

# Реализация принципов управляющего хранилища в системах экологического мониторинга

Э.Г. Прохорова, И.А. Степановская, Л.А. Сырых

**Аннотация.** Современные системы экологического мониторинга представляют собой сложные информационно-управляющие комплексы, оперирующие с большими объемами информации. Способы организации информационного обеспечения в таких системах составляют фундаментальную проблему. На основе анализа особенностей различных видов документооборота систем экологического мониторинга предлагается кластерный подход к построению архитектуры хранилища документальной информации.

## Введение

В настоящее время система экологического мониторинга России является крупномасштабной системой по охвату территорий, объему регистрируемых данных, методологической и технологической оснащенности.

Она строится в виде разветвленной структуры типовых служб, которые по уровню задач контроля разделяются на федеральные, окружные, региональные, городские, районные, объектные. По специализации они включают в себя службы контроля воздушной среды, водных объектов, отходов, природопользования и др. Процессы измерений экологических параметров могут проводиться по различным методикам, с помощью измерительной техники, работающей на различных физических принципах, и с использованием различных методов химического анализа. Следует отметить непрерывное совершенствование и высокую эффективность системы экологического мониторинга. При этом на фоне непрерывного расширения служб все более сложной становится проблема получения системных оценок экологических рисков. Разное качество экологического кон-

троля, несвязанность программ наблюдений, ведомственная разобщенность – факторы, препятствующие внедрению системного подхода, основанного на принципах стандартизации, унификации и повторного использования.

Наиболее глубокое осознание остроты проблемы создания типовой службы системного экологического мониторинга пришло после подписания Россией «Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и его уничтожения» в ноябре 1997 года. Оно стимулировало появление предприятий промышленно-экологического мониторинга (ПЭМ). По своему функциональному назначению ПЭМ представляет собою основанный на методах системного анализа наукоемкий комплекс измерения и оценки экологического воздействия предприятия, уничтожающего химическое оружие, на окружающую среду. Его основная цель – решение проблем экологического контроля, традиционно возлагаемых на разные специализированные службы. К этим проблемам относятся:

- совместный контроль загрязнения всех природных сред (воздуха, воды, почвы, биоты);

- выявление наиболее опасных загрязнителей с позиций экологического нормирования и предельно-допустимых вредных воздействий на экосистему;

- ранжирование всех видов экологических рисков с учетом синергетических эффектов;

- системная оценка и прогнозирование состояния экосистемы с учетом основных рисков для работников, населения и окружающей среды;

- скоординированная командная работа персонала экологов, прибористов-измерителей, химиков и аналитиков;

- своевременная поставка достоверной информации внешним организациям, ответственным за минимизацию экологических рисков и рациональное природопользование.

Введение в строй ряда ПЭМ (пп. Горный Саратовской области, Камбарка Удмуртской республики, Марадыковский Кировской области и др.) потребовало разработки новых уникальных технологий организации единой системы многопрофильного экологического мониторинга для оперативного обнаружения и блокировки рисков экологической безопасности [1, 2]. Такая технология предполагает развертывание интегрированной системы дистанционного наблюдения, стационарных и мобильных измерительных комплексов, а также использование новых информационных технологий сбора, долговременного хранения, оперативной обработки измерительных данных.

Следование системному принципу экологического контроля для ПЭМ дополняется требованием организации сбора, анализа и передачи информации в виде документальных материалов. В связи с этим в отличие от классических систем информационная технология ПЭМ по характеру интерфейса с пользователями должна быть согласована с формальными принципами документооборота.

Расширенная номенклатура документальных материалов, значительные объемы представляемой в документах статистической информации, большое количество организаций-корреспондентов, жесткие временные регламенты – все эти факторы позволяют квалифицировать базы документальных данных ПЭМ как сверхбольшие базы данных (Very Large Database – VLDB). Важнейшим условием эффективного

сопровождения VLDB документальной информации является создание высокоавтоматизированной системы анализа данных, документального оформления результатов и их оперативной доставки всем заинтересованным пользователям и организациям [3, 4].

Для прорыва в этой исключительно важной сфере в данной работе предлагается кластерная архитектура хранилища документальной информации ПЭМ, обладающая свойствами информационно-управляющей системы. Кластерная архитектура – наиболее адекватный подход к созданию VLDB, отвечающих требованиям адаптивного конфигурирования в соответствии с изменяющимися потребностями, в том числе непосредственно в процессе работы [5].

В статье рассматривается реализация базовых принципов кластерной организации архитектуры хранилища документальной информации ПЭМ и отмечаются особенности организации отдельных видов документооборота, необходимых для информационного обеспечения системы.

## **1. Базовые принципы кластерной архитектуры хранилища документальной информации ПЭМ**

Кластерная архитектура хранилища документальной информации предусматривает использование унифицированного базиса конфигурируемых между собой типовых накопителей информации. К базисным элементам относятся такие проблемно-ориентированные модули, как Электронная библиотека, Архив сводок мониторинга, Электронный план, Журнал сообщений, Графический процессор, Аналитический процессор (Рис. 1).

Каждый из перечисленных типов накопителей информации характеризуется индивидуальным стандартом хранения и сопровождения информации (данных, диаграмм, неструктурированных текстов, сигналов). Однако их важное преимущество в составе кластерной архитектуры состоит в том, что они допускают использование единой системы коммуникационных и информационных технологий, включая систему запросов, календарное планирование процессов накопления, обработки и рассылки информации, электронную

