

## Комплексный методологический подход к построению вертикально интегрированных информационных систем управления охраной окружающей среды

Comprehensive Methodic Approach Towards the Construction of Vertically Integrated Informational Systems to Monitor the Environment Protection

Г.А. Ярыгин,  
В.И. Равикович,  
М.В. Баюкин,  
К.К. Нечехухин  
/ЗАО "Научно-производственная  
фирма "ДИЭМ"/

G.A. Yarygin, V.I. Ravikovich,  
M.V. Bayukin, K.K. Necheukhin,  
(ZAO "DIEM" Research and  
Production Co)

**Ключевые слова:** информационные системы, системный анализ, управление охраной окружающей среды, территориально распределенные объекты.

**Key words:** informational systems, system analysis, monitoring of environment protection, territorially distributed objects.

*Представлены результаты системных исследований процессов управления охраной окружающей среды (ООС) для территориально распределенных производственных объектов нефтегазового комплекса. Рассмотрены основные методологические подходы, предложены проектные и технические решения по созданию вертикально интегрированных информационных систем, обеспечивающих экологическое сопровождение производственной деятельности объектов нефтегазодобычи.*

*The authors present the results of system studies in environment control processes for territorially distributed object of oil and gas industry. They also consider the method approaches, proposes the design and technical solutions to arrange vertically integrated information systems that provide for the ecological supervision in the production activities of the oil and gas objects.*

Современные темпы развития нефтегазового комплекса, расширение географии добычи углеводородного сырья и освоение северных месторождений континентального шельфа РФ предъявляют новые требования к обеспечению экологической безопасности и информационному сопровождению природоохранной деятельности компаний топливно-энергетического комплекса.

Обустройство нефтяных и газовых месторождений в сложных горно-геологических и природно-климатических условиях обуславливает возрастающее

антропогенное воздействие на окружающую среду и сопряжено со значительными экологическими рисками.

На стадии строительства и эксплуатации особо опасных и technically сложных объектов сотрудниками экологических служб предприятий непрерывно решаются задачи:

- сбора данных о выбросах, сбросах загрязняющих веществ на предприятии, объемах обращения с отходами;
- подготовки первичной учетной документации;
- формирования комплекта отчетной документации (расчета платы

за негативное воздействие на окружающую среду, госстатотчетности);

- анализа контролируемых показателей на соответствие природоохранным нормативам, утвержденной разрешительной природоохранной документации.

Исследования [1], посвященные анализу систем управления охраной окружающей среды, позволяют выделить ряд особенностей, возникающих при осуществлении природоохранной деятельности:

- высокая трудоемкость процессов сбора и обработки информации, обусловленная масштабами предприятий, многообразием видов и

многочисленностью объектов производственного экологического мониторинга и контроля (ПЭМиК);

- территориальная распределенность подразделений, объектов нефтехимической промышленности, расположение их в нескольких административно-территориальных образованиях;

- отсутствие кадровых ресурсов для обработки больших объемов экологической информации и формирования отчетности, необходимость систематизации различных видов экологической информации.

Как следствие, принятие экологически ориентированных управленческих решений осуществляется в условиях неопределенности, вызванной отсутствием оперативной информации (по контуру обратной связи управляющей системы) о контролируемых показателях природоохранной деятельности, результатах ПЭМиК. Обработка экологической информации осуществляется с периодичностью, ограниченной загруженностью кадровых ресурсов компаний, и, как правило, соответствует периоду подготовки отчетной документации, регламентируемому нормативно-правовой документацией. Низкое разрешение по времени контролируемых показателей ограничивает возможность прогнозирования их динамики и среднесрочного планирования природоохранной деятельности, негативно влияя на время реагирования системы управления в целом.

Одним из перспективных направлений, обеспечивающих решение вышеуказанных проблем, является использование современных информационно-аналитических систем управления охраной окружающей среды (ИАС УООС).

В 2010-2012 гг. авторами настоящей статьи выполнен ряд научных исследований, посвященных анализу информатизации управления охраной окружающей среды для сложных территориально распределенных объектов нефтегазового комплекса.

Одной из задач исследования являлся выбор методологий и приемов моделирования, которые позволяли

бы постепенно выделить носители экологической информации из динамической модели системы с сохранением взаимосвязи между процессом, результатом его функционирования и записью в базе данных информационной системы.

В результате выполненных работ был предложен комплексный методологический подход к построению вертикально интегрированных информационных систем управления охраной окружающей среды.

