

# ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ\*

Э. А. ЗАКАРИН

*АО “Казгеокосмос”, Алматы, Казахстан*

e-mail: zakarin@kgsc.kz

The paper focused on designing of Interbranch Geoinformation System (IGIS). The structure of IGIS consist of three subsystems “Customer”, “Executer” and “Administrator”. The GIS technologies package is building as a main block of this subsystem “Executer”. The task of this package is modeling of different territorial processes.

## Введение

На современном этапе, когда техническое развитие человечества привело к острому конфликту с окружающей средой, значительно возросла проблема комплексного анализа территории как природно-техногенного комплекса. Такие науки, как география, почвоведение, геология и другие, как бы расщепили территорию на отдельные слои, и очень трудно просматривается системный подход к изучению территорий. Однако сейчас наступил момент перехода от частного к общему, так как появился соответствующий инструментарий интеграции разнородных данных — геоинформационные системы (ГИС).

Использование современных ГИС-технологий ставит на общую платформу все этапы изучения территорий — от научно-исследовательских до проектных. Процедуры принятия решений на основании таких интегрированных данных гораздо более эффективны, а сами решения — более обоснованны.

Важным аспектом применения геоинформационных технологий является возможность реализации связи между наукой и практикой, исследователем и потенциальным пользователем результатов научных исследований. Общая модель территории и связанное с ней единое информационное обеспечение (базы картографических и атрибутивных данных, статистика, сервис обработки координатно привязанными данными и др.) значительно сокращают дистанцию между научными исследованиями и решением практических задач. В связи с этим весьма актуальной представляется разработка единых моделирующих комплексов, где предусмотрены рабочие места как для разработчиков моделей, так и для

---

\*Работа выполнена в рамках проекта “Создать межотраслевую геоинформационную систему с использованием методов дистанционного зондирования и цифровой картографии” в соответствии с Государственной программой “Развитие космической деятельности в Республике Казахстан на 2005–2007 гг”.

© Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук, 2006.

пользователей результатами моделирования. Именно такие комплексы по мере их развития составят основу систем геоинформационного моделирования и комплексного анализа территориальных процессов.

В данной работе на примере проектирования межотраслевой геоинформационной системы (МГИС), разрабатываемой в рамках государственной программы “Развитие космической деятельности в Республике Казахстан на 2005–2007 гг.”, излагаются проблемы, общие принципы и конкретные проектные решения этой многоплановой работы. При выполнении работы использовался опыт создания ГИС мониторинга Казахстанского сектора Каспийского моря [1] и системы геоинформационного моделирования загрязнения атмосферы [2].

## 1. Исходные требования к системе

Начальный этап проектирования больших информационных комплексов — это формирование содержательных и системных требований к разрабатываемой системе.

В настоящем проекте ставится задача разработать МГИС, инструментарий которой будет ориентирован на использование данных космического мониторинга и ГИС-технологий при решении актуальных задач в области сельского хозяйства, ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, экологии и добычи полезных ископаемых. На первом этапе необходимо разработать и обеспечить функционирование в составе МГИС следующих ГИС-технологий:

- дистанционного контроля агротехнологии возделывания зерновых культур;
- комплексной оценки продуктивности пахотных земель;
- раннего предупреждения стихийных бедствий метеорологического характера;
- космического мониторинга трансграничных чрезвычайных ситуаций;
- дистанционного контроля температурного режима зон сейсмической активности;
- космического мониторинга промышленных агломераций и урбанизированных территорий;
- космического мониторинга радиационно опасных объектов;
- космического мониторинга ледового покрытия водоемов и ледников;
- дистанционного контроля объектов добычи твердых полезных ископаемых;
- космического мониторинга нефтяных скважин и нефтепроводов.

Следует учесть, что МГИС планируется использовать как анализирующую подсистему Национальной системы космического мониторинга территории Республики Казахстан. Она должна обеспечивать возможность комплексного анализа мониторинговых данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), результатов наземных наблюдений и научных исследований соответствующих территориальных процессов.

