе были высказаны предложения по созданию на ее основе системы экологического мониторинга, комплексной системы мониторинга параметров безопасности в области.

Расширение сферы использования созданной в рамках проекта инфраструктуры повысит эффективность вложения средств. За счет более активного использования повысится уровень готовности технических и коммуникационных систем к реагированию в случае потенциальных аварий и инцидентов.

С сентября 2011 г. созданная система радиационного мониторинга и аварийного реагирования в полном объеме эксплуатируется конечными пользователями.

# **Система радиационного мониторинга и аварийного реагирования Курской области**

*Р. В. Арутюнян, С. И. Воронов, С. Л. Гаврилов, В. Н. Долгов, В. Ф. Дудников, В. П. Киселёв, С. Н. Краснощёров, Е. В. Кудешов, С. Ю. Маслов, В. П. Меркушов, К. В. Огарь, И. А. Осипьяни, Д. А. Пронин, А. И. Сергеев, Н. Н. Сёмин, Д. Н. Токарчук, С. А. Шикин, В. Ю. Яковлев (ИБРАЭ РАН), В. Ю. Лазарев (ГУ МЧС России по Курской области), В. В. Казначеев, Ю. И. Ревягин (ОКУ «ЦОД ГОЧС Курской области»)*

## **1. Введение**

В рамках федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» (ФЦП ЯРБ) и на основе соглашения между Госкорпорацией «Росатом» и Администрацией Курской области была создана Курская территориальная система аварийного реагирования и радиационного мониторинга (КТ САРиМ). Основная задача работ, выполненных в 2010—2011 гг., состояла в расширении возможностей имеющейся территориальной системы аварийного реагирования с целью повышения готовности сил и средств аварийного реагирования, минимизации последствий возможных радиационных аварий, повышения эффективности и оперативности принятия управленческих решений при реализации мер по защите населения и территорий в случае возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) радиационного характера, в первую очередь на крупных радиационно опасных объектах, расположенных как на территории области, так и в соседних с ней субъектах Федерации.

## **2. Краткое описание радиационно опасных объектов Курской области и прилегающих к ней областей**

Основным радиационно опасным объектом на территории Курской области является Курская атомная станция — филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» Государственной корпорации «Росатом».

Курская атомная станция расположена в 40 км к западу от Курска на берегу реки Сейм. В 3 км от станции расположен город Курчатов.

В составе двух действующих очередей Курской атомной станции эксплуатируются четыре энергоблока с реакторами РБМК-1000.

Станция входит в первую тройку равных по мощности атомных станций страны, а по объему вырабатываемой электроэнергии — в первую четверку электростанций России всех типов, включающую помимо Балаковской и Ленинградской АЭС Саяно-Шушенскую ГЭС. Курская атомная станция является важнейшим узлом Единой энергетической системы России, от которого расходятся 11 линий электропередачи: 2 линии напряжением 110 кВ, 6 линий напряжением 330 кВ, 3 линии напряжением 750 кВ.

На востоке Курская область граничит с Воронежской областью, на территории которой расположен еще один крупный радиационно опасный объект — одно из старейших предприятий атомной энергетики Российской Федерации Нововоронежская АЭС, также являющаяся филиалом ОАО «Концерн Росэнергоатом». Пуск первого энергоблока станции был произведен 30 сентября 1964 г. В настоящее время на станции в эксплуатации находятся три энергоблока: два с реакторами ВВЭР-440 (3-й и 4-й блоки) и один с реактором ВВЭР-1000 (5-й блок).

### **3. Основные направления работ по развитию КТ САРиРМ**

В соответствии с перечнем мероприятий по реализации соглашения между Госкорпорацией «Росатом» и Администрацией Курской области были выполнены работы по следующим основным направлениям:

- создание территориальной системы радиационного мониторинга (РМ) включая 18 стационарных автоматических постов радиационного контроля Курской территориальной автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (КТ АСКРО), установленных в единых дежурно-диспетчерских службах (ЕДДС) 15 районов Курской области и в трех организациях Курска, и мобильный комплекс радиационной разведки на базе передвижной химико-радиометрической лаборатории (ПХРЛ);
- расширение функциональных возможностей системы аварийного реагирования Курской области для обеспечения аварийной готовности и реагирования при возникновении ЧС радиационного характера за счет создания на базе дежурно-диспетчерской службы (ДДС) Курской области Центра сбора и обработки информации (ЦСОИ) территориальной системы РМ включая серверное и вспомогательное оборудование и автоматизированные рабочие места оператора радиационного мониторинга (АРМ оператора РМ), установленные в зале оперативной дежурной смены (ОДС) ДДС Курской области и подвижного пункта управления (ППУ);
- развитие системы коммуникаций и линий связи для обеспечения передачи данных РМ с постов контроля и ПХРЛ в ЦСОИ и представления этой

информации для участников системы аварийного реагирования на областном и федеральном уровнях;

- создание программно-технического комплекса оперативной экспертной поддержки принятия решений по мерам защиты населения и территории области;
- организация системы научно-технической и экспертной поддержки участников системы аварийного реагирования Курской области на базе Технического кризисного центра (ТКЦ) ИБРАЭ РАН.

Функциональная схема системы аварийного реагирования Курской области приведена на рис. 1. Структурная схема организации КТ САРиРМ представлена на рис. 2.



Рис. 1. Функциональная схема системы аварийного реагирования Курской области (КЦ РЭА — Кризисный центр Концерна «Росэнергоатом», СПД — система передачи данных)



Рис. 2. Структурная схема организации КТ САРИМ

#### 4. Территориальная автоматизированная система контроля радиационной обстановки Курской области

Курская территориальная автоматизированная система контроля радиационной обстановки как индикаторная подсистема территориальной системы аварийного реагирования при чрезвычайных ситуациях радиационного характера предназначена для раннего предупреждения об изменении радиационной обстановки, обеспечения данными по радиационной обстановке в местах размещения постов контроля в режиме ЧС, а также для информационной поддержки деятельности территориальных и федеральных органов исполнительной власти по обеспечению радиационной безопасности. В режиме повседневной деятельности КТ АСКРО осуществляет инструментальный контроль радиационной обстановки на территории области для подтверждения нормальной радиационной обстановки в местах расположения постов контроля.

КТ АСКРО — один из важных источников информации о радиационной обстановке на территории области для органов, осуществляющих контроль радиационной обстановки и обеспечивающих защиту населения при ЧС

с радиационным фактором, а также для населения и СМИ. При создании территориальной АСКРО обеспечена возможность интеграции КТ АСКРО в Единую государственную автоматизированную систему контроля радиационной обстановки (ЕГАСКРО), в информационные системы органов по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям (ГО и ЧС) Курской области, а также организован обмен данными КТ АСКРО и АСКРО санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и зоны наблюдения (ЗН) Курской АЭС с ФГУП «СКЦ Росатома». Схема организации сети приема-передачи данных КТ АСКРО представлена на рис. 3.

КТ АСКРО предназначена для решения следующих основных задач:

- осуществление непрерывного автоматизированного контроля радиационной обстановки;
- обеспечение сбора и оперативной передачи данных с возможностью диагностики состояния элементов системы;
- обработка, хранение и предоставление оперативных данных с использованием геоинформационных технологий;
- автоматическая сигнализация при превышении мощностью дозы гамма-излучения установленных пороговых значений;
- осуществление информационного обмена с ведомственными и государственными подсистемами ЕГАСКРО, участниками системы аварийного реагирования в установленном порядке;
- осуществление связи, получение и отображение информации от передвижной химико-радиометрической лаборатории;
- осуществление связи и обмена данными с подвижным пунктом управления при аварийном реагировании.

В повседневном режиме работы при отсутствии радиационных инцидентов КТ АСКРО служит для подтверждения нормальной радиационной обстановки в области и отсутствия угроз радиационного характера. Это важно в случае возникновения каких-либо провокаций или поступления дезинформации, могущей вызвать панику у населения.

При возникновении инцидентов с радиационным фактором показания датчиков КТ АСКРО служат для раннего обнаружения признаков аварийной обстановки и качественной оценки степени опасности.

В условиях аварийной ситуации показания датчиков КТ АСКРО используются экспертами для уточнения и корректировки результатов расчетов и измерений, полученных другими способами.





Размещение постов контроля КТ АСКРО на территории области (рис. 4) осуществлялось с учетом потенциальных источников радиационной опасности и мест проживания населения по согласованию с уполномоченными органами Курской области.



Рис. 4. Размещение постов контроля КТ АСКРО на территории области

В состав оборудования КТ АСКРО входят:

- 18 постов контроля параметров радиационной обстановки, включающих блоки детектирования мощности дозы (дозиметр ДБГ-С11Д, рис. 5), блоки обработки и передачи данных (БОП-1ТА, рис. 6) и информационные табло (рис. 7);
- 3 информационных табло для эксплуатации в уличных условиях (рис. 8), установленные на постах контроля в Курске;
- сервер системы РМ (HP ProLiant DL360 G6 L5520) и вспомогательное оборудование (APC Smart-UPS RT 1500VA RM 230V), установленные в ЦСОИ ДДС Курской области;
- линии и каналы связи;
- АРМ оператора РМ ОДС ДДС Курской области (персональный компьютер и монитор) в подвижном пункте управления (ноутбук ASUS N73JF и 3G модем Option iCON 431) с установленным специализированным программным обеспечением «Монитор РО» для отображения данных РМ;
- прикладное программное обеспечение.



Рис. 5. Внешний вид блока детектирования ДБГ-С11Д



Рис. 6. Внешний вид блока обработки и передачи данных БОП-1ТА



Рис. 7. Внешний вид офисного электронного табло «Импульс-710»



Рис. 8. Внешний вид уличного электронного табло «Импульс-727»

На рис. 9 в качестве примера приведено размещение оборудования поста контроля в Главном управлении (ГУ) МЧС России по Курской области.



