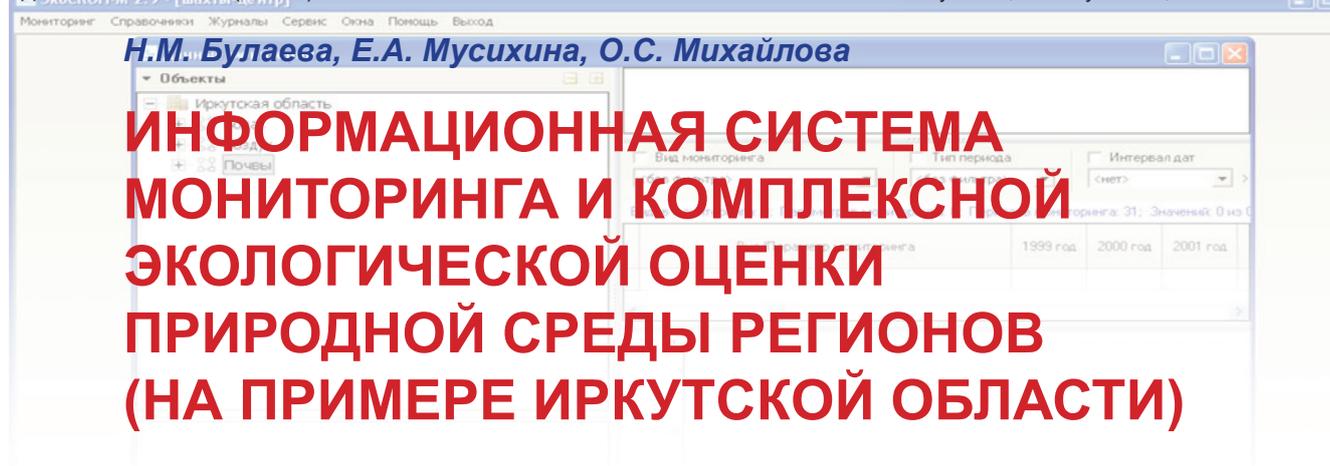


УДК 504.064.36:004.94(571.53)

© Н.М. Булаева, Е.А. Мусихина, О.С. Михайлова



ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И КОМПЛЕКСНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ РЕГИОНОВ (НА ПРИМЕРЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ)

Наиболее интересной и важной в теоретическом и практическом плане является задача разработки и внедрения экоинформационной системы мониторинга (ЭИСМ) на основе инновационных методов и технологий, позволяющих качественно и количественно оценивать степень безопасности в условиях глобальных изменений окружающей среды.

Методологическую основу проектирования ЭИСМ составляет системный подход, в соответствии с которым, любая система представляет собой совокупность взаимосвязанных объектов (элементов), функционирующих совместно для достижения общей цели.

Для системы важно соблюдение следующих принципов: эмерджентности; гомеостазиса; адаптивности и управляемости; обучаемости.

С кибернетических позиций процесс управления системой можно представить в виде информационного процесса, связывающего внешнюю среду,

объект и систему управления. При этом внешняя среда и объект управления информируют систему управления о своем состоянии, система управления анализирует эту информацию, вырабатывает управляющее воздействие на объект управления, отвечает на возмущения внешней среды и при необходимости модифицирует цель и структуру всей системы. Пример процесса экологического мониторинга представлен на рис. 1.

Предметно ориентированная информационная система (ПОИС) представляет собой совокупность организационных, технических, программных и информационных средств, объединенных в единую систему с целью сбора, хранения, обработки и выдачи необходимой информации, предназначенной для выполнения функций управления.

ПОИС накапливает и перерабатывает поступающую учетную информацию и имеющиеся нормативы в аналитическую информацию, служащую

