



На правах рукописи

НАУМОВА Вера Викторовна

**КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ГИС
(НА ПРИМЕРЕ ГИС «МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ, МИНЕРАЛОГЕНЕЗИС И
ТЕКТОНИКА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ»)**

Специальность 25.00.35 – геоинформатика

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Иркутск
2004 г.

Работа выполнена в Дальневосточном геологическом институте Дальневосточного отделения Российской Академии Наук

Научный консультант: член-корреспондент РАН Ханчук Александр Иванович

Официальные оппоненты:

доктор технических наук Бычков Игорь Вячеславович;

доктор-геолого-минералогических наук Горячев Николай Анатольевич;

доктор технических наук, профессор Ломтадзе Валерий Валерьевич.

Ведущая организация: Государственный геолого-минералогический музей им. В.И.Вернадского Российской Академии Наук

Защита состоится «11» ноября 2004 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 12.073.01 на соискание ученой степени доктора наук в Иркутском государственном техническом университете по адресу: 664074, г.Иркутск, ул.Лермонтова, 83, аудитория Е-301

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Иркутского государственного технического университета.

Автореферат разослан «11» октября 2004 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор геолого-минералогических наук,

профессор



А.А.Шиманский

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Геология оперирует огромными объемами эмпирических данных, решая проблемы выбора стратегии поисков месторождений полезных ископаемых и развития горной промышленности. Поэтому именно она явилась одной из первых сфер научно-практической деятельности, в которой около 40 лет назад начали внедряться математические методы и компьютерные технологии. Практически любые затраты на развитие средств поддержки этих решений оказывались оправданными.

В настоящее время геологические ведомства и горнодобывающие компании всех развитых стран мира активно используют географические информационные системы (ГИС) в своей деятельности. И это не удивительно. Ведь они оперируют данными, имеющими отчетливую, зачастую детальную, пространственную привязку. А для хранения этих данных, быстрого удобного доступа к ним на основе местоположения и создания на их основе высококачественных карт разного назначения технология ГИС подходит наилучшим образом. Внедрение ГИС в геологическую отрасль началось несколько десятков лет назад, шло параллельно и в значительной мере способствовало развитию самих ГИС-технологий.

Из всего множества геологических ГИС автором выделен класс региональных геологических ГИС, который характеризуется следующими свойствами:

- 1) ГИС этого класса создаются на глобальном, субрегиональном, национальном и региональном территориальных уровнях;
- 2) информационной основой для подобных ГИС является региональная геологическая информация;
- 3) масштаб карт: 1: 200000 – 1: 5000000;
- 4) ГИС этого класса предназначены для решения задач региональной геологии, тектоники, металлогении и т.п.

Информационный материал подобных ГИС представляет собой разнородную картографическую и атрибутивную информацию. Исходные информационные материалы чаще всего основаны на различных: тектонических позициях; геологических классификациях, таких как классификация пород и стратиграфические шкалы и др.; топографических основах (различные проекции, масштабы и т.п.); уровнях детальности и полноты представления информации; цветах и знаках картографических легенд; структурах данных и их взаимосвязей; признаковых системах атрибутивных описаний. Важным аспектом этих материалов является то, что они отражают на своих фрагментах собранную и систематизированную в разные годы геологическую информацию. Таким образом, при создании региональных геологических ГИС важными становятся задачи стандартизации геологической информации, совмещения фрагментов карт, перевода в другие проекции и масштабы и др.

Основная цель исследований: разработка концепции создания региональных геологических ГИС.

Для достижения цели было необходимо решить **следующие задачи:**

- 1) проанализировать и систематизировать мировой опыт создания региональных геологических ГИС;
- 2) разработать концепцию создания региональных геологических ГИС;
- 3) сформулировать технологическую цепочку для создания региональных геологических ГИС;
- 4) на основе разработанной концепции и предложенной ГИС-технологии осуществить проектирование и разработку ГИС «Минеральные ресурсы, минералогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии»;
- 5) систематизировать существующие подходы представления ГИС конечному пользователю.

Методы исследований. Для решения сформулированных задач привлечены методы системного анализа, современные методы геоинформатики, математические методы анализа геологических данных.

Личный вклад соискателя в разработку избранной проблемы. Более чем 20-летний опыт автора формализации геологических данных, а также применения математических методов и компьютерных технологий для организации хранения, поиска, анализа и представления геологических данных позволили создать базовую основу для настоящей работы:

1) **Диагностика магматических и рудных комплексов с использованием математических методов.** В период с 1981 по 1991 гг. автором был решен ряд задач по диагностике магматических и рудных комплексов с использованием математических методов (Наумова, Щека, 1985, 1989, 1990; Гореликова, Наумова, 1986, 1987; Наумова и др., 1985, 1987; Разжигаева, Наумова, 1987, 1988, 1991; Федчин, Наумова и др., 1988, 1989; Щека, Наумова и др., 1987, 1989; Наумова, Волосов, 1991; Наумова, 1987, 1989, 1993, 1997; Naumova, 1997);

2) **Создание экспертных систем автоматической диагностики геологических комплексов, прогнозирования месторождений полезных ископаемых на территории Дальнего Востока России.** В результате этих работ были созданы:

- Экспертная система «Формация» - система автоматической диагностики базит-гипербазитовых формаций с использованием экспертных знаний (Наумова, Щека, 1991; Наумова, 1993). Система реализована на TurboProlog в операционной среде MS DOS. Она содержит ряд специальных средств для создания пользователю комфортной среды. Основным из них является редактор базы знаний. Система содержит файл «Консультация», который может быть вызван пользователем из основного меню программы. В нем содержится тезаурус базы знаний. Наличие такого словаря позволяет геологу-пользователю понять терминологию эксперта. Общение программы с пользователем организовано в виде оконного интерфейса.

- Экспертная система, консультирующая при локальном прогнозировании Pb-Zn оруденения Дальнего Востока России. Система реализована на Delfi (16-разрядном) в среде Windows для персональных компьютеров. Она допускает анализ введенной в нее базы знаний, записанной в виде правил. В базе знаний системы хранится около 100 правил, в основном регионального понятийного блока. В этой версии системы реализован минимальный ГИС-блок, а также простейший блок локального прогнозирования, основанный на использовании дискриминантных функций, построенных на эталонных выборках.

3) *Представление геологической информации в Интернет.*

а) Важным итогом работ автора является создание и поддержка Информационного сервера Дальневосточного геологического института в Интернет <http://www.fegi.ru> (Наумова, 1999; Naumova, 1999).

б) Под руководством автора разрабатывается территориально распределенная база данных «Геология Российского Дальнего Востока» в Интернет (Korshkov, Naumova, 2004).

Фактическую основу настоящей работы составили результаты следующих исследований:

1) *Разработка компьютерных систем организации хранения и поиска региональной геологической информации с использованием реляционных СУБД.*

В результате проведенных исследований была создана Научная информационно-поисковая система «Геология Дальнего Востока России» (Наумова и др, 1991; Наумова и др., 1993; Наумова и др., 1993; V.V.Naumova and others 1994). Система реализована на Clipper, 5.0 для MS DOS. Она содержит три информационных блока: «Осадочные комплексы», «Вулканические комплексы», «Интрузивные комплексы». В системе реализован минимальный ГИС-блок. Блок системы «Осадочные комплексы» передан для внедрения в ГИН РАН.

2) *Разработка и создание региональных геологических ГИС.* В результате проведенных исследований автором получены следующие результаты:

- Создана ГИС «Геология и полезные ископаемые Приморского края» (Наумова и др., 1996). Система создана при финансовой поддержке гранта Губернатора Приморского края, 1995 г. Она реализована в программной среде MapInfo, 3.0. В ГИС внесена информация: геодинамическая карта Приморского края (масштаб 1:2500000); региональные карты рудных месторождений и угольных районов, описания геодинамических объектов, краткие сведения обо всех практически значимых рудных и нерудных месторождениях, а также месторождениях угля. Созданная ГИС позволяет получать информацию по геологии и полезным ископаемым Приморского края, строить тематические карты, получать статистические оценки

информации, отображать на ⁶ графиках информацию, полученную по запросу к системе.

- Под руководством и при участии автора реализована первая версия ГИС «Гранитоидный магматизм юга Дальнего Востока». Масштаб проекта 1:2500000. Картографическая основа ГИС состоит из топоосновы, тектонической схемы, карты гранитных комплексов территории Дальнего Востока России в масштабе 1:2500000. В ГИС реализованы крупномасштабные картографические врезки трех рудных районов Приморского края: Вознесенского (масштаб 1:50000), Кавалеровского (масштаб 1:50000) и Дальнегорского (масштаб 1:200000). В БД ГИС внесена атрибутивная информация по гранитным комплексам: названия, возраст, метод определения возраста и др. (на русском и английском языках). ГИС реализована на платформе ArcView 3.0 и PC ArcInfo, 3.4.2.

- Разработана и создана ГИС «Минеральные ресурсы, минералогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии». ГИС создана в рамках выполнения одноименного Международного проекта (1997-2002 гг.).

- Осуществлено проектирование и начата реализация ГИС «Тектоника, магматизм, геофизика и минеральные ресурсы Российского Дальнего Востока». Система создается при непосредственном участии и руководстве автора (Kapitanchuk, Naumova et al., 2004).

- Из всего множества геологических ГИС выделен класс региональных геологических ГИС. Проведен анализ методических подходов и технологий создания этого класса ГИС и для их создания предложены авторская концепция и технология создания (Наумова, 1994; Наумова, 1998; Наумова, 1999).

Диссертация основана на теоретических, методических и экспериментальных исследованиях, выполненных автором в ТИГ ДВО РАН (1972-1992 гг.) и в ДВГИ ДВО РАН (1992-2004 гг.). Основные теоретические, методологические и технологические результаты получены непосредственно диссертантом. Обсуждаемая в диссертации ГИС «Минеральные ресурсы, минералогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии» создана под непосредственным руководством и при участии автора совместно с В.Дж. Ноклебергом (Геологическая служба США), Р. Дж. Миллером (Геологическая служба США), М.И.Патуком (ДВГИ ДВО РАН), М.Ю.Капитанчук (ДВГИ ДВО РАН), Л.М.Парфеновым (ИГБМиА СО РАН), А.И.Ханчуком (ДВГИ ДВО РАН), С.М.Родионовым (ИТиГ ДВО РАН).

Научная новизна работы:

1. разработана концепция создания региональных геологических ГИС;
2. предложена технология реализации региональных геологических ГИС;
3. осуществлена формализация геологических объектов, входящих в ГИС «Минеральные ресурсы, минералогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии»;

4. создана ГИС⁷ «Минеральные ресурсы, минералогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии».

Практическая значимость работы. Результаты работы могут быть использованы:

1. в качестве методического пособия при создании региональных геологических ГИС;
2. в качестве учебного пособия по курсу «Геоинформатика» для студентов геологических специальностей университетов;
3. программные разработки могут быть использованы создателями ГИС для целей реализации перекрестного поиска между ArcView и Access;
4. ГИС «Минеральные ресурсы, минералогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии» позволит геологам:
 - 1) выполнять анализ взаимосвязей и взаимозависимостей между геодинамическими, минерально-ресурсными, металлогеническими и геофизическими данными, который даст геологам возможность получить новую информацию о тектонических и металлогенических характеристиках и их эволюции в пределах Северо-Востока Азии;
 - 2) построить тектоническую и металлогеническую модель, которая будет отражать геодинамическую и металлогеническую эволюцию для важных геологических эпох;
 - 3) построить различные прогнозные карты: минерально - ресурсные, экологические и природопользовательские;
 - 4) построить большое количество карт (геологических и минерально - ресурсных), на которых будет показана как картографическая так и атрибутивная информация.

Возможные пользователи ГИС:

- сотрудники геологических служб различных стран мира, заинтересованные в информации ГИС;
- сотрудники геологических научных организаций и университетов;
- сотрудники горно-рудных компаний;
- другие пользователи соответствующих областей деятельности.

Основные защищаемые положения:

1) Концепция создания региональных геологических ГИС заключается в рассмотрении пространственных объектов исследования как целостной сложной системы со своей специфической внутренней организацией и причинно-следственными связями между отдельными ее элементами. Инструментом системного подхода является ГИС 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. В этом случае данные ГИС должны быть

основаны на единой геологической концепции, геологические объекты – описаны взаимосвязанными признаками, основанными на общих геологических классификациях, цифровые карты - построены на единой топографической (географической) основе и имеют согласованные между собой легенды.

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

3) ГИС «Минеральные ресурсы, минералогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии», реализованная на основе сформулированной концепции и предложенной технологии, 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. Функциональные возможности созданной ГИС позволяют 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.

4) Программы организации поисковых запросов от картографической информации в среде ArcView к описаниям в БД Access, а также обратных запросов позволяют решать нестандартные задачи поиска информации в ГИС, а также создавать принципиально новые карты, исходя из геологических задач. Созданное программное обеспечение является универсальным.