Опираясь на эти содержательные требования, сформулируем рамочные ограничения, налагаемые на МГИС. Во-первых, при ее создании необходимо использовать принципы открытых многопользовательских систем, т. е. предусмотреть соблюдение модульного подхода, расщепление на уровни, возможность замены компонентов и включения человека как одного из элементов системы. Во-вторых, необходимо обеспечить жизнестойкость системы, т. е.:

- способность к развитию и сокращению без разрушения структуры;
- гибкую настройку на решение различных прикладных задач, отвечающих функциональному назначению;

- модульное построение всех технологических цепочек с точным описанием действий исполнителя, если предусмотрена человекомашинная процедура;
- дружественный интерфейс с пользователями различного уровня доступа с упором на развитый сервис анализа отчетов и формирования заявок и сценариев моделирования;
- профессиональный интерфейс с разработчиками прикладных программ, использующий современные геоинформационные технологии обработки территориально-распределенных данных.

В-третьих, МГИС должна быть спроектирована с использованием Интернет-технологий (Web-service) с тем, чтобы обеспечить открытый доступ к сведениям общего характера и санкционированный доступ ко всем информационным ресурсам и аналитическим функциям системы. В-четвертых, на начальном этапе проектирования необходимо выработать единые требования к организации и форматам входных и выходных данных разрабатываемых ГИС-технологий.

## 2. Архитектура системы

Проектирование системы начинается с анализа предметной области. На этом этапе выделяются классы, ассоциации между классами, атрибуты объектов и связей и т. д. В итоге выстраивается архитектура будущей информационной системы.

В основу МГИС положена архитектура, реализованная по схеме, приведенной на рис. 1. Система состоит из трех основных составляющих: подсистема “Исполнитель”, подсистема “Заказчик” и сервер (подсистема “Администратор”). МГИС спроектирована как многопользовательская развивающаяся система открытого типа, где количество подсистем “Заказчик” и “Исполнитель” в системе не ограничено. Все подсистемы являются клиентами одного сервера.

МГИС строится исходя из следующих принципов:

- *комплексности* (ориентация на повышение эффективности системы за счет автоматизации всего взаимосвязанного комплекса, разрешение проблем соединения информационных потоков и создание единого нормативного и информационного пространства);
- *системности*, заключающейся в том, что (в процессе проектирования) при декомпозиции должны быть установлены такие связи между структурными элементами системы, которые обеспечивают ее цельность и взаимодействие с другими системами;
- *развития*, заключающегося в том, что исходя из перспектив развития системы обеспечивается возможность расширения и модификации системы путем добавления новых ГИС-технологий и новых пользователей без нарушения ее функционирования;
- *совместимости*, заключающейся в том, что при создании системы должны быть реализованы информационные интерфейсы, благодаря которым она может взаимодействовать с другими системами в соответствии с общепринятыми стандартами;
- *стандартизации (унификации)*, заключающейся в том, что при создании системы должны быть рационально применены типовые, унифицированные и стандартизованные элементы и модели, проектные решения, пакеты прикладных программ, комплексы и компоненты;
- *эффективности*, заключающейся в достижении рационального соотношения между затратами на создание системы и целевыми эффектами, включая конечные результаты, получаемые при функционировании системы;