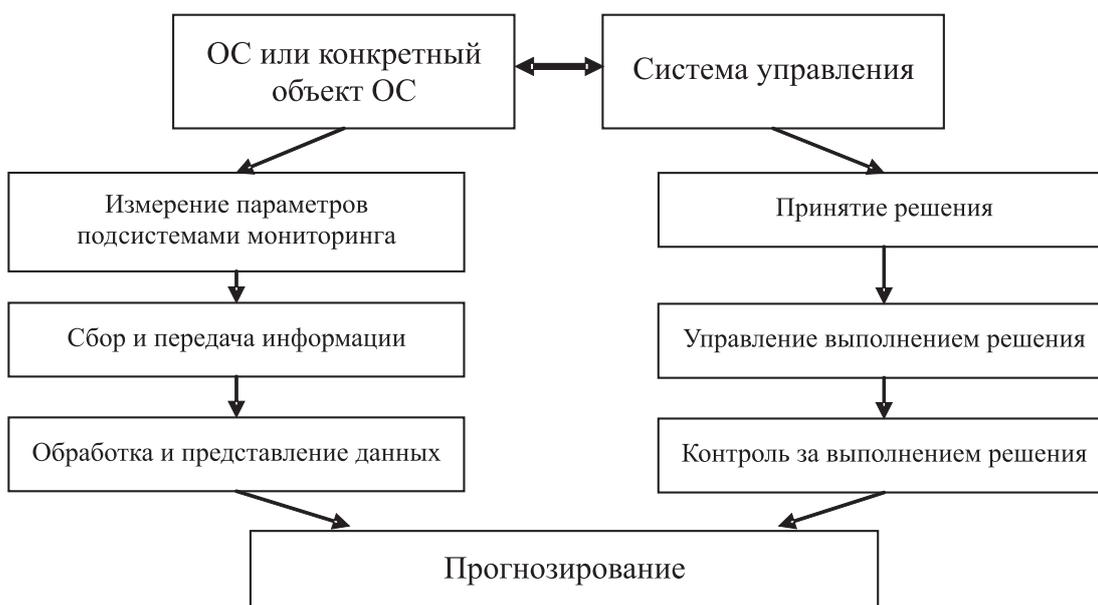


Рис. 1. Процесс экологического мониторинга

основой для прогнозирования развития системы и корректировки ее целей.

К обработке информации в ПОИС предъявляются следующие требования:

- полнота и достаточность информации для реализации функций управления;
- своевременность предоставления информации;
- обеспечение необходимой степени достоверности информации в зависимости от уровня управления;
- экономичность обработки информации: затраты на обработку данных не должны превышать получаемый эффект;
- адаптивность к изменяющимся информационным потребностям пользователей.

В соответствии с характером обработки информации в ПОИС на различных уровнях управления системой (оперативном, тактическом и стратегическом) выделяются следующие типы информационных систем:

- системы обработки данных (EDP – electronic data processing);
- информационная система управления (MIS – management information system);
- система поддержки принятия решений (DSS – decision support system).

Системы обработки данных (СОД) предназначены для учета и оперативного регулирования, подготовки стандартных документов для внешней среды. Горизонт оперативного управления процессами составляет от одного до нескольких дней и реализует регистрацию и обработку событий. Задачи имеют итеративный, регулярный характер, выполняются непосредственными исполнителями и связаны с оформлением и пересылкой документов в соответствии с четко определенными алгоритмами. Результаты выполнения операций через экранные формы вводятся в базу данных, с возможностью дальнейшего преобразования полученной информации. Возможность реализации СОД рассмотрены на примере региональной сети комплексного мониторинга ОС с использованием программного обеспечения по почвенным ресурсам (рис. 2).

Информационные системы управления (ИСУ) ориентированы на тактический уровень управления: среднесрочное планирование, анализ и организацию работ в течение нескольких недель. Для задач характерны регламентированность (периодическая повторяемость) формирования результатных документов и четко определенный алгоритм решения. Решение предназначено для руководителей среднего звена. Задачи решаются на основе накопленной базы оперативных данных.