Рис. 9. Размещение оборудования поста контроля КТ АСКРО в ГУ МЧС России по Курской области

Результаты измерений мощности дозы поступают с постов контроля КТ АСКРО на сервер РМ в ЦСОИ, а также на подвижный пункт управления администрации Курской области.

Передача данных РМ осуществляется по сотовым каналам связи (сеть GSM 900/1800) через GPRS-соединение. Схема организации передачи данных с использованием сети GSM приведена на рис. 10.

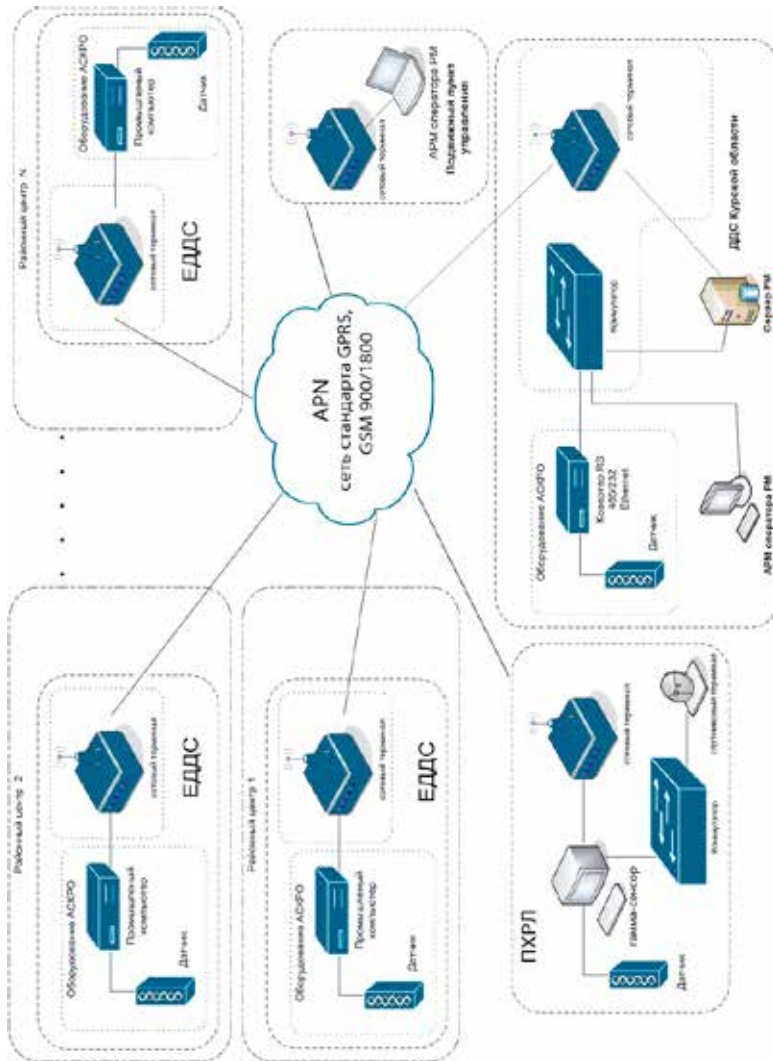


Рис. 10. Схема передачи данных ИТ АСКРО по сети GSM

После ввода в эксплуатацию волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) предусмотрен переход на их использование в качестве основного канала связи с переводом сотовых каналов в статус резервных, которые будут автоматически активироваться в случае отказов основного канала. Схема организации передачи данных по протоколу Ethernet с использованием арендованных каналов связи на основе ВОЛС приведена на рис. 11.

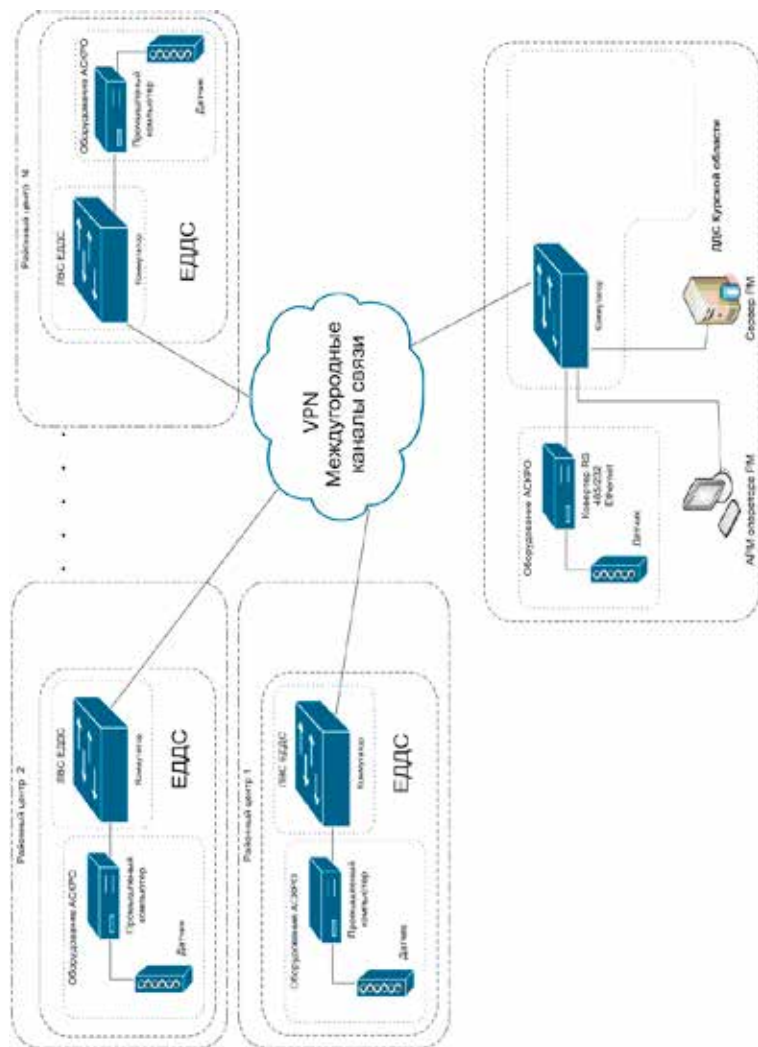


Рис. 1.1. Схема передачи данных КТ АСКРО по протоколу Ethernet с использованием арендованных каналов связи на основе ВОЛС

Результаты измерений отображаются на АРМ оператора РМ с помощью программы отображения данных РМ «Монитор РО» в наглядном и удобном для восприятия виде.

Программное обеспечение территориальной системы РМ помимо системного программного обеспечения включает в себя специализированное прикладное программное обеспечение.



Прикладное программное обеспечение (ППО) системы РМ включает:

- программу съема информации с блоков детектирования постов контроля КТ АСКРО и с установки «Гамма-сенсор» ПХРЛ;
- программу сбора и передачи данных с постов контроля КТ АСКРО и ПХРЛ;
- программу приема данных с сервера РМ на АРМ оператора РМ ОДС ДДС Курской области и ППУ;
- программу визуализации данных РМ «Монитор РО»;
- базу данных.

На рис. 12 приведена структурная схема ППО территориальной системы РМ.

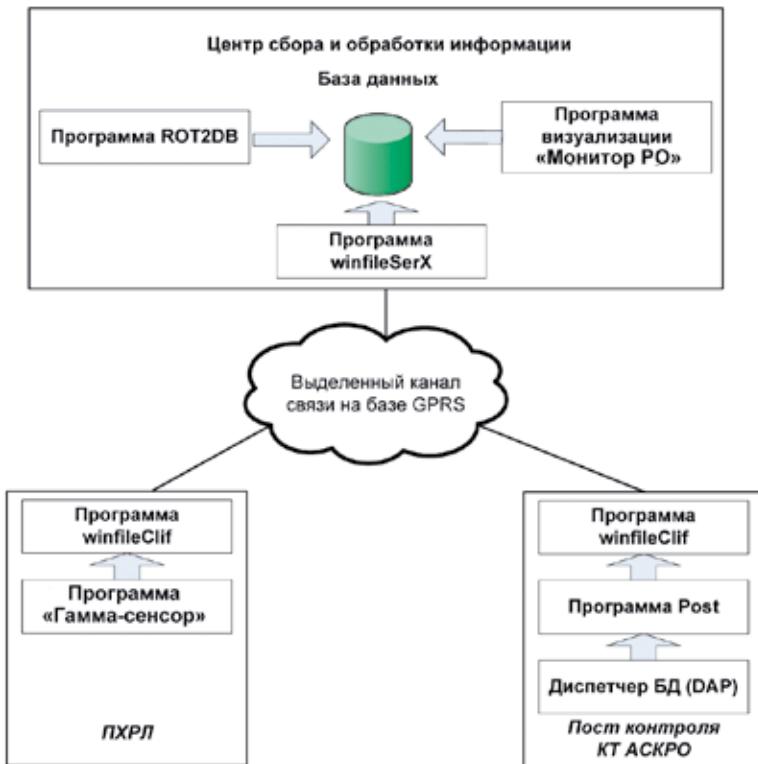


Рис. 12. Структурная схема ППО территориальной системы РМ Курской области

Специализированное ППО поста контроля КТ АСКРО состоит из следующих функциональных модулей:

- программное обеспечение блока детектирования обеспечивает непрерывное измерение мощности дозы гамма-излучения в месте расположения поста контроля;

- программное обеспечение поста контроля обеспечивает обмен данными с блоком детектирования, временное хранение буфера измеренных данных и периодическую отправку данных на сервер РМ в ЦСОИ по оптоволоконному или сотовому каналу связи, отображение измеренных величин мощности дозы гамма-излучения на информационном табло.

Программное обеспечение сервера РМ обеспечивает прием данных от всех автоматизированных постов контроля и от ПХРЛ, запись и хранение данных в базе данных, отображение данных на АРМ оператора РМ в наглядном и удобном для пользователей виде с помощью программы «Монитор РО» (рис. 13), а также передает данные в другие информационные системы, в частности, в систему «Альфа-безопасность» Центра управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) МЧС России по Курской области.

