

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ: ОПЫТ СОЗДАНИЯ И АНАЛИЗА

С.В. Ворошин, А.С. Зинкевич, Е.Э. Тюкова

Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН, г. Магадан

Приведена характеристика региональных геоинформационных систем (ГИС) по геологии и полезным ископаемым, созданных в лаборатории ГИС-технологий СВКНИИ ДВО РАН: ГИС Верхне-Колымского региона; ГИС Анмандыканского и Кубакинского рудных узлов; ГИС Колымо-Омолонского и Охотско-Колымского регионов; ГИС по россыпным месторождениям золота Центрально-Колымского региона; ГИС муниципального округа Магадана; ГИС Северо-Востока России. При компиляции и векторизации картографических материалов использована разномасштабная опубликованная первичная информация (от 1: 50 000 до 1: 1500 000). В практическом применении перечисленных ГИС четко обозначились три главных направления: 1) подготовка картографических продуктов; 2) информационно-справочные системы; 3) анализ и моделирование. Последнее направление наиболее важно для решения прогнозно-поисковых задач, при его реализации необходимо уделять серьезное внимание как качеству геологической информации, объединенной в региональные ГИС, так и генетическим моделям образования конкретных типов минерализации, на которых базируются алгоритмы анализа. Дальнейшее развитие региональных ГИС планируется за счет их объединения с другими информационными ресурсами и создания электронных атласов с доступом через Интернет.

Ключевые слова: региональные геоинформационные системы, ГИС по геологии, Северо-Восток России.

ВВЕДЕНИЕ

Под *региональными геоинформационными системами* (ГИС) понимаются территориально и тематически ограниченные ГИС, основанные на принципах совместимости и взаимной дополняемости или открытости и представляющие собой продукт конечного пользователя. Такой подход определяется как модульный и противопоставляется консолидированной информационной системе, которая содержит «все» и может создаваться бесконечно долгое время.

Актуальность создания и анализа геоинформационных систем определяется тем, что информационные ресурсы являются важнейшим национальным достоянием любой страны. Принимая во внимание ресурсную направленность экономики нашего государства, полнота и цельность информации о минерально-сырьевом комплексе будут играть одну из главных ролей в темпах промышленного развития России. При этом именно региональные геоинформационные системы относятся к главным составным частям единой информационной системы о природных ресурсах. Поэтому создание региональных ГИС

и научное обеспечение методических основ их развития выдвигаются на первоочередной план при проведении исследовательских работ в сфере геоинформатики. Не менее актуально также получение нового научного знания при помощи ГИС, что решается посредством анализа информации и моделированием на основе геоинформационных технологий.

Исходя из того, что региональные ГИС должны быть продуктом конечного пользователя, уже на стадии проектирования необходимо представлять круг задач, которые планируется решать с помощью этих систем. Другими словами, создание геоинформационных систем не может быть самоцелью. Следование рассмотренным принципам позволило создать несколько разноуровневых ГИС по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока России и выполнить ряд аналитических проектов на их основе [4, 5, 21, 23]. Это (в хронологическом порядке) ГИС по геологии и полезным ископаемым Верхне-Колымского региона (1998 г.); ГИС по геологии и полезным ископаемым Анмандыканского и Кубакинского рудных узлов (1999 г.); ГИС по геологии Колымо-Омо-

лонского региона (2001 г.); ГИС по россыпным месторождениям золота Центрально-Колымского региона (2001 г.); ГИС полезных ископаемых муниципального округа Магадана (2002 г.); ГИС по геологии Охотско-Колымского региона (2002 г.); ГИС по геологии Северо-Востока России (2004 г.). Территориальный охват и сравнительная характеристика геоинформационных систем приведены на рис. 1 и в табл. 1.

Следует отметить существование неоправданно высоких ожиданий от практического применения геологических ГИС для прогнозно-поисковых целей. В этой связи наблюдается даже некоторое скептическое отношение к возможности эффективного использования реальных проектов. Хотя ГИС предназначены для совместной обработки информации двух видов – графической и атрибутивной, – практическое применение всего набора функциональных возможностей ГИС реализуется далеко не всегда. В статье рассматривается опыт создания и анализа ГИС в лаборатории геоинформационных технологий СВКНИИ