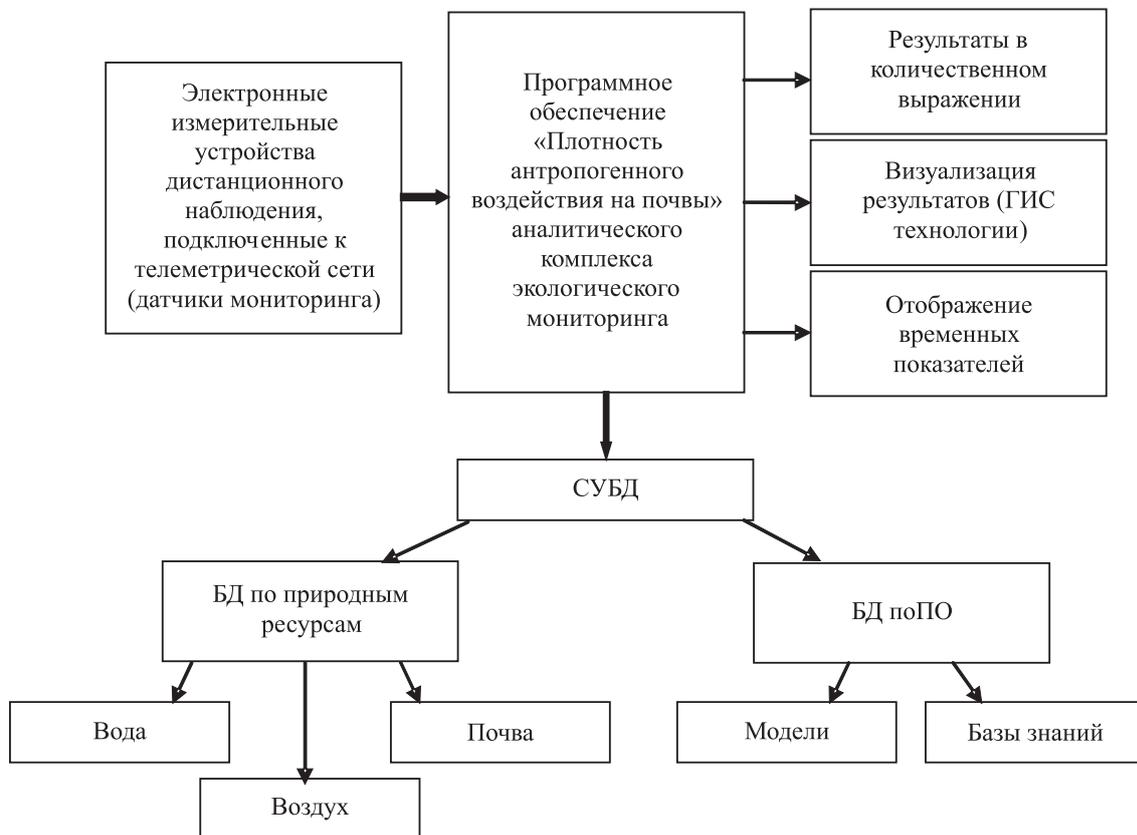


Рис. 2. Региональная сеть комплексного мониторинга ОС

Системы поддержки принятия решений (СППР) используются в основном на верхнем уровне управления, имеющего стратегическое долгосрочное значение в течение года или нескольких лет. К таким задачам относятся формирование стратегических целей, планирование привлечения ресурсов, источников финансирования, выбор места размещения предприятий и т.д. Реже задачи класса СППР решаются на тактическом уровне, например при выборе поставщиков или заключении контрактов с клиентами. Задачи СППР имеют, как правило, нерегулярный характер. Для задач СППР свойственны недостаточность имеющейся информации, ее противоречивость и нечеткость, преобладание качественных оценок целей и ограничений, слабая формализованность алгоритмов решения. В качестве инструментов обобщения чаще всего используются средства составления аналитических отчетов произвольной формы, методы статистического анализа, экспертных оценок и систем, математического и имитационного моделирования. При этом используются базы обобщенной информации, информационные хранилища, базы знаний о правилах и моделях принятия решений.

Целью данного исследования является проектирование основных элементов геоинформационной системы мониторинга природной среды территории Иркутской области (ЭИСМ) применительно к задаче прогнозирования эволюции ее состояний.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнение следующих задач:

1. Мониторинг антропогенного влияния на почвенный покров, воздушную среду и водные ресурсы по комплексу токсикантов промышленного и бытового происхождения, с целью выявления уровня существующей техногенной нагрузки на природную среду региона.
2. Системный анализ урбанизированных территорий как вида взаимодействия человеческих сообществ с абиотической средой обитания, с целью определения границ допустимого воздействия на природную среду.
3. Анализ антропогенного воздействия на природную среду регионов по комплексу ее компонентов (почвенный покров, атмосферный воздух, водные ресурсы) и по комплексу токсикантов промышленного и бытового происхождения.
4. Определение экологически обоснованных норм антропогенного воздействия, способствующих повышению качества природной среды регионов, и разработка и применение инновационных программных комплексов для облегчения работы по расчету и визуальному представлению эколого-экономического ущерба,

наносимого природной среде антропогенным воздействием.