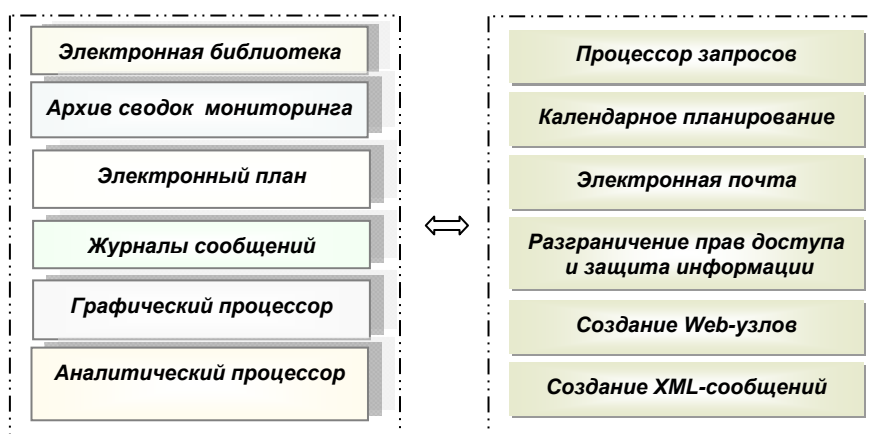


Рис.1

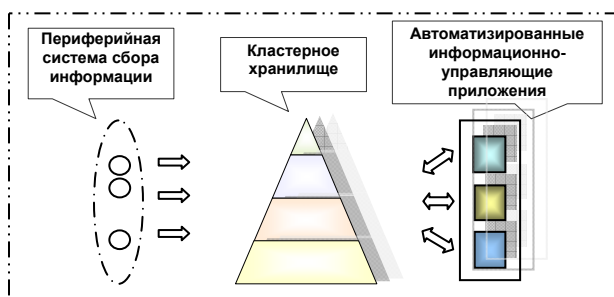


Рис.2

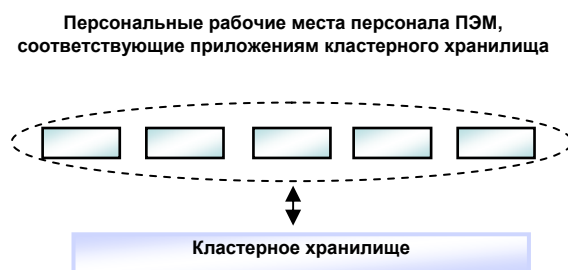


Рис.3

почту, систему разграничения доступа к данным и защиты информации, сервис создания Web-узлов и XML-сообщений и др. При этом разнообразные приложения экологического мониторинга, которые реально выполняются на разных накопителях, функционируют как единая система (Рис.2).

Документ, представляющий входные и выходные данные хранилища, – логическая единица. Он может состоять из текста, рисунков, таблиц, диаграмм, которые могут формироваться в разных накопителях. Обязательному хранению подлежит не сам документ, а его структурное описание, которое редактируется специальной программой.

Пользовательский сервис электронного документооборота ПЭМ реализуется в виде системы персональных рабочих мест доступа к данным хранилища, поддерживающих проблемно-ориентированные приложения (Рис.3).

В минимальной конфигурации система приложений хранилища документальных данных ПЭМ представлена на Рис. 4.

## 2. Распорядительный документооборот

Функцией **распорядительного (организационного) документооборота** является планирование действий и распределение функций персонала ПЭМ в штатных и нештатных ситуациях, а также формирование отчетности о ходе исполнения этих планов, позволяющей контролировать и оперативно управлять уровнем исполнительской дисциплины.

На Рис.5 представлено главное МЕНЮ системы.

Пункты меню Реестр оргмероприятий, Еже-недельник и Синтез хранилища обеспечивают доступ к сервису ввода и загрузки в хранилище штатных регламентов действий персонала ПЭМ. Например, инструментальный экран Реестр оргмероприятий (Рис.6) обеспечивает регистрацию этих регламентов в виде самостоятельных планов периодических и разовых мероприятий, пункты которых имеют стандартную иерархическую нумерацию и соответствуют конкретным заданиям,



Рис.4.

адресованным конкретной команде исполнителей с указанием сроков выполнения и требуемой формы отчетности.

Запоминание плана, представленного в хранилище, обеспечивает системе возможность выполнения функции автоматической электронной почты, способной к формированию на каждый текущий день и час списка предварительных уведомлений исполнителям о наступлении сроков выполнения соответствующих мероприятий. Пункт меню Рассылка уведомлений обеспечивает пользователям возможность ознакомления с соответствующими уведомлениями. Пункт меню Исполнение мероприятий предоставляет сервис регистрации даты получения отчетов от исполнителей о проведении какого-либо мероприятия.

Инструментальный экран Контроль исполнительской дисциплины (Рис.7) предназначен для доступа к информации о ходе и своевременности исполнения запланированных мероприятий. По каждому из выбранных пользователем текущих планов система выдает информацию о планируемых и просроченных мероприятиях.

Выдача информации возможна в различных разрезах (по планам, событиям, исполнителям, мероприятиям и типам контроля и др.).

Возможной (и весьма полезной) областью использования описываемой системы распорядительного документооборота может стать организация учебного тренажера командной деятельности сотрудников в нештатных и чрезвычайных условиях.

### 3. Эксплуатационный документооборот

Другой важной компонентой кластерного документооборота ПЭМ является **эксплуатационный документооборот**, формирующий документы, связанные с процессом сопровождения изделий измерительной техники. Функцией эксплуатационного документооборота является предоставление пользователям следующих возможностей.

- Удобная форма контроля состояния укомплектованности измерительных комплексов.
- Необходимые сервисы для формирования документальных заявок отделам, поддерживающим жизненный цикл изделий (отделу материально-технического снабжения, складу, отделу эксплуатации для установки, контроля, поверки, снятия с эксплуатации и утилизации изделий).
- Анализ процесса эксплуатации изделий (получение обобщенных показателей качества изделий по типам, изготовителям, оценка деятельности службы эксплуатации, рекомендации по рациональному объему изделий на складе и в запасе).

Система эксплуатационного документооборота поддерживает решение следующих организационных задач.

- Инвентаризация изделий и ресурсов.
- Информационная поддержка принятия управленческих решений.
- Оптимизация работы службы эксплуатации изделий.
- Повышение качества контроля и формирования отчетности по операциям службы эксплуатации.
- Повышение исполнительской дисциплины.

