

ГИС В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

УДК [004/9:553.04] (571.65)

ГИС “МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ, МЕТАЛЛОГЕНЕЗИС И ТЕКТНИКА СЕВЕРО-ВОСТОКА АЗИИ”

**В.В. Наумова¹, Р.М. Миллер², В.Дж. Ноклеберг², М.И. Патук², М.Ю. Капитанчук¹,
Л.М. Парфенов⁴, А.И. Ханчук¹, С.М. Родионов³**

¹Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток

²Геологическая служба США, Менло Парк, Калифорния, США

³Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, г. Хабаровск

⁴Институт геологии алмазов и благородных металлов СО РАН, г. Якутск

ГИС “Минеральные ресурсы, металлогенезис и тектоника Северо-Востока Азии”, реализованная на основе предложенной концепции и технологии создания региональных геологических ГИС, осуществляет хранение, обработку, доступ, отображение и распространение картографической и атрибутивной информации о геологических объектах Восточной и Южной Сибири, юга Дальнего Востока России, Монголии, Северо-Восточного Китая, Кореи и Японии. Система предоставляет пользователю возможность организации многокритериальных поисковых запросов, в том числе от картографической информации к атрибутивной и наоборот. ГИС позволяет проводить анализ взаимосвязей и взаимозависимостей между геодинамическими, минерально-ресурсными и металлогеническими данными, что дает геологам возможность получать новую информацию о тектонических и металлогенических характеристиках и их эволюции для Северо-Востока Азии.

Ключевые слова: ГИС, региональные геологические ГИС, концепция создания геологических ГИС, ГИС-технологии, тектоника, минеральные ресурсы, металлогенезис, Северо-Восток Азии.

ВВЕДЕНИЕ

Современные компьютерные технологии предоставляют широкие возможности для организаций хранения и экспрессного поиска геологической информации. В настоящее время геологические службы всех развитых стран мира активно используют ГИС в своей деятельности. И это неудивительно, ведь они оперируют данными, имеющими отчетливую, зачастую детальную, пространственную привязку. А для хранения этих данных, быстрого и удобного доступа к ним на основе местоположения и создания на их основе высококачественных карт разного назначения технология ГИС подходит наилучшим образом.

Одним из основополагающих принципов применения ГИС в региональных геологических исследованиях следует считать системный подход. Он заключается в рассмотрении объекта исследования как

целостной сложной системы, состоящей из ряда подсистем и имеющей функциональные зависимости и связи как внутри системы, так и между ее подсистемами. Системный подход представляет собой обобщенную методологию решения региональных геологических проблем, основанную на концепции такой системы, под которой понимается не только ее структура, но и функционирование. Инструментом системного подхода является моделирование как способ отображения реальной действительности, при котором для изучения оригинала применяется специально построенная модель, воспроизводящая существенные свойства и характеристики исследуемого реального объекта (группы объектов) и процесса.

Авторская концепция создания транснациональных геологических ГИС заключается в рассмотрении пространственных объектов исследования как целостной сложной системы, состоящей из ряда под-

систем и имеющей функциональные зависимости и связи как внутри системы, так и между ее подсистемами. В этом случае создание ГИС осуществляется в рамках единой геологической концепции. Все геологические объекты, входящие в систему, описываются комплексом признаков, основанных на общих для всего проекта геологических классификациях. Проект имеет единую топографическую (географическую) основу, все карты проекта построены на ее базовой основе и имеют согласованные между собой легенды. При таком подходе у создателей ГИС не возникает проблем со стандартизацией геологических объектов и с корректным построением ГИС [3].

ГИС-технология для целей региональной геологии, основанная на предложенной концепции создания региональных геологических ГИС [2], состоит из следующих последовательных этапов: (1) проектирование системы, при котором формализация геологических объектов и их взаимосвязей играет определяющую роль; (2) выбор технических и программных средств для реализации ГИС; (3) создание топографической (географической) основы; (4) формирование цифровых карт и атрибутивных баз данных в ГИС-среде; (5) решение информационно-поисковых задач с максимальной организацией взаимосвязи между картами и БД; (6) разработка пользовательского интерфейса.

На основе предложенной концепции и сформулированной ГИС-технологии проведено проектирование и осуществлена реализация ГИС "Минеральные ресурсы, металлогенезис и тектоника Северо-Востока Азии".

В рамках выполнения международного проекта "Минеральные ресурсы, металлогенезис и тектоника Северо-Востока Азии" [6] собран и систематизирован огромный фактический материал по минеральным ресурсам, металлогенезису, происхождению элементов земной коры и развитию рудных систем Восточной и Южной Сибири, Дальнего Востока России, Монголии, Северо-Восточного Китая, Кореи и Японии. Этот международный проект являлся совместным проектом Российской Академии наук, Монгольской Академии наук, Чанчуньского университета наук о Земле, Корейского Института геологии, горного дела и материалов, Геологических служб Японии и Соединенных Штатов Америки.

ОСНОВНЫЕ ИСПОЛЪЗУЕМЫЕ ПРИНЦИПЫ И ПОНЯТИЯ

Целевое назначение ГИС заключается в организации хранения, поиска и анализа информационного материала по геологии Северо-Востока Азии.

Основные информационные материалы, использованные при построении ГИС: географическая карта; геодинамическая карта и атрибутивные описания геодинамических объектов; карта месторождений полезных ископаемых и атрибутивные описания месторождений; металлогенические карты.

В рамках работы по Международному проекту создана геодинамическая карта Северо-Востока Азии [7] масштаба 1: 5 000 000, которая составлена в качестве основного источника информации по геологии и тектоническим структурам региона, а также как тектоническая основа для металлогенического анализа. Легенда карты включает следующие группы подразделений [4]: кратоны; террейны; перекрывающие и "сшивающие" комплексы; прочие обозначения.