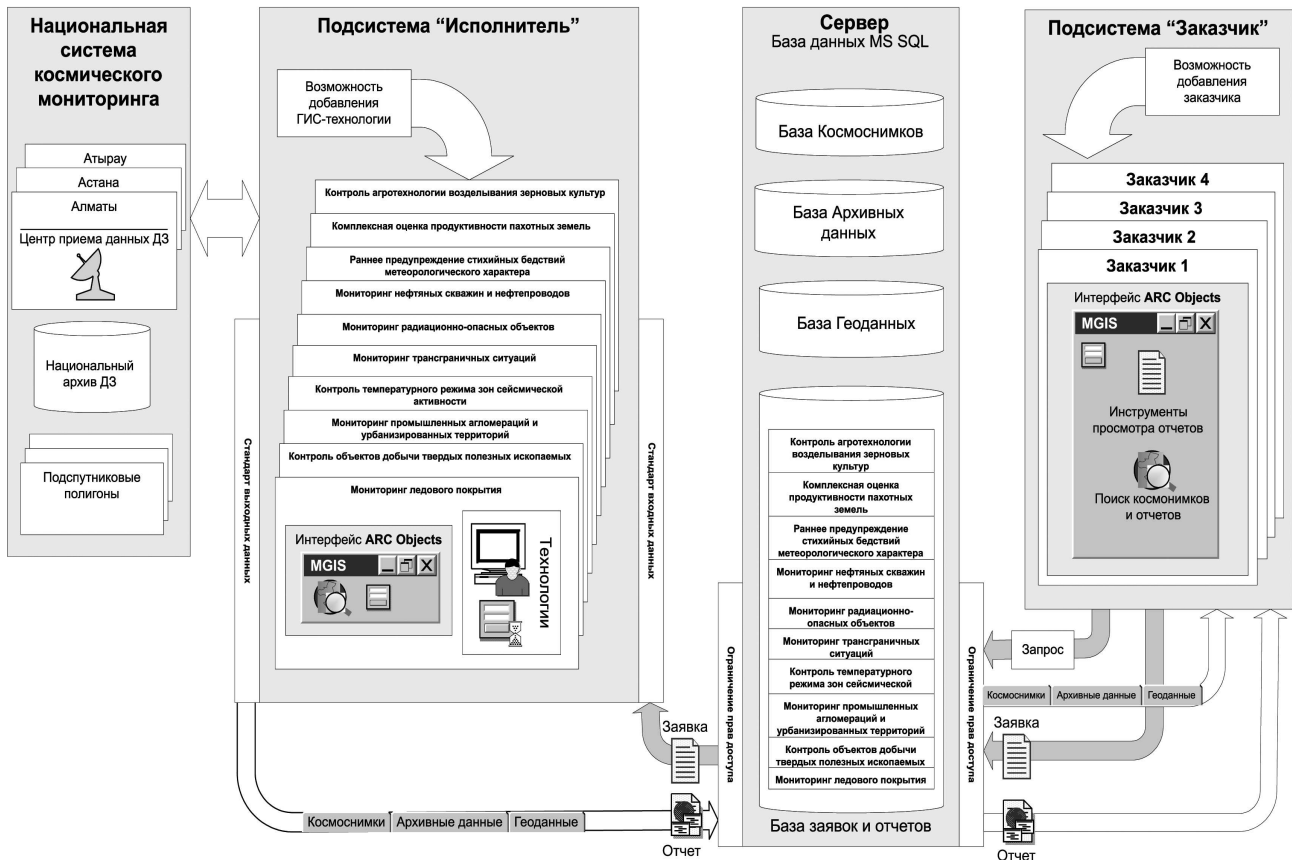


Рис. 1. Структура межотраслевой геоинформационной системы.

— *этапности создания*, определяемой приоритетными направлениями ответственности МГИС;

— *использования архитектуры открытых систем* (все компоненты аппаратного и программного обеспечения должны быть построены в соответствии с архитектурой открытых систем, в результате чего обеспечивается возможность их совместной работы в рамках единой информационной среды и интеграции с новыми продуктами, поддерживающими соответствующие стандарты);

— *максимального использования новых технических средств* и современных высокоэффективных информационных технологий (постреляционные СУБД, клиент-серверная организация, создание двух- и трехуровневых приложений; ГИС, СППР, использование средств удаленного доступа и т. д.);

— *апробированности* (используемые продукты и технологии должны быть адаптированы к реальным задачам);

— *максимального использования имеющегося информационного, технического, программно-технологического и кадрового потенциала*;

— *преемственности* существующих архивов и баз данных (использование накопленных архивов и информации различных ведомств и организаций);

— *технической поддержки* для всех компонентов системы (при построении системы необходимо использовать аппаратное обеспечение, имеющее гарантийное и послегарантийное обслуживание; подсистемы прикладного программного обеспечения должны иметь локализованный интерфейс с пользователем и документацию).

Важное средство достижения целей МГИС — создание единого нормативного и информационного пространства системы. Единство обеспечивается совокупностью правовых и организационных норм в области:

- регламентации доступа и распространения информации по объектам ответственности МГИС;
- разработки и использования единых моделей данных;
- пространственной и временной привязки информации;
- понятийно-терминологической, лингвистической и семантической базы;
- системы классификации и кодирования информации, форматов и регламентов представления данных.

Функционирование МГИС обеспечивается на основе подключения прикладных ГИС-технологий организаций-исполнителей для решения различных задач мониторинга при совместном использовании ими единого архива космоснимков, унифицированной базы геоданных и базы архивных данных и отчетных материалов результатов предшествующих проектов.

Подсистема “Заказчик” обслуживает пользователей, которые условно разбиты на четыре группы. Это пользователи, ориентированные на решение задач:

- по сельскому хозяйству;
- по обнаружению и предупреждению чрезвычайных ситуаций;
- по охране окружающей среды;
- по рациональному природопользованию.