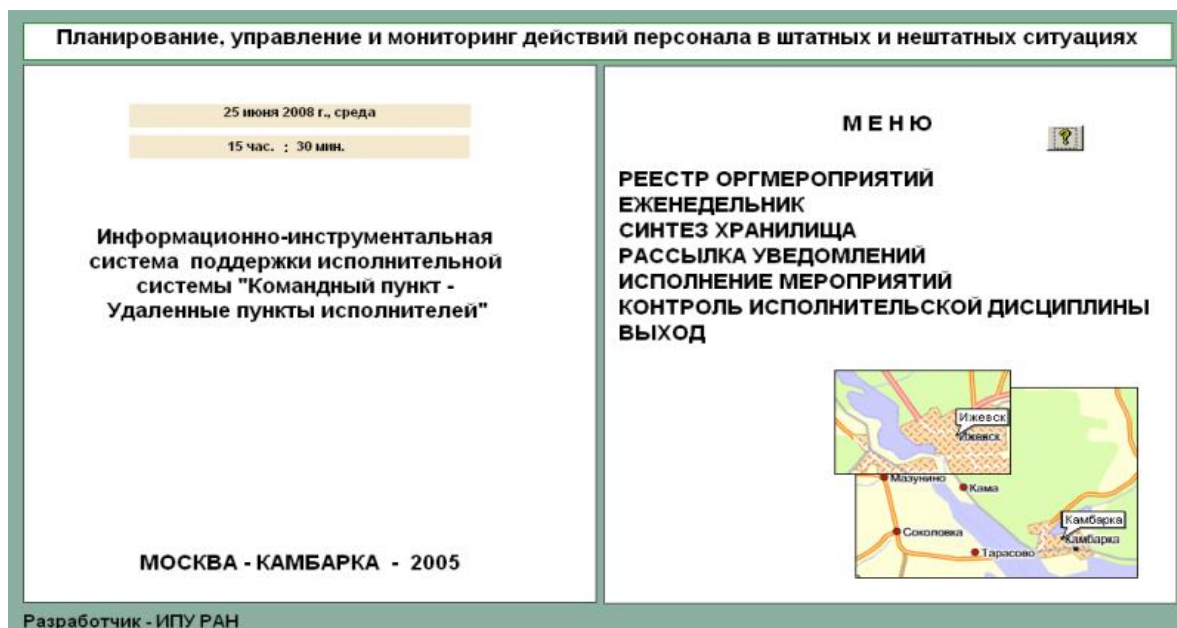


Рис.5.

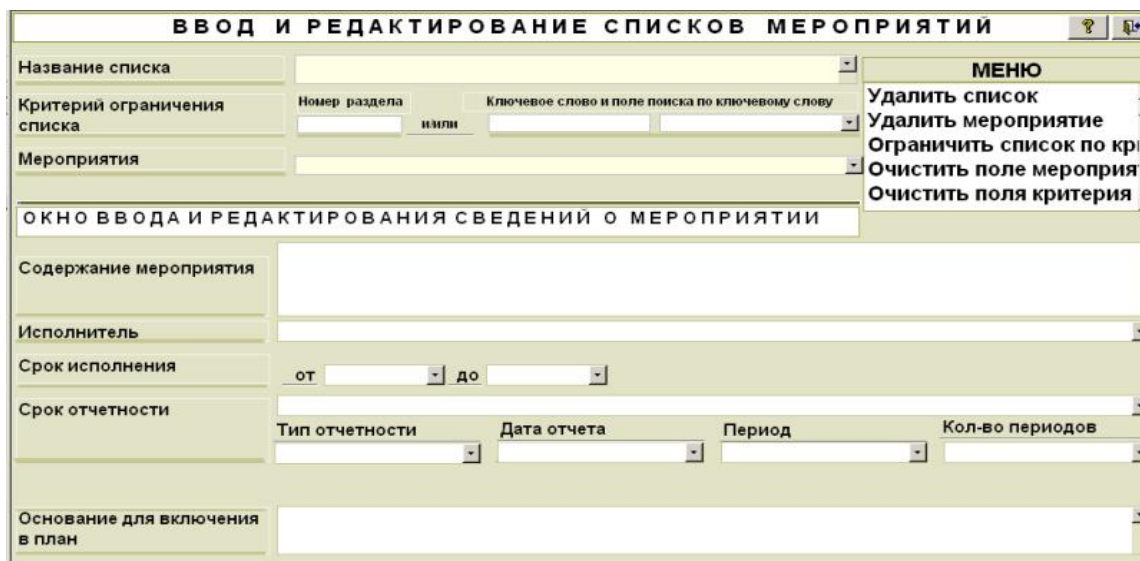


Рис.6.

Главное меню представлено на Рис. 8.

Система инструментальных средств Настройка предназначена для регистрации "принципиальной схемы измерительной системы", включающей следующие компоненты:

- структура используемых измерительных комплексов (на уровне комплектующих приборов);
- наборы контролируемых параметров;
- функциональное назначение датчиков и приборов (измеряемые параметры, точность измерения, правила эксплуатации);

- география размещения стационарных измерительных комплексов (географические координаты контрольных точек, а также распределение контрольных точек по зонам экологического контроля и потенциальной экологической опасности);

- функциональное назначение передвижных измерительных комплексов (на уровне географических координат обслуживаемых контрольных точек).