Геодинамическая карта Северо-Востока Азии показывает современное размещение террейнов, перекрывающих и "сшивающих" их комплексов в пределах кайнозойских, мезозойских, палеозойских и позднедокембрийских орогенных поясов, расположенных между Северо-Азиатским и Сино-Корейским кратонами, Северным Ледовитым и Тихим океанами. Террейны этих орогенных поясов, а также перекрывающие и "сшивающие" их комплексы классифицируются однотипно, на основе принципа актуализма и моделей плитной тектоники. На карте предпринята попытка выделения террейнов в раннедокембрийском фундаменте кратонов. Путем изображения террейнов, перекрывающих и "сшивающих" комплексов карта раскрывает главные структуры орогенных поясов и время их формирования, возраст коллизии и аккреции, а также постааккреционные и постамальгамационные преобразования.

Логика описаний коренных и россыпных **месторождений полезных ископаемых**, их классификация, металлогенический анализ территории подробно описаны в работах участников международного проекта [9–11].

Выделение и описание металлогенических поясов Северо-Востока Азии, а также интерпретация их генезиса осуществлены с использованием современных понятий тектоники плит, террейнового анализа и анализа перекрывающих и «сшивающих» комплексов, с учетом результатов типизации рудных месторождений территории.

Металлогенические пояса анализировались в соответствии с геодинамическими обстановками их формирования и по различным возрастным срезам. Всего рассмотрено 12 возрастных срезов, соответ-

ствующих наиболее значимым для региона тектоническим и металлогеническим событиям:

Архей (> 2500 млн лет);
 Палеопротерозой (2500–1600 млн лет);
 Мезопротерозой (1600–1000 млн лет);
 Неопротерозой (1000–540 млн лет);
 Кембрий–силур (540–410 млн лет);
 Девон–ранний карбон (410–320 млн лет);
 Поздний карбон–средний триас (320–230 млн лет);
 Поздний триас–ранняя юра (230–175 млн лет);
 Средняя юра – ранний мел (175–96 млн лет);
 Сеноман–кампан (96–72 млн лет);
 Маастрихт–олигоцен (72–24 млн лет);
 Миоцен–квартер (24–0 млн лет).

СТРУКТУРА ГИС “МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ, МЕТАЛЛОГЕНЕЗИС И ТЕКТНИКА СЕВЕРО-ВОСТОКА АЗИИ”

В рассматриваемой ГИС сформированы следующие **информационные блоки**: “География”; “Геодинамика”; “Коренные месторождения полезных ископаемых”; “Россыпные месторождения полезных ископаемых”; “Металлогенические пояса”.

Географическая карта [5] создана в качестве базовой основы для всех картографических материалов проекта. Масштаб карты 1: 5 000 000. Карта конвертирована из опубликованных в США числовых данных.

Блок “Геодинамика” включает в себя три раздела:

“Тектоно-стратиграфические террейны”: террейны позднекембрийских и фанерозойских орогенных поясов, террейны в раннекембрийском кристаллическом фундаменте кратонов. Информация о 219 террейнах рассматриваемой территории состоит из географического положения и атрибутивного описания: идентификатор, полное имя, тип, тектоническая обстановка, авторское описание, библиографические ссылки, обобщенная стратиграфическая колонка.

“Перекрывающие и “сшивающие” комплексы”: магматические комплексы plutонических и вулканоплутонических поясов, комплексы формаций задуговых бассейнов, комплексы формаций пассивных континентальных окраин, континентальные комплексы. Информация о 224 перекрывающих и “сшивающих” комплексах состоит из географического положения и атрибутивного описания: идентификатор, полное имя, возраст, тип пород, тип комплексов, авторское описание, библиографические ссылки.

“Разломы”: разломы, окаймляющие террейны, главные постагрессионные разломы. Информация о разломах состоит из их географического положения и некоторых описаний: идентификатор, полное имя, тип.

В качестве результирующего документа данный блок представлен Геодинамической картой Северо-Востока Азии масштаба 1:5 000 000 [7], а также атрибутивными описаниями геодинамических объектов.

Блок “Коренные месторождения полезных ископаемых” представлен регистрационной картой масштаба 1:5 000 000 с указанием на ней точек расположения 1674 месторождений полезных ископаемых [8], а также атрибутивными описаниями месторождений.

Блок “Россыпные месторождения полезных ископаемых” представлен картой масштаба 1:5 000 000 с указанием на ней точек расположения 85 россыпных районов [8], а также атрибутивными описаниями россыпных месторождений.

Блок “Металлогенические пояса” представлен 12 картами масштаба 1:5 000 000, на которых показано расположение 282 металлогенических поясов [8], а также атрибутивными описаниями металлогенических поясов.

ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ ГИС “МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ, МЕТАЛЛОГЕНЕЗИС И ТЕКТНИКА СЕВЕРО-ВОСТОКА АЗИИ”

Исходя из поставленных задач и формализации описания данных, создаваемая ГИС осуществляет следующие функции:

- осуществление хранения информации в развитой модели данных;
- объединенное управление описательными и пространственными данными;
- обеспечение прямого доступа к описательным данным в ГИС-среде;
- осуществление многоцелевого информационного поиска в картографических объектах и в объектах баз данных, а также от одного вида объектов к другому;
- предоставление пользователю возможности добавлять и редактировать информацию, включая новый картографический материал и таблицы описаний;
- предоставление пользователю возможности получать любую комбинацию картографического материала;
- предоставление пользователю возможности создавать новые тематические карты на основе использования информации, занесенной в ГИС;

- создание стандартных форм отчетов, таблиц, диаграмм, графиков;
- выполнение печати информации, включая картографическую.

Для разработки концептуальной модели или "модели предметной области" в рассматриваемой системе определены объекты и атрибуты их описания.

СТРУКТУРА АТРИБУТИВНЫХ ОПИСАНИЙ ДАННЫХ И ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ОБЪЕКТАМИ

Объект *"ТЕКТОНО-СТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ ТЕРРЕЙН"* имеет следующие атрибуты описания:

- краткая аббревиатура названия террейна (соответствует аббревиатуре, вынесенной на карту);
- название террейна;
- возраст террейна;
- географическое положение;
- тектоническое положение, согласно фиксированному списку значений:
 - аккреционный клин и субдукционная зона, тип А;
 - аккреционный клин и субдукционная зона, тип В;
 - окраинно-континентальная магматическая дуга;
 - континентальный рифт;
 - кратон;
 - окраина кратона;
 - островная дуга;
 - океаническая кора и подводная гора;
 - зона субдукции;
 - турбидитовый бассейн.