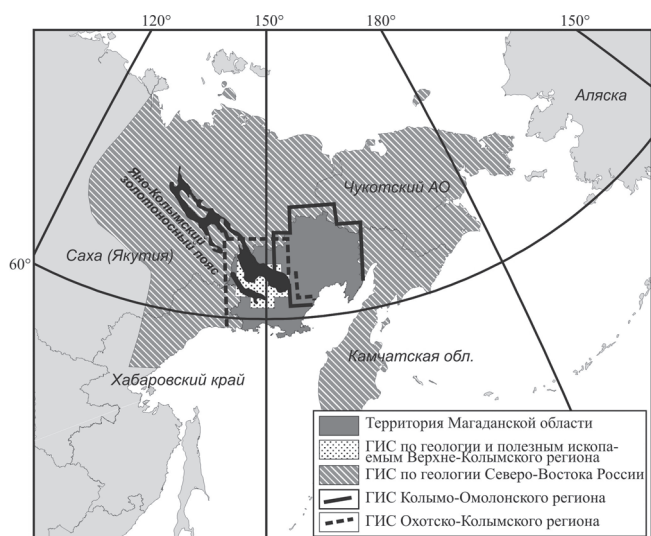


Рис. 1. Площади, включенные в региональные ГИС. Черным цветом показан Яно-Колымский золотоносный пояс.

ДВО РАН при геологических исследованиях на Северо-Востоке России. Обсуждается главным образом векторная составляющая ГИС.

ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

ГИС по геологии и полезным ископаемым Верхне-Колымского региона подготовлена в 1998 г. на основании соглашения о совместных исследованиях между компанией ВНР International и СВКНИИ ДВО РАН в рамках темы “Пространственный анализ размещения золотого оруденения Верхне-Колымского региона (Россия) и районов Западной Виктории и террейна Пайн-Крик (Австралия)”. ГИС основана на 25 листах изданной государственной геологической карты масштаба 1:200 000 и выполнена как цельный проект в реальных географических координатах в программе ArcView (рис. 2). Территория, включенная в геоинформационную систему, охватывает крупнейшую золоторудную провинцию России. Структура ГИС представлена: (1) геологическим строением – 9381 полигон; (2) дизъюнктивными нарушениями – 4073 объекта; (3) дайками – 9786 объектов; (4) месторождениями и проявлениями рудных полезных ископаемых – 2471 объект; (5) россыпными месторождениями – 1151 объект. Данная система изначально проектировалась для решения прогнозных задач. Предполагалось, что анализ графической и атрибутивной информации в совокупности с применением генетических моделей рудообразования позволит составить алгоритмы для прогнозно-поисковых работ. Предварительная обработка показала высокий потенциал этой ГИС как с точки зрения эвристических возможностей, так и в плане организации оптимального управления недропользованием.

ГИС по геологии Колымо-Омолонского региона и ГИС по геологии Охотско-Колымского региона. Каждый из этих проектов захватывает приблизительно половину территории Магаданской области и соответствует по площади листам авторских геологи-

Таблица 1. Сравнительная характеристика параметров региональных векторных ГИС геологического содержания.

Наименование ГИС	Масштаб исходной информации	Площадь, км ²	Количество объектов		
			Полигоны	Линии	Точки
Северо-Востока России	1:1 500 000	3774000	27000	11000	700
Колымо-Омолонского региона	1:500 000	306814	16781	56814	420
Охотско-Колымского региона	1:500 000	265554	14995	55528	1319
Верхне Колымского региона	1:200 000	96493	9381	15010	2471
Анмандыканского и Кубакинского рудных узлов	1:200 000, 1:50 000	5130	707	14619	3115298
Россыпей Центрально-Колымского региона	1:500 000, 1:200 000	130668	247	1651	-
Муниципального округа Магадана	1:500 000	92261	-	7	4998