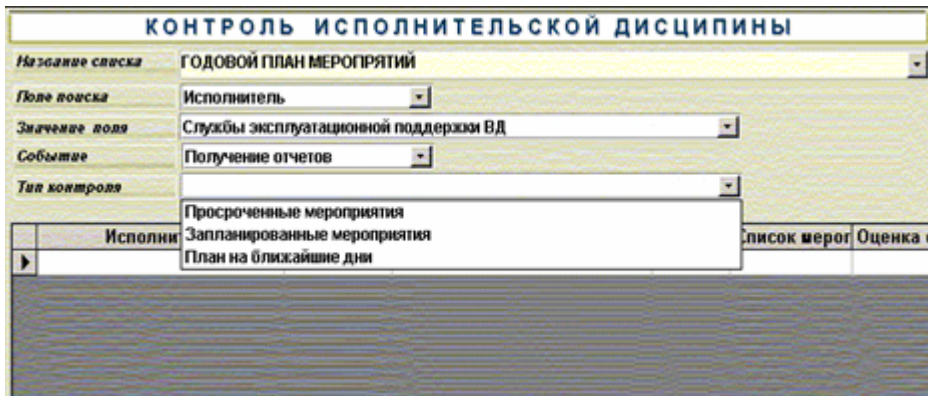


Рис.7

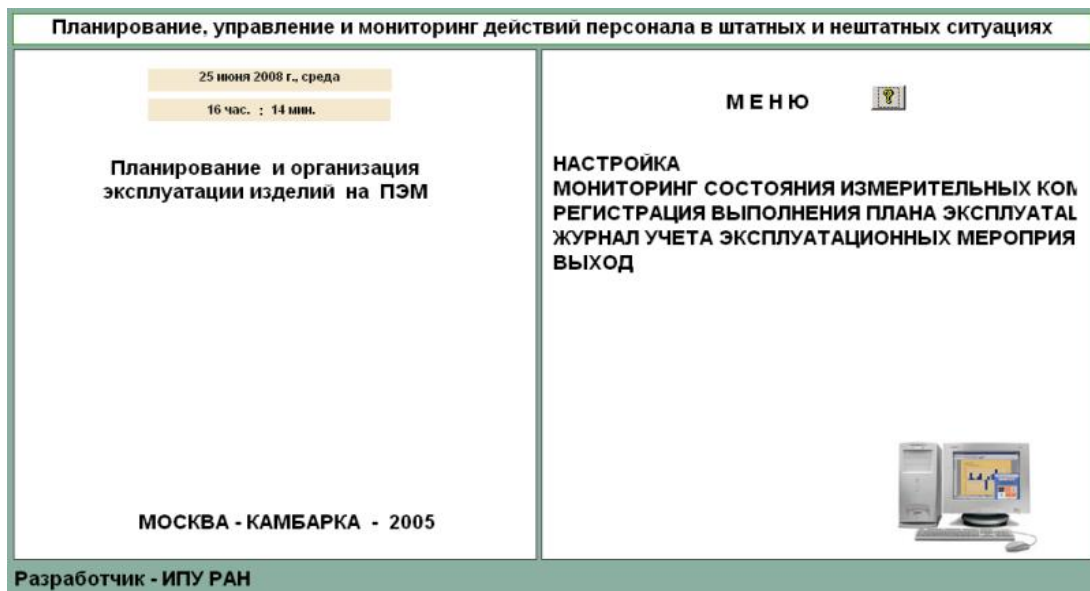


Рис.8.

Регистрация модели производится с помощью типовых инструментальных средств создания соответствующих классификаторов и справочников, например, по характеристикам изделий (Рис.9).

Главный экран мониторинга состояния измерительных комплексов представлен на Рис.10. Он предназначен для анализа текущего состояния укомплектованности измерительных комплексов, а также для планирования мероприятий по техническому обслуживанию, ремонту и проверке установленных на них приборов.

Работа по анализу и планированию начинается с выбора анализируемого измерительного комплекса, для которого автоматически высвечиваются четыре списка, дающих полное представление о

требуемом и реальном состоянии его укомплектованности. К ним относятся: список комплектующих приборов; реальный комплект установленных приборов на текущий день; список отсутствующих приборов; список приборов, находящихся на хранении. По командам предлагаемого меню (Заказ, Поступление, Установка и др.) открывается сервисное окно, обеспечивающее проведение планирования соответствующих эксплуатационных мероприятий. Например, команда Заказ формирует документ-заказ поставщикам приборов. По данной команде для каждого недостающего какого-либо измерительному комплексу прибора осуществляется проверка его наличия в запасе (на складе). В случае отсутствия запаса он включается в формируемый документ-заказ.

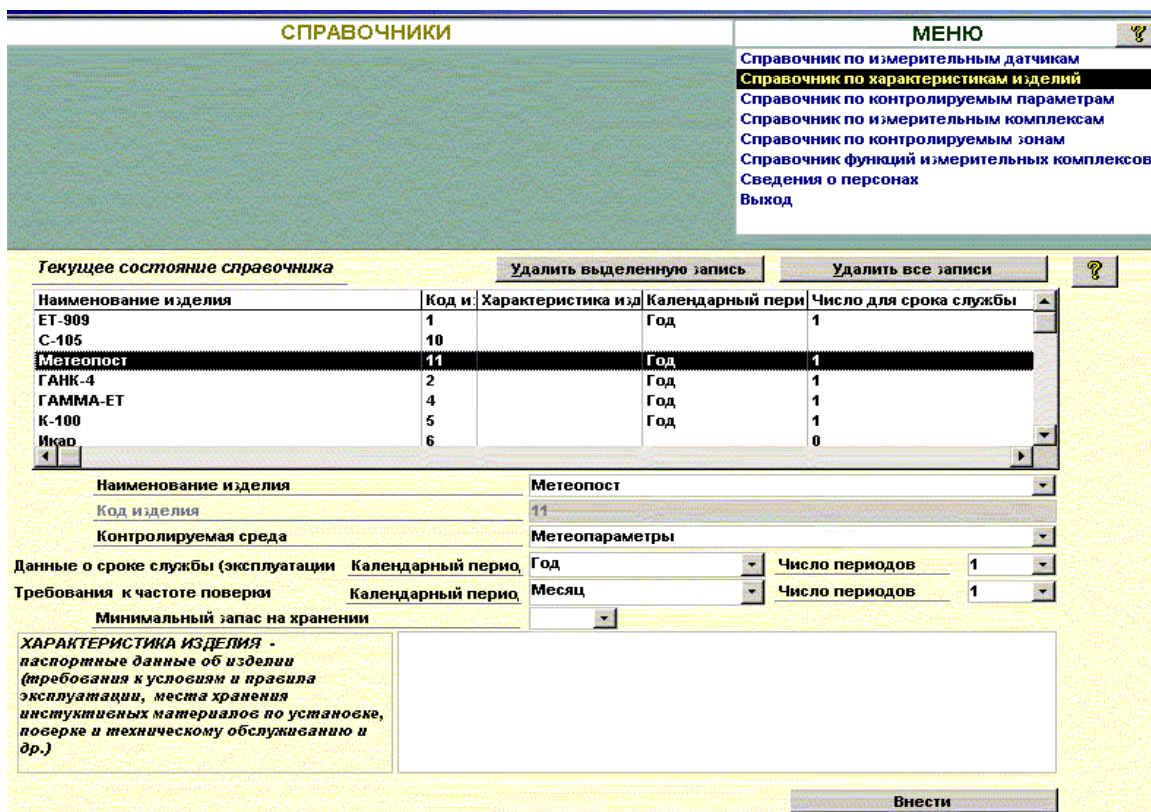


Рис.9.