- краткое описание террейна;
- литературные источники;
- обобщенная стратиграфическая колонка;
- дата последней модификации.

Объект *"ПЕРЕКРЫВАЮЩИЙ ИЛИ "СШИВАЮЩИЙ" КОМПЛЕКС"* имеет следующие атрибуты описания:

- краткая аббревиатура названия комплекса (соответствует аббревиатуре, вынесенной на карту);
- полное название комплекса;
- возраст комплекса;
- географическое положение;
- краткое описание комплекса;
- литературные источники;
- дата последней модификации.

Объект *"КОРЕННОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ"* имеет следующие атрибуты описания:

- краткая аббревиатура названия месторождения;
- полное название месторождения;
- тип месторождения полезных ископаемых, согласно фиксированному списку модельных типов месторождений полезных ископаемых;
- вмещающие комплексы;
- принадлежность металлогеническому поясу, согласно фиксированному списку металлогенических поясов;
- основные металлы;
- сопутствующие металлы;
- размер месторождения, согласно фиксированному списку значений:
 - крупное;
 - среднее;
 - мелкое;
 - не определено.
- тоннаж месторождения;
- краткое описание месторождения;
- схема месторождения;
- литературные источники;
- дата последней модификации.

- крупное;
- среднее;
- мелкое;
- не определено.

- тоннаж месторождения;
- краткое описание месторождения;
- схема месторождения;
- литературные источники;
- дата последней модификации.

Объект *"РОССЫПНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ"* имеет следующие атрибуты описания:

- краткая аббревиатура названия россыпи;
- полное название россыпи;
- тип россыпи;
- основные металлы;
- сопутствующие металлы;
- размер россыпи, согласно фиксированному списку значений:
 - крупное;
 - среднее;
 - мелкое;
 - не определено.

- тоннаж;
- краткое описание;
- литературные источники;
- географический регион;
- дата последней модификации.

Объект *"МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЙ ПОЯС"* имеет следующие атрибуты описания:

- краткая аббревиатура названия металлогенического пояса;
- полное название металлогенического пояса;
- геологические структуры;
- возрастной интервал, согласно фиксированному списку значений:

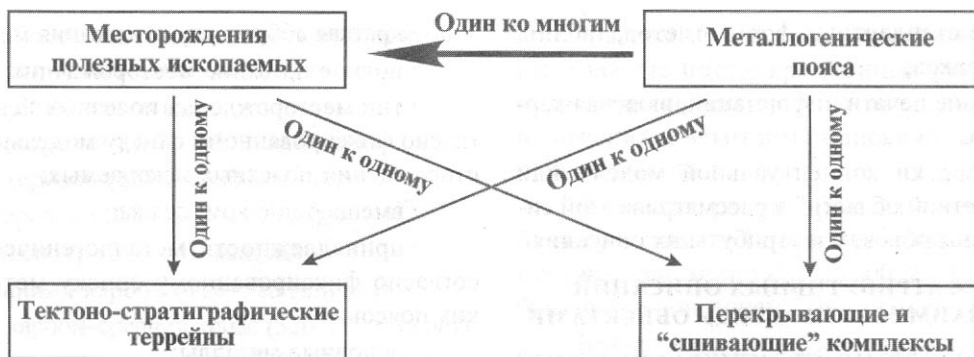


Рис. 1. Взаимосвязи между объектами в описываемой системе.

- тектоническое положение;
- геодинамическая обстановка формирования;
- географический регион;
- литературные ссылки;
- дата последней модификации.

Определены основные зависимости между объектами и признаками. Взаимосвязи типа “один к одному” характерны для отношений между следующими объектами: “коренное месторождение полезных ископаемых” и “тектоно-стратиграфический террейн”; “коренное месторождение полезных ископаемых” и “перекрывающий или “сшивающий” комплекс”; “металлогенический пояс” и “коренное месторождение полезных ископаемых”; “металлогенический пояс” и “перекрывающий или “сшивающий” комплекс”. Между объектами “металлогенический пояс” и “россыпное месторождение полезных ископаемых” – взаимосвязь “один ко многим” (рис. 1). Взаимосвязей между атрибутами объектов не установлено.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ДАННЫХ

Концептуальная модель данных рассматриваемой системы аппроксимируется реляционной моделью данных [1].

В реляционной модели данных объекты и взаимосвязи между ними представляются с помощью таблиц. Каждая таблица представляет собой один объект и состоит из строк и столбцов. Каждый столбец в таблице является атрибутом. В соответствии с традиционной терминологией можно сказать, что столбцы таблицы представляют элементы данных, а строки – записи.

ИНФОРМАЦИОННОЕ СОДЕРЖАНИЕ ГИС

Программное обеспечение ГИС: ArcView, 3.2 и Microsoft Access 2000. Цифровые карты импортировались в ArcView согласно разработанной структуре тематических слоев ГИС: 12 слоев – географическая

карта (рис. 2); 136 слоев – геодинамическая карта (рис. 3); 1 слой – регистрационная карта коренных месторождений полезных ископаемых (рис. 4); 1 слой – регистрационная карта россыпных месторождений полезных ископаемых (рис. 5); 12 слоев – карты металлогенических поясов (рис. 6).

Базы данных описаний геологических объектов создавались в Microsoft Access. Необходимость привлечения внешней для ArcView системы управления базами данных связана с тем, что атрибуты объектов, входящих в систему, описываются большими блоками текстовой информации, изображениями тектоно-стратиграфических колонок и карто-схемами месторождений. Базы данных включают следующие таблицы: “Тектоно-стратиграфические террейны”; “Перекрывающие и “сшивающие” комплексы”; “Коренные месторождения полезных ископаемых”; “Россыпные месторождения полезных ископаемых”; “Металлогенические пояса”; “Стратиграфические колонки”; “Схемы месторождений”.