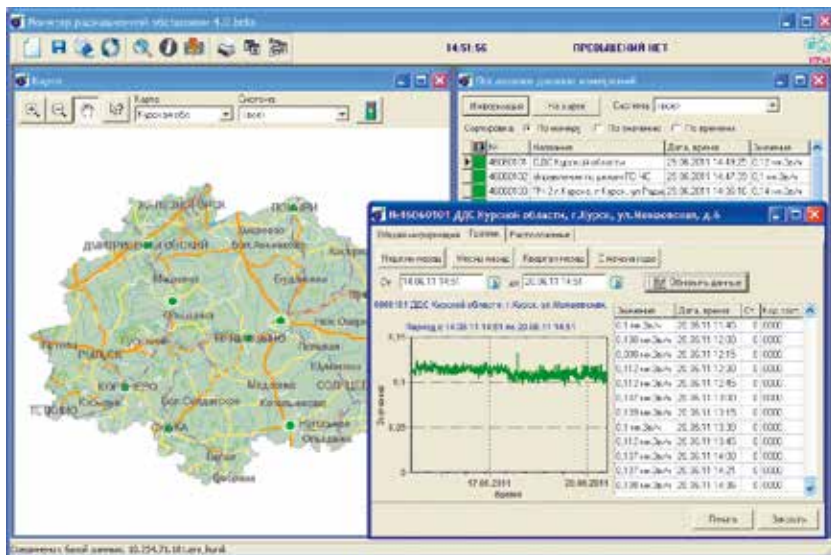


Рис. 13. Вид основного рабочего окна программы визуализации «Монитор РО»

## 5. Передвижная химико-радиометрическая лаборатория

ПХРЛ как мобильное средство контроля параметров радиационной и химической обстановки в случае ЧС и в режиме плановых измерений является неотъемлемой частью системы аварийного реагирования и радиационного мониторинга.



Основное назначение ПХРЛ:

- радиационные измерения на местности с использованием бортовых средств измерения для уточнения и дополнения данных стационарных постов контроля;
- обнаружение радиоактивных источников и загрязнений при мониторинге местности с целью выявления участков радиационных аномалий и обнаружения бесхозных радионуклидных источников, представляющих опасность для здоровья человека;
- оконтуривание загрязненных территорий в случае аварии; с помощью бортовых систем навигации осуществляется топографическая привязка обнаруженных аномалий и последующее нанесение на электронную карту радиационных параметров, а также другой необходимой информации (времени, названия объекта, погодных условий, комментариев и т. д.);
- отбор проб внешней среды для экспресс-анализа в полевых условиях и прецизионных анализов в лабораторных условиях;
- химическая разведка на местности с целью определения концентраций паров и газов в воздухе;
- передача результатов измерений в ЦСОИ ДДС Курской области с использованием бортовых средств связи в режиме реального времени.

Конструктивно передвижная лаборатория представляет собой автомобиль «Пежо Боксер» с подготовленным для размещения аппаратуры и людей кузовом для автономной длительной работы в полевых условиях. С целью обеспечения нормальных условий работы экипажа и функционирования аппаратуры автомобиль оснащен внутренним отоплением, освещением и автономным электропитанием. Салон оборудован вентиляционным люком. Внешний вид ПХРЛ представлен на рис. 14.

Штатная численность экипажа ПХРЛ — четыре человека включая водителя; два человека размещаются в кабине водителя, два — в лабораторном отсеке.

Состав экипажа:

- руководитель — специалист по радиозоологическому мониторингу;
- оператор ПХРЛ — инженер-дозиметрист;
- инженер-радиохимик;
- водитель-дозиметрист.

ПХРЛ позволяет получить следующие характеристики радиоактивных загрязнений:

- мощность амбиентного эквивалента дозы на местности;
- нуклидный состав загрязнений или источников;
- наличие альфа- и бета-излучающих радионуклидов.



Рис. 14. Внешний вид ПХРЛ

ПХРЛ позволяет организовать несколько независимых каналов связи:

- канал сотовой связи GSM (протоколы GPRS/EDGE/UMTS/HSDPA);
- канал спутниковой связи;
- радиосвязь УКВ-диапазона.

Для выполнения своих функций ПХРЛ укомплектована следующими бортовыми техническими средствами:

- дозиметрической установкой «Гамма-сенсор» (рис. 15) для гамма-съемки местности, определения нуклидного состава радиоактивного загрязнения или источника, нанесения данных на электронную карту, ведения базы данных измерений, передачи данных в ЦСОИ; установка состоит из электронного блока и блока детекторов;
- коммутатором-маршрутизатором D-Link DI-824VUP+ для организации работы в локальной сети ПХРЛ, в том числе с беспроводной точкой доступа;
- USB HUB «Арасер PH150» для коммутации USB устройств;
- сотовым терминалом «Siemens ES75» для организации передачи данных по каналам EDGE или GPRS;
- сигнальной проблесковой установкой;
- автомобильной УКВ-радиостанцией;
- стационарно размещенным GSM-телефоном («Termit FixPhone Alcom G-1100») для организации телефонной связи по каналу GSM;
- спутниковым терминалом INMARSAT BGAN с выносной антенной (автомобильным «Thrane&Thrane Explorer 727» (ТТ-3722А), совмещенным с GPS-приемником, рис. 16);

- автономной системой питания для обеспечения бортовых устройств питанием 220 В (50 Гц) от аккумуляторных батарей.

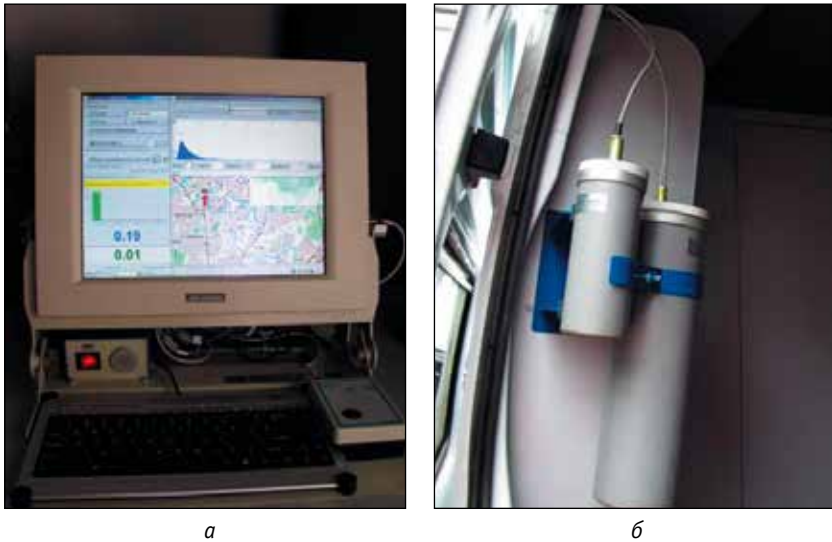


Рис. 15. Внешний вид электронного блока и блоков детектирования установки «Гамма-сенсор»



Рис. 16. Внешний вид спутникового терминала «Explorer 727»

Кроме того, ПХРЛ оснащена переносными техническими средствами, предназначенными для измерений вне автомобиля:

- дозиметром-радиометром ДКС-96 (рис. 17) для измерения мощности дозы гамма-излучения, потоков альфа- и бета-частиц, поиска источников гамма-излучения;
- дозиметром-радиометром ДРБП-03 (рис. 18) для измерения дозы и мощности дозы гамма-излучения;

- поисковым дозиметром ДП-5 (рис. 19) для измерения дозы и мощности дозы гамма-излучения;
- дозиметром РМ-1203 (рис. 20) для измерения дозы и мощности дозы гамма-излучения;
- газоанализатором КОЛИОН-1В (рис. 21) для измерения содержания вредных веществ в воздухе;
- универсальным прибором газового контроля УПГК-1 (рис. 22) для контроля и измерения концентрации вредных веществ в воздухе;
- анализатором газортутным экологическим ЭГРА-01 (рис. 23) для измерения содержания ртути в атмосферном и почвенном воздухе;
- портативными УКВ-радиостанциями «Midland» (два комплекта);
- бензиновым мотором-генератором ТСС-КIPOR KGE-1300ТС электрической мощностью 0,9 кВт.

Кроме перечисленных технических средств ПХРЛ имеет вспомогательное оборудование и средства защиты экипажа.

Электропитание технических средств осуществляется от бортовой сети ПХРЛ постоянным напряжением 12 В и однофазным напряжением переменного тока 220 В, 50 Гц. При движении автомобиля питание технических средств осуществляется системой бортового питания, в состав которой входит преобразователь 12 В — 220 В «MobilEn SP 1500С».



Рис. 17. Внешний вид дозиметра-радиометра ДКС-96



Рис. 18. Внешний вид дозиметра-радиометра ДРБП-03



Рис. 19. Внешний вид дозиметра ДП-5



Рис. 20. Внешний вид дозиметра  
PM-1203



Рис. 21. Внешний вид газоанализатора  
КОЛИОН-1В

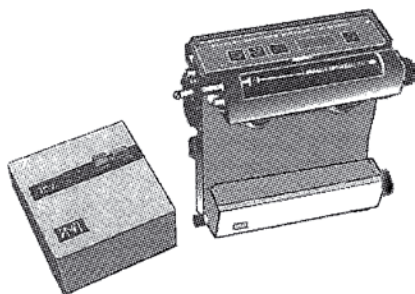


Рис. 22. Внешний вид  
газоанализатора УПК-1



Рис. 23. Внешний вид  
газоанализатора ЭГРА-01

На стоянке помимо основной системы питания можно использовать резервную систему, состоящую из мотора-генератора ТСС-KIPOR KGE-1300ТС. При наличии внешней электросети можно использовать внешнее питание 220В как для работы, так и для подзарядки аккумуляторных батарей. Для подключения к внешней сети предусмотрен специальный кабель.