Апробирование предложенного подхода показало следующую оптимальную последовательность операций по разработке ИАС:

- проведение первичного анализа и описание укрупненных процессов управления природоохранной деятельностью с использованием модели Дж. Захмана. Применение модели Захмана обеспечивает комплексную формализацию процессов ООС и описание их с помощью различных представлений;

- функциональное моделирование системы управления ООС на основе методологии IDEFO, рекомендованной Госстандартом [3] и применяющейся при формализации деятельности широкого спектра сложных систем в различных разрезах (стратах) и уровнях декомпозиции;

- моделирование потоков экологических данных на основе методологии DFD (Data Flow Diagrams) с использованием нотации Гейна-Сарсона (Gane-Sarson);

- разработка логической архитектуры хранилища данных (построение ER- и реляционной модели базы данных) на основе методологии IDEF1X.

Для поддержки принятия решений в области сложно формализуемых экологических процессов могут быть применены новейшие экспериментальные методы программной реализации на основе:

- моделирования искусственных нейронных сетей для поддержки принятия эколого-ориентированных решений на основе многофакторной зависимости;

- моделирования байесовских сетей доверия (Bayesian belief net-

work) для логико-вероятностного вывода причинно-следственных связей в экспертных базах знаний.

При разработке ИАС УООС целесообразно создание отдельных программных модулей, соответствующих направлениям природоохранной деятельности (предметным областям): управление процессами обращения с отходами производства и потребления; охрана вод; охрана атмосферного воздуха.

Подразделение ИАС на программные модули обусловлено результатами моделирования логической архитектуры хранилища экологических данных. При проведении нормализации концептуальной модели и приведении ее к третьей нормальной форме установлено, что часть нормализованных таблиц являются универсальными носителями информации, которая используется для формирования отчетной документации по всем направлениям природоохранной деятельности. В то же время определенные фрагменты логической архитектуры хранилища данных уникальны для каждого программного модуля, что является следствием разнообразия структуры объектов и типов экологических данных для каждой предметной области природоохранной деятельности.

Модульный принцип построения информационной системы обеспечивает возможность масштабирования системы в зависимости от области автоматизируемой деятельности, обновления и модернизации отдельных модулей без ограничения функциональности смежных компонентов ИАС УООС [3].

Обобщая полученные в ходе системных исследований результаты, можно предложить следующую концептуальную модель программных компонентов ИАС (рис. 1).

Основной архитектурный принцип заключается в использовании единого хранилища данных, которое обеспечивает сбор, хранение и обработку данных, поступающих от всех модулей системы. При этом источни-