Таблицы организованы в реляционную базу данных. Структура данных в БД показана на рис. 7. Подобная организация данных позволяет не только обеспечить поисковые возможности системы, но и улучшает возможность пользовательского интерфейса при уточнении запросов в режиме просмотра форм данных.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ

Реализованная ГИС решает следующие задачи:

- осуществляет компьютерное хранение всех видов информации;
- предоставляет прямой доступ к описательным данным в ГИС- среде;
- реализует многокритериальный информационный поиск в картографических объектах и в объектах баз данных, а также от одного вида объектов к другому;

U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR
U.S. GEOLOGICAL SURVEY

OPEN-FILE REPORT 98-769

PREPARED IN COLLABORATION WITH
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
MONGOLIAN ACADEMY OF SCIENCES
CHANGCHUN UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY
KOREAN INSTITUTE OF GEOLOGY,
MINING, AND MATERIALS
GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Рис. 2. Географическая карта
Северо-Востока Азии.



This report is preliminary and has not been reviewed for conformity with the U.S. Geological Survey editorial standards or with the North American Stratigraphic Code. Any use of trade, firm, or product names is for descriptive purposes only and does not imply endorsement by the U.S. Government.

GEOGRAPHIC BASE MAP OF NORTHEAST ASIA

Compiled by Robert J. Miller¹, Richard D. Koch², Warren J. Nokleberg³, Duk-Hwan Hwang⁴, Masatsugu Ogasawara⁵, Demberel Orolmas⁶, Andrei V. Prokoplev⁶, Sadahisa Sudo⁶, Valery A. Vernikovsky⁶, and Mao Ye⁶

- осуществляет печать всех видов информации;
- осуществляет добавление и редактирование информации, включая новый картографический материал и новые таблицы описания.

ОСНОВНЫЕ БЛОКИ СИСТЕМЫ

Рассматриваемая ГИС включает следующие блоки (рис. 8):

1. Блок управления цифровой картографией (ArcView):

1.1 удаление/добавление тематического слоя;

1.2 удаление/добавление элементов слоя;

1.3 изменение тематического содержания слоя приемами генерализации (утрирование, обобщение, упрощение, сглаживание);

1.4 изменение цветовой гаммы легенды и содержания карты;

1.5 замена картографического способа изображения тематического содержания (например, замена точечного слоя на полигоны);

1.6 визуализация любой совокупности картографических слоев;

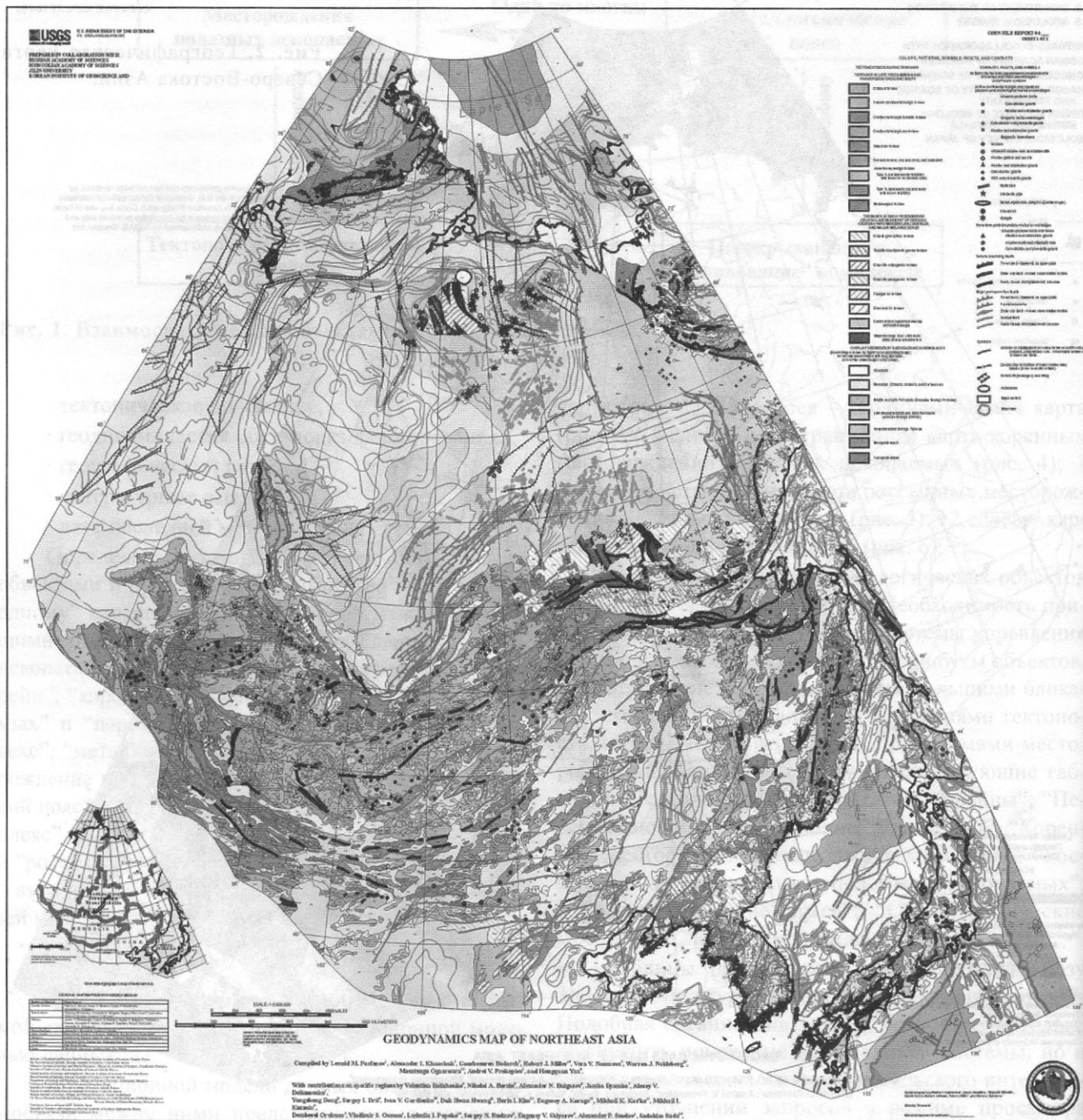


Рис. 3. Геодинамическая карта Северо-Востока Азии.