Апробация работы. Результаты исследований и основные положения диссертации доложены или представлены автором на 8 Международных конференциях: 14th International sedimentological congress, Recife, Agosto, 1994; IAMG'97. Barselona, Spain 22-27 September, 1997; First IEEE/RPS Joint Conference on Internet Technologies and Servies. Moskow, Russia, October 25-28, 1999; "ISIS-99", Vladivostok, 22-24 march 1999; ITIT International Symposium "Mineral resources and tectonics of Northeast Asia", AIST research Center, Tsukuba, Japan, June 8-9, 2000; «Mineral Deposits at the Beginning of the 21st Century»: Proceedings of Joint Sixth Biennial SGA-SEG Meeting, Krakow, Poland, 2001; Conference on Tectonics and Metallogeny of Northeast and East-Central Asia, September 2002, Novosibirsk; International

Conference on GIS in Geology, Moscow, 13-15 November 2002; Interim IAGOD Conference "Metallogeny of the Pacific Northwest: Tectonics, Magmatism and Metallogeny of Active Continental Margins", Vladivostok, Russia, 1-20 September 2004.

Результаты исследований и промежуточные материалы исследований по проблеме, рассмотренной в диссертации были доложены или представлены автором на 9 Всесоюзных совещаниях: «Теория классификаций и анализ данных», 1981; «Геохимия в локальном металлогеническом анализе», 1986; VII съезд Всесоюзного минералогического общества, Ленинград, 1987; III Всесоюзная школа-семинар по морской геологии. Владивосток, 1987; III Советско-Китайский симпозиум, Благовещенск. «Геология и экология бассейна реки Амур», 1989; 5 Международная конференция «Базы данных и знаний», г. Львов, 1991 г; Научно-техническая конференция «Компьютерные технологии в горном деле». г. Екатеринбург, 1996; Всероссийское совещание «Золотое оруденение и гранитоидный магматизм Северной Пацифики». г. Магадан, 4-6 сентября 1997 г.; II Всероссийское металлогеническое совещание, август 25-28, 1998, Иркутск.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 72 работы, в том числе одна монография, материалы 20 Всесоюзных, Всероссийских и Международных совещаний и конференций, 7 статей в центральных и международных журналах, 12 открытых публикаций геологической службы США (U.S. Geological Survey Open-File Report), серия статей в региональных журналах и в тематических сборниках ДВО РАН, научные отчеты ТИГ ДВО РАН и ДВГИ ДВО РАН, ответственным исполнителем или соавтором которых является диссертант (4 отчета).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав и заключения. Объем работы – 244 стр. машинописного текста, в том числе 9 таблиц, 42 рисунка. Список литературы включает 168 наименований.

Исследования по теме диссертации начаты в лаборатории анализа данных Тихоокеанского института географии ДВО РАН под руководством к.б.н. В.Л.Андреева и завершены в лаборатории компьютерных технологий Дальневосточного геологического института ДВО РАН. При выполнении работы автор широко пользовался научными консультациями директора ДВГИ ДВО РАН, члена-корреспондента РАН А.И.Ханчука.

Формированию научных взглядов автора способствовали научные дискуссии с сотрудниками ДВГИ ДВО РАН: д.г.-м.н. С.А.Щекой, д.г.-м.н. П.В.Маркевичем, членом-корреспондентом РАН В.Г.Сахно, д.г.-м.н. С.А.Коренбаумом, д.г.-м.н. В.В.Раткиным, к.г.-м.н. Ф.Г.Федчиным, к.т.н. А.Н.Четырбоцким, к.г.-м.н. М.И.Патуком; д.г.-м.н. С.М.Родионовым (ИТиГ ДВО РАН), к.г.-м.н. А.В.Прокопьевым (ИГБМиА СО РАН), к.б.н. В.Л.Андреевым и А.В.Вертелем (ТИГ ДВО РАН), д.б.н. В.В.Сухановым (ИБМ ДВО РАН), д.т.н. В.Н.Добрыниным (ВИЭМС), д.т.н. Е.Н.Черемисиной (ВНИИГеосистем), Ю.К.Королевым (ОАО «Дата+»), С.А.Миллером (ГИС – ассоциация России).

Успешному выполнению работы способствовала консультационная поддержка руководителей Международного проекта «Минеральные ресурсы, минералогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии»: В.Дж.Ноклеберга (Геологическая Служба США), профессора, д.г.-м.н. Л.М.Парфенова (ИГБМиА СО РАН), академика М.И.Кузьмина (ИГ СО РАН), члена-корреспондента РАН А.И.Ханчука (ДВГИ ДВО РАН), а также всех участников проекта из России, Монголии, Японии, Китая, Кореи и США.

В создании цифровых версий карт для ГИС принимали участие сотрудники лаборатории компьютерных технологий ДВГИ ДВО РАН: М.Ю.Капитанчук, О.В.Касаткина, О.В.Красуля, Т.М.Михайлик, О.Н.Кеня, М.А.Попова, И.В.Золотарева, Л.Ю.Смирнова.

Автор выражает всем искреннюю признательность и благодарность, так как без консультаций, помощи и поддержки этих специалистов написание диссертационной работы было бы невозможным.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВА 1. Пространственная информация и ГИС как механизм ее анализа и визуализации

Пространственная информация, то есть информация об объектах, помещенных в такую пространственную систему координат, как поверхность Земли, на протяжении длительного времени воспринималась как источник проблем при организации вычислений (Шекхар, 2004). Пространственная информация богата структурами высокого уровня, и несмотря на то, что каждая из классических моделей управления базами данных, которые стали появляться в 1960-х гг., смогла предложить в этой предметной области что-то свое, ни реляционная, ни объектно-ориентированная модель не согласуется с такой информацией в полной мере. Реляционная модель эффективно работает с топологическими отношениями, однако страдает от отсутствия средств представления сложных иерархических отношений, протяженных в пространстве; в то же время объектно-ориентированные модели справляются как с топологическими, так и с иерархическими отношениями, но при этом испытывают трудности, имея дело с явлениями и вещами, которые характеризуются пространственной протяженностью.

Модели пространственной информации обычно объединяются в две большие группы: полевые и объектные (Шекхар, 2004).

Описание полевых моделей применительно к пространственным приложениям требует определения трех компонентов: пространственной системы координат, функций поля и набора соответствующих операций над полями (Worboys, 1995).

При создании моделей на основе объектов основное внимание уделяется абстрактному представлению пространственной информации в виде различных, идентифицируемых и значимых сущностей, или объектов. Все эти объекты различимы и идентифицируемы. Каждый объект имеет совокупность атрибутов, которые его характеризуют. Атрибуты пространственных объектов можно отнести к одной из двух различных

категорий: пространственным и непространственным. Пространственный объект может иметь более одного пространственного атрибута.

Главный вопрос, касающийся объектных моделей, - это вопрос выбора базового множества типов пространственных данных, которые требуются для моделирования типичных образов, выносимых на карту. Наиболее распространенные образы передаются «геометрией», описанной при помощи «пространственной системы представления», которая является системой координат. «Геометрия» делится на четыре категории объектов, а именно точки, кривые, поверхности и геометрические наборы.

В настоящее время используются две технологии для организации хранения пространственных данных и пространственных операций: географические информационные системы (ГИС) и системы управления пространственными базами данных (СУПБД).

Географические информационные системы являются основной технологией для операций с пространственной информацией. ГИС представляют собой удобный механизм анализа и визуализации географических данных. Они обеспечивают богатый набор функций анализа, дающих пользователям возможность выполнять разнообразные преобразования географических данных. Великое множество технологий, встроенных в ГИС, - это именно та причина, которая вызвала феноменальный рост этих систем и послужила причиной появления междисциплинарных приложений.

Все географические информационные системы строятся на основе формальных моделей, описывающих размещение в пространстве объектов и процессов. Географическая модель данных определяет лексикон для описания и объяснения объектов и процессов, находящихся на земле. Географические модели данных являются тем основанием, на котором строятся все географические информационные системы (Зейлер М., 1999).

Географическая информационная система, ГИС – информационная система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно-координированных данных. ГИС содержит данные о пространственных объектах в форме их цифровых представлений (векторных, растровых, квадратомиических и иных), включает соответствующий набор функциональных возможностей ГИС, в которых реализуются операции геоинформационных технологий, поддерживается программным, аппаратным, информационным, нормативно-правовым, кадровым и организационным обеспечением (Кошкарев, 1998).

Вопросы организации данных в ГИС, в частности, модели, структуры, форматы – одна из самых важных и определяющих тем в ГИС (Королев, 1998).

В ГИС о моделях данных можно говорить в нескольких смыслах:

- во-первых, сами пространственные данные могут быть организованы различно по своему внутреннему устройству в соответствии с разными моделями;

- во-вторых, можно говорить и о разных моделях организации атрибутивных данных внутри себя, безотносительно к пространственным данным;
- в третьих, и это уже момент, специфичный именно для ГИС, можно говорить о разных моделях, способах организации связей между пространственной и атрибутивной информацией.

Выделяется три поколения моделей пространственных данных.

Модель данных САПР (CAD) для хранения географических данных использовала двоичные файлы, хранящие точки, линии и полигоны. В этих файлах содержалась и некоторая атрибутивная информация, но основным представлением атрибутов были слои карт и надписи.

В 1981 г. Институт исследований природных систем (ESRI) выпустил свой первый коммерческий ГИС-пакет, ArcInfo, реализовавший модель географических данных второго поколения, а именно - модель данных покрытия, известную также как геореляционная модель данных.

Главное преимущество модели данных покрытия в том, что пользователь может модифицировать таблицы векторных объектов; и можно не только добавлять поля, но и связывать таблицы атрибутов с таблицами внешних баз данных.

Несмотря на компромисс, связанный с разделением пространственных и атрибутивных данных, модель данных покрытия стала доминирующей моделью данных в ГИС. Этому были серьезные причины – модель данных покрытия позволяла иметь высокопроизводительную ГИС, а хранение топологии способствовало более совершенному анализу и более корректному вводу данных.

Однако у модели данных покрытия есть существенный недостаток – векторные объекты агрегируются в однородные наборы точек, линий и полигонов с общим поведением. Общее поведение, поддерживаемое моделью данных покрытия, фиксирует только топологическую целостность набора данных.

В настоящее время ArcGIS, 8.0 вводит в употребление новую, объектно-ориентированную модель данных, называемую моделью данных базы геоданных. Назначение новой модели данных состоит в создании более содержательных пространственных объектов в ГИС за счет придания им естественного поведения, а также определяет любые отношения между пространственными объектами.

Существует три подхода к организации связи пространственной и атрибутивной информации, три модели взаимодействия (Королев, 1998). Иногда этот аспект именуют принципами взаимодействия ГИС с базой данных. Наиболее известная и распространенная на сегодня модель – геореляционная, называемая также гибридной или смешанной. В этом случае пространственный компонент организован по-своему, а атрибутивный по-своему, между ними просто устанавливаются и поддерживаются связи через идентификатор объекта. Пространственная информация, метрическая, а в некоторых системах также и топологическая, хранится отдельно от атрибутивной информации в своих файлах или системах файлов. Атрибутивная информация организована в таблицы, которые управляются с

помощью реляционной системы управления базой данных (СУБД). Эта СУБД может быть встроенной в программное обеспечение ГИС как его функциональная подсистема или быть внешней по отношению к ГИС. Часто реализуются два подхода – есть простая встроенная СУБД и возможно использование внешних СУБД для хранения атрибутивной информации.

Второй вариант – интегрированный. Здесь предусматривается использование средств реляционных СУБД для хранения как пространственного, так и атрибутивного компонента. В этом случае ГИС выступает в качестве некоторой надстройки над СУБД. Этот подход обладает рядом преимуществ, особенно для крупных хранилищ информации, работающих в режиме активного многопользовательского использования, когда существенной проблемой становится обеспечение целостности данных. Однако современные реляционные СУБД мало подходят для работы с пространственными объектами общего вида, отличными от точечных.

Третий подход – это объектный. Обладает многими привлекательными сторонами, в особенности в части относительной легкости описания в нем сложных структур данных, взаимоотношений между объектами, иерархий объектов и возможностями решать многочисленные задачи инженерного моделирования.

ГЛАВА 2. ГИС - перспективный подход для решения задач региональной геологии

В главе проведен анализ основных тенденций применения математических методов и компьютерных технологий в геологии. Выделено несколько последовательных этапов применения математических методов и компьютерных технологий в геологии, начиная с середины прошлого века:

1) Применение методов математической статистики, распознавания образов и др. математических методов для решения геологических задач

В этом направлении можно отметить работы В.Н. Бондаренко (1986 и др.), А.Н. Бугайца и Л.Н. Дуденко (1976 и др.), А.Б. Вистелиуса (1977, 1980 и др.), В.Н. Добрынина и Е.Н. Черемисиной (1988 и др.), К.Г. Йерескога и др. (1980 и др.), У. Крамбейна и Ф. Грейбилла (1973 и др.), Д.А. Родионова (1964, 1968, 1981 и др.), С.В. Сиротинской (1986 и др.), В.В. Наумовой (1987, 1993 и др.) и многих-многих других исследователей.