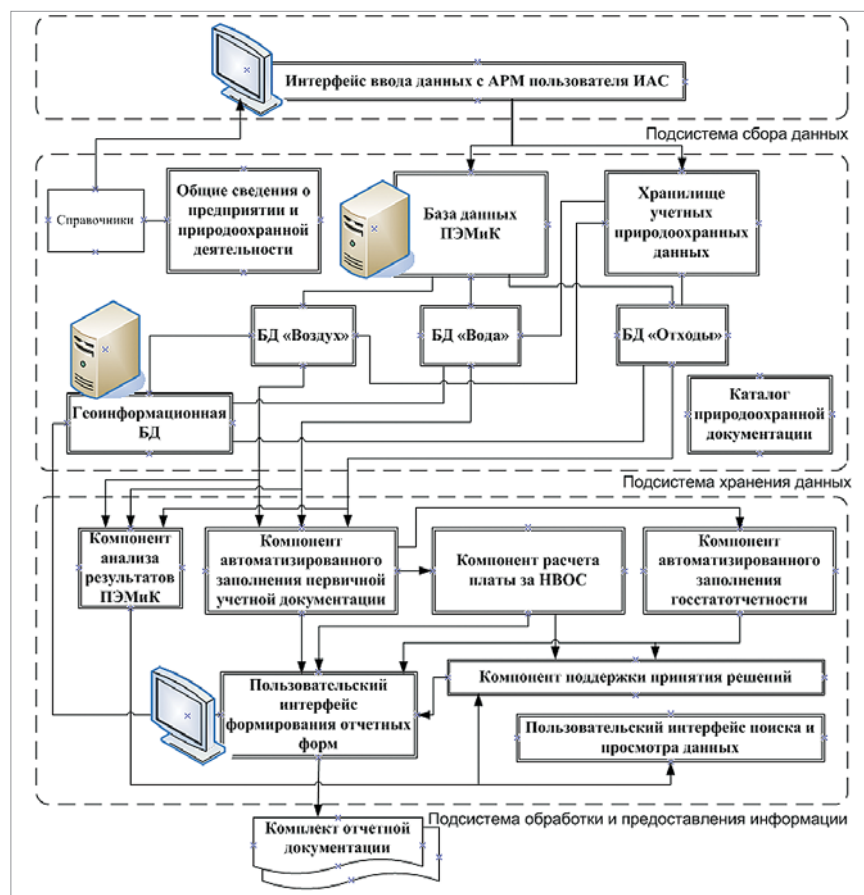


Рис. 1. Концептуальная модель архитектуры программных компонентов ИАС

ками данных для ИАС могут быть как средства автоматического измерения контролируемых показателей, так и непосредственно пользователи системы, осуществляющие первичный учет процессов обращения с отходами, водопотребления и водоотведения, контроля за выбросами загрязняющих веществ.

Рассмотрим некоторые из представленных на схеме программных компонентов.

Геоинформационная БД предназначена для работы с пространственно распределенными данными (объекты ПЭММК, движение отходов и др.). Интеграция ИАС с геоинформационной системой обеспечивает возможность использования инструментов картографической поддержки для поиска геокодированной экологической информации и решения задач логистики при осуществлении природоохранной деятельности. Оптимизация маршрутов сбора и транс-

портирования опасных отходов основана на решении задачи коммивояжера с помощью вычислительных ГИС-средств.

Компонент поддержки принятия решений предназначен для повышения эффективности функций управления посредством поиска решений в экспертной базе знаний. Формирование экспертной базы знаний должно осуществляться под руководством пользователей ИАС в соответствии со спецификой производственной и природоохранной деятельности заказчика. База знаний состоит из правил анализа информации, содержащейся в ИАС; система анализирует ситуацию и в зависимости от направленности и задач природоохранной деятельности в автоматическом режиме дает рекомендации по разрешению проблемы и принятию решений. Представленная программная технология может быть актуальной при реа-

лизации отдельных функций управления охраной окружающей среды для предприятий нефтехимического комплекса, в частности при принятии решений:

- о планировании и проведении природоохранных мероприятий на основе результатов ПЭММК (проведение рекультивации почв в случае фиксации загрязнителей на определенной территории и др.);
- о проведении дополнительных инструктажей персонала в случае выявления экологических нарушений (в зависимости от их количества, типов, атрибутов в базе данных);
- об изменении периодичности контроля показателей в случае выявления их устойчивой негативной динамики;
- об изменении маршрутизации размещаемых отходов в зависимости от свободных объемов карт полигонов, тарифов контрагентов.

Эффективное регулирование природоохранной деятельности зависит от скорости реакции на возникшие отклонения, в частности, от времени ожидания, получения и обработки полученных результатов ПЭММК и времени принятия решений. Основными показателями процесса преобразования информации являются время преобразования и ресурсоемкость.

Для автоматизации процесса обработки исходных данных и заполнения отчетной документации в рамках соответствующих компонентов ИАС предусматривается разработка специальных программных алгоритмов. Сложность логических операций и алгоритмов обработки экологических данных обусловлена их многофакторной зависимостью: от выданной разрешительной природоохранной документации, от территориального распределения структурных подразделений юридического лица в разных муниципальных образованиях и субъектах РФ, от характеристик объектов природопользования. Как следствие, данные факторы подлежат учету при проектировании логической архитектуры хранилища данных. При этом дополнительным эффектом от внедрения ИАС является унификация процессов документиро-

вания природоохранной деятельности и подходов к порядку формирования отчетной документации.

Обобщение и ранжирование данных осуществляется в зависимости от их территориальной и организационной принадлежности, а также от вида обрабатываемых данных в соответствии с действующими методическими рекомендациями и нормативными требованиями.

Так как процессы формирования отчетной природоохранной документации, обработки результатов ПЭММК характеризуются высокой частотой (периодичностью) выполнения, важной прикладной задачей при разработке ИАС являются анализ и подбор информационных технологий и средств связи, обеспечивающих возможность коллективной одновременной работы широкого круга пользователей. Использование в этом случае web-технологий для работы с ИАС имеет ряд преимуществ: возможность доступа к системе без установки дополнительного программного обеспечения, использование широкого круга мобильных устройств (в том числе планшетных ПК), обновление и обслуживание только серверной части системы, минимальные требования к ПК пользователей (рис. 2).