- 1.7 вызов сервисных функций.
2. Блок организации пространственных запросов (ArcView):
 - 2.1 идентификация пространственных запросов;
 - 2.2 вызов сервисных функций.
3. Аналитический блок (ArcView):
 - 3.1 переклассификация, декомпозиция, объединение пространственных объектов;

- 3.2 топологические оверлеи;
- 3.3 буферизация;
- 3.4 вызов сервисных функций.
4. Блок управления реляционной БД (Access):
 - 4.1 ввод, удаление, модификация информации;
 - 4.2 визуализация информации;
 - 4.3 вызов сервисных функций.

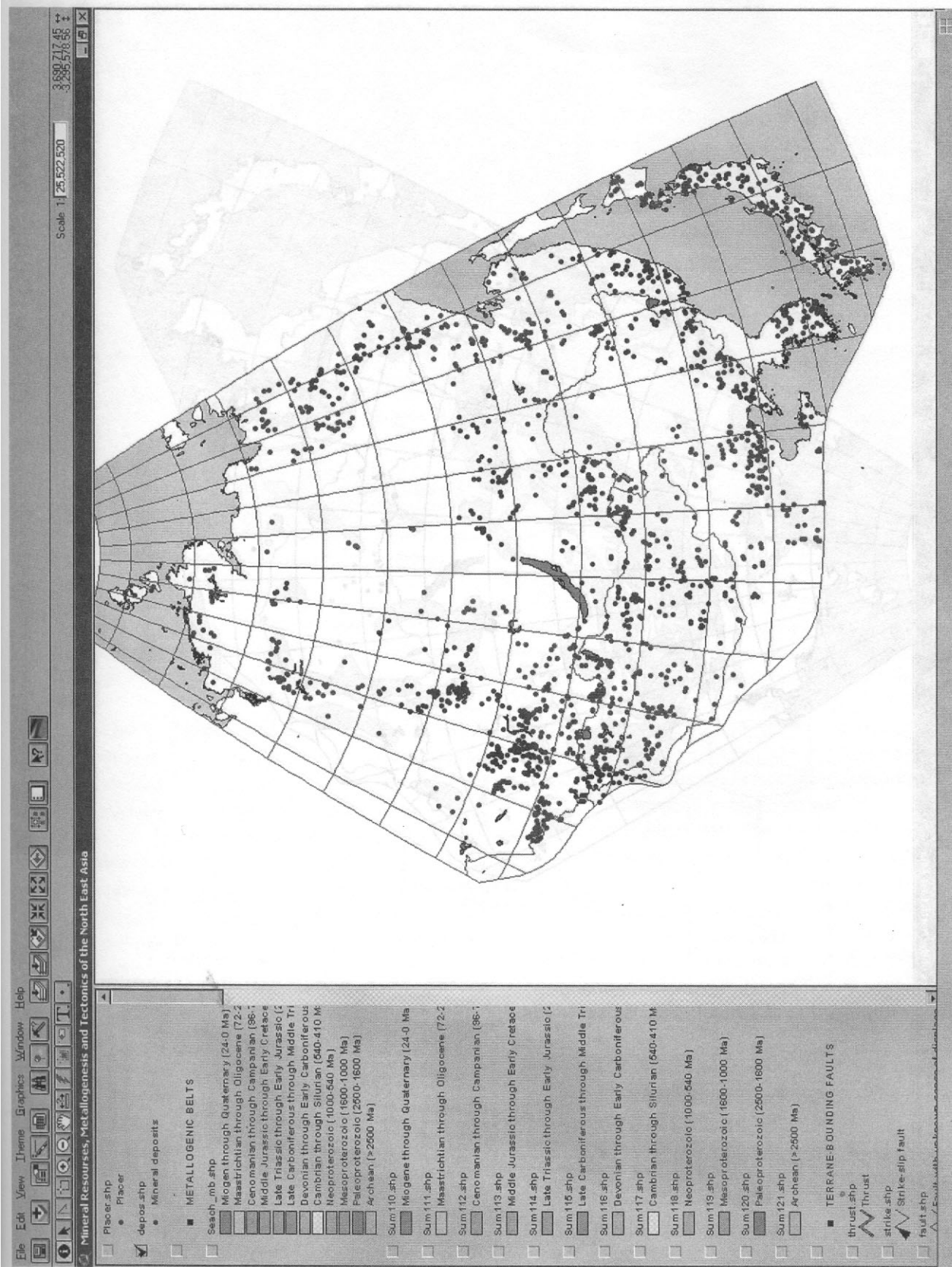


Рис. 4. Тема "Коренные месторождения полезных ископаемых" в ArcView, 3.2.