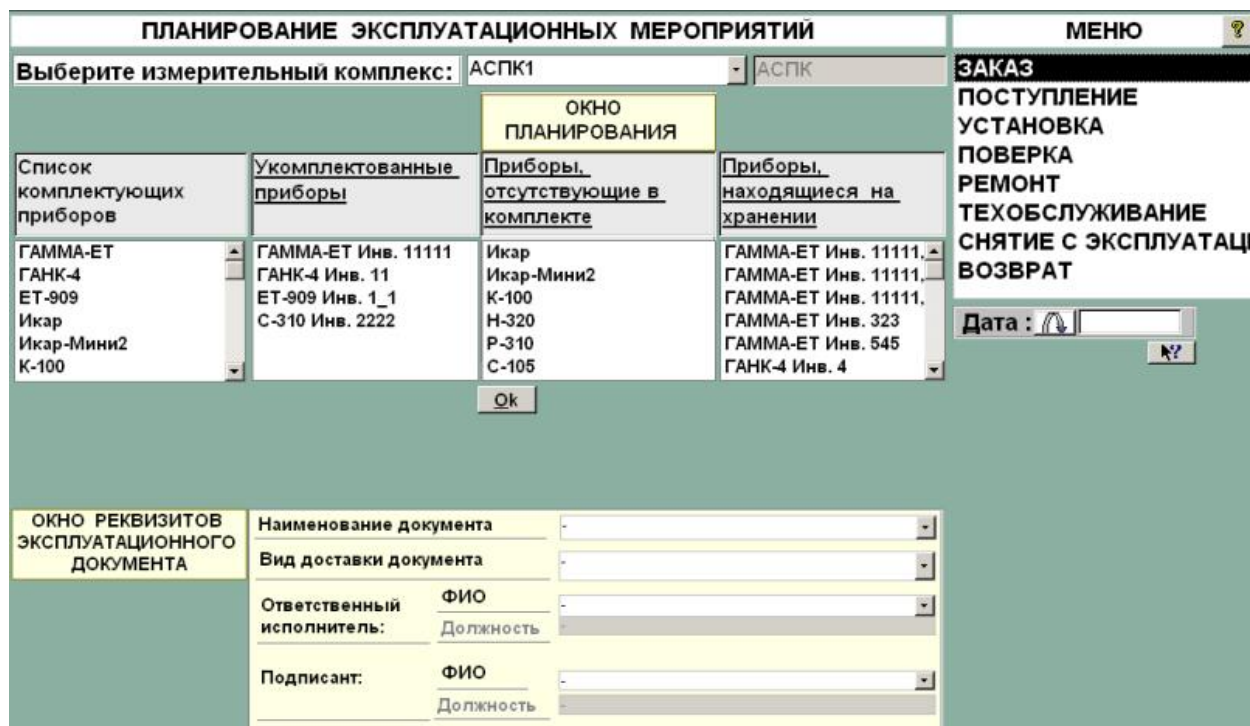


Рис.10.

**РЕГИСТРАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПЛАНА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ**

Дата	Запланированное мероприятие
24-ноя-2006	Снятие изделия по истечению срока службы ГАНК-4 Инв. 99999
24-ноя-2006	Снятие изделия по истечению срока службы ГАММА-ЕТ Инв. 11111,11212121
24-ноя-2006	Снятие изделия по истечению срока службы ГАММА-ЕТ Инв. 11111,112121
24-ноя-2005	Ремонт прибора на измерительном комплексе С-310 Инв. 2222 Место установки
24-ноя-2005	Ремонт прибора на измерительном комплексе С-310 Инв. 2222 Место установки
24-ноя-2005	Ремонт прибора на измерительном комплексе ЕТ-909 Инв. 1_1 Место установки
24-ноя-2005	Ремонт прибора на измерительном комплексе ГАНК-4 Инв. 11 Место установки -
24-ноя-2005	Ремонт прибора на измерительном комплексе ГАНК-4 Инв. 11 Место установки -
24-ноя-2005	Ремонт прибора на измерительном комплексе ГАНК-4 Инв. 10 Место установки -
24-ноя-2005	Ремонт прибора на измерительном комплексе ГАММА-ЕТ Инв. 11111,1 Место уст
20-фев-2006	Оформление заказа на поставку оборудования
20-фев-2006	Оформление заказа на поставку оборудования

Запись: 4 из 12

Введите реквизиты документа:

Наименование документа	-	Дата:	
Вид доставки документа	-		
Ответственный исполнитель:	ФИО		
	Должность		
Подписант:	ФИО		
	Должность		

Ok

Рис.11.

Команда Поступление формирует регистрационный лист поступления приборов на склад и одновременно – распоряжение на установку ожидаемых приборов. Команда Установка оформляет документ о проведенных мероприятиях установки.

По командам Проверка, Ремонт, Техническое обслуживание, Снятие осуществляется планирование мероприятий, относящихся к приборам, установленным на рассматриваемом измерительном комплексе. Для проведения Регистрации выполнения плана эксплуатационных мероприятий (Рис.11) достаточно выбрать из представленного на экране списка запланированных мероприятий то, которое выполнено, ввести дату выполнения, реквизиты соответствующего документа и нажать на кнопку Ok.

Журнал учета эксплуатационных мероприятий (Рис.12) предоставляет пользователям сервис навигации и просмотра записей. С его помощью пользователь может провести ретроспективный анализ проведенных эксплуатационных мероприятий в произвольном разрезе

данных, включая временной, событийный, жизненного цикла прибора, смены приборов в измерительном комплексе и др.

Просмотр журнала начинается с выбора команды Меню "Показать список мероприятий". Для сужения окна просмотра данного списка пользователь может задавать различные критерии поиска по изделиям, идентификационным номерам, этапам жизненного цикла или измерительным комплексам. Выделяя курсором какую-либо запись, пользователь может выбрать команды "Просмотреть регистрационную карточку", "Движение изделий по этапам ЖЦ", "Движение изделий в измерительном комплексе" и получать доступ к соответствующему документу. По команде "Балансовый отчет о движении изделий" система автоматически сформирует все сведения обо всех поступивших изделиях и датах основных этапов их жизненного цикла (поступление, установка, проверка, ремонт, техническое обслуживание, снятие с эксплуатации, утилизация).





Рис.12.

#### 4. Документооборот с федеральной и региональной системами экологического контроля

Документооборот с федеральными и региональными органами экологического контроля предполагает планирование и реализацию процесса периодической рассылки аналитических материалов о состоянии экосистемы на основе архива данных лабораторных анализов, приборов и датчиков сигнализации загрязнения природной среды (воздуха, почвы, воды, донных отложений). Соответствующий пользовательский сервис доступа к архиву представлен системой **документальных и графических шаблонов** просмотра, наглядного представления суточных, недельных, месячных, годовых сводок.