2) Математическое моделирование геологических процессов

В этом направлении можно отметить исследования В.Н. Урусова, И.К. Карпова (1976, 1981), А.Н. Четырбоцкого (Chetyrbotsky, 2003) и др.

3) Реализация экспертных систем

Работы R. Duda et al (1978), С.М.Родионова и В.К.Сыркина (1995), В.В.Наумовой и С.А.Щеки (1991) относятся к этому направлению.

4) Создание геологических баз и банков данных

Создание баз геологических данных осуществлялось различными исследователями. Однако эффективность геологических БД зависит от возможности их СУБД (систем управления БД) работать с пространственными данными. Поэтому современный этап характеризуется нарастающим процессом применения ГИС-технологий в геологии, т.е. фактически тех же СУБД, только с функциями, которые обеспечивают корректную работу с пространственными данными.

5) Разработка и создание ГИС

В настоящее время геологические ведомства всех развитых стран мира активно используют ГИС в своей деятельности. И это не удивительно. Ведь они оперируют данными, имеющими отчетливую, зачастую детальную, пространственную привязку. А для хранения этих данных, быстрого удобного доступа к ним на основе местоположения и создания на их основе высококачественных карт разного назначения технология ГИС подходит наилучшим образом. Внедрение ГИС в геологическую отрасль в мире началось несколько десятков лет назад, шло параллельно и в значительной мере способствовало развитию самих ГИС-технологий.

Основные проблемы применения ГИС-технологий для целей региональной геологии:

- определяющей трудностью применения ГИС-технологий в геологии является сама специфика геологической информации, практика геологических описаний, размытость, нечеткость, запутанность и противоречивость применяемых классификаций и терминологических схем, которая восходит не только к субъективной истории геологической науки, но и к реальной сложности природы геологических объектов;
- специфические сложности стандартизации использования ГИС для создания карт геологического содержания возникают из-за различий в названиях стратиграфических подразделений, в геологических терминах и за счет отсутствия стандартизированных условных обозначений.

Из всего множества геологических ГИС можно выделить класс **«Региональные геологические ГИС»**. Создание таких ГИС имеет свои особенности, отличные от других геологических ГИС.

Информационный материал региональных проектов представляет собой разнородную картографическую и атрибутивную информацию. Информационные фрагменты чаще всего основаны на различных:

- 1) тектонических позициях;
- 2) геологических классификациях, таких как классификация пород и стратиграфические шкалы и др.;
- 3) топографических основах (различные проекции, масштабы и т.п.);
- 4) уровнях детальности и полноты представления информации;
- 5) цветах и знаках картографических легенд;
- 6) структурах данных и их взаимосвязях;
- 7) признаковых системах атрибутивных описаний.

Важным аспектом подобных материалов является то, что они отражают на своих фрагментах собранную и систематизированную в разные годы

геологическую информацию. Таким образом, при создании ГИС важными являются задачи стандартизации геологической информации, совмещения фрагментов карт, перевода карт в другие проекции и масштабы и др.

Для сравнительного анализа созданных в последние годы региональных геологических ГИС использовано их деление по территориальному признаку.

Глобальные или планетарные ГИС-проекты

1) Атлас минеральных месторождений мира и металлогении докембрия.

Работы проводились 1994-1997 гг. в лаборатории геоинформатики ВНИИГеосистем совместно с Институтом Геологии и Геохронологии докембрия РАН (рук. проекта - акад. Д.В.Рундквист) по соответствующим проектам Комиссии по геологической карте мира (CGMW) ЮНЕСКО (Любимова и др., 1999). Работа велась по листам 9, 10 и 12, охватывающим территорию Западной Европы, России и стран СНГ, и, частично, Турцию, Монголию и Китай. По 10 и 12 листам (Восточная Европа и Сибирь) проведен полный ввод картографических материалов (до 12-ти слоев). Проведена полная подготовка БД по месторождениям для этих листов. Месторождения были вынесены на листы по координатам. Реализация компьютерных вариантов атласов была выполнена в двух системах: ArcInfo и GRINVIEW. Для представления на карте месторождений полезных ископаемых были созданы специальные значки, соответствующие требованиям комиссии ЮНЕСКО. В режиме электронного атласа база данных доступна для просмотра при выборе соответствующих объектов (месторождений, металлогенических зон и др. В настоящее время выполнены работы по 9 листу (Западная и Центральная Европа) атласа металлогении докембрия, включающим врезки по Балтийскому и Украинскому щитам, а также металлогенограммы. Ведутся работы по листу 15 (Австралия).

2) ГИС- проект, выполняемый в настоящее время в рамках мирового международного проекта «A Cooperative International Project to Access the World's Undiscovered Nonfuel Mineral Resources» (Schulz , 2002; Schulz and Briskey, 2003).

Субконтинентальные ГИС

3) Геологическими службами США, Канады и Российской Академией Наук выполнен региональный ГИС-проект “Geographic Information Systems (GIS) Compilation of Geophysical, Geologic, and Tectonic Data for Circum-North Pacific”. Проект разработан на базе ArcView, 3.0 (Greninger et al., 1999). Созданная ГИС представляет собой информационно-поисковую систему, содержащую набор тематических карт в масштабах 1:10000000 и 1:5000000 (геофизика, геодинамика и др.), а также краткие атрибутивные описания объектов карт. ГИС, помимо выполнения собственно информационных функций, позволяет строить различные тематические геологические карты, опираясь на исходный картографический и атрибутивный материал.

4) Департаментом Геофизики Стенфордского Университета и Геологической службой США построена GIS «Geophysics, Geology and Tectonics of the Bering Shelf, Chukchi Sea, Arctic Margin and Adjacent

Landmasses» (Klemperer et al., 2003). Публикация ГИС на CD включает следующие тематические слои: топография, гравитационные поля, магнитные поля, сейсмика, вулканы, геология, тектоно-стратиграфические террейны и культурные особенности, в ГИС также включены метаданные всех этих тематических данных. ГИС доступна пользователям программных комплексов ArcView и ArcInfo или ArcExplorer.

5) Федеральным Институтом Геологических Наук и Природных Ресурсов Германии, в рамках выполнения Международного проекта IGME 5000 создана ГИС «5 миллионная Геологическая Карта Европы и прилегающих морских территорий» (Asch, 2002). В проекте принимали участие 48 Геологических служб различных европейских государств. В результате выполнения работ по проекту создана ГИС, содержащая геологическую базу данных и карту по данной территории. Основная тема проекта – четвертичная геология региона и прилегающих морских территорий.

6) Геологической службой Японии реализован ГИС-проект по созданию цифровой геологической карты Восточной и Юго-Восточной Азии (Digital Geologic Map..., 1997). Масштаб проекта: 1:2000000. Геологическая карта Восточной и Юго-Восточной Азии создана на топографической основе 1:2000000 масштаба (проекция- Lambert Azimuthal Equal Area, центральная точка 120E15N) из мирового Банка Данных (WDB2). Легенда карты содержит 208 различных единиц, разделенных по геологическим возрастам и литологии. Цифровые карты в формате ARC/INFO были импортированы в TNTmips. Финальные данные были экспортированы в DLG-3 Optional Distribution формат для совместимости с другими ГИС-форматами.

7) Департаментом информационных систем АО «Вниизарубежгеология» по заказу Управления региональных работ Роскомнедра совместно с ВСЕГЕИ и фирмой PROGIS в 1997 г. выпущен первый отечественный CD-ROM «Полезные ископаемые России и сопредельных государств» (1996). ГИС создана на основе карты масштаба 1:2500000 (территория СССР) и содержит информацию по 124 видам полезных ископаемых, и включает более чем 6000 объектов. Каждый объект охарактеризован 20 параметрами. Для основных групп полезных ископаемых дается районирование. Обеспечивается поиск и выбор объектов по координатам, видам минерального сырья, степени освоенности, названиям, регионам, мощности. Возможен как послойный просмотр, так и в комбинации слоев: географическая основа, горючие полезные ископаемые, металлические полезные ископаемые, металлогеническое районирование, горно-химическое. ГИС создана в среде WINGIS.

8) Описываемая в данной работе ГИС «Минеральные ресурсы, минералогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии» относится к этому территориальному классу ГИС.

Национальные ГИС

9) ГИС «Природные ресурсы России» создана в результате выполнения совместного проекта между Главным научно-исследовательским и информационно-вычислительным центром (ГлавНИВЦ) Министерства природных ресурсов Российской Федерации (МПР РФ) и Геологической

службой США (USGS) (Горюшина,¹⁷ 2000). Данная ГИС включает представленные в масштабе 1:2 500 000 данные по геологии, а также по энергетическим и минеральным ресурсам Российской Федерации, связанные с цифровыми общегеографическими картами. ГИС предназначена для использования научными работниками, управляющими, планировщиками и разработчиками в качестве справочного инструмента - как основа для широкого спектра прикладных систем. С помощью встроенного программного обеспечения (ArcView Data Publisher) пользователи могут просматривать и анализировать данные, а также строить адаптированные карты для специальных прикладных задач. ГИС представлена в форме проекта ArcView, содержащего информацию по 5 разделам: общегеографическая карта, геология, минеральные ресурсы, нефтяные и газовые ресурсы, гравиметрическая карта. Атрибутивные данные по месторождениям полезных ископаемых, нефтяным и газовым бассейнам включены в ГИС в качестве присоединенных dbf и info файлов. Все покрытия ГИС представлены в формате ArcInfo и преобразованы в реальные географические координаты. Четыре покрытия цифровой карты (геология коренных пород, тектонические контакты, гидрография и гипсография) разрезаны на 50 планшетов, каждый из которых содержит 1-6 листов стандартной номенклатуры государственных топографических карт России масштаба 1: 1000000 (4x6 град).

10-11) В России выполнены две национальные геологические программы (Роскомнедра) с использованием ГИС-технологий: создание Государственного банка данных цифровой геологической информации и внедрения ГИС-технологий при составлении Госгеокарт масштаба 1:1000000 и 1:200000 (Белобородов, 1997). Основным программным продуктом при реализации программ выбран GEODRAW/GEOGRAF.

12) В лаборатории геоинформатики ВНИИгеосистем Министерства природных ресурсов РФ на базе ГИС INTEGRO, разработанной в лаборатории, создана Информационно-аналитическая система (ИАС) «Минерально-сырьевая база России». ИАС содержит:

- информацию по минерально-сырьевой базе мира;
- информацию по минерально-сырьевой базе России;
- справочную гипертекстовую информацию о запасах, добыче, переработке и торговле различными полезными ископаемыми;
- кадастр российских месторождений полезных ископаемых;
- базу данных по лицензированным объектам Государственного кадастра месторождений.

ИАС содержит технологию генерации ГИС, способных интегрировать информацию:

- по ситуации на мировых сырьевых рынках;
- по минерально-сырьевым ресурсам отдельных стран и регионов;
- по месторождениям полезных ископаемых;
- по сырьевым компаниям.

Анализируя созданные в последние годы ГИС-проекты для целей региональной геологии, необходимо отметить их **общие черты**:

- 1) региональные геологические ГИС по своим функциональным возможностям являются либо совокупностью цифровых карт в ГИС-формате, либо информационно-поисковыми системами;
- 2) программные продукты ESRI являются базовым стандартом для создания ГИС в региональной геологии во многих странах мира;
- 3) региональные геологические ГИС-проекты строятся с использованием базового топографического (географического) слоя;
- 4) анализируемые ГИС-проекты имеют тематическую слоевую структуру;
- 5) региональные геологические ГИС содержат два блока информации: цифровые карты и небольшие базы данных атрибутивной информации;
- 6) анализируемые ГИС содержат как векторные, так и растровые карты;
- 7) в геологических региональных ГИС практически отсутствует блок анализа информации.

Необходимо отметить **современные тенденции** в развитии региональных геологических ГИС (Даниэль и др., 2002).

1) Многие создатели ГИС уделяют большое внимание различным аспектам визуализации геологической информации. Они рассматривают возможность 3D моделирования в геологическом и экономическом моделировании месторождений полезных ископаемых, геологическом и геофизическом моделировании земной коры, при визуализации спутниковой информации и т.д. (Bulaeva et al., 2002, Cassard et al., 2002, Courriox et al., 2002). А.Эванс (Evans et al., 2002) описывает совершенно новый подход к визуализации пространственных объектов с использованием системы расширенной реальности (AR).

2) Приложение искусственных нейронных сетей для решения пространственных геологических задач является современной тенденцией анализа пространственных данных. Искусственные нейронные сети пока еще недостаточно широко применяются в геологии. В то же время, именно геологические задачи очень часто можно решить только с применением вероятностной логики и сравнением с эталонными объектами, что является предметом приложения искусственных нейронных сетей: Андор Липс (Lips et al., 2002) разрабатывает применение искусственных нейронных сетей для моделирования карт прогноза месторождений полезных ископаемых; В.В. Спичак (Spichak, 2002) применяет искусственные нейронные сети совместно с байесовской инверсией для трехмерного геологического моделирования, проводимого по геофизическим данным.

3) Применение методов нечеткой логики для анализа пространственных геологических данных.