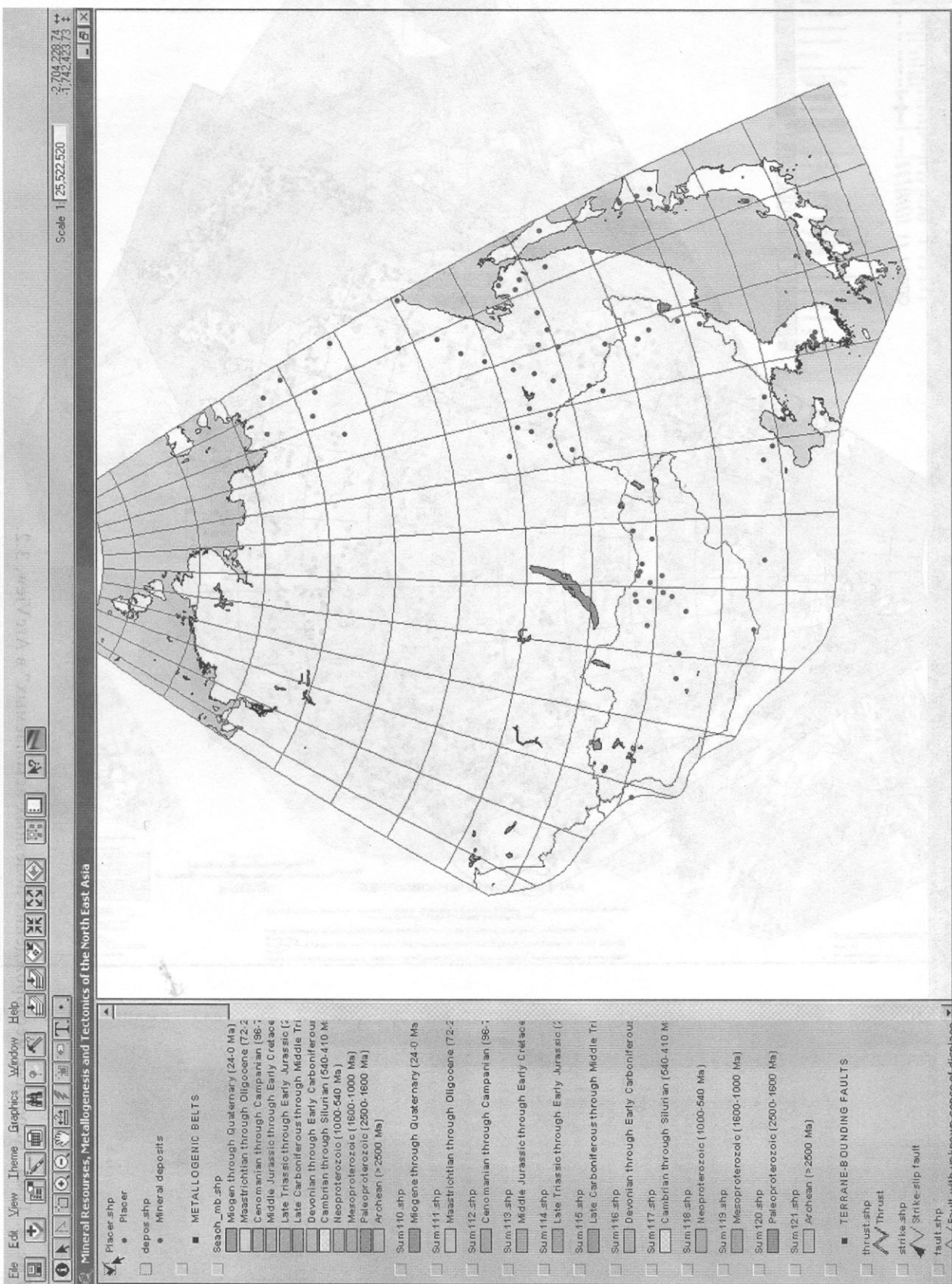


Рис. 5. Тема "Россыпные месторождения полезных ископаемых" в ArcView, 3.2.



Рис. 6. Тематические слои блока "Металлогенетические пояса" в ArcView, 3.2.

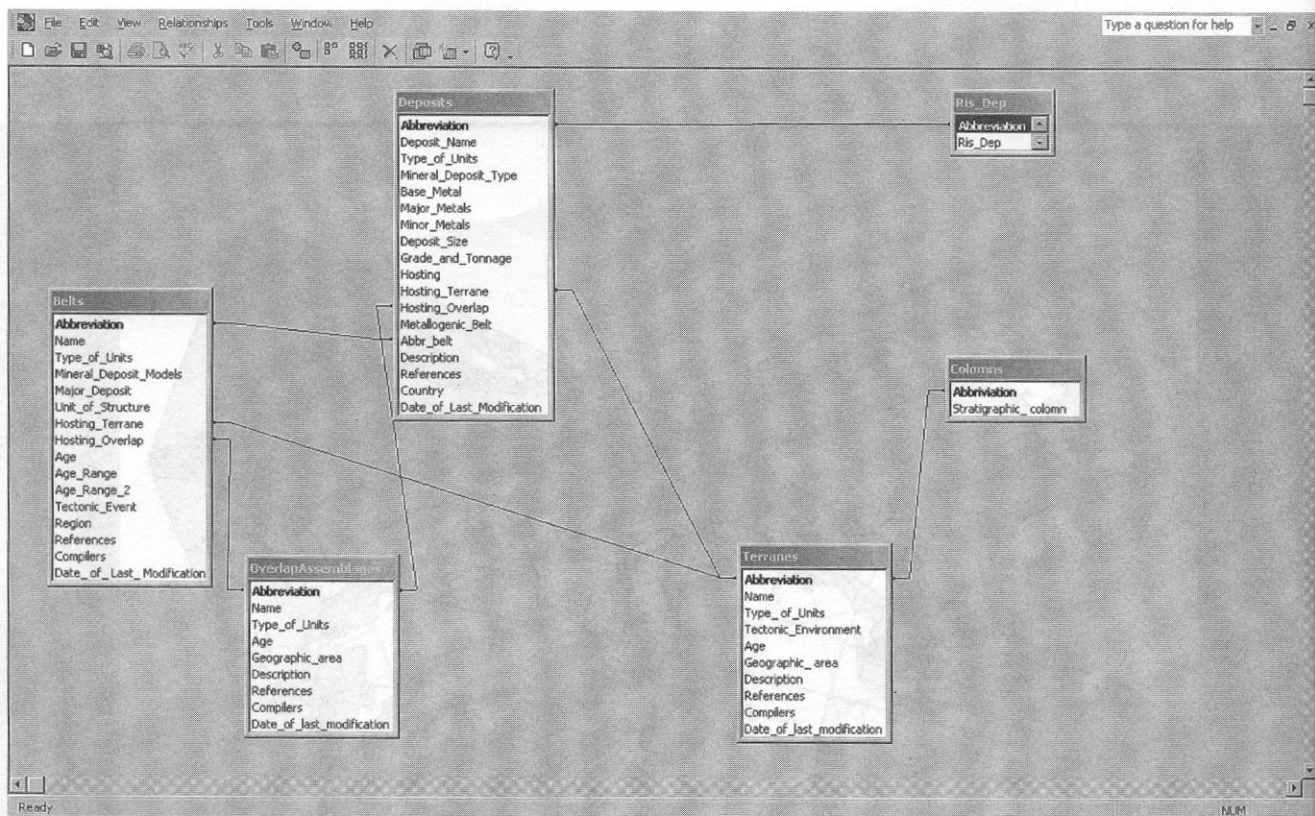


Рис. 7. Структура данных в БД Microsoft Access, 2000.