На верхнем уровне это могут быть министерства образования и науки, сельского хозяйства, чрезвычайных ситуаций, охраны окружающей среды, энергетики и минеральных ресурсов. МГИС должна обеспечивать предоставление заказчику исходной и аналитической информации о текущей ситуации на объектах исследования, прогнозе возможных сценариев изменения ситуаций в зависимости от тенденций и динамики выявленных изменений по космоснимкам, данным наземных наблюдений и результатам моделирования.

Подсистема “Заказчик” размещается в качестве рабочего места у пользователей и реализует формирование заявок на мониторинг и/или моделирование выбранных процессов и объектов, анализ отчетов, созданных в подсистеме “Исполнитель”. Все функции реализуются на геоинформационной основе. Подсистема “Заказчик” состоит из серии программно-аппаратных и интерфейсных средств для запрашивания и предоставления данных и аналитических результатов космического мониторинга.

Заявки на решение задач, сформированные в подсистеме “Заказчик”, реализуются прикладными ГИС-технологиями организаций-исполнителей (составляющих подсистему “Исполнитель”), выполняющими тематическую обработку данных и подготовку отчетов с помощью соответствующего набора инструментов. Среди них — технологии тематической обработки космических снимков, математические модели и ГИС-процедуры манипуляций с картографическими данными. Интеллектуальным ядром подсистемы служит пакет моделей территориальных процессов, ориентированный на решение актуальных задач в области чрезвычайных ситуаций, экологии, минеральных ресурсов и сельского хозяйства. Подсистема “Исполнитель” должна интегрировать в своем составе входные потоки данных, процедуры тематической обработки данных ДЗЗ и геоинформационные модели территориальных процессов. На основе этих данных и процедур подсистема должна выработать отчеты в регулярном, оперативном и чрезвычайном режимах.

### 3. Методика проектирования системы

Для структурирования процесса разработки МГИС приняты принципы быстрого проектирования приложений GRAPPLE (Guidelines for Rapid APPLication Engineering). Процесс GRAPPLE состоит из пяти этапов: 1) выяснение набора требований, 2) анализ, 3) проектирование, 4) программирование и 5) развертывание. Следует отметить, что эти этапы при объектно-ориентированном подходе рассматриваются как итеративный процесс, поскольку граница между ними весьма расплывчата.

В качестве рабочего инструмента при разработке МГИС выбран объектно-ориентированный язык UML [3] (Unified Modeling Language). Построение проекта программного изделия на языке UML состоит из ряда циклов, в которых определяются и уточняются описания классов и взаимодействия между ними, разрабатываются реализующие их программы, проводятся их отладка и тестирование, по результатам каждого этапа уточняются рабочие документы предыдущих этапов, дорабатываются описания классов и их связи. Эти циклы повторяются до получения требуемого результата. Последним этапом является объектно-ориентированное программирование, конечный результат которого — создание и развертывание МГИС.

Весь процесс создания программы на UML состоит в разработке набора диаграмм. Основными из них являются диаграмма:

- классов и объектов;
- прецедентов;
- последовательности;
- взаимодействия;
- коммуникации;
- состояний;