Предложенные в настоящей статье подходы к разработке ИАС позволяют улучшить две фундаментальные характеристики системы управления: оперативность и информированность при принятии управленческих решений в области охраны окружающей среды.

Снижение трудоемкости подготовки отчетной документации за счет автоматизации ручных операций при обработке форм обуславливает возможность непрерывного контроля экологических показателей в режиме, приближенном к реальному времени. При функционировании ИАС вычислительные мощности системы и принципы ввода и обработки данных, представленные на рис. 1, позволяют сократить период обновления отчетных форм до отрезка времени между единичными вводами данных в систему.

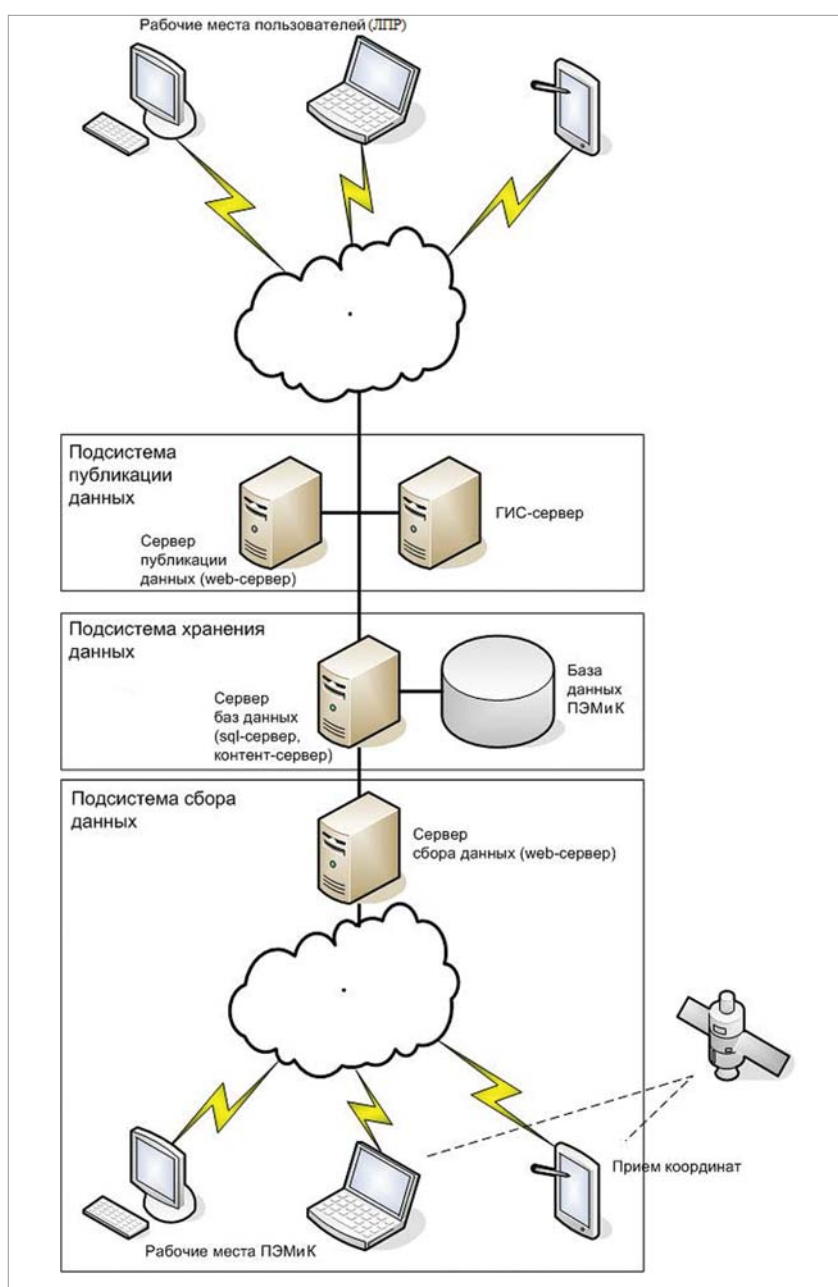


Рис. 2. Обмен данными между техническими средствами ИАС УООС

Значительное повышение оперативности получаемых и анализируемых данных дает возможность не только повысить скорость реакции управляющей системы в целом, но и отслеживать динамику изменений контролируемых экологических показателей с высоким разрешением по времени. Таким образом, обеспечивается возможность прогнозирования контролируемых экологических показателей с применением различных методов экстраполяции дан-

ных (индекс сезонности и др.) и, как следствие, облегчается задача планирования различных видов природоохранных мероприятий.