Один из таких шаблонов может быть продемонстрирован на примере формирования суточной сводки результатов ПЭМ воздуха (Рис.13).

Для синтеза сводки достаточно указать дату рассматриваемой сводки, последовательно делая соответствующий выбор в раскрывающихся списках ГОД, МЕСЯЦ и ЧИСЛО. Для выбран-

ной пользователем даты система выведет на экран соответствующую таблицу "Результаты наблюдений". Таблица "Результаты наблюдений" содержит интегрированные сведения обо всех контролируемых примесях, зафиксированных на всех постах наблюдения (на уровне соотношения усредненных за сутки значений предельно допустимых концентраций – ПДК, 5ПДК и 10ПДК). Для выборочного контроля данных произвольной «ячейки» таблицы пользователь может вызвать на экран суточный график каждой примеси на каждом посту (на уровне усреднения на каждый час суток). Для вызова графика достаточно выбрать интересные пользователя элементы из раскрывающихся списков ПРИМЕСЬ и ПОСТ. Разделы экрана СТАТИСТИКА ДНЯ и ДЛЯ СПРАВКИ уточняют представленные на графике конкретные значения СРЕДНЕСУТОЧНОЙ, МАКСИМАЛЬНОЙ и МИНИМАЛЬНОЙ концентрации примеси, а также значения ПДК, 5ПДК и 10ПДК. Пользователь может также уточнить максимальную концентрацию примеси, зафиксированную на любой час суток. Для этого достаточно в разделе СТАТИСТИКА

ЧАСА выбрать из раскрывающего списка соответствующий ЧАС. При подготовке документов к отправке внешним организациям по кнопке ПЕЧАТЬ можно выйти в режим печати документа.

Визуальный шаблон для сравнительного анализа динамики многопараметрических измерений иллюстрируется на примере сводки многодневных наблюдений (Рис. 14).

Шаблон обеспечивает формирование диаграммы, демонстрирующей динамику среднесуточных значений концентраций, зафиксированных на различных постах наблюдения за четыре дня. Диаграмма представляет два процесса: первый показывает динамику среднесуточных значений каждой контролируемой примеси, позволяющую выявить тенденции к возрастанию (убыванию) процесса загрязнений; второй – динамическое упорядочивание контролируемых показателей по значениям, позволяющее выделять примеси, наиболее существенные по величине.

### 5. Планово-отчетный документооборот ПЭМ

**Планово-отчетный документооборот ПЭМ** с природоохранными организациями и органами технадзора предназначен для автоматизации формирования форм федерального государственного статистического наблюдения № 2-ТП (воздух/водхоз/ отходы) и ведения базы данных соответствующей отчетности за предыдущие годы [6]. Система предоставляет возможность получать справки о валовых выбросах загрязняющих веществ в динамике по годам, перечень приоритетных загрязняющих веществ и др. Принципы пользовательского интерфейса иллюстрируются на Рис.15, представляющем меню выбора формы и года соответственно для ввода или просмотра уже введенных данных.

Существенную проблему для экологов составляет ведение пакетов документации, отражающих данные для полного ежегодного анализа экологического воздействия предприятий-природопользователей на окружающую

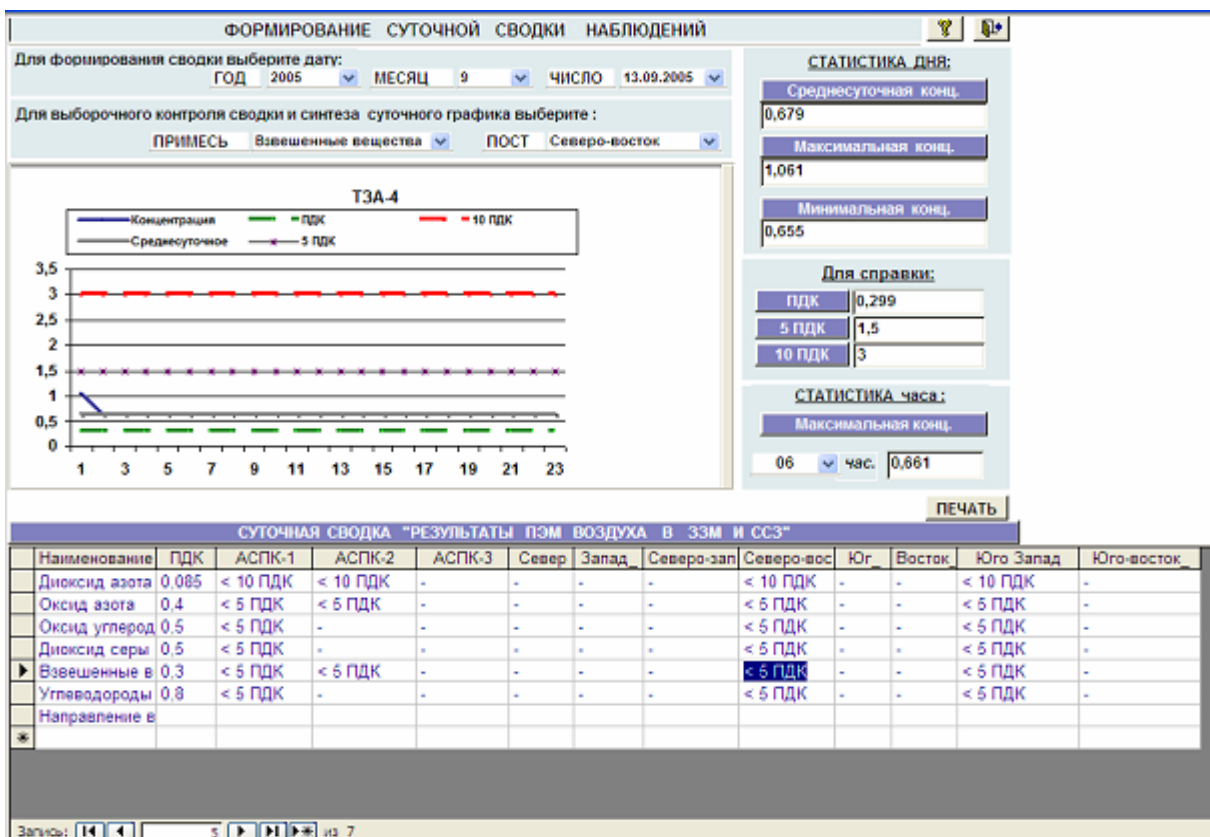


Рис.13

среду. Это связано с высокой сложностью стандартных форм, трудоемкостью заполнения, а также частым изменением требований, анкет, бланков и реквизитов. Преодолению указанных трудностей способствует специализированный

сервис электронного документооборота ПЭМ, поддерживающий «банк» номенклатуры действующих форм. Он обеспечивает удобную для пользователя систематизацию хранения и простой вызов для заполнения (Рис. 16, 17).