5. Разработка технологического процесса комплексной оценки состояния природной среды на основе ЭИСМ, позволяющего установить границы антропогенного воздействия на природную среду с целью определения конкретных мер и масштабов восстановительных работ по предотвращению ее деградации с возможностью прогноза на перспективу и принятия превентивных мер применительно к территории Иркутской области [1-4].

Предназначенная для организации параметрического мониторинга различного рода природных и промышленно-хозяйственных объектов геоинформационная система комплексной оценки параметров мониторинга «ЭкоСКОП-М» разработана Центром сопряженного мониторинга окружающей среды и природных ресурсов. В основу системы положена технология ведения актуальной базы данных мониторинга [5, 6, 7].

Основными структурными элементами системы являются дерево объектов и дерево параметров мониторинга, характеризующиеся динамической структурой и сформированные произвольным образом пользователем системы в зависимости от решаемой задачи. Система достаточно универсальна и ценна тем, что не привязана к какой-либо конкретной области науки и техники. Дерево объектов природной среды Иркутской области с характеристиками параметров данных представлено на рис. 3. Корень дерева состоит из трех элементов, соответствующих компонентам окружающей среды: воде, воздуху, почвам, что позволяет реализовать структуру данных в соответствии с преобразованной формулой оценки риска эколого-экономического ущерба:

$$Y = \frac{ПДК \cdot S_{нар}}{S_{общ}^n} \cdot K_{св} \cdot T_{max} \cdot \left(\frac{1}{Ck}\right)^{n-1}$$

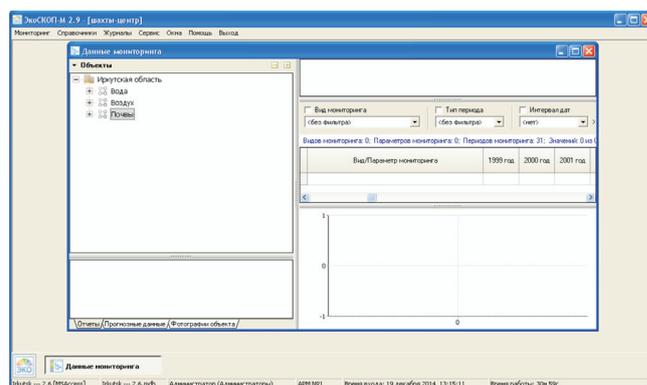


Рис. 3. Дерево объектов природной среды

где [2, 3]:

$PДК$ – уровень предельно допустимой концентрации химического элемента – токсиканта;

$S_{нар}$ – площадь загрязненных токсикантами земель;

$S_{общ}$ – площадь территории Иркутской области;

$Сk$ – скейлинговый коэффициент – масштабный коэффициент подобия, принимаемый равным 2,95 (согласно расчетам);

T_{max} – время жизни компонента, принимаемое за 100 лет (время формирования 1 см плодородного слоя);

n – количество уровней системы, для которых производится расчет, в данном случае от 1 до 3;

$K_{св}$ – коэффициент связи, принимаемый равным 3 (почвы, вода и воздух).

Осуществляя экспериментирование с моделью – подставляя в формулу принятые значения, а также данные по площадям и данные мониторинга окружающей среды исследуемого района, можно получить комплексную оценку ущерба, наносимого природной среде этого района, путем определения времени, необходимого для восстановления качественных характеристик, в данном случае, почвенного покрова [8, 9].

Внутренние узлы системы характеризуются большими возможностями настройки, различно реализованными по каждой компоненте. Программа характеризуется достаточно гибкой системой настройки, позволяющей использовать не только введенные разработчиком единицы измерения, но и допускающей дополнение иными значениями.

Компонента «Вода», представленная на рис. 4, содержит терминальные узлы разных типов: излив и пункт наблюдения, в соответствии с представляемым водным объектом, и характеризуется графической визуализацией антропогенного загрязнения в соответствии с временным показателем. Применяемые единицы измерения (тонны в год) характеризуют валовый сброс [10, 11].

Компонента «Воздух» содержит внутренние узлы, соответствующие населенным пунктам Иркутской области, и терминальные узлы, соответствующие источникам загрязнения, введенные при настоящей доработке (по выбросу от автотранспорта и стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха), также сопровождающиеся графической визуализацией (рис. 5). Состояние атмосферного воздуха характеризуется валовым выбросом, измеряемом в тыс. тонн [12, 13].