Специализированное прикладное программное обеспечение, установленное на промышленном компьютере ПХРЛ, обеспечивает:

- сбор и хранение первичных данных с измерительного оборудования;
- отображение измеренных величин мощности дозы в картографической системе оператора РМ ПХРЛ;
- передачу данных на сервер РМ в ЦСОИ через сотовый и спутниковый терминалы в двух режимах работы:
  - непрерывной автоматической передачи информации о положении ПХРЛ и измерении МЭД по маршруту с заданным интервалом времени;
  - передачи накопленной информации по команде оператора ПХРЛ.

Результаты измерений передаются в режиме онлайн на сервер РМ в ЦСОИ по сотовому каналу связи (основному) или по спутниковому каналу связи (резервному). Результаты измерений по маршруту движения ПХРЛ отображаются в программе «Монитор РО» совместно с данными стационарных постов контроля (рис. 24) на АРМ оператора РМ в ДДС Курской области и на ППУ.

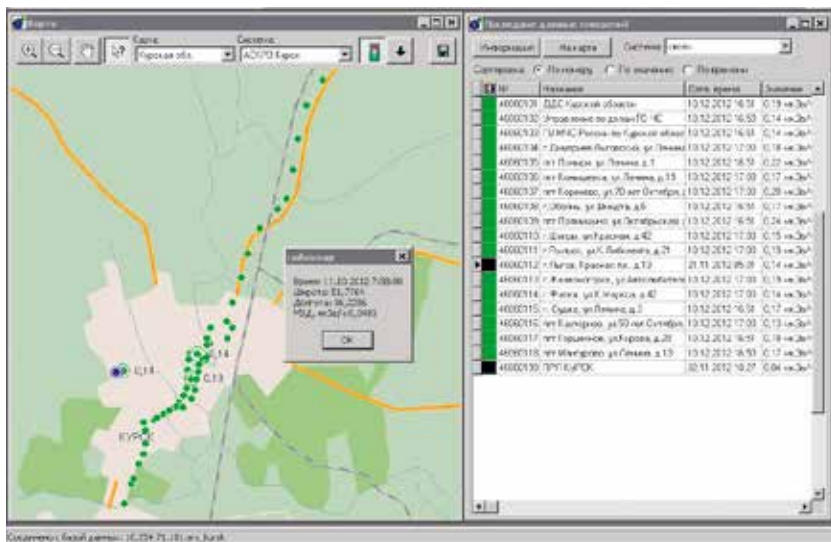


Рис. 24. Отображение маршрута движения ПХРЛ и результата измерений в выбранной точке в программе «Монитор РО»

## **6. Центр сбора и обработки информации территориальной системы РМ**

ЦСОИ территориальной системы РМ создан на базе дежурно-диспетчерской службы Курской области для расширения функциональных возможностей территориальной системы аварийного реагирования при возникновении ЧС радиационного характера.

Основные задачи ЦСОИ территориальной системы РМ на базе ДДС Курской области:

- сбор, накопление, обработка, анализ, представление и передача данных системы РМ о параметрах радиационной обстановки на территории региона;
- обеспечение передачи данных радиационного мониторинга участникам системы аварийного реагирования;
- получение и обработка текущих данных по метеобстановке в регионе, обеспечение ее прогноза, оперативная передача данных о текущей и прогнозируемой метеорологической обстановке участникам системы аварийного реагирования в случае ЧС радиационного характера (во взаимодействии с территориальным подразделением Росгидромета);
- оценка и прогнозирование воздушного и водного переноса радионуклидов включая трансграничный перенос (во взаимодействии с Федеральным информационно-аналитическим центром Росгидромета) в случае ЧС радиационного характера;
- участие в противоаварийных учениях и тренировках;
- обслуживание программно-технических средств и коммуникационных систем центра.

ЦСОИ расположен в здании ДДС Курской области. В его состав входят помещение ОДС ДДС Курской области для работы персонала центра и серверное помещение. Оснащение центра включает:

- технические средства — современные автоматизированные рабочие места персонала (АРМ оператора РМ), серверное и коммуникационное оборудование, система бесперебойного электропитания;
- программные средства — средства сбора, визуализации, анализа данных радиационного мониторинга, управления системой сбора данных, банк электронных карт, расчетно-моделирующие и тренинговые системы.

Описание установленного в ЦСОИ серверного и вспомогательного оборудования приведено в разделе 4.



## 7. Программно-технический комплекс оперативной экспертной поддержки принятия решений по мерам защиты населения и территории Курской области

Программно-технический комплекс экспертной поддержки включает:

- программные средства, устанавливаемые на АРМ оператора РМ — базы данных и информационно-справочные системы, банк электронных карт, программа экспресс-анализа радиационной обстановки при выбросе радионуклидов в атмосферу (рис. 25), программа оценки и анализа радиационного загрязнения водных объектов, инженерные прикладные программные комплексы оперативного расчета характеристик полей излучения (рис. 26), оценки доз внешнего и внутреннего облучения от радиоактивных источников различных типов, программные средства отображения и анализа данных РМ;
- технические средства — система видеоконференцсвязи (ВКС), аудио- и видеопрезентационное оборудование, современные АРМ персонала, серверное и коммуникационное оборудование, система бесперебойного электропитания;
- средства коммуникации — основные и дублирующие каналы связи и передачи данных, средства связи.

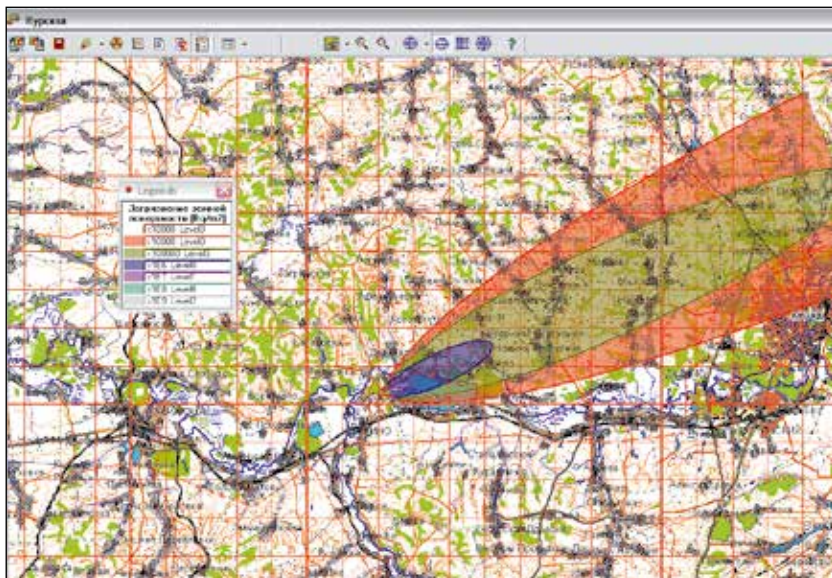


Рис. 25. Результаты расчета загрязнения земной поверхности с помощью программного средства экспресс-анализа радиационной обстановки при выбросе радионуклидов в атмосферу



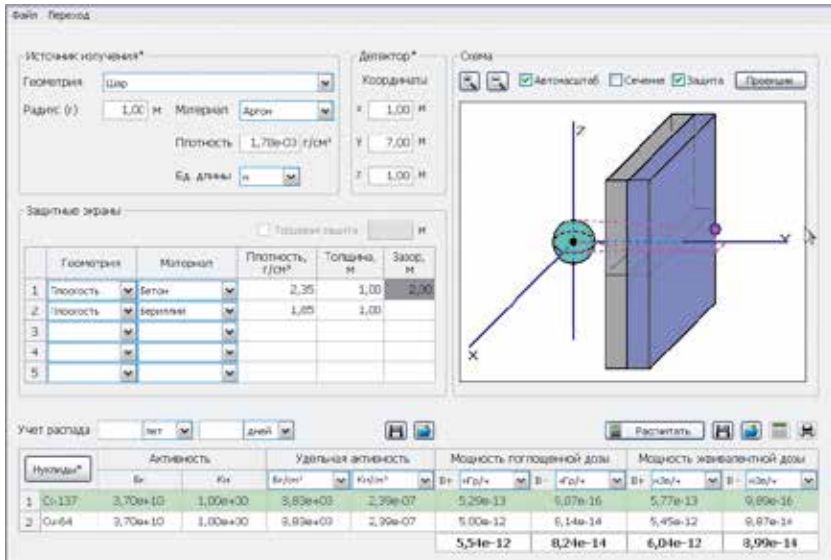


Рис. 26. Основное окно программного комплекса расчета характеристик полей излучения

Система видеоконференцсвязи включает в себя следующее оборудование:

- терминальное устройство «Tandberg 880 MXP»;
- терминальное устройство «Tandberg 3000 MXP»;
- опцию «Video Firewall Option for the MCU 4210, 4215, 4220» для сервера «Codian MCU 4220»;
- устройство записи-видеоконференции «Codian IPVCR-2210/Codian VFO-2210»;
- сервер многоточечной видеоконференции на 40 абонентов «Tandberg Codian MCU 4220» (194220A).

Схема организации ВКС приведена на рис. 27.