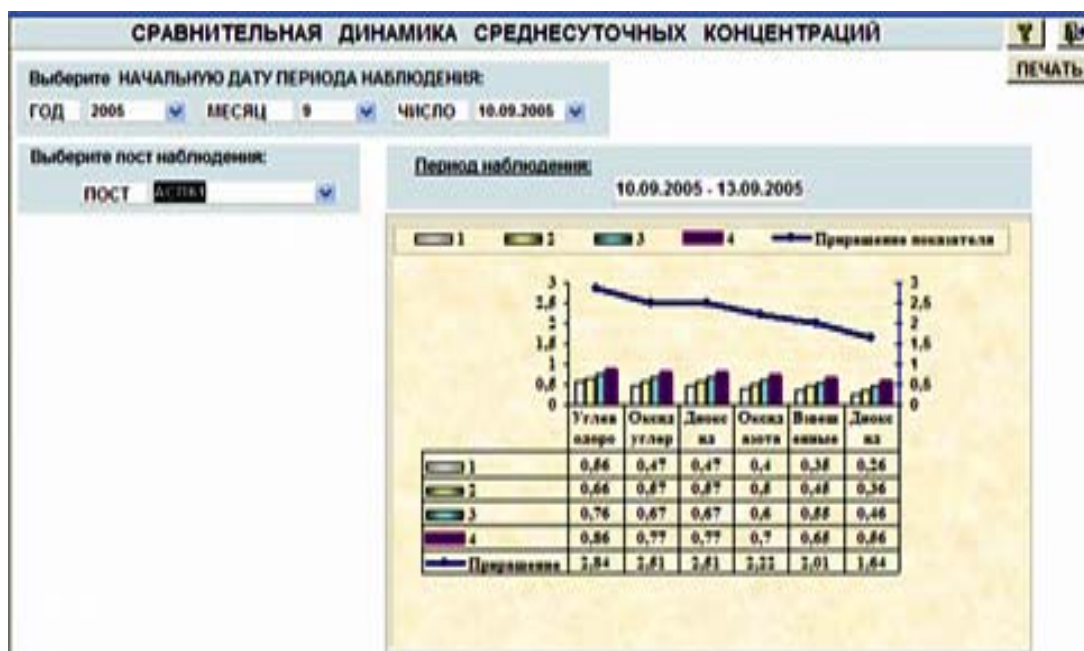


Рис.14

**Документальная отчетность**

Выберите форму:

№	Наименование
1	Форма №2-ТП (воздух) Сведения об охране атмосферного воздуха
2	Форма №2-ТП (водхоз) Отчет об использовании воды
3	Форма №2-ТП (отходы) Сведения об образовании, поступлении, использовании и размещении твердых отходов производства и
4	Проект нормативов предельно-допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (ПДВ)
5	Проект предельно-допустимых сбросов веществ, поступающих в водный объект со сточными водами (ПДС)
6	Проект нормативов образования и лимитов размещения отходов (ГНОПРО)
7	План-график аналитического контроля ПДВ и ПДС
8	Результаты аналитического контроля за источниками загрязнения поверхностной среды и их воздействие на поверхностную среду
9	Планы природоохранных мероприятий

Закрывающие кнопки: 1, 9

**MEMO**

Показать бланк формы  
Возврат в главное меню

Выберите год:  
2004  
2005

Редактирование: Выберите бланк для редактирования или печати:

- ФОРМА 2ТП Воздух Титульный лист
- ФОРМА 2ТП Воздух Раздел 1
- ФОРМА 2ТП Воздух Раздел 2
- ФОРМА 2ТП Воздух Раздел 3
- ФОРМА 2ТП Воздух Раздел 4
- ФОРМА 2ТП Воздух Раздел 5