Компонента «Почвы» представлена в связи с недостаточностью натуральных исследований в виде одного узла – города Свирска, с терминальными узлами – скважинами (рис. 6). По почве определяется содержание вещества, измеряемое в мкг/кг.

Программа не исключает возможности использования других типовых вариантов, в том числе и не учтенных при разработке системы. В частности, допускается возможность установления коэффициента зависимости переменных между собой, например: 1 час = 60 мин., коэф. 60.

Периоды мониторинга задаются одинаковыми для всех объектов, что позволяет создать унифицированную структуру данных, позволяющую определить интервалы с отсутствием эмпирических показателей. Функциональное достоинство программы – удобство хранения структурированных данных.

Выводы и рекомендации

Базовая функциональность геоинформационной системы комплексной оценки параметров мониторинга «ЭкоСКОП-М», разработанной Центром сопряженного мониторинга окружающей среды и природных ресурсов, определяется следующими параметрами:

- управлением данными, представленными в виде временных рядов;
- возможностью осуществления дополнительного ввода данных;
- осуществлением автоматизированной загрузки данных;
- возможностью структурирования и проверки данных;
- геоинформационным системным представлением данных.

Несомненным достоинством системы является возможность дополнительной разработки инструмента для создания отчетности, путем программирования новых модулей, в том числе, на основе применения формулы вычисления индекса, базирующегося на количественных параметрах, что позволит существенно расширить функциональность системы (рис. 7).

Затрудняет качественное прогнозирование недостаточное количество мониторинговой информации, вследствие сокращения стационарных источников наблюдения, и эпизодичность натурных обследований почв населенных пунктов территории Иркутской области.

Ключевые слова: экологическая система, параметрический мониторинг, обработка информации, графическая визуализация, временной показатель.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мусихина Е.А., Михайлова О.С. Разработка теоретической модели экологической информационной системы // Международный журнал прикладных и

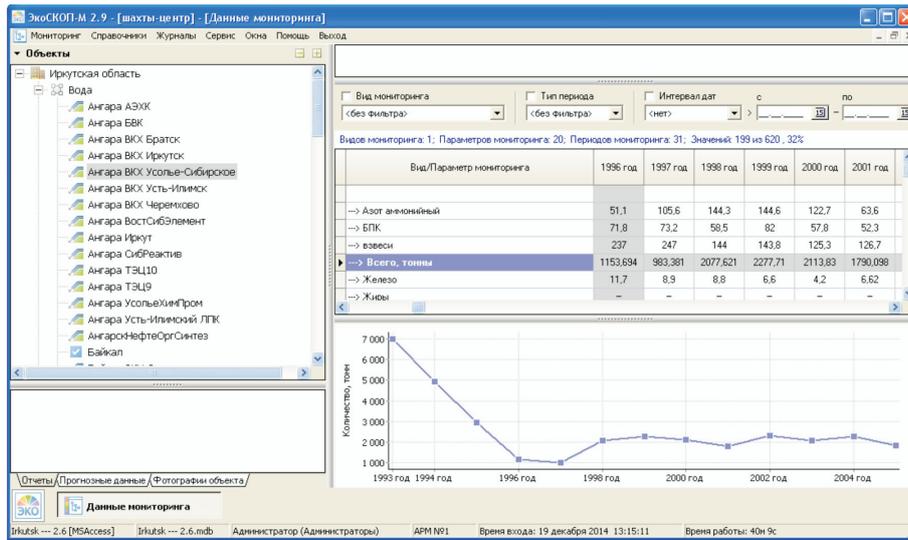


Рис. 4. Рабочее окно компоненты «Вода»