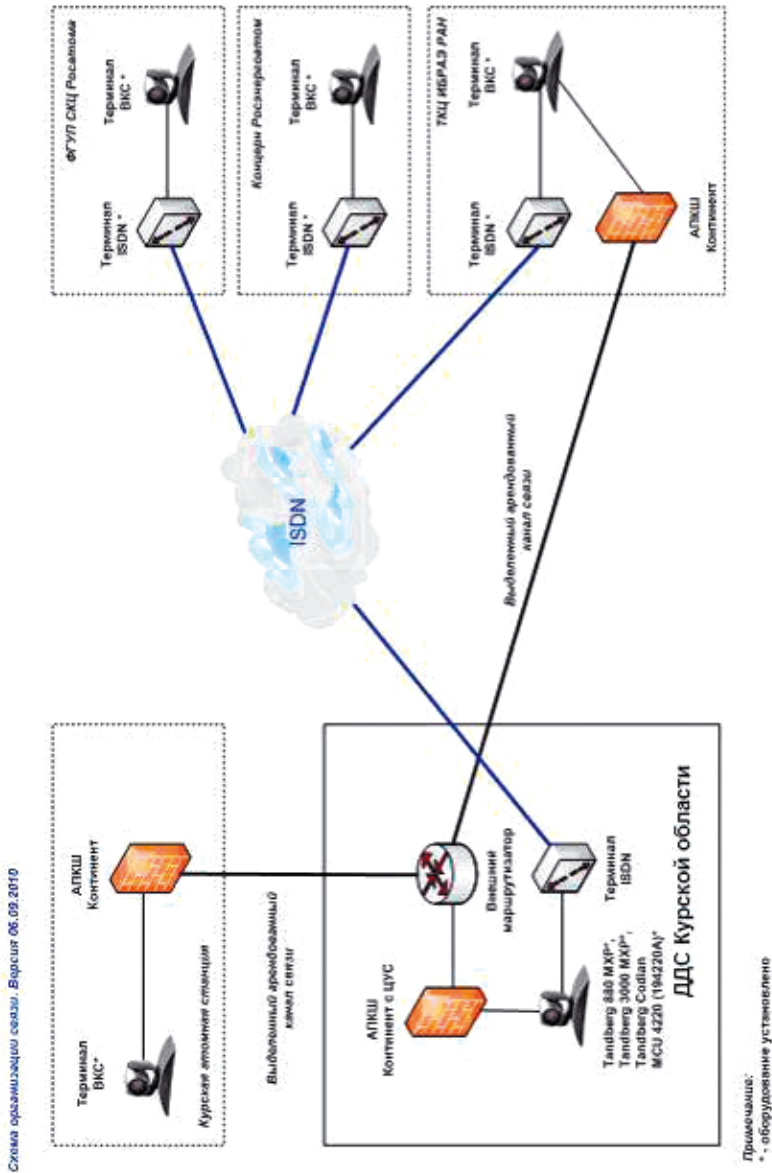


Рис. 27. Организация системы ВКС

Презентационная система включает в себя ЖК-телевизор с диагональю экрана 42 дюйма, ноутбук, мультимедийный проектор, камеру для документов, DVD-проигрыватель/рекордер, систему управления.

## 8. Система научно-технической и экспертной поддержки участников системы аварийного реагирования Курской области на базе Технического кризисного центра ИБРАЭ РАН

Научно-техническая поддержка элементов Курской территориальной системы аварийного реагирования на ЧС с радиационным фактором осуществляется ТКЦ ИБРАЭ РАН. Структура организации научно-технической и экспертной поддержки участников системы аварийного реагирования со стороны ТКЦ ИБРАЭ РАН представлена на рис. 28.

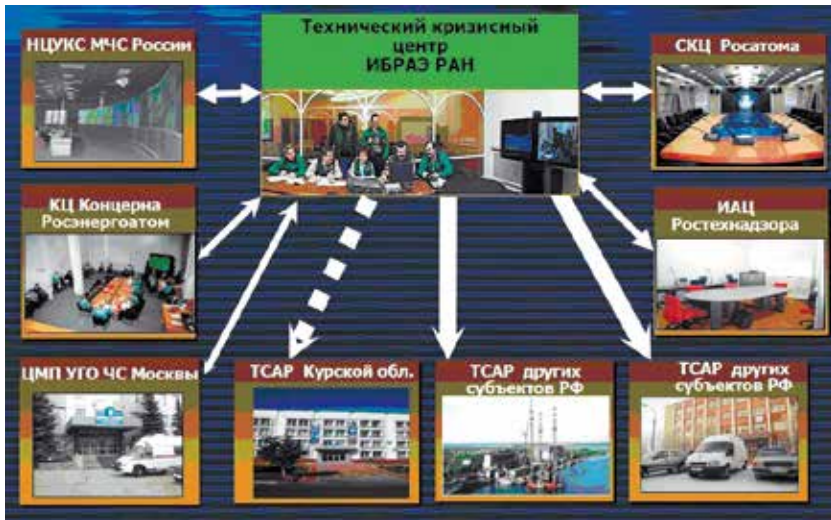


Рис. 28. Схема организации научно-технической и экспертной поддержки участников системы аварийного реагирования со стороны ТКЦ ИБРАЭ РАН

ТКЦ ИБРАЭ РАН оказывает научно-техническую поддержку участникам системы аварийного реагирования на ЧС с радиационным фактором Курской области в части подготовки прогнозов загрязнения окружающей среды, доз облучения населения и персонала, выработки рекомендаций по защите персонала, населения и окружающей среды.

Научно-техническая поддержка оказывается следующим организациям Курской области:

- ГУ «ЦУКС МЧС России по Курской области» — дежурная смена;
- отделу территориального центра мониторинга и прогнозирования ОКУ «ЦОД ГОЧС Курской области» — экспертная группа;
- КЧС и ОПБ Курской области (представление результатов работы экспертных групп).

Основные задачи ТКЦ ИБРАЭ РАН по оказанию научно-технической поддержки в рамках усовершенствования системы аварийного реагирования Курской области:

- информационная и экспертная поддержка участников системы аварийного реагирования в решении административно-управленческих задач обеспечения ядерной и радиационной безопасности на основе информации, содержащейся в его банках данных;
- подготовка сценариев радиологических последствий возможных аварий;
- прогнозирование и оценка основных характеристик источника радиоактивного выброса (динамические характеристики, нуклидный и физико-химический состав, параметры радиоактивного облака);
- подготовка первичного прогноза загрязнения окружающей среды и его корректировка с учетом уточненных характеристик источника, данных мониторинга и других фактических данных;
- оценка ситуации по масштабу аварии, радиоактивному загрязнению территории, прогнозу доз облучения населения;
- выработка рекомендаций по защите персонала, населения и окружающей среды;
- оценка эффективности защитных мероприятий и их оптимизация для конкретных условий с учетом радиологических, экономических и социальных условий;
- участие в совершенствовании элементов аварийного реагирования всех уровней (объектовый, городской, областной и отраслевой);
- участие в совершенствовании взаимодействия участников аварийного реагирования на всех уровнях;
- участие в противоаварийных учениях и тренировках;
- разработка новых программно-технических средств ТКЦ;
- участие во встречах с общественностью и подготовке информационных материалов и публикаций по проблеме радиационной безопасности для населения и СМИ.

## **9. Командно-штабные учения**

В соответствии с планом реализации соглашения между Госкорпорацией «Росатом» и администрацией Курской области 25 октября 2011 г. были проведены командно-штабные учения (КШУ) с органами управления, силами и средствами территориальной и функциональных подсистем РСЧС Курской области по ликвидации ЧС радиационного характера. Тема учений — «Действия органов управления, сил и средств областной территориальной подсистемы РСЧС по защите населения и территорий в случае общей радиационной аварии в филиале ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Курская атом-

ная станция”». Учения явились итоговым мероприятием, в ходе которого проверялась работоспособность как созданной территориальной системы аварийного реагирования и радиационного мониторинга Курской области в целом, так и отдельных ее элементов.

К проведению КШУ были привлечены:

- Главное управление МЧС России по Курской области;
- ГУ «ЦУКС МЧС России по Курской области»;
- ОКУ «ЦОД ГОЧС Курской области»;
- ГУ «1 отряд ФПС по Курской области»;
- ППС Курской области;
- ОКУ «АСС Курской области»;
- администрации муниципальных образований и городов Курской области;
- филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Курская атомная станция»;
- Кризисный центр ОАО «Концерн Росэнергоатом»;
- Технический кризисный центр ИБРАЭ РАН;
- межрегиональное территориальное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды центрально-черноземных областей;
- ГУ «Курский ЦГМС-Р»;
- Управление Министерства внутренних дел по Курской области;
- учреждения, входящие в состав службы наблюдения и лабораторного контроля Курской области;
- Департамент экологической безопасности и природопользования Курской области;
- Дорожное управление Курской области;
- Комитет промышленности, транспорта и связи Курской области;
- Комитет здравоохранения Курской области;
- Комитет потребительского рынка, развития малого предпринимательства и лицензирования Курской области;
- командование Курского территориального военного гарнизона;
- Курский филиал ОАО «Ростелеком»;
- филиал ОАО «МРСК Центра» «Курскэнерго».

Основные цели командно-штабных учений:

- проверка и оценка степени готовности органов управления территориальной и функциональных подсистем РСЧС Курской области к выполнению задач по защите населения и территории от радиационного загрязнения и проверка реальности «Плана мероприятий по защите населения в случае общей радиационной аварии на Курской атомной станции»;
- проверка и оценка состояния готовности сил и средств территориальной и функциональных подсистем РСЧС Курской области, предназначенных для ликвидации ЧС, вызванной общей радиационной аварией в филиале ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Курская атомная станция»;

- проверка организации выполнения мероприятий согласно «Плану мероприятий по защите населения в случае общей радиационной аварии на Курской атомной станции»;
- оказание методической помощи руководящему составу органов управления в выполнении функциональных обязанностей в составе оперативных групп при угрозе или возникновении общей радиационной аварии;
- проверка функционирования Курской территориальной системы РМ;
- отработка порядка сбора и обмена информацией между органами управления территориальной и функциональных подсистем (Т и ФП) РСЧС Курской области, ОАО «Концерн Росэнергоатом», ИБРАЭ РАН по выработке предложений по локализации и ликвидации общей радиационной аварии;
- проверка готовности систем оповещения и обмена информацией между участниками системы аварийного реагирования;
- совершенствование навыков взаимодействия органов управления, сил и средств при ликвидации последствий чрезвычайной ситуации с радиационным фактором на федеральном, отраслевом, территориальном и муниципальном уровнях.