Рис.15

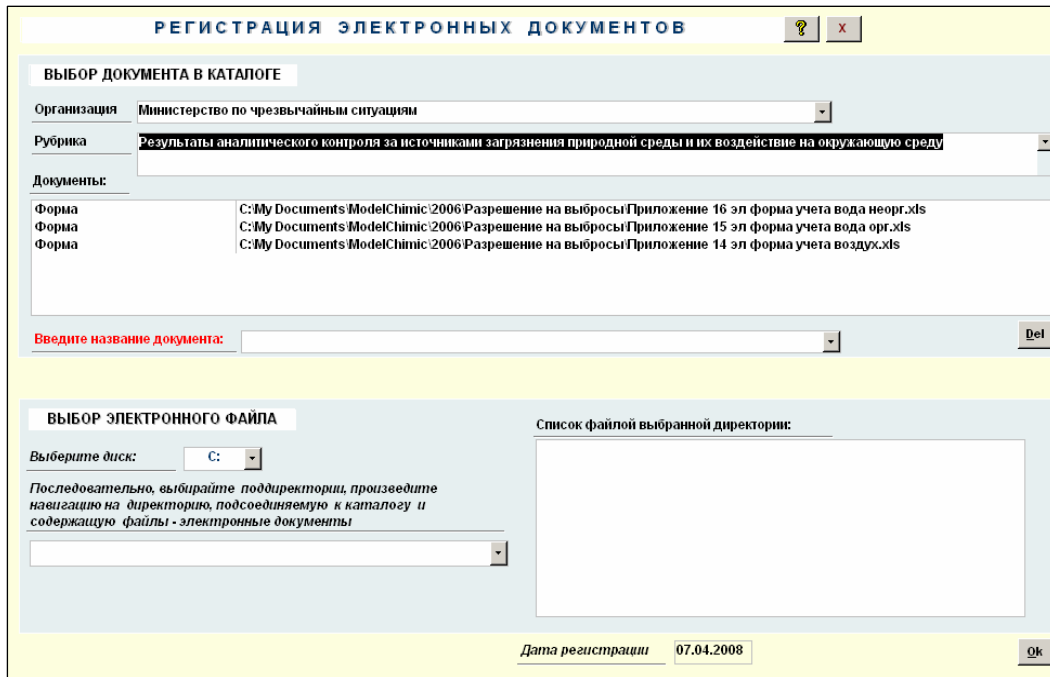


Рис.16

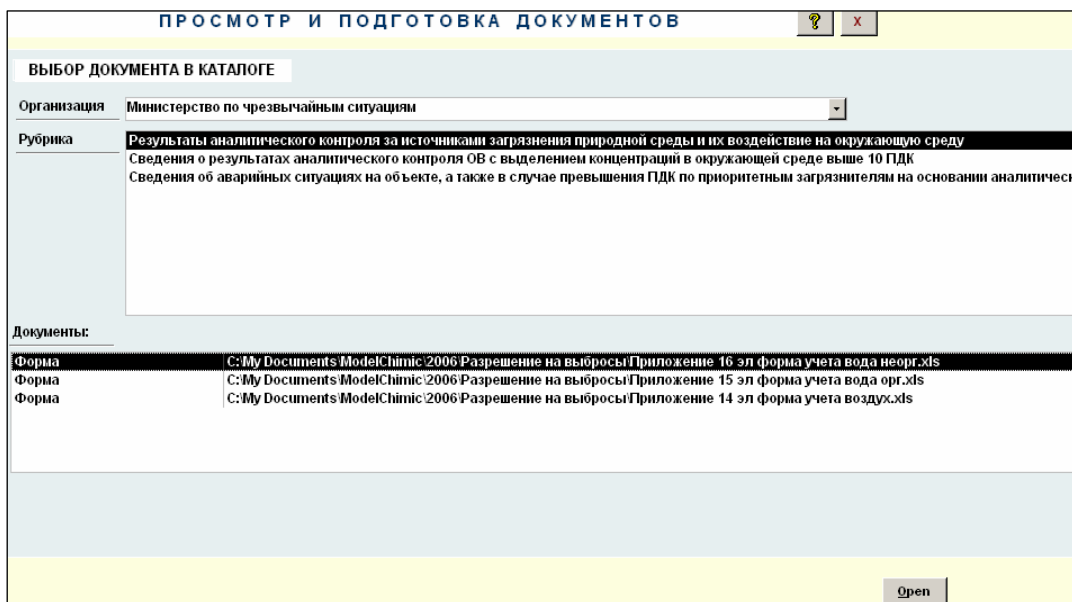


Рис.17

## 6. Нормативно-методологический документооборот

Наконец, **нормативно-методологический документооборот** представлен системой регистрации входных пакетов документов, которые могут содержать законодательные материалы, приказы, предписания, неблагоприятные про-

гнозы погоды, картографические материалы, письма и др. Система поддерживает корректную работу с подобной документацией и предполагает следующие виды организационной деятельности персонала.

- Создание регламентных правил регистрации, хранения, доступа и «реагирования» на эти документы.

- Организация информационно-справочного обеспечения персонала.
- Организация делового процесса.

Здесь под организацией делового процесса понимается управление процессами выдачи электронных заданий и контроль их исполнения, взаимодействие между сотрудниками в ходе ознакомления и согласования электронных документов, отправка документов на доработку и т.д.

## Заключение

Описанная система была апробирована на разных объектах промышленно-экологического мониторинга в зонах действия предприятий по уничтожению химического оружия (пп. Горный Саратовской области, Камбарка Удмуртской республики, Марадыковский Кировской области и др.). Главным итогом этой внедренческой деятельности стала демонстрация важных преимуществ кластерной архитектуры хранилища для задач электронного документооборота предприятия типа ПЭМ.

К этим преимуществам относятся:

- высокий экспертно-аналитический потенциал;
- информационная полнота, высокий уровень автоматизации и максимально возможная оперативность формирования документальных материалов;
- широкий спектр средств управления и контроля организационно-исполнительской деятельности персонала;

- поддержка перспективных принципов унификации, настройки и повторного использования программного обеспечения.

Это позволяет рекомендовать представленную в работе кластерную архитектуру для использования в других военных и гражданских приложениях документооборота экологического мониторинга.

## Литература

1. Толстых А.В. Опыт создания систем экологической безопасности объектов уничтожения химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. №2. 2007.
2. Ашихмина Т.Я. Научно-методологические основы комплексного экологического мониторинга окружающей среды в районе объектов хранения и уничтожения химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. №2. 2007.
3. Stonebraker Michael, Bear Chuck, and other. One Size Fits All? – Part 2: Benchmarking Results / Proceedings of the Conference on Very Large Databases (VLDB), 2005. <http://nms.csail.mit.edu/~stavros/pubs/osfa.pdf>.
4. In Search of a Single Version of Truth: Strategies for Consolidating Analytic Silos. Отчет TDWI (The Data Warehousing Institute, Ассоциация по продвижению технологии Хранилищ данных), июль 2004 г. <http://www.tdwi.org/research>.
5. Степановская И.А., Прохорова Э.Г., Сырых Л.А. Концепция управляющего хранилища // Информационные технологии и вычислительные системы. – М., 2007. №1. С.29-34.
6. ГОСТ 17.0.04.90 Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. – М.: 1991.

**Степановская Ираида Александровна.** Ведущий научный сотрудник ИПУ РАН. Окончила МГПИ им. В.И.Ленина в 1969 г., МГУ им. М.В.Ломоносова в 1983 г. Кандидат технических наук. Имеет более 60 публикаций. Область научных интересов: математическое моделирование, проблемно-ориентированные системы, основанные на знаниях, и экспертные системы, системы и технологии создания и поддержки проблемно-ориентированных баз данных, инженерно-технические и информационные автоматизированные системы мониторинга биоресурсов, биосферы и технических систем, программное обеспечение параллельных и распределенных вычислительных систем, надежность и безопасность технических систем, искусственный интеллект и принятие решений.

**Прохорова Элла Григорьевна.** Научный сотрудник ИПУ РАН. Окончила ХПИ им. В.И.Ленина в 1959 г. Имеет 38 публикаций. Область научных интересов: моделирование, информационно-аналитические системы, диспетчеризация вычислительных ресурсов, экологический мониторинг, мониторинг финансовых потоков.

**Сырых Лора Алексеевна.** Научный сотрудник ИПУ РАН. Окончила МИРЭА в 1985 г. Область научных интересов: моделирование, экологический мониторинг, мониторинг финансовых потоков.