В.Л. Андреевым методы нечеткой логики использованы при построении прогнозно-металлогенических карт Приморского края на олово (Левашев Г.Б. и др., 1991). Это – одна из самых первых работ по применению теории нечетких множеств для анализа пространственных геологических данных. В этой работе построение карт базируется на анализе 5600 петрохимических проб, имеющих координатную привязку, в каждой из которых измерялось процентное содержание 12 компонентов. Дополнительно к этому

используются данные о местонахождении 282 оловорудных месторождений пяти типов. Эти материалы эксплицируются в терминах теории нечетких множеств и компьютерной обработки изображений. На базе этой информации составлены интерполяционные ЭВМ-карты и карты, скорректированные на основе учета взаимосвязей признаков, которые использованы для признакового описания месторождений. Полученный ЭВМ-атлас петрохимических неоднородностей магматитов Приморья, а также вспомогательные локальные базы данных, позволили оценить всю территорию Приморского края на перспективность оловорудных месторождений пяти типов. ГИС-проект использует авторское программное обеспечение.

4) Использование анимационных средств является современной технологией для представления пространственных данных.

В качестве примера можно привести динамическую компьютерную модель «Металлогенезис и тектоника Северной Циркум-Пацифики» (Scotese et al., 2001). Эта модель была построена с использованием программы Elastic Reality, созданной компанией Avid Technologies. При построении модели использовано 14 статичных диаграмм, построенных для различных временных интервалов, в формате ArcInfo. Программой создано приблизительно 1 500 промежуточных диаграмм. Поэтому, когда мультимедийная программа запускает последовательность быстрой смены большого количества диаграмм, это создает иллюзию движения региональных геологических структур во времени.

5) ГИС-технологии являются не только средством компьютерного хранения и анализа геологических данных, но и способствуют международной кооперации в области наук о земле.

А) Одной из первых работ в этом направлении можно считать Geographic Information Systems (GIS) Compilation of Geophysical, Geological, and Tectonic Data for the Circum-North Pacific Region (Nokleberg et al., 2002).

Б) Описываемая в данной работе GIS for Mineral Resources, Metallogenes and Tectonics of North East Asia (Naumova et al., 2002) является результатом выполнения Международного проекта по минеральным ресурсам, металлогенезису и тектонике Северо-Восточной Азии (Nokleberg et al., 2002). Работы по этому проекту проводились при участии специалистов из США, России, Монголии, Китая, Кореи и Японии.

С) Во многих отношениях, методология и принципы сотрудничества, разработанные командой предыдущего проекта, создали основу для новой большой работы по «A Cooperative International Project to Access the World's Undiscovered Nonfuel Mineral Resources» (Schulz, 2002), в рамках которого в Геологической службе США создается ГИС-проект (Bawiec, 2004).

ГЛАВА 3. Проектирование ГИС «Минеральные ресурсы, минералогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии»

В рамках выполнения международного проекта «Минеральные ресурсы, минералогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии» собран и систематизирован огромный фактический материал по минеральным ресурсам, металлогенезису, происхождению земной коры и развитию рудных

систем Восточной и Южной Сибири, Монголии, Северо-Восточного Китая, Кореи и Японии. Этот проект являлся совместным проектом Российской Академией Наук, Монгольской Академией Наук, Чанчуньского Университета Наук о Земле, Корейского Института Геологии, Горного Дела и Материалов, Геологической Службы Японии и Геологической Службы Соединенных Штатов Америки. Проект выполнялся в течение 1997-2002 гг. В ходе проекта под руководством и при непосредственном участии автора создана ГИС «Минеральные ресурсы, минералогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии».

Геотектоническая основа ГИС-проекта

Основные принципы геотектонического анализа, изложенные в настоящей работе, подготовлены по публикациям Л.М.Парфенова, А.И.Ханчука, Н.А.Берзина, В.Г.Беличенко и других участников проекта.

Концепция коллажа террейнов, в рамках которой орогенные пояса, представляют собой мозаику ограниченных разломами блоков (террейнов) – значительно переработанных, а порою – перемещенных на большие расстояния фрагментов более крупных тектонических образований – тех же кратонов, пассивных и активных континентальных окраин, океанической коры (офиолиты) и островных дуг (Coney et al., 1980; Jones et al., 1983, Парфенов и др., 1998) лежит в основе геотектонических и металлогенических построений, которые были выполнены в ходе проекта.

В рамках работы по проекту создана Геодинамическая карта Северо-Восточной Азии (Parfenov et al., 2003). Рассматриваемая карта масштаба 1: 5 000 000 составлена в качестве основного источника информации по геологии и тектоническим структурам региона для всех специалистов, заинтересованных в получении такой информации, а также в рамках проекта как тектоническая основа для анализа минеральных ресурсов и металлогении. Вместе с тем карта может использоваться и для других самых разных целей, включая региональный тектонический анализ, анализ неотектоники, сейсмичности, современного вулканизма и др.

Главные подразделения легенды Геотектонической карты Северо-Восточной Азии

Легенда рассматриваемой геодинамической карты, составленной на основе террейнового анализа, включает три группы подразделений (Парфенов и др., 1998):

1. террейны;
2. перекрывающие и «сшивающие» образования;
3. прочие обозначения.

Террейны фанерозойских и позднедокембрийских орогенных поясов подразделяются на ряд типов: кратонный, миогеоклиальный, континентальной окраины, окраинно-континентальной магматической дуги, островодужный, океанический, аккреционного клина типа А, аккреционного клина типа Б, флишевый, рифтовый. Террейны, слагающие раннедокембрийский кристаллический фундамент кратонов, типизируются на основе обобщенной характеристики их современного вещественного состава.

Террейны на карте показаны цветом, который определяет тип (природу) террейна вне зависимости от возраста слагающих его пород.

Среди перекрывающих и «сшивающих» образований различаются следующие типы:

1. комплексы окраинно-континентальных и островных магматических дуг (неразделенные), среди которых различными знаками показываются вулканоплутонические пояса, образования задуговых и преддуговых прогибов и аккреционных клиньев;
2. комплексы миогеоклиналей (пассивных континентальных окраин);
3. внутриконтинентальные образования, включающие рифты и авлакогены, платформенные чехлы различного возраста и магматические образования (массивы, трубки и дайки щелочных ультраосновных пород, карбонатитов, габбро, щелочных гранитов, кимберлиты, плато-базальты и др.);
4. образования, связанные с формированием орогенных поясов (молассы краевых, тыловых и межгорных прогибов, пояса коллизионных гранитов и даек, метаморфические пояса различного типа);
5. образования, связанные с крупными трансформными перемещениями блоков земной коры (поля и пояса бимодальных вулканитов, щелочных и субщелочных гранитов, основных и ультраосновных пород, осадочные бассейны растяжения).

На карте цветом отражается возраст перекрывающих и «сшивающих» образований, а их геодинамическая природа показывается крапками.

К прочим обозначениям относятся: стратоизогипсы по подошве платформенных чехлов, границы главных осадочных бассейнов, астроблемы, а также разломы. Среди разломов различаются разломы, ограничивающие террейны, и постаккреционные разломы, которые приводят к дисперсии террейнов. Те и другие подразделяются на надвижки, сдвиги и сбросы. Внемасштабными знаками показаны офиолиты в составе террейнов аккреционного клина и островодужных, находки глаукофансланцевых пород и эклогитов.

Геодинамическая карта Северо-Восточной Азии показывает современное размещение террейнов, перекрывающих и "сшивающих" их образований в пределах кайнозойских, мезозойских, палеозойских и позднедокембрийских орогенных поясов, расположенных между Северо-Азиатским и Сино-Корейским кратонами, Северным Ледовитым и Тихим океанами. Путем изображения террейнов, перекрывающих и "сшивающих" их образований карта раскрывает главные структуры орогенных поясов и время их формирования, возраст аккреции и постаккреционные и постамагматические преобразования.

Карта несет основную информацию для последующего регионального металлогенического анализа, для выяснения связей металлогенических поясов и зон с геодинамическими комплексами различного типа и геодинамическими процессами, приведшими к формированию того или иного орогенного пояса.

Металлогеническая основа ГИС-проекта

Металлогеническая основа ГИС описана в работе по материалам С.М.Родионова, А.А.Оболенского, Ж.В.Семинского и других участников проекта (Rodionov S.M., and Nokleberg W.J., 2000, Rodionov S.M., Obolenskiy A.A., Khanchuk A.I., Dejidmaa G., Hongquan Y., Hwang D.H., and Nokleberg W.J., 2000, Rodionov S.M., Obolenskiy A.A, Distanov E.G. et al., 2003 and others).

Выделение, анализ, описание и интерпретация металлогенических поясов Северо-Восточной Азии явилось частью сложного процесса комплексного анализа металлогенической и тектонической истории региона. Методология такого типа анализа подразумевает несколько этапов:

(1) описание главных рудных месторождений и формирование схемы их классификации с выделением четко различающихся модельных типов месторождений;

(2) выделение площадных металлогенических таксонов (металлогенических поясов и рудных районов) с составлением соответствующих карт;

(3) тектонический анализ территории с составлением геодинамической карты и описанием главных тектонических элементов;

(4) сопоставительный анализ металлогенических и геотектонических характеристик территории в целом и отдельных ее элементов;

(5) группировка разновозрастных металлогенических поясов и вмещающих их тектоно-стратиграфических единиц в соответствии с геодинамическими обстановками (например, обстановки островной дуги или субдукционной зоны);

(6) анализ генетической взаимосвязи между индивидуальными тектоно-стратиграфическими единицами (например, зона субдукции и сопряженная магматическая дуга) и соответствующими им металлогеническими подразделениями с выделением генетически связанных тектоно-металлогенических комплексов;

(7) интерпретация (восстановление), на основе геологических, фаунистических и палеомагнитных данных, вероятного первоначального пространственного положения террейнов и соответствующих металлогенических поясов;

(8) предположение, по комплексу признаков, о возможной тектонической миграции террейнов и вмещаемых ими металлогенических поясов;

(9) анализ времени и природы аккреции и(или) коллизии террейнов и соответствующих металлогенических поясов на основе комплекса геологических данных;

(10) анализ времени формирования и генезиса пост-аккреционных (пост-коллизионных) комплексов и связанных с ними металлогенических поясов на основе комплекса геологических и изотопных данных.

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

соответствующих наиболее значимым для региона тектоническим и металлогеническим событиям:

1. архейский (> 2500 млн. лет);
2. палеопротерозойский (2500 - 1600 млн. лет);
3. мезопротерозойский (1600 - 1000 млн. лет);
4. неопротерозойский (1000 - 540 млн. лет);
5. кембрийско-силурийский (540 - 410 млн. лет);
6. девонско–раннекарбонный каменноугольный (Миссисипий) (410 - 320 млн. лет);
7. поздний каменноугольный (Пенсильваний) - средний триассовый (320 - 230 млн. лет);
8. поздний триассовый–ранний юрский (230 - 175 млн. лет);
9. средний юрский-ранний мел (175 - 96 млн. лет);
10. сеноман-кампан (96 - 72 млн. лет);
11. маастрихт-олигоцен (72 - 24 млн. лет);
12. миоцен - четвертичный (24 - 0 млн. лет).

Входящие в состав металлогенических поясов рудные месторождения описываются в рамках разработанной классификации. В качестве главной классификационной единицы принят модельный тип месторождения, в определенной мере соответствующий более традиционному для отечественной геологической литературы понятию «рудная формация».

Формальная постановка задачи

Объекты исследований

Объектами исследований являются тектонические структуры, месторождения полезных ископаемых и металлогенические пояса Северо-Восточной Азии, описанные предусмотренным в проекте комплексом информации.

Основные информационные материалы:

- географическая карта;
- геодинамическая карта;
- карта коренных месторождений полезных ископаемых;
- карта россыпных месторождений полезных ископаемых;
- карта расположения металлогенических поясов;
- описания тектоно-стратиграфических террейнов;
- описания перекрывающих и «сшивающих» комплексов;
- описания коренных месторождений полезных ископаемых;
- описания россыпных месторождений полезных ископаемых;
- описания металлогенических поясов.

Целевое назначение ГИС

Целевое назначение ГИС « Минеральные ресурсы, минералогезис и тектоника Северо-Восточной Азии» заключается в создании ГИС-среды для хранения, поиска и анализа всего комплекса информационного материала, собранного в ходе выполнения проекта.

Формализация данных

Основными информационными блоками ГИС являются:

- «География»;
- «Геодинамика»;
- «Коренные месторождения полезных ископаемых»;
- «Россыпные месторождения полезных ископаемых»;
- «Металлогенические пояса».

Блок **«ГЕОДИНАМИКА»** представлен Геодинамической картой Северо-Восточной Азии 5 миллионного масштаба, созданной в рамках работы по Международному проекту (Parfenov, L.M. et al., 2003), а также атрибутивными описаниями геотектонических объектов. В блоке выделено 138 картографических слоев. Тематический состав и содержание каждого слоя соответствует строкам легенды карты. Объект «тектоно-стратиграфический террейн» имеет следующие атрибуты описания: аббревиатура; название; возраст; географическое положение; тектоническое положение; краткое описание; стратиграфическая колонка; ссылка на литературные источники. А объект «перекрывающий или «сшивающий» комплекс» - аббревиатура; название; возраст; географическое положение; краткое описание; ссылка на литературные источники.