Основные задачи, решавшиеся при проведении учений:

- отработка процедур оповещения на объектовом, местном, федеральном и международном уровнях;
- проверка систем связи и оповещения;
- отработка процедур обмена информацией о радиационной обстановке между участниками системы аварийного реагирования;
- отработка процедур оценки и прогноза ситуации;
- отработка процедур принятия решений, в том числе введение в действие аварийных планов;
- отработка взаимодействия между участниками аварийного реагирования;
- отработка процедур принятия решений и практических действий по защитным мерам персонала и населения (укрытие, эвакуация);
- отработка регламента проведения работ с аварийной ядерной энергетической установкой для приведения ее в безопасное состояние;
- осуществление прогноза долгосрочных последствий на промежуточной и отдаленной стадиях аварии;
- отработка взаимодействия с кризисным центром ОАО «Концерн Росэнергоатом», ФГУП «СКЦ Росатома», ТКЦ ИБРАЭ РАН при выработке решений по мерам защиты персонала и населения в случае ЧС, вызванной радиационной аварией на Курской АЭС;
- отработка процедур информирования общественности.

Основные учебные вопросы, отрабатывавшиеся в ходе учений:

- приведение органов управления, сил и средств территориальной подсистемы РСЧС Курской области в готовность к выполнению «Плана ме-

роприятий по защите населения в случае общей радиационной аварии на Курской атомной станции»;

- организация управления, сбора, обобщения, анализа данных и оценки обстановки в зоне чрезвычайной ситуации радиационного характера, выработка предложений для принятия обоснованных решений, планирования мероприятий по эвакуации населения 30-километровой зоны вокруг АЭС и его жизнеобеспечению;
- организация взаимодействия между органами управления Т и ФП РСЧС Курской области, ОАО «Концерн Росэнергоатом», ИБРАЭ РАН по вопросам мониторинга параметров радиационной обстановки на территории Курской области, сбора и обмена информацией, прогнозирования развития радиационной аварии, оценки ее последствий и выработки предложений по мерам защиты персонала и населения;
- планирование, организация и проведение мероприятий по эвакуации населения городов и районов, входящих в 30-километровую зону, в ходе которых осуществляется практическое развертывание эвакуационных органов, пунктов эвакуации муниципальных районов, сети наблюдения и лабораторного контроля;
- организация проведения первоочередных мероприятий по жизнеобеспечению эвакуированного населения;
- планирование мероприятий по ликвидации ЧС, вызванной радиационной аварией на Курской атомной станции; управление силами и средствами по ликвидации ЧС радиационного характера.

КШУ проводились в ГУ «ЦУКС МЧС России по Курской области» под руководством заместителя губернатора, начальника ГУ МЧС России по Курской области В. Н. Зубкова (рис. 29).



Рис. 29. Руководитель учения заместитель губернатора, начальник ГУ МЧС России по Курской области генерал-майор В. Н. Зубков

Многоточечная видеоконференцсвязь между Курской АЭС, ГУ МЧС России по Курской области, ТКЦ ИБРАЭ РАН, ФГУП «СКЦ Росатома» и КЦ ОАО «Концерн Росэнергоатом» на время учений была обеспечена ФГУП «СКЦ Росатома» (рис. 30).



Рис. 30. Сеанс видеоконференцсвязи между участниками учения

*Радиологический сценарий учения* был подготовлен АНО ЦАБ ИБРАЭ РАН при участии специалистов отдела радиационной безопасности Курской АЭС на основе анализа аварийных сценариев для реакторов РБМК-1000 Курской АЭС. В качестве исходного рассмотрено условное аварийное событие, когда по какой-либо причине происходит крупное нарушение в работе системы охлаждения активной зоны реактора. К таким нарушениям могут относиться, например, разрыв барабана-сепаратора или разрыв раздаточного группового коллектора. В результате аварии такого масштаба примерно половина накопленной в твэлах активности может быть выброшена в окружающую среду. Радионуклидный состав выброса в атмосферу и активность радионуклидов в выбросе в соответствии со сценарием приведены в табл. 1.

**Таблица 1. Выброс радионуклидов в атмосферу при условной аварии**

Радионуклид	Активность выброса	
	кКи	ПБк
<sup>85m</sup> Kr	10 500	388,5
<sup>87</sup> Kr	20 750	770,0
<sup>88</sup> Kr	30 000	1110,0



Табл. 1 (окончание)

Радионуклид	Активность выброса	
	кКи	ПБк
<sup>95</sup> Zr	240	8,9
<sup>97</sup> Zr	240	8,9
<sup>95</sup> Nb	240	8,9
<sup>99</sup> Mo	1600	59,0
<sup>99m</sup> Tc	1400	52,0
<sup>103</sup> Ru	1150	42,6
<sup>105</sup> Ru	575	21,3
<sup>129</sup> Te	4 250	157,5
<sup>129m</sup> Te	1 500	55,5
<sup>131m</sup> Te	2 250	83,5
<sup>132</sup> Te	18 000	665,0
<sup>131</sup> I	8 500	314,5
<sup>132</sup> I	12 000	444,0
<sup>133</sup> I	17 000	630,0
<sup>134</sup> I	20 000	740,0
<sup>135</sup> I	15 000	555,0
<sup>133</sup> Xe	67 500	2500,0
<sup>135</sup> Xe	10 500	388,5
<sup>134</sup> Cs	190	6,3
<sup>137</sup> Cs	575	21,3
<sup>140</sup> Ba	1 600	59,0
<i>Сумма</i>	<i>245 560</i>	<i>9090,0</i>

При проведении расчетов было принято, что эффективная высота выброса составляет 150 м, при этом выброс радионуклидов в атмосферу происходит равномерно в течение 6 ч.

Кроме того, было принято следующее распределение радионуклидов по физико-химическим формам:

- нуклиды инертных радиоактивных газов — 100% в газообразном виде;
- нуклиды йода — 10% в органическом виде, 60% в молекулярном виде и 30% в аэрозольном виде;
- все остальные нуклиды — 100% в аэрозольном виде.

Выброс распространяется в направлении на северо-восток от источника (225°) со скоростью 4 м/с при категории устойчивости атмосферы D, осадки отсутствуют. Шероховатость поверхности — 0,1 м (неоднородная поверхность с травой, кустарниками, деревьями).

Расчетная траектория движения облака выброса и формирование радиоактивного следа показаны на рис. 31. Данные по дозам облучения населения приведены на рис. 32—34 и в табл. 2.

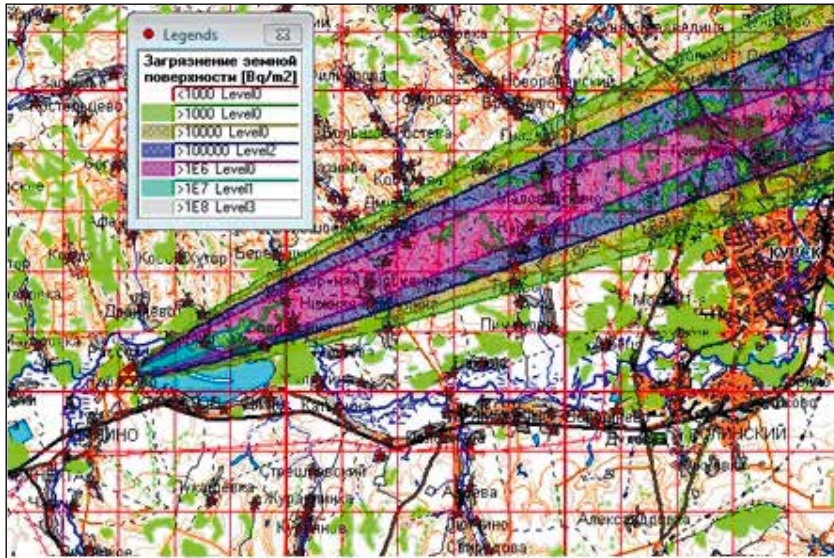


Рис. 31. Результаты предварительного прогноза последствий аварии

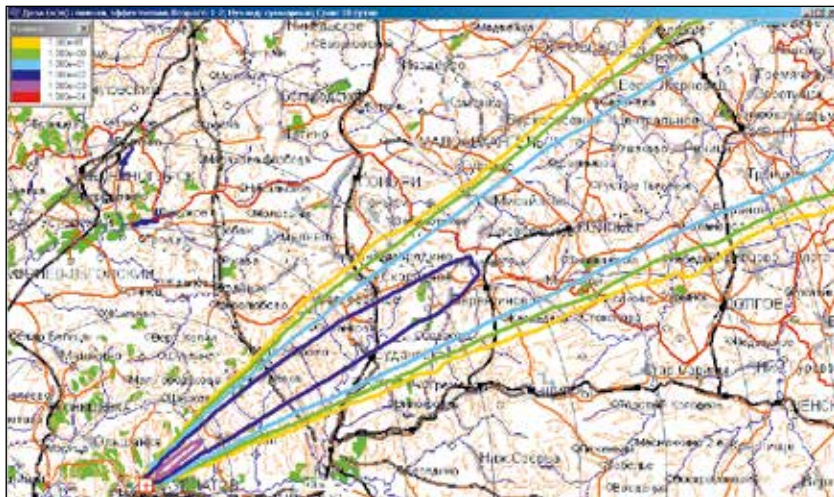


Рис. 32. Полная эффективная доза за 10 сут, мЗв (для критической группы «Дети одного-двух лет»)

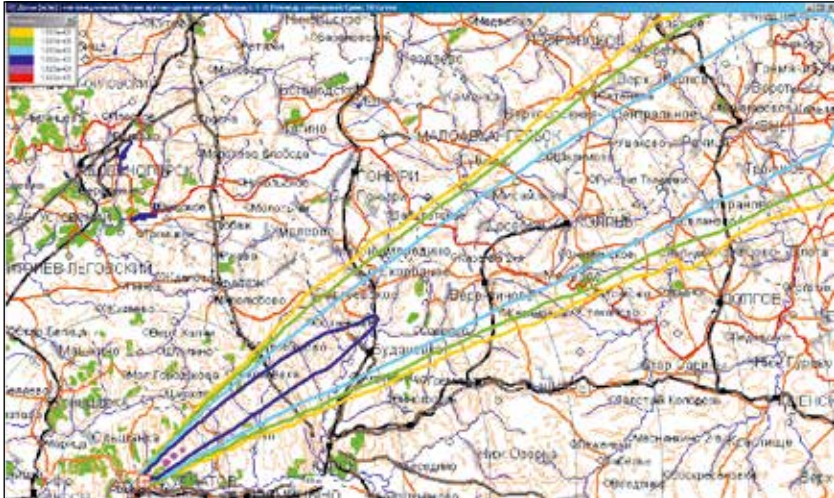


Рис. 33. Ингаляционная доза на щитовидную железу для детей одного-двух лет за 10 сут, мЗв