Обобщая изложенные решения, можно сделать следующие выводы:

1. Информатизация управления охраной окружающей среды основана на системной интеграции компьютерных средств, информационных и коммуникационных технологий





с целью получения новых общесистемных свойств (оперативность реагирования, управляемость, наблюдаемость), позволяющих более эффективно организовать природоохранную деятельность предприятия.

2. Автоматизация процесса формирования природоохранной отчетности предполагает создание единого информационного пространства, объединяющего территориально распределенные места пользователей с использованием web-технологий.

3. Предложенные технические и проектные решения по функционированию ИАС УООС в режиме, при-

ближенном к режиму реального времени, позволяют повысить точность краткосрочного и среднесрочного прогнозирования изменения показателей, характеризующих природоохранную деятельность предприятий, и обеспечивают возможность оптимального планирования мероприятий по охране окружающей среды.

4. Интеграция подсистем обработки данных ПЭМик с экспертными базами знаний обеспечивает программную реализацию поддержки принятия эколого-ориентированных решений.

Отдельные положения и технические решения, предложенные ав-

торами, использованы при разработке баз данных ПЭМик на этапе строительства линейных и площадных объектов магистрального газопровода по заказу ООО "Газпром инвест Восток", создании природоохранного модуля "ЭкоГИС" для объектов подводного добычного комплекса - ООО "Газпром добыча шельф", системы управления обращением с отходами - ТОО "Тенгизшевройл" и находятся на стадии реализации при разработке программного комплекса по формированию отчетности в области охраны окружающей среды - ООО "Газпром добыча Ямбург".

### Литература

1. Разработка информационно-аналитической системы управления охраной окружающей среды на основе ГИС-технологий при строительстве магистральных газопроводов / А.Г. Ишков, Т.Ю. Смирнов, О.К. Гопа, Г.А. Ярыгин, В.И. Равикович, А.С. Хвастина, М.В. Баюкин, С.С. Пономарев, С.И. Колтыпин // Наука и техника в газовой промышленности. – 2011. – № 1. – С. 90-95.

2. Р 50.1.028-2001 Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология

функционального моделирования (приняты постановлением Госстандарта РФ от 2 июля 2001 г. № 256-ст).

3. Информатизация управления охраной окружающей среды при строительстве газопроводов и обустройстве газовых месторождений на суше и на шельфе / Г.А. Ярыгин, В.И. Равикович, О.В. Лукьянов, М.В. Баюкин, К.К. Нечухин // Эффективное управление комплексными нефтегазовыми проектами: тез. докл. III Междунар. науч.-практ. семинара 20-22 сентября 2011 г. – М.: ООО «Газпром ВНИИГАЗ». – С. 39.



### НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- Инженерно-экологические изыскания, производственный экологический мониторинг и контроль, оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС), разработка проектов охраны окружающей среды, этнологические исследования
- Проектирование полигонов по переработке и захоронению буровых шламов, полигонов твердых бытовых и производственных отходов, управление отходами, разработка проектов очистки и рекультивации земель

- Разработка проектов ПДВ, ПНООЛР, паспорта опасных отходов, составление и согласование экологических платежей, лицензии по обращению с опасными отходами
- Разработка и поставка измерительных систем, информационных технологий и программных средств экологического мониторинга и контроля
- Экспертиза проектов, консультационные услуги по сопровождению экологической и строительной экспертиз

### ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСАЛТИНГ

ЗАО «НПФ «ДИЭМ» выполняет комплекс проектно-исследовательских работ экологического профиля при добыче газа и нефти на континентальном шельфе и сухопутных территориях, при транспортировке, хранении и переработке углеводородов.

- Оценка геодинамических последствий длительной разработки месторождений углеводородного сырья, оценка геодинамической опасности зон тектонических нарушений вдоль трасс линейных сооружений

117485, Россия, Москва,  
ул. Бутлерова, д. 12, а/я 45  
тел.: (495) 333-7-444  
факс: (495) 333-8-023  
e-mail: office@diem.ru  
www.diem.ru