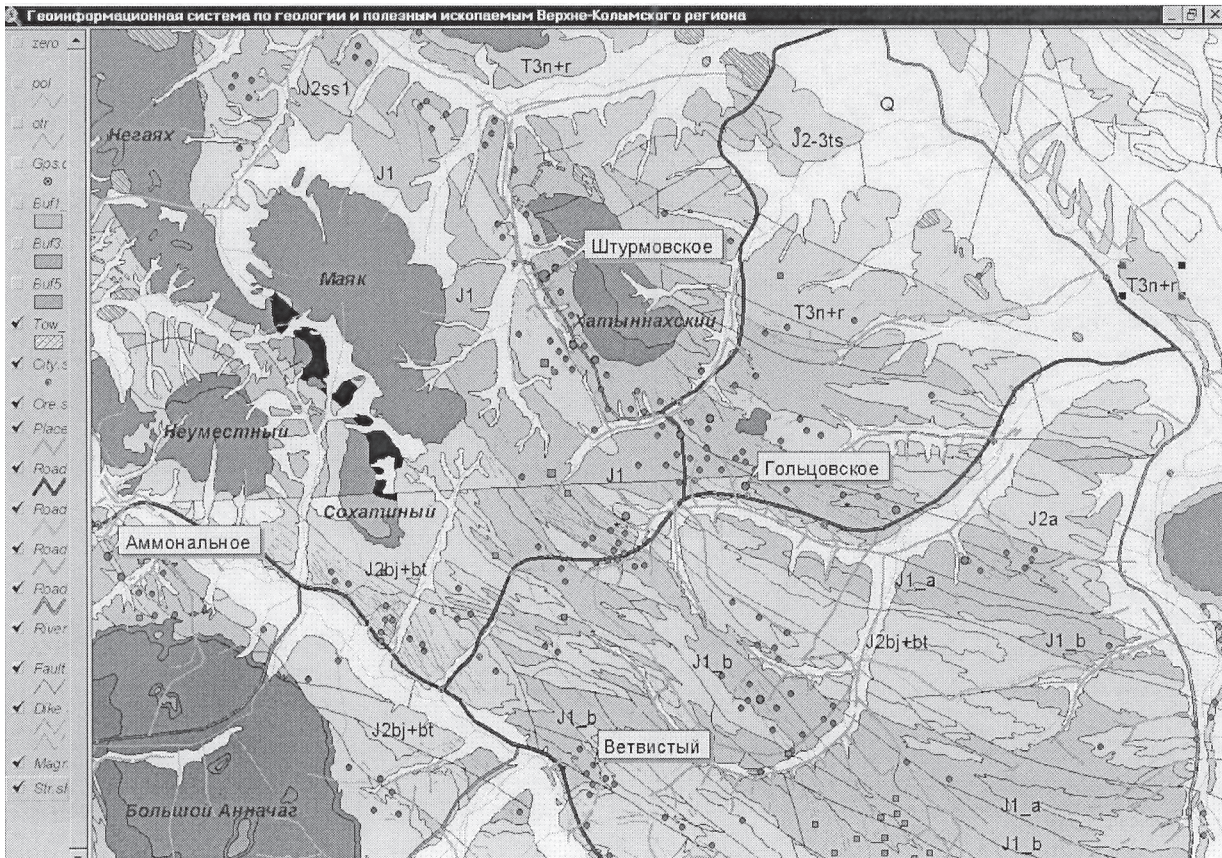


Рис. 2. Фрагмент ГИС по геологии и полезным ископаемым Верхне-Колымского региона.

ческих карт В.М. Кузнецова и др., 1998 г. и Н.Г. Маннафова и др., 1999 г. (Геологическая карта и карта полезных ископаемых Колымо-Омолонского региона (1998 г., 1:500 000, ред. А.С. Симаков); Геологическая карта и карта полезных ископаемых Охотско-Колымского региона (1999 г., 1:500 000, ред. Г.М. Сосунов)). Обе системы проектировались по заказу Комитета природных ресурсов по Магаданской области в качестве геологической векторной основы для любых региональных работ на территории Магаданской области и перекрывают всю ее площадь. Они также входят в состав Государственного банка цифровой геологической информации. Обе системы представлены в виде проектов ArcView. Области применения данных систем связаны с планированием региональных геологических и геофизических работ, например, составление легенд или проектирование геофизических профилей. Кроме того, они служат основой при составлении карт и схем металлогенического и тектонического содержания.

ГИС по геологии и полезным ископаемым Амандыканского и Кубакинского рудных узлов создана по заказу Омолонской компании в 1999 году за

счет налоговых отчислений на воспроизводство минерально-сырьевой базы. Проект по площади охватывает приблизительно полтора номенклатурных листа карты масштаба 1:200 000 и используется при планировании геолого-разведочных работ Омолонской экспедицией. Его отличительная черта – наполнение разномасштабной информацией. В ГИС включены следующие векторные слои: стратиграфия и магматизм, четвертичные отложения, зоны измененных пород, маркирующие толщи, изолинии рельефа, реки, разломы, дайки и жилы, трещиноватость, надвиги, месторождения и рудопроявления, россыпи, геохимические потоки, развалы кварцевых жил, шлиховое опробование, штупное опробование, гамма-поле, аномалии калия, аномалии тория, аномалии урана, гравиметрические данные. Заказчик старался сконцентрировать всю геологическую, геохимическую и геофизическую информацию, касающуюся территории, в одном проекте. Потребность в такой ГИС возникла из-за истощения запасов Кубакинского золоторудного месторождения и необходимости поисков новых рудных объектов.