Рис. 34. Ингаляционная доза на щитовидную железу для взрослых (старше 17 лет) за 10 сут, мЗв

**Таблица 2. Дозы облучения населения на оси следа  
в результате условной аварии**

Расстояние от АЭС, км	Доза на щитовидную железу, мЗв		Доза на все тело, мЗв
	Взрослые	Дети	
1	1,3E+3	2,6E+3	3,5E+2
2	4,6E+3	9,5E+3	1,3E+3
3	1,0E+4	2,1E+4	2,7E+3
4	1,2E+4	2,5E+4	3,3E+3
5	1,3E+4	2,6E+4	3,4E+3
6	1,1E+4	2,2E+4	2,9E+3
7	1,0E+4	2,1E+4	2,8E+3
8	9,2E+3	1,9E+4	2,6E+3
9	8,5E+3	1,7E+4	2,4E+3
10	7,9E+3	1,6E+4	2,2E+3
12	6,5E+3	1,3E+4	1,8E+3
14	5,3E+3	1,1E+4	1,5E+3
16	4,5E+3	9,2E+3	1,3E+3
18	4,0E+3	8,2E+3	1,1E+3
20	3,5E+3	7,1E+3	9,9E+2
22	3,0E+3	6,2E+3	8,7E+2
24	2,5E+3	5,1E+3	7,2E+2
26	2,2E+3	4,4E+3	6,3E+2
28	1,9E+3	3,9E+3	5,5E+2
30	1,6E+3	3,3E+3	4,7E+2
35	1,5E+3	3,0E+3	4,2E+2
40	9,9E+2	2,0E+3	3,0E+2
50	6,5E+2	1,3E+3	1,9E+2

Представленные расчетные данные показывают, что рассмотренный сценарий представляет собой тяжелую аварию с радиологическими последствиями, выходящими за пределы зоны наблюдения (ЗН) объекта. На расстояниях практически до 29 км прогнозируемая доза излучения за 10 сут достигает уровней, при которых необходимо срочное вмешательство — эвакуация населения (по критерию величины дозы на все тело). В соответствии с НРБ-99/09 в населенных пунктах, попадающих в зону следа, требуется безусловное проведение срочных мер защиты — эвакуации, йодной профилактики, укрытия. Внутри ЗН данный вариант предусматривает единственную меру защиты — жители всех населенных пунктов, попадающих в зону следа, должны быть эвакуированы.

На основании этих выводов в перечень учебных вопросов КШУ были включены вопросы планирования, организации и проведения мероприятий по эвакуации населения городов и районов, входящих в 30-километровую зону. В ходе этих мероприятий осуществлялось практическое развертывание эвакуационных органов, пунктов эвакуации муниципальных районов, сети наблюдения и лабораторного контроля, а также организация и проведение первоочередных мероприятий по жизнеобеспечению эвакуированного населения.

*Имитация показаний территориальной системы радиационного мониторинга.* На основе рассмотренного аварийного сценария специалистами АНО ЦАБ ИБРАЭ РАН было разработано программное обеспечение для имитации показаний постов контроля КТ АСКРО и результатов измерений параметров радиационной обстановки средствами ПХРЛ, а также показаний АСКРО СЗЗ и ЗН Курской АЭС (далее — имитатор).

В ходе учений запуск имитатора был синхронизирован по времени с аварийным событием (выходом радионуклидов в окружающую среду). Далее в режиме реального времени (с учетом заданных метеорологических данных и высоты выброса) на карте Курской области в рабочем окне имитатора отображалось срабатывание постов контроля с указанием значений мощности дозы в местах их расположения. Посты контроля срабатывали по мере того, как они попадали в зону прохождения облака, сформированного при условном аварийном выбросе. На рис. 35 показаны посты контроля КТ АСКРО и АСКРО СЗЗ и ЗН Курской АЭС, сработавшие в результате прохождения радиоактивного облака от условного аварийного выброса. Аналогичным образом с помощью имитатора моделировались значения мощности дозы гамма-излучения, которые измерялись при движении ПХРЛ по маршруту ее следования из Курска в Фатеж (в перпендикулярном оси следа направлении) с частотой одно измерение за две минуты (рис. 36).

*Итоги и выводы по результатам учений.* В ходе учений оценивались действия участников КШУ, а также возможности и достаточность коммуникационного, программно-технического и инженерного оборудования, использованного в учениях.

Во время учений были проверены все элементы аварийного реагирования, созданные или модернизированные в ходе работ по реализации соглашения между Госкорпорацией «Росатом» и администрацией Курской области. На основе анализа результатов учений будут подготовлены рекомендации по корректировке «Плана защиты населения в случае общей радиационной аварии на Курской атомной станции», доработке элементов Курской территориальной системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования, усовершенствованию схем и порядка взаимодействия организаций и учреждений Т и ФП РСЧС Курской области.





По результатам КШУ можно сделать следующие выводы.

1. Учения являются одним из основных методов отработки мероприятий территориальной подсистемы РСЧС субъекта Федерации и отраслевой системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций Госкорпорации «Росатом» по защите персонала, населения и территорий в случае ЧС с радиационным фактором.
2. Учения стали итоговым мероприятием в рамках выполнения работ по соглашению между Госкорпорацией «Росатом» и Администрацией Курской области, направленным на отработку действий руководства области и организаций — участников Курской территориальной системы аварийного реагирования по ликвидации последствий радиационной аварии, организации и проведению мероприятий по защите населения включая эвакуацию населения из 30-километровой зоны. Данные КШУ, проведенные в рамках реализации мероприятия ФЦП ЯРБ, стали одними из первых учений подобного масштаба в европейской части России (за исключением ежегодных комплексных противоаварийных учений, проводимых ОАО «Концерн Росэнергоатом»).
3. Важнейшим результатом учений можно считать организацию и обеспечение устойчивого взаимодействия между территорией размещения ЯРОО и Госкорпорацией «Росатом». За счет этого повышается оперативность и качество принимаемых решений по локализации и ликвидации последствий ЧС с радиационным фактором на предприятиях и организациях Госкорпорации «Росатом».
4. Учения показали, что для принятия решений по ликвидации последствий радиационных аварий и инцидентов территориям и отрасли необходимы единые актуальные и обновляемые информационные ресурсы по инфраструктуре территорий размещения ЯРОО (основные характеристики ЯРОО, важные с точки зрения реагирования, демография, климат, транспортная сеть, имеющиеся силы и средства для ликвидации ЧС и т. п.).
5. Мероприятия такого уровня, безусловно, направлены на демонстрацию населению постоянной готовности сил и средств отрасли (совместно с центрами научно-технической поддержки ведущих научных организаций и учреждений) к ликвидации последствий возможных радиационно опасных ситуаций.
6. Целесообразно проведение аналогичных учений и в других субъектах Федерации, где планируются работы по развитию территориальных систем аварийного реагирования, с привлечением отраслевой системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций Госкорпорации «Росатом».

Участие в учениях руководства Курской области позволило:

- реально оценить возможности реализуемой системы раннего предупреждения персонала и населения в случае радиационных аварий на радиационно опасных объектах;
- проверить работоспособность и достаточность создаваемых сил и средств обеспечения эффективного противоаварийного реагирования для разрешения чрезвычайных ситуаций и смягчения последствий этих аварий в Курской области;
- проверить технические возможности системы по информационному обеспечению населения и органов управления области в отношении складывающейся радиоэкологической ситуации включая аварийные выбросы на радиационно опасных объектах Курской области.



## Заключение

Передовая мировая практика в сфере снижения рисков возникновения чрезвычайных ситуаций радиационного характера в обязательном порядке предусматривает наличие инфраструктур, обеспечивающих мониторинг текущей обстановки в режиме реального времени, а также оперативное реагирование на аварии и инциденты с радиационным фактором на федеральном, региональном и объектовом уровнях.

Как отмечают эксперты МАГАТЭ, одна из важнейших задач, которые стоят перед правительствами стран, использующих атомную энергию, состоит в создании устойчивого механизма и потенциала аварийной готовности и реагирования, позволяющего принимать своевременные и эффективные меры реагирования в случае радиационной аварийной ситуации.

В условиях инновационного развития атомной отрасли созданные специалистами ИБРАЭ РАН системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования соответствуют современным стандартам ядерной и радиационной безопасности. Их развитие осуществляется не за счет простого увеличения сил и средств, а на основе системного подхода, учитывающего приоритетные направления развития отрасли, современные достижения науки и техники, географию размещения атомных объектов и территорий, оптимизацию размещения сил и средств, а также социально-экономические факторы.

Подходы к созданию таких систем безопасности, опирающиеся сегодня прежде всего на опыт построения их в регионах, в дальнейшем будут совершенствоваться за счет накопленного потенциала знаний и компетенций.

Высокая технологичность атомной отрасли предъявляет специфические требования к организации противоаварийного реагирования на возможные аварии и инциденты. Регулярная деятельность органов управления по предупреждению чрезвычайных ситуаций радиационного характера, а также адекватное, эффективное и своевременное реагирование на них являются ключевыми факторами, снижающими риски неблагоприятного воздействия на население и окружающую среду.

Обостренное восприятие радиационных рисков общественностью, а также зачастую лицами, принимающими решения по защите населения, является особым фактором уязвимости социально-экономической сферы при радиационно опасных ситуациях даже в случае незначительных рисков.