Блок **«КОРЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»** представлен картой 5 миллионного масштаба с указанием на ней точек расположения месторождений полезных ископаемых (Preliminary Publications Book 2 ..., 2003) а также описаниями месторождений. В блоке - один картографический слой: точки расположения месторождений полезных ископаемых. Объект «коренное месторождение полезных ископаемых»: аббревиатура названия; название; тип месторождения полезных ископаемых; вмещающие комплексы; принадлежность металлогеническому поясу; основные металлы; сопутствующие металлы; размер месторождения; тоннаж месторождения; краткое описание; схема месторождения; ссылка на литературные источники; страна.

Блок **«РОССЫПНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»** - картой 5 миллионного масштаба с указанием на ней точек расположения россыпей полезных ископаемых (Preliminary Publications Book 2 ..., 2003), а также описаниями россыпных месторождений. В блоке - один картографический слой: точки расположения россыпных месторождений. Объект «россыпное месторождение полезных ископаемых»: краткая аббревиатура названия; полное название; тип россыпи; основные металлы; сопутствующие металлы; размер россыпи; тоннаж; краткое описание; ссылка на литературные источники; географический регион; страна.

Металлогенические пояса для Северо-Восточной Азии представлены серией карт 5 миллионного масштаба для 12 временных периодов, перечисленных выше (Preliminary Publications Book 2 ..., 2003), а также описаниями поясов.

В блоке **«МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ПОЯСА»** выделено 12 картографических слоев расположения металлогенических поясов. Объект «металлогенический пояс» имеет атрибуты описания: аббревиатура; полное название; геологические структуры; возраст; тектонические события; регион; литературные ссылки.

Основные взаимосвязи в системе

Взаимосвязи между объектами «коренное месторождение полезных ископаемых» и «тектоно-стратиграфический террейн» характеризуются отношениями «один к одному», между объектами «коренное месторождение полезных ископаемых» и «перекрывающий или «сшивающий» комплекс» - «один к одному», между объектами «металлогенический пояс» и «коренное месторождение полезных ископаемых» - «один к одному», «металлогенический пояс» и «перекрывающий или «сшивающий» комплекс» - также «один к одному». В системе между объектами «металлогенический пояс» и «коренное месторождение полезных ископаемых» - взаимосвязь «один ко многим».

Взаимосвязей между атрибутами объектов не установлено.

Таким образом, концептуальная модель данных анализируемой системы является реляционной моделью данных.

Проектирование основных функций ГИС

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

- выполнять хранение информации в развитой модели данных;
- выполнять объединенное управление описательными и пространственными данными;
- обеспечивать прямой доступ к описательным данным в ГИС-среде;
- выполнять многоцелевой информационный поиск в картографических объектах и в объектах баз данных, и также от одного вида объектов к другому;
- давать пользователю возможность добавлять и редактировать информацию, включая новый картографический материал и таблицы описания;
- давать пользователю возможность получать любую комбинацию картографического материала;
- давать пользователю возможность создавать новые тематические карты на основе использования информации, занесенной в ГИС;
- создавать стандартные формы отчетов, таблиц, диаграмм, графиков;
- выполнять печать информации, включая картографическую.

Выбор программных средств для реализации ГИС

Для реализации ГИС выбрано программное обеспечение:

1. ArcInfo, 8.0 -для создания базового географического слоя;
2. PC ArcInfo, 3.4.2 - для занесения картографической информации в ГИС;
3. ArcView, 3.2 - для реализации картографических слоев ГИС;
4. Microsoft Access 2000 - для реализации базы данных.

ГЛАВА 4. Предварительные цифровые карты и базы данных

На начальной стадии работ по проекту были созданы предварительные цифровые карты и БД, на основе которых в дальнейшем была реализована описываемая ГИС.

Карты:

- географическая карта Северо-Восточной Азии, масштаб 1: 5 000 000 (формат - ArcInfo, 8.0);
- геодинамическая карта Северо-Восточной Азии, масштабы 1: 5 000 000, 1: 7 500 000, 1:15 000 000 (формат - CorelDraw, 11.0);
- карта коренных месторождений полезных ископаемых Северо-Восточной Азии, масштаб 1: 5 000 000 (формат - CorelDraw, 11.0);
- карта россыпных месторождений полезных ископаемых Северо-Восточной Азии, масштаб 1: 5 000 000 (формат - CorelDraw, 11.0);
- карта металлогенических поясов Северо-Восточной Азии, масштаб 1: 5 000 000 (формат - CorelDraw, 11.0).

Базы данных:

- БД описаний коренных месторождений полезных ископаемых (формат - FileMaker Pro, 5.0);
- БД описаний россыпных месторождений полезных ископаемых (формат -FileMaker Pro, 5.0);
- БД описаний металлогенических поясов, формат БД описаний месторождений полезных ископаемых (формат -FileMaker Pro, 5.0);
- БД описаний геотектонических объектов, формат БД описаний месторождений полезных ископаемых (формат - Microsoft Access, 2000).

Цифровая географическая карта Северо-Восточной Азии и прилегающих морских акваторий создана в формате ArcInfo на рабочей станции Sun SPARC 10 и затем конвертирована в форматы Adobe Illustrator и CorelDraw для Windows (IBM PC) и Macintosh (рис.1). Географическая карта создана в качестве базовой основы для всех картографических материалов проекта. Масштаб карты 1:5000000. Географическая карта опубликована в 1998 г. (Miller et al., 1998).

Базовая географическая карта конвертирована из опубликованных в США числовых данных (U.S. Defense Mapping Agency, 1992a, b, c) , в которых данные опубликованы в масштабе 1:1000000. Эти данные затем были конвертированы в ArcInfo, используя процедуру, разработанную специально для этой цели. Данные были отредактированы в ArcInfo и затем конвертированы в Adobe Illustrator через использование MapPublisher и затем конвертированы в формат CorelDraw.

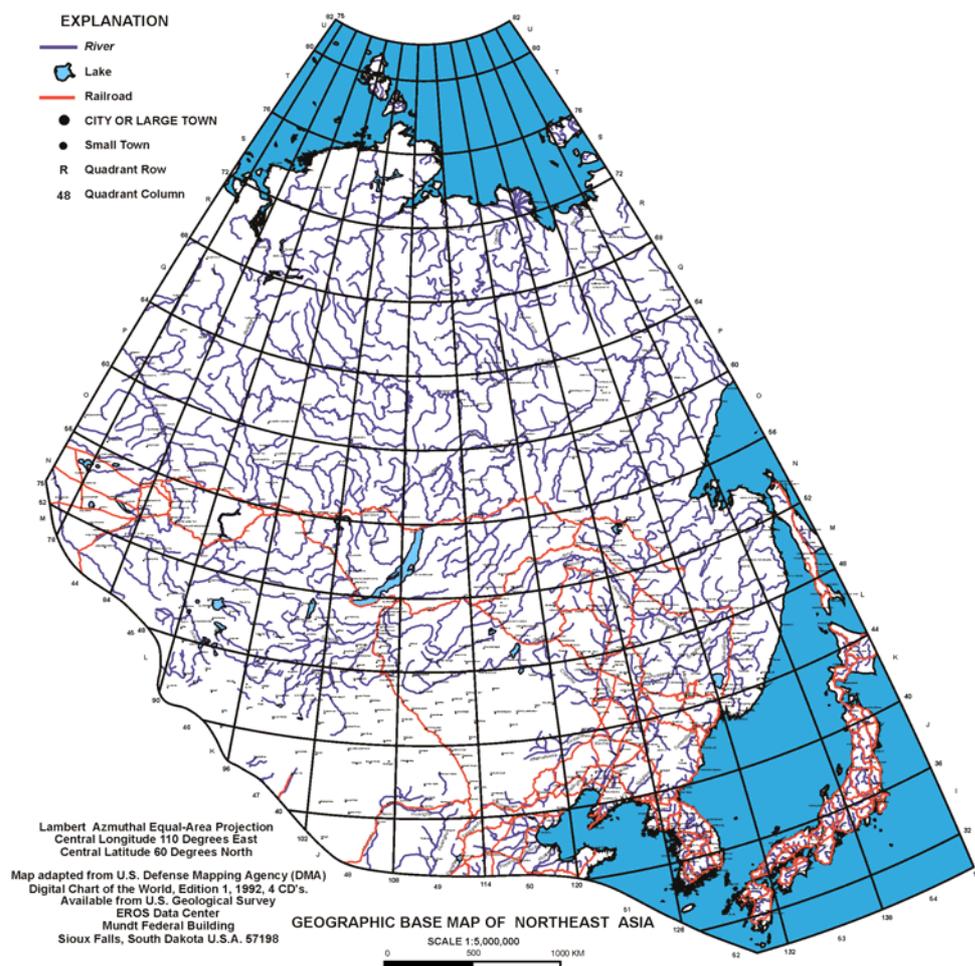


Рис.1. Географическая карта Северо-Восточной Азии

Цифровая геодинамическая карта Северо-Восточной Азии и БД геодинамических объектов

Технология создания этой карты включала в себя следующие основные этапы:

- определение масштаба карты;
- определение параметров карты;
- определение фрагментов карты;
- выбор картографических слоев цифровой карты;
- выбор программного обеспечения для создания цифровой карты;
- сканирование бумажных вариантов всех фрагментов карты;
- векторизация фрагментов карты;
- совмещение оцифрованной карты с базовой географической основой;
- стыковка фрагментов карты;

- разработка дизайна карты;
- редактирование карты;
- подготовка карты для ее издания.

Созданная цифровая геодинамическая карта Северо-Восточной Азии (рис.2) опубликована на CD (Parfenov et al., 2003), в Интернет (<http://rockyweb.cr.usgs.gov/mod/ak.html>) и в печатном варианте (Northeast Asia geodynamics map, 2003).

База данных геотектонических объектов создана в Microsoft Access 2000 и представляет собой две таблицы: «тектоно-стратиграфические террейны», «перекрывающие и «сшивающие» комплексы». Таблица «Тектоно-стратиграфические террейны» содержит 219 записей и 10 параметров описания. Таблица «Перекрывающие и «сшивающие» комплексы» - 224 записи и 9 параметров описания. Работа с этими таблицами обеспечивается стандартными функциями Microsoft Access 2000. Таблицы используются непосредственно при реализации ГИС.

Цифровая карта и БД коренных месторождений полезных ископаемых

Технология создания карты состояла из нескольких этапов.

1) *Создание БД коренных месторождений полезных ископаемых в File Maker Pro, 5.0.* Эта однотабличная БД «Коренные месторождения», в которой содержится 1674 записи и 17 параметров. Таблица создана объединением таблиц, созданных территориальными группами участников международного проекта. Опубликованная БД (Significant metalliferous..., 2003) была экспортирована в Microsoft Access 2000 и использована при построении ГИС.

2) *Построение цифровой карты коренных месторождений полезных ископаемых в ArcView, 3.2.*

Цифровая карта коренных месторождений полезных ископаемых построена в ArcView с использованием отрисовки координат месторождений из БД.

3) *Экспорт построенной карты в Corel Draw, 11.* Созданная цифровая карта месторождений коренных месторождений полезных ископаемых и россыпных месторождений Северо-Восточной Азии (рис.3) опубликована на CD (Nokleberg et al., 2004).

Цифровая карта и БД россыпных месторождений полезных ископаемых

Технология создания этой карты полностью идентична технологии, описанной выше для карты расположения месторождений полезных ископаемых. Однотабличная БД состоит из таблицы «россыпные месторождения полезных ископаемых», в которой содержится 85 записей и 20 параметров (табл. 4.7). Опубликованная БД (Significant metalliferous..., 2003) была экспортирована в Microsoft Access 2000 и использована при построении ГИС.

Карта и БД металлогенических поясов Северо-Восточной Азии

Цифровая карта металлогенических поясов создана в формате Corel Draw, 11 и опубликована на CD (Nokleberg et al., 2004). БД представляет собой таблицу «Металлогенические пояса», в которой содержится 282 записи и 20 параметров. Опубликованная БД (Significant metaliferous..., 2003) экспортирована в Microsoft Access 2000 и использована при построении ГИС.