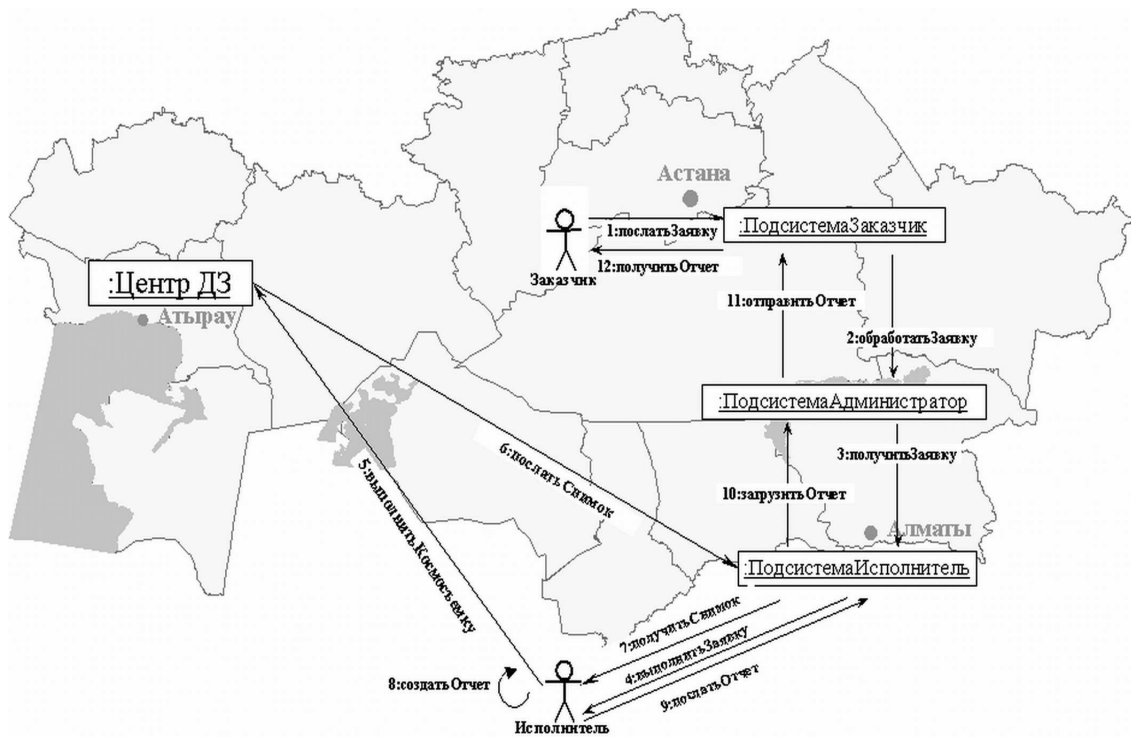


Рис. 2. Диаграмма коммуникаций МГИС.

- видов деятельности;
- компонентов;
- развертывания.

При проектировании МГИС был разработан полный пакет диаграмм. Наиболее информативна для целей данной статьи диаграмма коммуникаций (рис. 2), которая дает представление:

— об основных классах проекта. Это — подсистемы “Заказчик”, “Администратор”, “Исполнитель”, Центр приема данных дистанционного зондирования и персоны Заказчик и Исполнитель;

— о фактическом расположении объектов. В настоящее время развертывание системы происходит на базе трех городов. Подсистема “Заказчик” расположена в городе Астане, у головного заказчика, подсистемы “Администратор” и “Исполнитель” — в городе Алматы в соответствующих организациях и институтах, Центр дистанционного зондирования функционирует в городе Атырау;

— о связях между объектами и классами в виде процедуры выполнения заявки. Как видно из рисунка, эта процедура состоит из 12 этапов и предполагает обработку заявки и подготовку отчета. Как правило, все заявки предусматривают космическую съемку, поскольку МГИС является блоком Национальной системы космического мониторинга.

#### 4. Пакет ГИС-технологий

Главными системообразующими элементами МГИС являются ГИС-технологии. Поскольку территориальные системы отличаются большим разнообразием, принято решение каждую методику привязывать к конкретным полигонам на территории Казахстана (рис. 3).