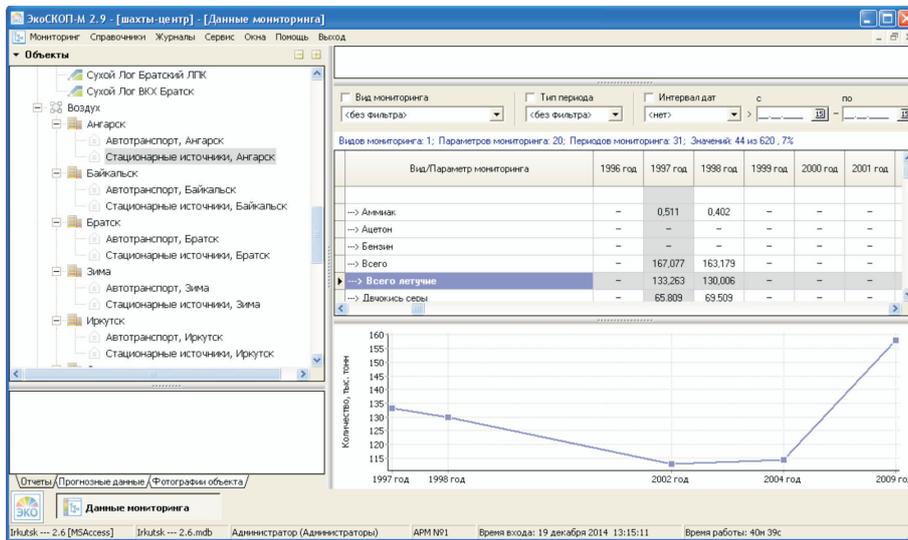


Рис. 5. Рабочее окно компоненты «Воздух»

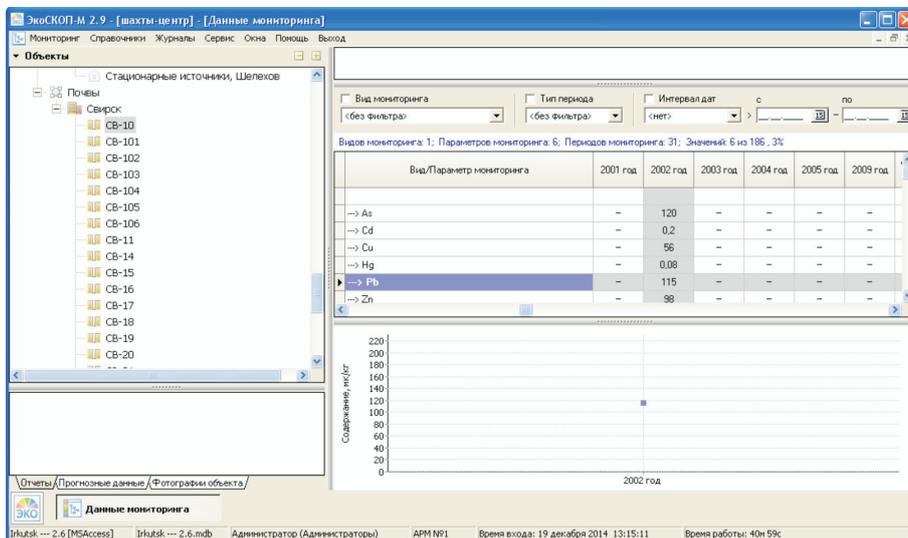


Рис. 6. Рабочее окно компоненты «Почвы»