Одной из главных задач в этой работе является недопущение социальной напряженности в случае возникновения радиационных аварий или инцидентов. Это достигается путем своевременного информирования населения о реальной радиационной обстановке и целесообразных действиях в случае возникновения аварийных ситуаций радиационного характера.

Процесс формирования мероприятий по информированию общественности при аварии на АЭС «Фукусима-1» показал слабую эффективность имевшейся в Японии системы принятия управленческих и технических решений. Основная причина — отсутствие единого национального центра для решения задач научно-технической поддержки реагирования на чрезвычайные ситуации с радиационным фактором.

На сегодня системы автоматизированного контроля радиационной обстановки реализованы многими производителями и поставщиками оборудования радиационного контроля в России, в том числе НПП «Доза», НПО «Тайфун», НТЦ «РИОН», НПЦ «Аспект» и др.

Под руководством Госкорпорации «Росатом» создаются объектовые АСКРО, которые впоследствии интегрируются в территориальные системы контроля радиационной обстановки.

Вместе с тем привлекательность немедленного внедрения в практику идей создания автоматизированных систем должна соотноситься с их реальной готовностью к внедрению и дальнейшему эффективному использованию. Всестороннее технико-экономическое обоснование новых систем должно удовлетворять современным требованиям безопасности и требует большого объема научных исследований и получения соответствующих баз знаний. В первую очередь речь идет о необходимости использования мощной научно-технической поддержки, которую оказывает Технический кризисный центр ИБРАЭ, при решении сложных технических и научных задач, возникающих в процессе аварийного реагирования. Безусловно, это возможно только на основе глубоких знаний и понимания возможных процессов реагирования, выработки рекомендаций для принятия решений.

Ярким примером научно-технического подхода к разработке таких систем являются системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования, созданные в Мурманской, Архангельской, Курской, Калужской и других областях. В настоящее время в 12 регионах Российской Федерации созданы и успешно функционируют системы противоаварийного реагирования на радиационные аварии и инциденты.

За последние пять лет в Мурманской и Архангельской областях проведены миссии МАГАТЭ по оценке уровня готовности к реагированию на радиационные аварии. По результатам их работы выпущен отчет, в котором эксперты МАГАТЭ высоко оценили уровень аварийной готовности Мурманской и Архангельской областей. В отчете приведены рекомендации, ориентированные на международный уровень, которые учтены при проведении последующих работ по созданию аналогичных систем.

В частности, эксперты МАГАТЭ отметили следующее: «Проект оказал очень сильное воздействие на уровень готовности к чрезвычайным ситуациям.

Все вновь созданные элементы системы находятся в рабочем состоянии: автоматизированная система контроля радиационной обстановки, обмен данными, видеоконференцсвязь, передвижные радиометрические лаборатории, дистанционная экспертная поддержка и т. д. Новая система может быть образцом для других аналогичных проектов. <...> Осуществление проекта во многом способствовало улучшению инфраструктуры. Стационарные и передвижные системы мониторинга, средства связи и оценки, прогностическое программное обеспечение обновляются и становятся доступными для различных организаций, участвующих в мероприятиях по аварийному реагированию».

Специалисты МАГАТЭ констатировали, что принятые в субъектах Федерации превентивные меры соответствуют рекомендациям агентства, а сами системы реализованы на самом высоком уровне.

Научное издание

## **ТРУДЫ ИБРАЭ**

*Под общей редакцией чл.-кор. РАН Л. А. Большова*

Выпуск 15

# **РАЗВИТИЕ СИСТЕМ АВАРИЙНОГО РЕАГИРОВАНИЯ И РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА**

*Утверждено к печати Ученым советом  
Института проблем безопасного развития атомной энергетики  
Российской академии наук*

Редактор *А. И. Иоффе*

Издательство «Наука»  
117997, Москва, Профсоюзная ул., 90

Оригинал-макет подготовлен ИБРАЭ РАН  
Иллюстрации приведены в авторской редакции

Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная 80 г/м<sup>2</sup>  
Печать офсетная. Гарнитура «Оффицина»  
Тираж 500 экз. Уч.-изд. л. 00,0. Заказ № 00000

Заказное

Отпечатано с готовых диапозитивов типографией

## **Сборники научных трудов ИБРАЭ РАН**

Под общей редакцией члена-корреспондента РАН

*Л. А. Большова*

**Выпуск 14: «Методы прямого численного моделирования в двухфазных средах», 2013 г.**

**Выпуск 13: «Авария на АЭС «Фукусима-1»: опыт реагирования и уроки»** под научной редакцией профессора, доктора физико-математических наук *Р. В. Арутюняна*, 2013 г.

**Выпуск 12: «Разработка и применение интегральных кодов для анализа безопасности АЭС»** под научной редакцией профессора, доктора физико-математических наук *Р. В. Арутюняна*, 2013 г.

**Выпуск 11: «Вопросы радиоэкологии»** под научной редакцией профессора, доктора физико-математических наук *И. И. Линге*, 2009 г.

**Выпуск 10: «Безопасность и надежность газотранспортной системы»,** под научной редакцией профессора, доктора физико-математических наук *В. М. Головизнина*, 2009 г.

**Выпуск 9: «Моделирование распространения радионуклидов в окружающей среде»** под научной редакцией профессора, доктора физико-математических наук *Р. В. Арутюняна*, 2008 г.

**Выпуск 8: «Свободная конвекция и теплоотдача жидкости с внутренними источниками тепла»** под научной редакцией члена-корреспондента РАН, доктора физико-математических наук *Л. А. Большова*, 2008 г.

**Выпуск 7: «Физические модели аномального переноса примеси в сильно неоднородных средах»** под научной редакцией члена-корреспондента РАН, доктора физико-математических наук *Л. А. Большова*, 2008 г.

**Выпуск 6: «Механика преднапряженных защитных оболочек АЭС»** под научной редакцией профессора, доктора физико-математических наук *Р. В. Арутюняна* (на рус. и англ. языках), 2008 г.

**Выпуск 5: «Models of the MFPR Code for Fission Products Release from Irradiated UO<sub>2</sub> Fuel»** («Модели выхода продуктов деления из облученного топлива») под научной редакцией профессора, доктора физико-математических наук *Р. В. Арутюняна* (на англ. языке), 2008 г.

**Выпуск 4: «Численные схемы решения систем гиперболического типа для моделирования ударно-волновых процессов в двухфазных средах»** (на рус. и англ. языках) под научной редакцией профессора, доктора физико-математических наук *В. М. Головизнина*, 2008 г.

**Выпуск 3: «Методы вычислительной гидродинамики для анализа безопасности объектов ТЭК»** (на рус. и англ. языках) под научной редакцией доктора физико-математических наук *В. Ф. Стрижова*, 2008 г.

**Выпуск 2: «Численные исследования естественно-конвективных течений затвердевающей жидкости»** под научной редакцией доктора физико-математических наук *В. Ф. Стрижова*, 2007 г.

**Выпуск 1: «Models for the Fuel Rod Materials Interaction during Reactor Core Degradation under Severe Accident Conditions at NPP»** («Модели взаимодействия материалов топливных элементов в процессах разрушения активной зоны реактора при тяжелых авариях на атомных станциях») под научной редакцией доктора физико-математических наук *В. Ф. Стрижова* (на англ. языке), 2007 г.

Под редакцией академиков РАН  
*А. А. Саркисова и Г. А. Филиппова*

Коллективный сборник ИБРАЭ РАН и Института теплофизики им. С. С. Кутателадзе Сибирского отделения РАН: **«Фундаментальные проблемы моделирования турбулентных и двухфазных течений»**. Том 3, 2012 г.

Коллективный сборник ИБРАЭ РАН и Института теплофизики им. С. С. Кутателадзе Сибирского отделения РАН: **«Фундаментальные проблемы моделирования турбулентных и двухфазных течений»**: Том 1: «Теория и эксперимент»; Том 2: «Численное моделирование», 2010 г.

## **Монографии ИБРАЭ РАН (в том числе коллективные)**

*Е. Ф. Селезнев. Кинетика реакторов на быстрых нейтронах, 2013 г.*

*А. А. Саркисов, В. Н. Пучков. Нейтронно-физические процессы в быстрых реакторах с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем, 2011 г.*

*Коллектив авторов. Атомные станции малой мощности: новое направление развития энергетики* (по материалам межотраслевой межрегиональной научно-технической конференции «Перспектива развития системы атомных станций малой мощности в регионах, не имеющих централизованного электроснабжения», состоявшейся 11—12 ноября 2010 г. в Президентском зале Российской академии наук), 2011 г.

*Л. А. Большов, А. А. Боровой, Е. П. Велихов, А. А. Ключников. Ядерное топливо в объекте «Укрытие» Чернобыльской АЭС, 2010 г.*

*В. В. Демьянов, Е. А. Савельева. Геостатистика: теория и практика, 2010 г.*

*А. В. Носов, А. Л. Крылов, В. П. Киселев, С. В. Казаков. Моделирование миграции радионуклидов в поверхностных водах, 2010 г.*

*Коллектив авторов. Аномальная диффузия радионуклидов в сильно-неоднородных геологических формациях, 2010 г.*

*Коллектив авторов. Стратегические подходы к решению экологических проблем, связанных с выведенными из эксплуатации объектами атомного флота на Северо-Западе России, 2010 г.*

*А. А. Саркисов, Л. Б. Гусев, Р. И. Калинин. Основы теории и эксплуатации судовых ядерных реакторов, 2008 г.*

*С. В. Казаков, С. С. Уткин. Подходы и принципы радиационной защиты водных объектов, 2008 г.*

*А. И. Иойрыш, А. А. Козодубов, В. Г. Маркаров, В. Г. Терентьев, А. Б. Чопорняк. Нормативное правовое обеспечение безопасности при выводе из эксплуатации ядерно- и радиационно опасных объектов атомного флота России, 2008 г.*