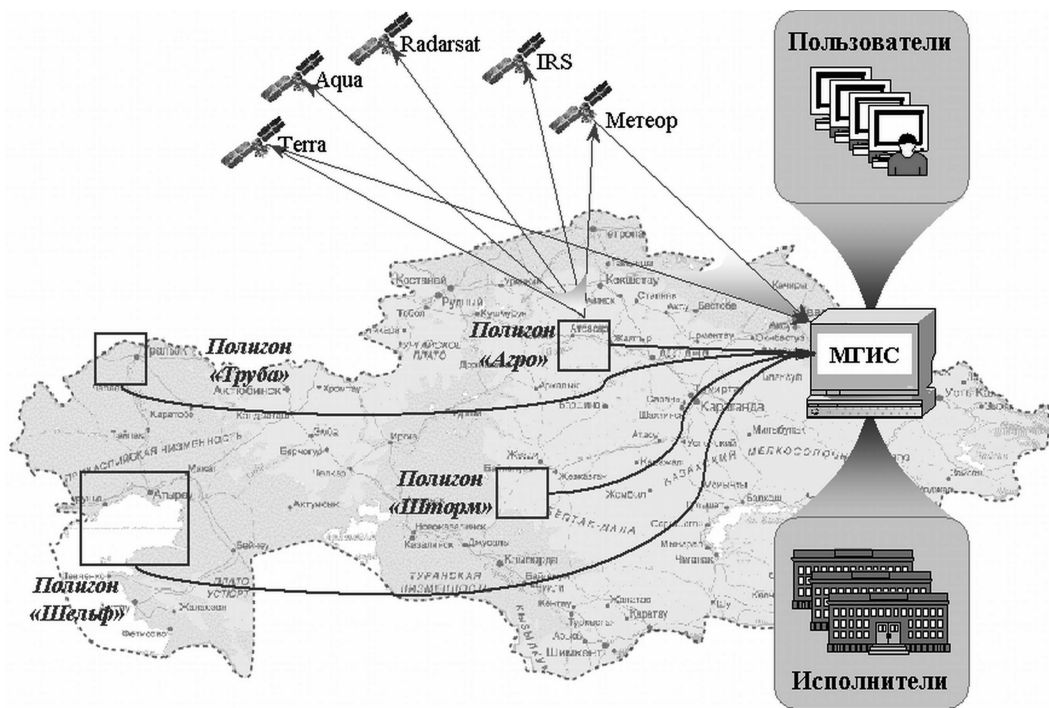


Рис. 3. Схема расположения тестовых полигонов в структуре МГИС.



Рис. 4. Схема ГИС-технологии мониторинга и моделирования нефтяного загрязнения моря.

В МГИС предусмотрено, что в случае, если поступил заказ на новую территорию, то исполнитель должен выполнить работы по адаптации технологии к новым условиям.

ГИС-технологии можно условно расщепить по степени сложности на три типа:

- технологии космического мониторинга;
- технологии, основанные на простых инженерных моделях;
- технологии, связанные с математическим моделированием сложных территориальных процессов.

В качестве примера можно указать, что к технологиям первого типа относится задача дистанционного контроля агротехнологии возделывания зерновых культур. Здесь в соответствии с технологическими операциями производства зерна осуществляется космическая съемка и в результате применения процедур распознавания выделяются разные фазы обработки сельскохозяйственных полей. К технологиям второго типа относится ГИС-система комплексной оценки продуктивности пахотных земель. В ее основе лежит имитационная модель роста сельскохозяйственных культур WOFOST (WOrld FOod STudy), используемая в странах Европейского Союза. Технологии третьего типа представлены в МГИС в задачах раннего предупреждения стихийных бедствий метеорологического характера. Здесь рассматриваются процессы пыльных бурь и наводнений в штормовых условиях. Как известно, эти процессы принадлежат к классу сложных, и, соответственно, модели, описывающие их, опираются на сложные математические уравнения гидроаэродинамики.

К задаче о ветровых нагонах вплотную примыкает задача космического мониторинга затопленных нефтяных скважин и нефтепроводов, проложенных по морскому дну. Соответствующая ГИС-технология включает распознавание на снимках нефтяных пятен на воде и их источников, моделирование гидродинамики моря и расчет переноса и трансформации нефтяных примесей в морской среде. Разработанная процедура решения такой задачи с использованием модели MIKE 21 приведена на рис. 4 [4].



## Заключение

Геоинформационные технологии являются эффективным инструментом интеграции в рамках единой системы больших объемов разнородной информации по экологическому состоянию территории, включая данные дистанционного зондирования. При этом в понятие “интеграция” можно вложить различный смысл. Наиболее распространенное толкование связано с представлением всех данных на единой картографической основе. Такой чисто информационный подход зачастую не является достаточным для принятия эффективных решений. В межатраслевой геоинформационной системе реализован подход интеграции данных методом геоинформационного моделирования, что обеспечивает анализ экологических процессов в динамике (краткосрочный прогноз) или на базе различных сценариев природоохранных мероприятий (долгосрочный прогноз). Математические модели, лежащие в основе этого метода, используют картографические, статистические и данные полевой и дистанционной съемки в качестве параметров модели или информационной среды для адаптации модели к конкретным условиям.

## Список литературы

- [1] ЗАКАРИН Э.А., КИПШАКБАЕВ А.И., МУХАМЕДГАЛИЕВ А.Ф. Мониторинг и моделирование территориальных процессов Северного Прикаспия. Алматы: НИЦ “Гылым”, 2003. 170 с.
- [2] ZAKARIN E.A. Methods of geoinformation modelling and application to atmospheric pollution tasks // J. of Comp. Technologies. 2004. Vol. 9, pt 2, special issue. P. 70–81.
- [3] ШМУЛЛЕР ДЖ. Освой самостоятельно UML за 24 часа. 3-е изд.: Пер. с англ. М.: Изд. дом “Вильямс”, 2005. 416 с.
- [4] CMFMWOS, 1985, Computer Model Forecasting Movements and Weathering of Oil Spills. Final Report for the European Economic Community, WQI and DHI, Oct. 1985.

*Поступила в редакцию 9 ноября 2006 г.*