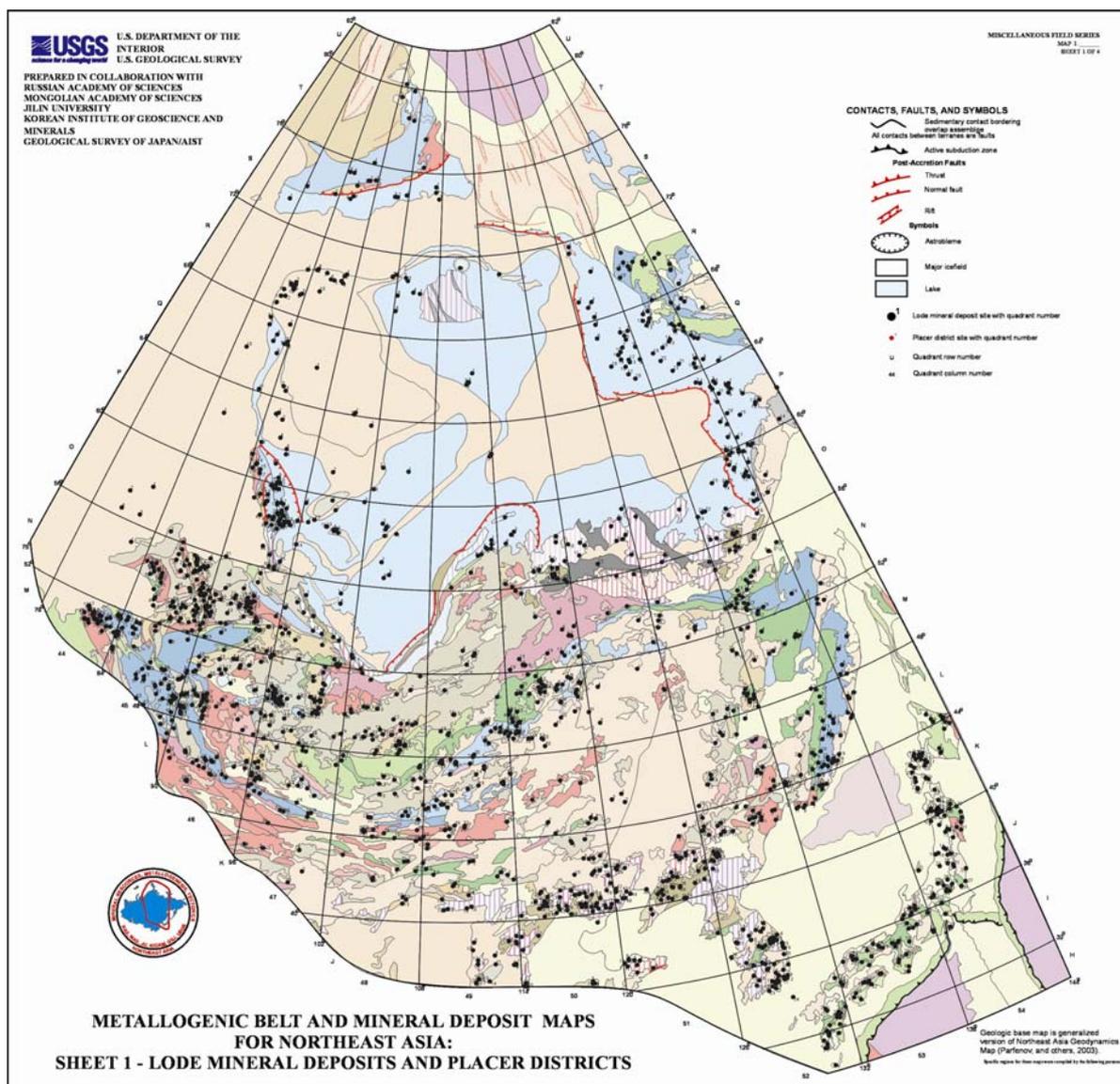


Рис.3. Карта коренных и россыпных месторождений Северо-Восточной Азии

- «Россыпные месторождения полезных ископаемых»;
- «Металлогенические пояса».

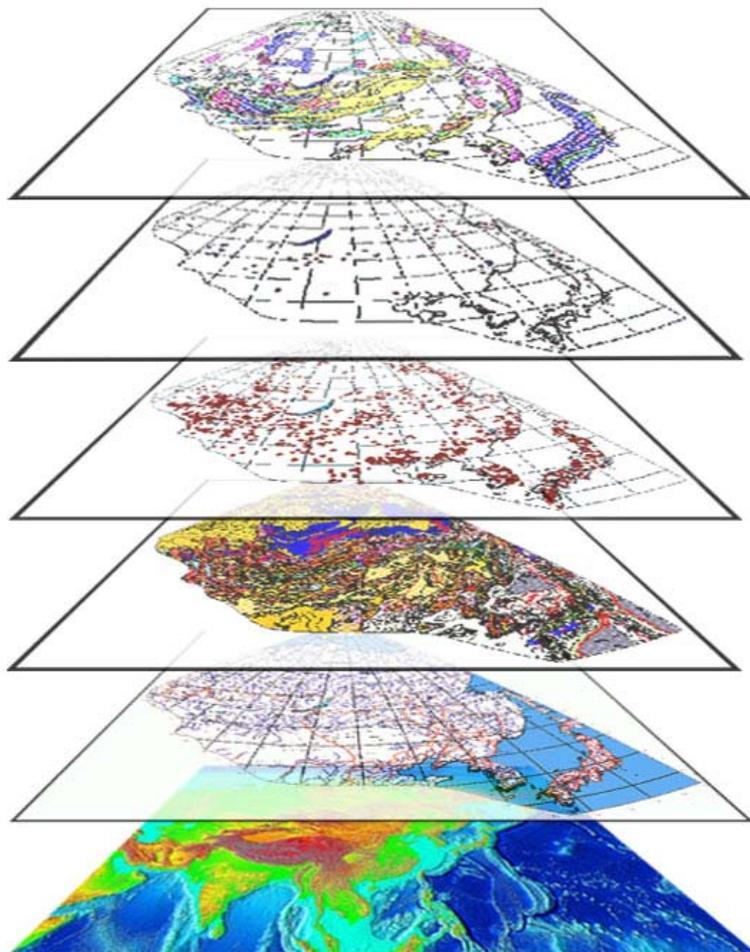


Рис.5. Основные картографические темы ГИС «Минеральные ресурсы, металлогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии», снизу вверх: «Топография», «География», «Геодинамика», «Коренные месторождения полезных ископаемых», «Россыпные месторождения», «Металлогенические пояса».

БД описаний геологических объектов, созданные на предварительном этапе в формате FileMaker Pro, импортировались в таблицы Microsoft Access.

Таблицы атрибутивных описаний:

- «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. Подобная организация данных позволяет не только обеспечить поисковые возможности системы, но и улучшает возможность пользовательского интерфейса при уточнении запросов в режиме просмотра форм данных.

Основные функциональные блоки системы (рис.6):

1. управления цифровой картографией;
2. организации пространственных запросов;
3. аналитики;
4. управления реляционной БД;
5. создания атрибутивных запросов;
6. создания перекрестных запросов: *ArcView* ← → *Microsoft Access*;
7. пользовательского интерфейса.



Рис. 6. Основные блоки ГИС «Минеральные ресурсы, минералогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии».

Интерес представляет нестандартная реализация перекрестных (между программами) поисковых запросов в системе.

Решение информационно-поисковых задач в ГИС в системе реализуется следующими блоками:

- 1) организации пространственных запросов (стандартный блок ArcView);
- 2) создания атрибутивных запросов (стандартный блок Access);
- 3) создания 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 самой 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 следующих дополнительных, нестандартных для данных программ возможностей организации запросов:

- а. Пользователь имеет возможность осуществить идентификацию и получить описание каждого объекта из любого картографического слоя в ArcView 3.2. Причем, в созданных картографических темах 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 путь к БД. Скрипт может быть использован для любого количества картографических слоев. Он является универсальным.

- б. 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.

Пользовательский интерфейс основан на базовых возможностях ArcView, 3.2 и Microsoft Access 2000. Нами он был дополнен для следующих случаев:

- Самым дружелюбным образом для пользователей 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.
- В формах БД предусмотрена возможность уточнения информации. Для этого около соответствующих полей находится кнопка, нажав на которую можно получить уточнение информации.
- Вызывая перекрестный поиск, пользователь пользуется системой автоматических меню, которые созданы автором для организации запросов и которые организованы самым дружеским для пользователя образом.

ГЛАВА 6. Анализ информации ГИС и ее представление конечным пользователям

Созданная ГИС осуществляет хранение, поиск, стандартный анализ огромного фактического материала по геологии Северо-Восточной Азии, подготовленного большим коллективом геологов из 6 стран мира. В первой части этой главы обсуждаются все существующие сегодня способы представления ГИС конечному пользователю, в том числе и те, которые были использованы нами.

Подготовка к печати и печать цифровых карт

Традиционный способ подготовки карт к изданию включал несколько этапов коррекции и контроля качества, как содержания, так и формы представления (символизации). Само производство характеризовалось длительным сроком и высокой трудоемкостью. Все этапы контроля информации были ручными и требовали штата квалифицированных редакторов (Чесалов, 2004).

ГИС значительно ускоряет многие этапы подготовки карт.

Основные этапы подготовки цифровых карт к печати:

- символизация цифровой модели (подготовка полотна карты);
- зарамочное оформление;
- подготовка и печать твердой копии.

Далеко не все ГИС пакеты общего назначения имеют в своем составе развитые модули подготовки профессионально оформленных картографических продуктов. И для обеспечения этих задач в мире используются специализированные программные продукты разной степени сложности и разной производительности. Например, для оптимального размещения подписей на картах можно использовать пакет Maplex. Имеются и специальные издательские системы, в которых ГИС пакеты включены в качестве одного из компонентов, например шведская система CPS.

Типографское издание цифровых карт, созданных в рамках создания ГИС «Минеральные ресурсы, минералогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии» осуществлялось в Геологической службе США с использованием графического редактора общего назначения Adobe Illustrator и MapPublisher.

Публикация ГИС на CD и в Интернет

На этапе подготовки ГИС к публикации на CD обычно разрабатываются интерфейсные подпрограммы, обеспечивающие пользователю комфортную среду работы с ГИС на CD или на персональном компьютере пользователя.

Для публикации на CD созданной ГИС «Минеральные ресурсы, минералогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии» созданы следующие подпрограммы и вспомогательные файлы, обеспечивающие пользователю дружелюбную среду работы с ГИС:

- Подпрограмма запуска ГИС-проекта в ArcView с любого логического диска персонального компьютера пользователя. Подпрограмма использует дружелюбный интерфейс. Пользователь в ответ на запрос подпрограммы прописывает место на логическом диске, где установлена ГИС, в том числе и на CD.
- Файл arc_path.ini – файл настройки путей к ГИС и к базовой программе ArcView, 3.2. На своем персональном компьютере пользователь легко может отредактировать пути, которые будут использовать написанные нами программы для ГИС.
- Файл acc_path.ini – файл настройки путей к БД в Access. Этот файл использует написанный нами скрипт для ArcView.

В работе обсуждены программные решения, которые используются для подготовки и распространения ГИС через Интернет:

- 1) публикация цифровых карт в растровом формате;
- 2) публикация цифровых карт в распространенном сегодня в Интернет формате pdf;
- 3) публикация цифровых карт с использованием распространенной в Интернет технологии карты-ссылок;
- 4) публикация цифровых карт с использованием JavaScript;
- 5) публикация ГИС с использованием ArcIMS;
- 6) публикация ГИС с использованием MapObjects Java;
- 7) следующим шагом в развитии Интернет- ГИС станет ArcIMS 9 или ArcGIS сервер.

Во второй части главы сделана попытка выделения класса задач, которые может решать пользователь, используя информационные и функциональные возможности ГИС, а также широко известных пакетов прикладных программ современного анализа данных.

Анализ картографической информации ГИС

ГИС обеспечивают богатый набор функций анализа, дающих пользователям возможность выполнять разнообразные преобразования пространственных данных. Великое множество технологий, встроенных в ГИС, - это именно та причина, которая вызвала феноменальный рост этих систем.

Далее приведен перечень распространенных операций, реализованных в ГИС (Albrecht, 1998):

- поиск – тематический поиск, поиск по областям, (ре-)классификация;
- анализ местоположения – буфер, коридор, наложение;
- топографический анализ- уклон/положение относительно сторон света, дренаж, гидрографическая сеть;
- анализ потоков – связность, кратчайший путь;
- распределение – обнаружение изменений, близость, ближайший сосед;
- пространственный анализ/статистика – шаблоны, центры, автокорреляция, индексы сходства, топология: описание скважин;
- измерения – расстояние, периметр, очертания, смежность, направление.

Доступным для пользователя видом является анализ сочетаний картографических переменных с целью получения и анализа новых сведений.

Задача 1. Пользуясь средствами ГИС, найти приуроченность металлогенических поясов террейнам различных тектонических обстановок, а также перекрывающим и «сшивающим» комплексам.

Решение задачи демонстрируется на примере «Сеноман-Кампан (96 - 72 млн.лет) металлогенического пояса.

Задача решается визуальным сравнением положения полигонов темы данного пояса и полигонов всех тем тектонических слоев по одной, пока не будут найдены те слои, которые имеют максимальное визуальное пересечение полигонов с полигонами данного пояса. Причем количество искомым слоев может быть > 1 .

Для более «продвинутых» пользователей существуют стандартные методы автоматического сравнения картографических тем между собой (поиск максимально пересекающихся тем). Наиболее простой путь решения этой проблемы – это использование Мастера Геообработки ArcView для выполнения операции пересечения.