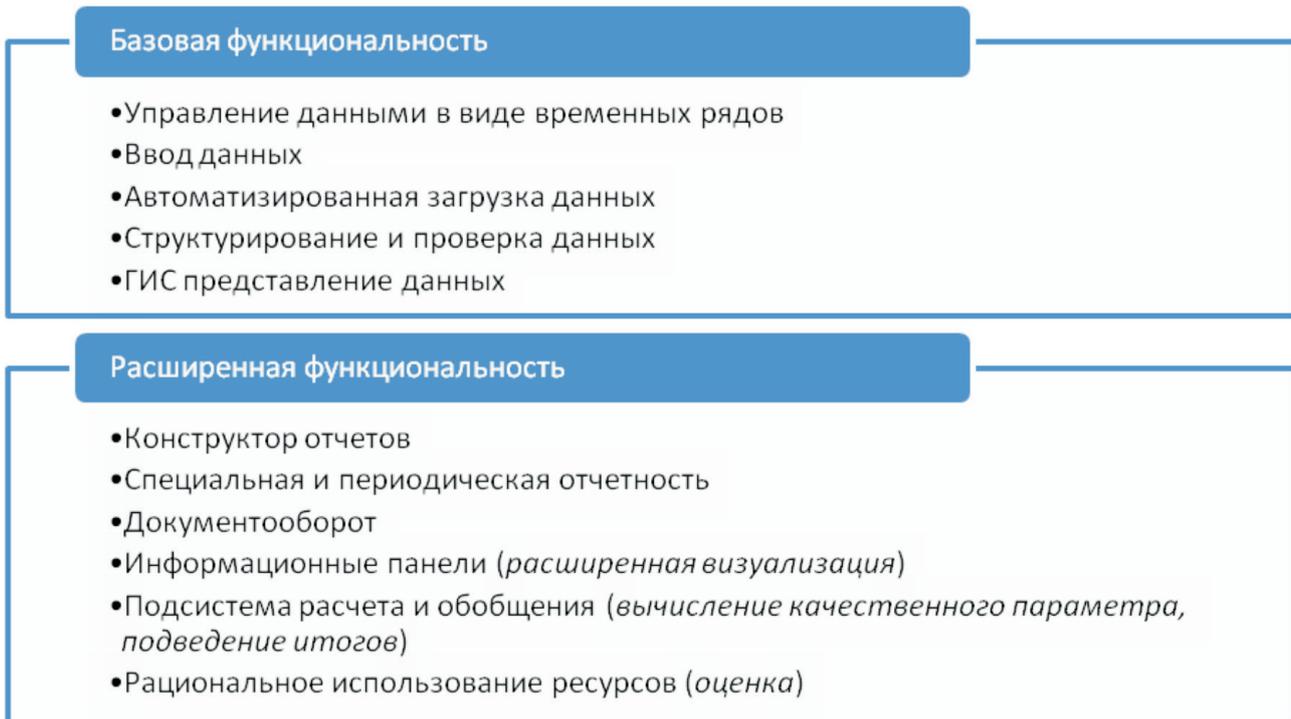


Рис. 7. Схемы базовой и расширенной функциональности ЭИСМ

фундаментальных исследований. – 2012. – № 4. – С. 98-100.

2. Мусихина Е.А. Методология комплексной оценки природной среды Иркутской области // Проблемы региональной экологии. – 2010. – № 3. – С. 205-212.

3. Мусихина Е.А. Методологический аспект технологии комплексной оценки экологической емкости территорий. – М.: Издательство «Академия Естественных наук», 2009. – 137 с.

4. Мусихина Е.А. Технология комплексной оценки экологической емкости территорий на примере Иркутской области. – Германия: Издательство LAPLAMBERT Academic Publishing GmbH & Co, 2011. – 238 с.

5. Булаева Н.М., Османов Р.Ш. Система ведения актуальной базы данных мониторинга // Мониторинг. Наука и технологии. – 2010. – № 4. – С. 34-44.

6. Османов Р.Ш. Экоинформационная система комплексной оценки параметров мониторинга «ЭкоСКОП-М» // Мониторинг. Наука и технологии. – 2011. – № 1. – С. 54-64.

7. Каплунов Ю.В., Лиманский А.В., Булаева Н.М. Разработка методической основы формирования актуальной базы данных экологического мониторинга среды ликвидируемых шахт угольных регионов России // Мониторинг. Наука и технологии. – 2010. – № 4(5). – С. 6-18.

8. Расчет интерференции плотности антропогенного воздействия на почвенный покров Иркутской

области / Л.Ю. Дмитриева, Е.А. Мусихина. – Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2009616716 от 03 декабря 2009 г. (Роспатент).

9. Мусихина Е.А., Дмитриева Л.Ю., Мусихина О.М. Проблема комплексной оценки эколого-экономического ущерба от антропогенного воздействия на почвы // Проблемы региональной экологии. – 2010. – № 2. – С. 95-100.

10. Мусихина Е.А. Расчет антропогенного воздействия на водные ресурсы по ртути и хлору. – Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2010615261 от 13 августа 2010 г. (Роспатент).

11. Мусихина Е.А. Прогнозирование воздействия на водные ресурсы // Информационные системы и технологии. – 2013. – № 5. – С. 72-79.

12. Визуализация комплексного антропогенного воздействия на воздушную среду территории Иркутской области / О.С. Михайлова, Л.Ю. Дмитриева, Е.А. Мусихина. – Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2014611218 от 28 января 2014 г. (Роспатент).

13. Михайлова О.С., Дмитриева Л.Ю., Мусихина Е.А. Программа «Визуализация комплексного антропогенного воздействия на воздушную среду территории Иркутской области» // Информационные системы и технологии. – 2014. – № 3(83). – С. 31-38.