Рис. 8. Основные блоки ГИС.

5. Блок создания атрибутивных запросов (Access):

- 5.1 запросы на выборку;
- 5.2 запросы с параметрами;
- 5.3 перекрестные запросы;
- 5.4 запросы на изменение (запросы на создание таблицы, удаление, обновление, добавление записей);
- 5.5 запросы SQL (запросы на объединение, запросы к серверу, управляющие запросы, подчиненные запросы);
- 5.6 вызов сервисных функций.

6. Блок создания перекрестных запросов: (ArcView ↔ Microsoft Access).

- 6.1 выполнение запросов от картографической информации к атрибутивной в БД;
- 6.2 выполнение поисковых запросов от атрибутивной информации в БД к картографической;
- 6.3 вызов сервисных функций.

7. Блок пользовательского интерфейса.

Интерес представляет пользовательский интерфейс нестандартной реализации созданных автором перекрестных (между программами) поисковых запросов в системе.

РЕШЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВЫХ ЗАДАЧ

Решение информационно-поисковых задач реализуется следующими блоками:

- 1) организация пространственных запросов (ArcView);
- 2) создание атрибутивных запросов (Access);
- 3) создание перекрестных запросов: ArcView ↔ Microsoft Access.

Организация пространственных запросов реализуется стандартными средствами ArcView способом "картографического интерфейса":

- произвольное ограничение территории выборки;
- определение границ выборки аналитическим путем (площадные геометрические примитивы, географические зоны);
- использование контуров территориальной выборки (ареалы обслуживания, административные районы и др.).

Создание запросов в Microsoft Access строится стандартными средствами программы:

- запросы на выборку;
- запросы с параметрами;
- перекрестные запросы;
- запросы на изменение (запросы на создание таблицы, удаление, обновление, добавление записей);

· запросы SQL (запросы на объединение, запросы к серверу, управляющие запросы, подчиненные запросы).

Создание перекрестных запросов:

ArcView ↔ Microsoft Access:

Созданная ГИС предоставляет пользователю возможность дополнительных, нестандартных возможностей организации запросов, реализованных в виде авторских программ.

Пользователь имеет возможность осуществить идентификацию и получить атрибутивное описание каждого объекта из любого картографического слоя в ArcView 3.2. Причем, в созданных темах (слоях) картографические объекты (точки, линии, полигоны) сгруппированы в смысловые группы объектов: тектоно-стратиграфические террейны, геологические комплексы, металлогенические пояса и т.д. Например, пользователь выделяет один из полигонов в одной из тем слоя "Террейны", при этом цветом выделяется весь террейн, из какого бы количества полигонов он не состоял. Далее пользователь может сделать запрос к БД атрибутивных описаний. Ответом на запрос будет запуск соответствующей формы "Террейны" в БД Microsoft Access 2000, в которой находится описание данного террейна. Эта функция реализована авторским скриптом "Send" на Avenue в ArcView 3.2. Скрипт дополнен ini-файлом, в котором пользователь должен указать место расположения БД на ПК пользователя. Скрипт может быть использован для любого количества картографических слоев. Он является универсальным и может быть применен при создании любых ГИС, в которых необходимыми являются запросы от картографической информации к атрибутивной, расположенной в реляционной БД.

В рамках работы по созданию ГИС реализованы авторская программа "SendArcView" на Microsoft Visual Basic 6.3, а также авторский скрипт "FromAccess" на Avenue для реализации многокритериальных запросов от Microsoft Access 2000 к ArcView 3.2. Программа дополнена ini-файлом, в котором пользователь должен указать путь к ГИС и к базовой программе ГИС ArcView 3.2. Таким образом, система позволяет создавать принципиально новые карты, исходя из содержательных задач, используя созданную технологию запросов. Созданное программное обеспечение является универсальным и может быть использовано в любых ГИС, в которых необходимыми являются запросы из реляционных баз данных к картам.

ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ИНТЕРФЕЙС ГИС

Пользовательский интерфейс ГИС основан на базовых возможностях ArcView, 3.2 и Microsoft Access 2000 с серией авторских дополнений.

1. Самым дружественным для пользователей образом организованы входные страницы ГИС как со стороны ArcView, 3.2, так и со стороны Microsoft Access 2000. Пользователь имеет возможность получить информацию о системе в целом и т.д.

2. В формах БД предусмотрена возможность уточнения информации. Для этого около соответствующих полей находится кнопка, нажав на которую можно получить уточнение информации по данному параметру. В качестве примера можно привести форму "Коренные месторождения полезных ископаемых". Для данного месторождения из формы его описания простым нажатием соответствующих кнопок можно вызвать дополнительную информацию о месторождении, например схему месторождения, полное описание тектонических структур (террейна и перекрывающего или "сшивающего" комплекса), в которых расположено месторождение, а также полное описание металлогенического пояса, в ареале которого находится данное месторождение. Все эти возможности стали доступными благодаря соответствующей структуре реляционной БД.

3. Вызывая перекрестный поиск, пользователь пользуется системой автоматических меню, созданных автором для организации запросов. Пользовательские меню организованы самым дружеским для пользователя образом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, ГИС "Минеральные ресурсы, металлогенезис и тектоника Северо-Востока Азии", реализованная на основе предложенной концепции и технологии создания региональных геологических ГИС, осуществляет хранение, обработку, доступ, отображение и распространение картографической и атрибутивной информации о геологических объектах Восточной и Южной Сибири, Дальнего Востока России, Монголии, Северо-Восточного Китая, Кореи и Японии. Система предоставляет пользователю возможность организации многокритериальных поисковых запросов, в том числе от картографической информации к атрибутивной и наоборот. ГИС позволяет проводить анализ взаимосвязей и взаимозависимостей между геодинамическими, минерально-ресурсными и металлогеническими данными, что дает геологам возможность получать новую информацию о тектонических и металлогенических характеристиках и их эволюции для Северо-Восточной Азии.