Результат анализа можно сформулировать таким образом. *Металлогенический пояс «Сеноман-Кампан (96 - 72 млн.лет)» территориально приурочен к террейнам следующих тектонических обстановок: турбидитовым континентальной окраины, аккреционного*

клина типа А, аккреционного клина типа Б. Он также территориально приурочен к следующим геологическим комплексам: вулканоплутоническим поясам - известково-щелочным вулканитам (поздний мезозой, поздний кайнозой и четвертичный); комплексам задуговых и преддуговых бассейнов - на континентальной коре (средний мезозой); образованиям, связанным с орогенными поясами - молассаами краевых, тыловых и межгорных прогибов (поздний кайнозой, ранний кайнозой), известково-щелочным и плюмазитовым гранитам (поздний мезозой, средний мезозой); образованиям, связанным с крупными трансформными перемещениями блоков земной коры - бимодальными вулканитами (поздний кайнозой, ранний кайнозой), известково-щелочными гранитами (ранний кайнозой).

Определить имена и описания найденных террейнов, перекрывающих и «сшивающих» комплексов можно с использованием поискового запроса из ArcView в Access.

Задача 2. Найти территориальную приуроченность месторождений полезных ископаемых к террейнам различных тектонических обстановок

Выберем в качестве примера месторождения олова. Задача с использованием средств построенной ГИС решается в два этапа:

- Осуществим запрос из базы данных в Access к картографической информации в ArcView. По таблице описания месторождений определим все оловорудные месторождения анализируемой территории, попавшие в базу данных. Дадим запрос ГИС на построение точек расположения этих месторождений.
- Далее задача решается визуальным сравнением положения точек расположения оловорудных месторождений и полигонов всех слоев базовой темы «Террейны в позднедокембрийских и фанерозойских орогенных поясах» по одной, пока не будут определены те слои, которые имеют максимальное визуальное пересечение полигонов с полигонами данного пояса.

Результат проведенного анализа заключается в следующем: *оловорудные месторождения рассматриваемой территории территориально приурочены к турбидитовым террейнам континентальной окраины, и террейнам аккреционного клина типа Б.* Результат проведенного анализа соответствует выводам С.М.Родионова о приуроченности оловорудных месторождений Востока России «к областям сочленения трех типов тектоно-стратиграфических элементов, сложенных метаморфическими комплексами, турбидитовыми комплексами континентального склона и его подножия и аккреционными комплексами со значительным участием океанических пород» (Родионов, 2003).

Задача 3. Найти территориальную приуроченность минеральных типов месторождений полезных ископаемых к террейнам различных тектонических обстановок, используя построенную ГИС

Задача решается на примере следующего модельного типа: Au-Ag эпитеральные.

- Осуществим запрос из базы данных в Access к картографической информации в ArcView. По таблице описания месторождений определим все месторождения анализируемой территории, относящиеся к этому типу. Дадим запрос ГИС на построения точек расположения этих месторождений.
- Далее задача решается визуальным сравнением положения точек расположения месторождений и полигонов всех слоев базовой темы «Террейны в позднедокембрийских и фанерозойских орогенных поясах» по одной, пока не будут определены те слои, которые имеют максимальное визуальное пересечение полигонов с полигонами данного пояса.

Результат проведенного анализа заключается в следующем: *месторождения, относящиеся к модельному типу Au-Ag эпитермальные, территориально приурочены к миогеоклинальным (пассивной континентальной окраины) террейнам и турбидитовым террейнам континентальной окраины.*

Таким образом, используя поисковые возможности созданной ГИС и простой визуальный анализ картографических слоев, можно решать содержательные геологические задачи.

Анализ атрибутивной информации

Нами построена гистограмма возрастных интервалов металлогенических поясов Северо-Восточной Азии. Признак «возрастные интервалы» измерен в категоризованной шкале и имеет 13 значений по числу возрастных интервалов, как было описано выше. Перед проведением анализа признак оцифрован с использованием «кодов». Визуальный анализ гистограммы приводит к выводу о бимодальности распределения. *Гистограмма имеет два пика: Средний Юрский - Ранний Мел (175 - 96 млн.лет) и Кембрийский – Силурийский.*

Построена гистограмма размеров месторождений анализируемой выборки. Признак «размер месторождения» измерен в категоризованной шкале и имеет три значения: «маленькое», «среднее», «большое». Перед проведением анализа признак оцифрован с использованием «кодов». *Распределение асимметрично с длинным правым хвостом.*

Построена бивариантная гистограмма «Частота встречаемости террейнов разных стратиграфических возрастов в различных тектонических обстановках». Признак «тектонические обстановки» измерен в категоризованной шкале. Перед проведением анализа признаки были оцифрованы с использованием «кодов». *Анализ бивариантной гистограммы показывает наличие трех пиковых значений: 0-500 млн.лет - аккреционного клина типа Б, 0-500 млн.лет - островная дуга; 500-1000 млн. лет. – островная дуга.*

Определенный интерес для исследователя представляет категоризованный 3М график поверхности. На этом графике строятся поверхности (полученные сглаживанием или заданные пользовательским математическим выражением) по категоризованным данным (переменным,

соответствующим наборам координат XYZ), т.е. подмножествам данных, заданных выбранным методом категоризации, причем все они изображаются в одном графическом окне, что дает возможность сравнивать эти подмножества (категории).

- Проанализирован 3D -график распределения категорий модельных типов месторождений Sn по территории Северо-Восточной Азии.

- Построен график изменения продуктивности Sn по территории Северо-Восточной Азии. Используя те же данные, программой Surfer, 6.0 построен еще один 3D-график (рис. 6).

Для анализа выборок атрибутивных данных описываемой ГИС можно использовать все известные методы современного анализа данных, такие как: основные статистики, анализ временных рядов, дискриминантный анализ, дисперсионный анализ, канонический анализ, кластерный анализ, многомерное шкалирование, множественная регрессия, факторный анализ. Информация, находящаяся в БД, позволяет это сделать. Выбор метода анализа данных будет зависеть от поставленной исследователем задачи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования позволили сделать следующие выводы:

1) Из всего множества геологических ГИС автором выделен класс региональных геологических ГИС, который характеризуется следующими свойствами:

- ГИС этого класса создаются на глобальном, субрегиональном, национальном и региональном территориальных уровнях;
- информационной основой для подобных ГИС является региональная геологическая информация;
- масштаб карт: 1: 200000 – 1: 5000000;
- ГИС этого класса предназначены для решения задач региональной геологии, тектоники, металлогении и т.п.

Информационный материал подобных ГИС представляет собой разнородную картографическую и атрибутивную информацию. Исходные информационные материалы чаще всего основаны на различных: тектонических позициях; геологических классификациях, таких как классификация пород и стратиграфические шкалы и др.; топографических основах (различные проекции, масштабы и т.п.); уровнях детальности и полноты представления информации; цветах и знаках картографических легенд; структурах данных и их взаимосвязей; признаковых системах атрибутивных описаний. Важным аспектом этих материалов является то, что они отражают на своих фрагментах собранную и систематизированную в разные годы геологическую информацию. Таким образом, при создании региональных геологических ГИС важными становятся задачи стандартизации геологической информации, совмещения фрагментов карт, перевода в другие проекции и масштабы и др.

2) На основе анализа созданных в последнее время ГИС этого класса выделены общие черты региональных геологических ГИС:

а) региональные геологические ГИС по своим функциональным возможностям являются либо совокупностью цифровых карт в ГИС-формате, либо информационно-поисковыми системами;

б) в последнее время программные продукты ESRI являются базовым стандартом для создания ГИС в региональной геологии во многих развитых странах мира;

в) все региональные геологические ГИС-проекты строятся с использованием базового топографического или географического слоев;

г) все анализируемые ГИС-проекты имеют тематическую слоевую структуру;

д) региональные геологические ГИС содержат два блока информации: цифровые карты и небольшие базы данных атрибутивной информации;

е) анализируемые ГИС содержат как векторные, так и растровые карты;

ж) в геологических региональных ГИС практически отсутствует блок анализа информации.

3) Сформулирована концепция создания региональных геологических ГИС.

Авторская концепция создания региональных геологических ГИС заключается в рассмотрении пространственных объектов исследования как целостной сложной системы со своей специфической внутренней организацией и причинно-следственными связями между отдельными ее элементами. Инструментом системного подхода является ГИС 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. В этом случае данные ГИС должны быть основаны на единой геологической концепции, геологические объекты – описаны взаимосвязанными признаками, основанными на общих геологических классификациях, цифровые карты - построены на единой топографической (географической) основе и иметь согласованные между собой легенды.

4) Предложена ГИС-технология для создания региональных геологических ГИС.

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

5) На основе сформулированной концепции и предложенной ГИС-технологии осуществлена формализация геологических объектов и связей между ними, и на этой основе проведено проектирование ГИС «Минеральные ресурсы, минералогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии».

6) Предложена технология создания цифровых региональных геологических карт. Данная технология применена для создания цифровой геодинамической карты Северо-Восточной Азии.

Технология включает в себя следующие основные этапы:

- определение масштаба карты;
- определение параметров карты;
- определение фрагментов карты;
- выбор картографических слоев цифровой карты;
- выбор программного обеспечения для создания цифровой карты;
- сканирование бумажных вариантов всех фрагментов карты;
- векторизация фрагментов карты;
- совмещение оцифрованной карты с базовой географической основой;
- стыковка фрагментов карты;
- разработка дизайна карты;
- редактирование карты;
- подготовка карты для ее издания.

7) На основе сформулированной концепции и предложенной технологии создана ГИС «Минеральные ресурсы, минералогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии». Система 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.

8) Созданные для ГИС программы организации 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 содержательных задач.

9) Для публикации на CD созданной ГИС «Минеральные ресурсы, минералогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии» созданы подпрограммы и вспомогательные файлы, обеспечивающие пользователю дружественную среду работы с ГИС.

10) Выделены современные **методы обработки информации**, которые может использовать пользователь, при анализе информации ГИС:

- Для пространственных данных:
 1. поиск, анализ местоположения, топографический анализ, анализ потоков, распределение, пространственный анализ, статистика, измерения;
 2. анализ сочетаний картографических переменных с целью получения и анализа новых сведений.

- Для непространственных атрибутивных данных все известные методы современного анализа данных, такие как: основные статистики, анализ временных рядов, дискриминантный анализ, дисперсионный анализ, канонический анализ, кластерный анализ, многомерное шкалирование, множественная регрессия, факторный анализ с использованием пакетов прикладных программ анализа информации, таких как Statistica и др.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ автора по теме диссертации

Наумова В.В. Некоторые приложения теории графов к классификации. В кн.: Иерархические классификационные построения в географической экологии и систематике. - Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979, стр. 113-120.

Наумова В.В., Федчин Ф.Г., Сорока В.П. Сравнительный анализ разновозрастных вулканитов 3-х вулканогенных поясов Дальнего Востока. В кн.: Автоматизация исследований и анализ географических данных. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985, с.100-111.

Наумова В.В., Щека С.А. Применение многомерных статистических методов для выявления типоморфных ассоциаций элементов в минералах. В кн.: Автоматизация исследований и анализ географических данных. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985, стр. 111-124.

Наумова В.В., Гореликова Н.В. Прогнозирование уровня эрозионного среза оловорудных месторождений по ассоциациям микроэлементов турмалина методами многомерной статистики. В кн.: Геохимия в локальном металлогеническом анализе. Т. III Всесоюзный симпозиум / Тез. Докл. Новосибирск: Изд. ИГиГ СО РАН СССР, 1986. стр. 67-68.

Наумова В.В., Федчин Ф.Г., Сорока В.П. Применение факторного анализа для изучения петрохимических особенностей разновозрастных вулканитов Западно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса. В кн.: Автоматизация исследований и анализ данных в экологии и географии. Владивосток, ДВНЦ АН СССР, 1987, с.9-25.

Щека С.А., **Наумова В.В.,** Вржосек А.А. Парагенезисы элементов-примесей гидротермальных магнетитов как индикаторы генезиса и рудоносности минерализации. Доклады АН СССР, 1987, т.294, №4, стр.958-962.

Щека С.А., Гореликова Н.В., Вржосек А.А., **Наумова В.В.** Парагенезисы элементов минералов как основа минералогического картирования. В кн.: Минералогия – народному хозяйству. Тезисы докладов к VII съезду Всесоюзного минералогического общества. Ленинград: Наука, 1987, с. 115-116.

Щека С.А., Гореликова Н.В., Вржосек А.А., **Наумова В.В.** Типоморфизм минералов как поисковый критерий. В кн.: Новые данные по минералогии Дальнего Востока, Владивосток, 1987, с. 9-34.

Гореликова Н.В., **Наумова В.В.** Парагенезисы микроэлементов турмалина как индикатор продуктивности и зональности оловянного оруденения. Доклады АН СССР, 1987, т.297, №2, стр.462-467.

Федчин Ф.Г., Сорока В.П., **Наумова В.В.** Методика возрастного расчленения «немых» вулканогенных толщ палеозоя Приморья по петрохимическим данным. Препринт. ДВГИ ДВО РАН, Владивосток, 1988, с.24.

Разжигаева Н.Г., **Наумова В.В.** Применение многомерного статистического анализа и ЭВМ для выявления ассоциаций тяжелых минералов в прибрежно-морских осадках // Тихоокеанская геология, 1988, №3, стр.111-116.

Наумова В.В., Разжигаева Н.Г. Использование типоморфных особенностей магнетита магматических пород для определения источников сноса прибрежно-морских осадков Японского моря. В кн.: Количественные параметры природной среды в плейстоцене. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1988, с.101-114.

Щека С.А. Гореликова Н.В., **Наумова В.В.** Турмалин как индикатор оловорудных формаций. В кн.: Этапы образования рудных формаций. М.: Наука, 1989, стр.203-217

Наумова В.В., Щека С.А. Особенности распознавания базит-гипербазитовых комплексов по составу хромшпинелидов. В кн.: Алгоритмические методы в анализе эколого-географических и геологических данных, Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1989, с.53-63.

Федчин Ф.Г., Матюнин А.И., Симаненко В.П., **Наумова В.В.** Методика расчленения разновозрастных кислых вулканитов позднего мезозоя Приморья по петрохимическим данным. Препринт ДВГИ ДВО РАН, Владивосток, 1989, 48 с.

Наумова В.В. Особенности распознавания базит-гипербазитовых комплексов на поверхности изоморфизма в хромшпинелидах. В кн.: Тезисы докладов III Советско-Китайского симпозиума. Благовещенск. «Геология и экология бассейна реки Амур», ч II, 1989, с. 116-118.

Наумова В.В., Щека С.А. Построение алгоритма распознавания разноосновных магматических комплексов по составу элементов-примесей в магнетитах. В кн.: Анализ данных и моделирование процессов в природных системах. Владивосток: Дальнаука, 1990, с. 74-85.

Наумова В.В., Волосов А.Г. Применение методов анализа данных для изучения поведения микроэлементов в пиритах (на примере одного из золоторудных месторождений Казахстана). В кн.: Анализ данных и моделирование природных процессов. Владивосток: Дальнаука, 1991, с. 17-30.

Авченко О.В., **Наумова В.В.** Гранат-ортопироксеновые геобарометры // Геология и геофизика, 1992, №8, стр. 79-87.

Наумова В.В., Щека С.А. Проектирование экспертной системы для автоматической диагностики базит-гипербазитовых формаций Дальнего Востока // Анализ данных и моделирование природных процессов. Владивосток: Дальнаука, 1991 г., стр. 6-17.

Наумова В.В., Сорокина Н.Ю., Сахно В.Г. Концептуальное проектирование базы данных «Вулканические пояса Востока Азии» // Избранные доклады 5 Международной конференции «Базы данных и знаний», г. Львов, 1991 г., стр. 43-48.

Наумова В.В. Задачи компьютерной диагностики. Владивосток: Дальнаука, 1993 г., с.117

Наумова В.В., Патук М.И., Сорокина Н.Ю. Маркевич П.В., Сахно В.Г., Коренбаум С.А. Информационно-поисковая система «Геология Дальнего Востока России» // Вест. ДВО РАН. 1994, №1, стр.52-61.

Наумова В.В. Математические методы и компьютерные технологии в геологии: опыт применения в ДВГИ // Вестник ДВО РАН, 1994, №4, стр. 82-90.

Наумова В.В., Патук М.И., Сорокина Н.Ю., Маркевич П.В., Сахно В.Г., Коренбаум С.А. Проектирование и создание научной информационно-поисковой системы «Геология Дальнего Востока России» // Вестник ДВО РАН, 1993, №1, стр. 52-64

Наумова В.В. ГИС-технологии в региональных геологических исследованиях: опыт применения и перспективы развития в ДВГИ ДВО РАН // Металлогения, нефтегазоносность и геодинамика Северо-Азиатского кратона и орогенных поясов его обрамления, Материалы II Всероссийского металлогенического совещания. Август 25-28, 1998. Иркутск, с.61-62

Наумова В.В. ГИС - перспективные компьютерные технологии для региональной геологии // Информатика и моделирование в океанологических исследованиях. Владивосток: Дальнаука, 1999 г., стр. 26-37.

Наумова В.В., Ханчук А.И., Патук М.И., Капитанчук М.Ю., Ноклеберг В., Миллер Р.. Разработка и создание ГИС – проекта «Минеральные ресурсы, металлогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии». В кн.: Тектоника и металлогения Центральной и Северо-Восточной Азии. Тезисы международной конференции, 16-18 сентября 2002 г., Новосибирск, Россия. Новосибирск, издательство СО РАН, филиал «гео», 2002 г., стр.54

Razjigaeva N.G., **Naumova V.V.** Microelement Composition of Detrital Magnetite from Coastal Sediments of the North Western Japan Sea, for provenance Study // Journal of Sedimentary Petrology, 1992, V. 62, N 5, p. 802-809.

Naumova V.V., Patuk M.I., Markevich P.V.. Scientific information -search system "Geology of the Far East of Russia". Local Data Base "Sedimentary complexes of the Far East of Russia".//14th International sedimentological congress. Abstracts, Recife, Agosto, 1994, p. 114.

Nokleberg W.J., Khanchuk, A.I., **Naumova V.V.**, Badarch Gombosuren, Parfenov L.M., Miller R.J., and NE Asia Metallogensis Team, 1999, Geographic information systems compilation of geodynamic, mineral resource, and geophysical maps being developed for the Northeast Asia metallogenesis project [abs]: Mongolian Geoscientist, no. 14, p. 52-53.

Nokleberg W.J., **Naumova V.V.**, Kuzmin M.I., and Bounaeva T.V., eds., 1999, Preliminary publications book 1 from project on mineral resources, metallogenesis, and tectonics of Northeast Asia: U.S. Geological Survey Open-File Report 99-165 (CD-ROM).

Naumova Vera V., Khanchuk Alexander I., Krasulya Olga, Kapitanchuk Marina, and Kasatkina Olga, Nokleberg Warren J. and Miller Robert. Development of GIS Compilation on Mineral resources, Metallogenesis, and Tectonics of NorthEast Asia. ITIT International Symposium "Mineral resources and tectonics of Northeast Asia", AIST research Center, Tsukuba, Japan, June 8-9, 2000, p.63.

Naumova V.V., Khanchuk A.I., Krasulya O., Kapitanchuk M., and Kasatkina O., Parfenov L.M., Nokleberg Warren J. Digital version of Northeast Asia Geodynamics Map. ITIT International Symposium "Mineral resources and tectonics of Northeast Asia", AIST research Center, Tsukuba, Japan, June 8-9, 2000, p. 64.

Naumova V.V., Khanchuk A.I., Patuk M.I., Krasulia O.V., Kapitanchuk M.U., Nokleberg W.J., and Miller R.M. Geographic information systems compilation of mineral resources, metallogenic belts, and geodynamic maps of Northeast Asia. Joint 6th Biennial SGA-SEG Meeting Program with Abstracts, in Piestrzynski, Adam., and others, eds., Mineral Deposits at the Beginning of the 21st Century: Proceedings of Joint Sixth Biennial SGA-SEG Meeting, Krakow, Poland, A.A. Balkema Publishers, p. 1133-1136.

Naumova V.V., Khanchuk A.I., Kapitanchuk M.Yu., Parfenov L.M., Nokleberg W., and Miller R. Digital version of geodynamic map of Northeast Asia, in Kuzmin M.I., and Obolenskiy A.A., eds., 2002, Conference Abstracts for Scientific Conference on Tectonics and Metallogeny of Northeast and East-Central Asia, September 2002, Institute of Geology, and Institute of Geochemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk and Irkutsk, p. 60-61.

Naumova V.V., Nokleberg W., Khanchuk A.I., Patuk M.I., Kapitanchuk M.Yu., and Miller R. GIS for mineral resources, metallogenesis, and tectonics of Northeast Asia. International Conference on GIS in Geology, Moscow, 13-15 November 2002, Extended Abstracts. p. 87.

Preliminary Publications Book 2 From Project on Mineral Resources, Metallogenesis, and Tectonics of Northeast Asia, edited 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., 2003: U.S.G.S. Open-File Report 03-203 (CD-ROM).

Preliminary Northeast Asia geodynamics map (Adobe Acrobat PDF version), by Parfenov L.M., Khanchuk A.I., Badarch Gombosuren, Miller R.J., **Naumova V.V.**, Nokleberg W.J., Ogasawara Masatsugu, Prokopiev A.V., and Yan Hongquan, with contributions on specific regions by Belichenko Valentina, Berzin N.A., Bulgatov A.N., Byamba Jamba, Deikunenko A.V., Dong Yongsheng, Dril S.I., Gordienko I.V., Hwang Duk Hwan, Kim B.I., Korago E.A., Kos'ko M.K., Kuzmin M.I., Orolmaa Demberel, Oxman V.S., Popeko L.I., Rudnev S.N., Sklyarov E.V., Smelov A.P., Sudo Sadahisa, Suprunenko O.I., Sun Fengyue, Sun Jiapeng, Sun Weizhi, Timofeev V.F., Tretyakov F.F., Tomurtogoo Onongin, Vernikovskiy V.A., Vladimirov A.G., Wakita Koji, Ye Mao, and Zedgenizov A.N., 2003, in Nokleberg W.J., and 10 others, eds.: Preliminary Publications Book 2 from Project on Mineral Resources, Metallogenesis, and Tectonics of Northeast Asia: U.S. Geological Survey Open-File Report 03-203 (CD-ROM), 2 sheets, scales 1:5,000,000.

Preliminary Northeast Asia Geodynamics Map (Paper Print-On-Demand and Web versions), by Parfenov L.M., Khanchuk A.I., Badarch Gombosuren, Miller R.J., **Naumova V.V.**, Nokleberg W.J., Ogasawara Masatsugu, Prokopiev A.V., and Yan Hongquan, with contributions on specific regions by Belichenko Valentina, Berzin N.A., Bulgatov A.N., Byamba Jamba, Deikunenko A.V., Dong, Yongsheng, Dril S.I., Gordienko I.V., Hwang DukHwan, Kim B.I., Korago E.A., Kos'ko M.K., Kuzmin M.I., Orolmaa Demberel, Oxman V.S., Popeko L.I., Rudnev S.N., Sklyarov E.V., Smelov

A.P., Sudo Sadahisa, Suprunenko O.I., Sun Fengyue, Sun Jiapeng, Sun Weizhi, Timofeev V.F., Tret'yakov F.F., Tomurtogoo Onongin, Vernikovskiy V.A., Vladimirov A.G., Wakita Koji, Ye Mao, and Zedgenizov A.N., 2003: U.S. Geological Survey Open-File Report 03-205, 2 sheets, scale 1:5,000,000. Paper version available from USGS Maps on Demand Web site: <http://rockyweb.cr.usgs.gov/mod/ak.html>.

Kapitanchuk M.Yu, Khanchuk A.I., **Naumova V.V.**, Patuk M.I., Rodionov S.M. Development GIS "Tectonics, Magmatism, Geophysics and Mineral Resources of the Far East of Russia". Proceedings of the Interim IAGOD Conference "Metallogeny of the Pacific Northwest: Tectonics, Magmatizm and Metallogeny of Active Continental Margins", Vladivostok, Russia, 1-20 September 2004. Vladivostok: Dalnauka, 2004, p.594-595.

Koreshkov A.M., **Naumova V.V.** Development of the Geographically Distributed Database " Geology of the Russian Far East" in Internet. Proceedings of the Interim IAGOD Conference "Metallogeny of the Pacific Northwest: Tectonics, Magmatizm and Metallogeny of Active Continental Margins", Vladivostok, Russia, 1-20 September 2004. Vladivostok: Dalnauka, 2004, p.596-598.

Naumova V.V., Patuk M.I., Kapitanchuk M.Yu., Nokleberg W.J., Miller R.J. GIS "Mineral Resources, Metallogenesis and Tectonics of the North East Asia". Proceedings of the Interim IAGOD Conference "Metallogeny of the Pacific Northwest: Tectonics, Magmatizm and Metallogeny of Active Continental Margins", Vladivostok, Russia, 1-20 September 2004. Vladivostok: Dalnauka, 2004, p.606-607.

Nokleberg W.J., Badarch, Gombosuren, Berzin N.A, Diggles M.F., Hwang Duk Hwan, Khanchuk A.I., Miller R.J., **Naumova V.V.**, Obolenskiy A.A., Ogasawara Masatsugu, Parfenov L.M., Prokopiev A.V., Rodionov S.M., and Yan Hongquan, eds., 2004, Digital files for northeast Asia geodynamics, mineral deposit location, and metallogenic belt maps, stratigraphic columns, descriptions of map units, and descriptions of metallogenic belts: U.S. Geological Survey Open-File Report 2004-1252 (CD-ROM).

**Дальневосточный Геологический Институт Российской
Академии Наук**

690022, Владивосток-22, пр-кт 100-летия Владивостоку, 159

Факс: (7 - 4232) 317847

Тел.: (7 - 4232) 318750

URL: <http://www.fegi.ru>

E-mail:

office@fegi.ru - ученый секретарь ДВГИ ДВО РАН Н.А.Чепкая

director@fegi.ru - директор ДВГИ, член-корреспондент РАН А.И.Ханчук