Созданные для ГИС алгоритмы и программы организации многокритериальных поисковых запросов от картографической информации в среде ArcView к атрибутивным описаниям в БД Access, а

также обратных запросов позволяют решать нестандартные задачи поиска информации в ГИС, а также создавать принципиально новые карты, исходя из поставленных геологических задач. Программное обеспечение является универсальным и может быть использовано в любых ГИС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атре Ш. Структурный подход к организации баз данных. М.: Финансы и статистика, 1983. С. 319.
2. Наумова В.В. ГИС-перспективные компьютерные технологии для региональной геологии. Информатика и моделирование в океанологических исследованиях. Владивосток: Дальнаука, 1999. С. 26–37.
3. Наумова В.В. Концепция создания региональных геологических ГИС (на примере ГИС «Минеральные ресурсы, металлогенезис и тектоника Северо-Востока Азии»): Автореф. дис. докт. геол.-минер. наук. Иркутск, 2004. С. 47.
4. Парфенов Л.М., Ноклеберг У.Дж., Ханчук А.И. Принципы составления и главные подразделения легенды геодинамической карты Северной и Центральной Азии, юга российского Дальнего Востока, Кореи и Японии // Тихоокеан. геология. 1998. № 3. С. 3–13.
5. Miller R.J., Koch R.D., Nokleberg W.J., Hwang Duk-Hwan, Ogasawara Masatsugu, Orolmaa Demberel, Prokopyev A.V., Sudo Sadahisa, Vernikovskiy V.A., and Ye Mao, 1998. Geographic base map of Northeast Asia: U.S. Geological Survey Open-File Report 98–769, scale 1:5 000 000.
6. Nokleberg W. J., Kuzmin M. I., Badarch G. Yan H., Duk-Hwan, Ogasawara M. International Collaborative Project on Mineral Resources, Metallogenesis, and Tectonics of North East Asia. International Conference on GIS in Geology, Moscow, 13-15 November 2002, Extended Abstracts. P. 89.
7. Parfenov L.M., Khanchuk A.I., Badarch Gombosuren, Miller R.J., Naumova V.V., Nokleberg W.J., Ogasawara Masatsugu, Prokopyev A.V., and Yan Hogquan . Preliminary Northeast Asia geodynamics map, 2003: U.S. Geological Survey Open-File Report 03-2003: <http://rockyweb.cr.usgs.gov/mod/ak.html>
8. Preliminary Publications Book 2 From Project on Mineral Resources, Metallogenesis, and Tectonics of Northeast Asia, by Nokleberg W.J., Miller R.J., Naumova V.V., Khanchuk A.I., Parfenov L.M., Kuzmin M.I., Bounaeva T.M., Obolenskiy A.A., Rodionov S.M., Seminskiy Z.V. and Diggles M.F., eds., 2003: USGS Open-File Report 03-2003 (CD-ROM), <http://geopubs.wr.usgs.gov/open-file/of03-103/>.
9. Rodionov S.M. and Nokleberg W.J., 2000, Mineral deposit models for Northeast Asia [abs.], in Mineral Resources and Tectonics of Northeast Asia: Institute for Transfer of Industrial Technology, International Symposium June 8-9, Abstracts, Agency of Industrial Science and Technology Research Center, Tsukuba, Japan. P. 51–53.
10. Rodionov S.M., Obolenskiy A.A., Khanchuk A.I., Dejidmaa G., Hongquan Y., Hwang D.H. and Nokleberg W.J., 2000, Metallogenic belts of Northeast Asia: Definitions, principles, and examples [abs.], in Mineral Resources and Tectonics of Northeast Asia: Institute for Transfer of Industrial Technology, International Symposium, June 8-9, Abstracts. Agency of Industrial Science and Technology Research Center, Tsukuba,

Japan. P. 82–83.

11. Rodionov S.M., Obolenskiy A.A., Distanov E.G. et al. Introduction to Northeast Asia Metallogenic Belts. Preliminary Publications Book 2 From Project on Mineral Resources, Metallogenesis, and Tectonics of Northeast Asia,

by Nokleberg, W.J., Miller, R.J., Naumova V.V., Khanchuk A.I., Parfenov, L.M., Kuzmin, M.I., Bounaeva, T.M., Obolenskiy, A.A., Rodionov, S.M., Seminskiy, Z.V., and Diggles, M.F., eds., 2003: USGS Open-File Report 03-2003 (CD-ROM).

Поступила в редакцию 15 мая 2006 г.

Рекомендована к печати Н.П. Романовским

V.V. Naumova, R.M. Miller, W.J. Nokleberg, M.I. Patuk, M.Yu. Kapitanchuk, A.I. Khanchuk, S.M. Rodionov

GIS "Mineral resources, mineralogenesis, and tectonics of Northeast Asia"

GIS "Mineral resources, mineralogenesis, and tectonics of Northeast Asia" implemented on the basis of the suggested concept and technology of establishing regional geological GIS carries out storage, processing, access, representation, and distribution of cartographical and attributive information on the geological objects of East and South Siberia, southern part of the Russian Far East, Mongolia, Northeast China, Korea, and Japan. The system offers the user an opportunity for multi-criteria retrieval requests, including those for cartographical to attributive information, and vice versa. GIS allows an analysis of interrelations and interdependencies between geodynamic, mineral, mineral resources-related, and metallogenic data, which permits the geologists to obtain new information on tectonic and metallogenic characteristics and their evolution for Northeast Asia.

Key words: GIS, regional geological GIS, concept of establishing geological GIS, GIS technologies, Northeast Asia, tectonics, mineral resources, mineralogenesis.