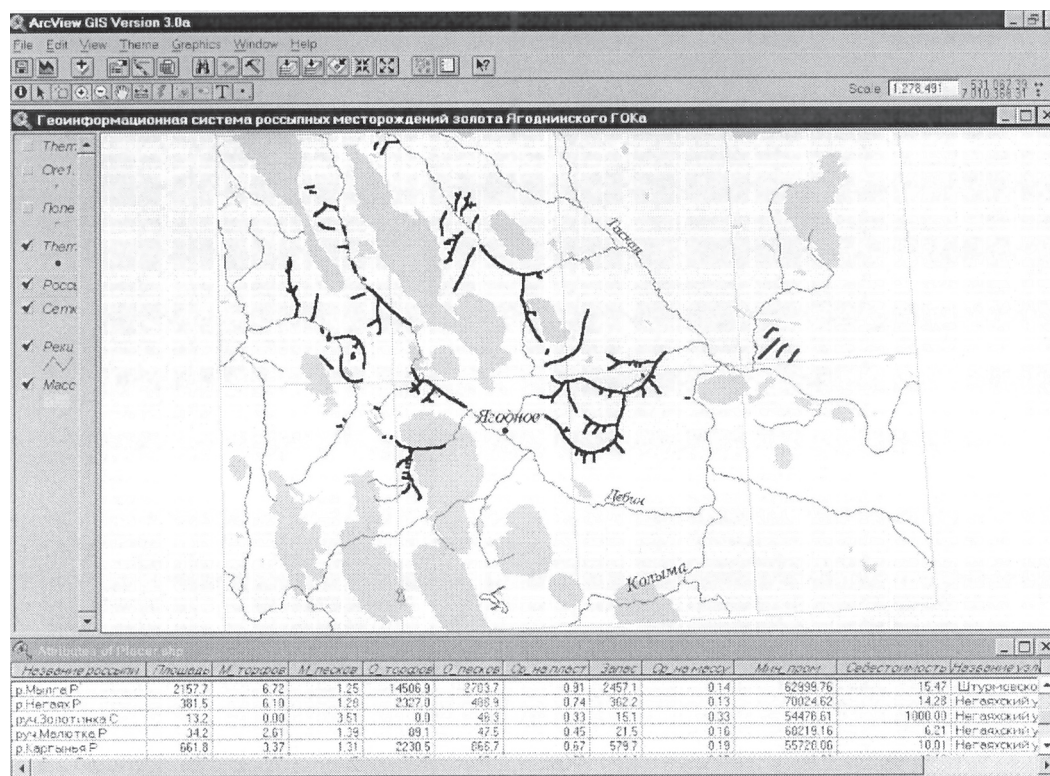


Рис. 3. Фрагмент ГИС по россыпным месторождениям золота Верхне-Колымского региона. Россыпи Ягоднинского района и таблица атрибутивных данных к ним.

ГИС по россыпным месторождениям золота Центрально-Колымского региона основана на данных о пространственном положении и горно-геологических параметрах 1651 россыпи (рис. 3). С ее помощью был проведен анализ россыпной золотоносности региона, по результатам которого составлен комплект разномасштабных карт для прогнозных целей: карта россыпной золотоносности; карта пробности россыпного золота; карта крупности россыпного золота; карта дисперсии крупности россыпного золота; карта дисперсии пробности россыпного золота; карта отношений продуктивности по россыпному золоту к потокам рассеяния.

На основе ГИС по россыпным месторождениям был подготовлен прототип геоинформационной системы оценки и управления добычи золота из россыпей [7]. Цель этого проекта – определение условий (экономических, технологических и законодательных) для наиболее эффективной отработки россыпных месторождений золота. Совместно с ГИС была создана автономная программа расчета технико-экономических показателей россыпей.

ГИС полезных ископаемых муниципального округа Магадана создана специально для местных

органов управления. Она включает в себя все известные месторождения и рудопоявления на территории округа в виде точечных объектов. Атрибутивная информация основана на кадастровых данных к картам полезных ископаемых. ГИС предназначена главным образом для информационно-справочных запросов и привязки данных по лицензированию объектов недропользования.

ГИС по геологии Северо-Востока России основана на наиболее мелкомасштабной информации из всех вышеперечисленных проектов. Эта система создана для обзорных целей, проведения региональных научно-исследовательских работ и обучения. Она наиболее интересна при проведении тектонических и металлогенетических исследований. Предполагается также использовать данную ГИС в качестве основы для ведения региональных баз данных по аналитике (например, изотопные анализы и т.д.), коллекциям образцов, шлифов, аншлифов. Проект охватывает около 20 % территории России и определяется в границах Камчатской, Магаданской областей, Чукотского и Корякского АО, частично сюда относятся территории республики Саха-Якутия и Хабаровского края. Географическим ограничением на западе служат реки Лена и

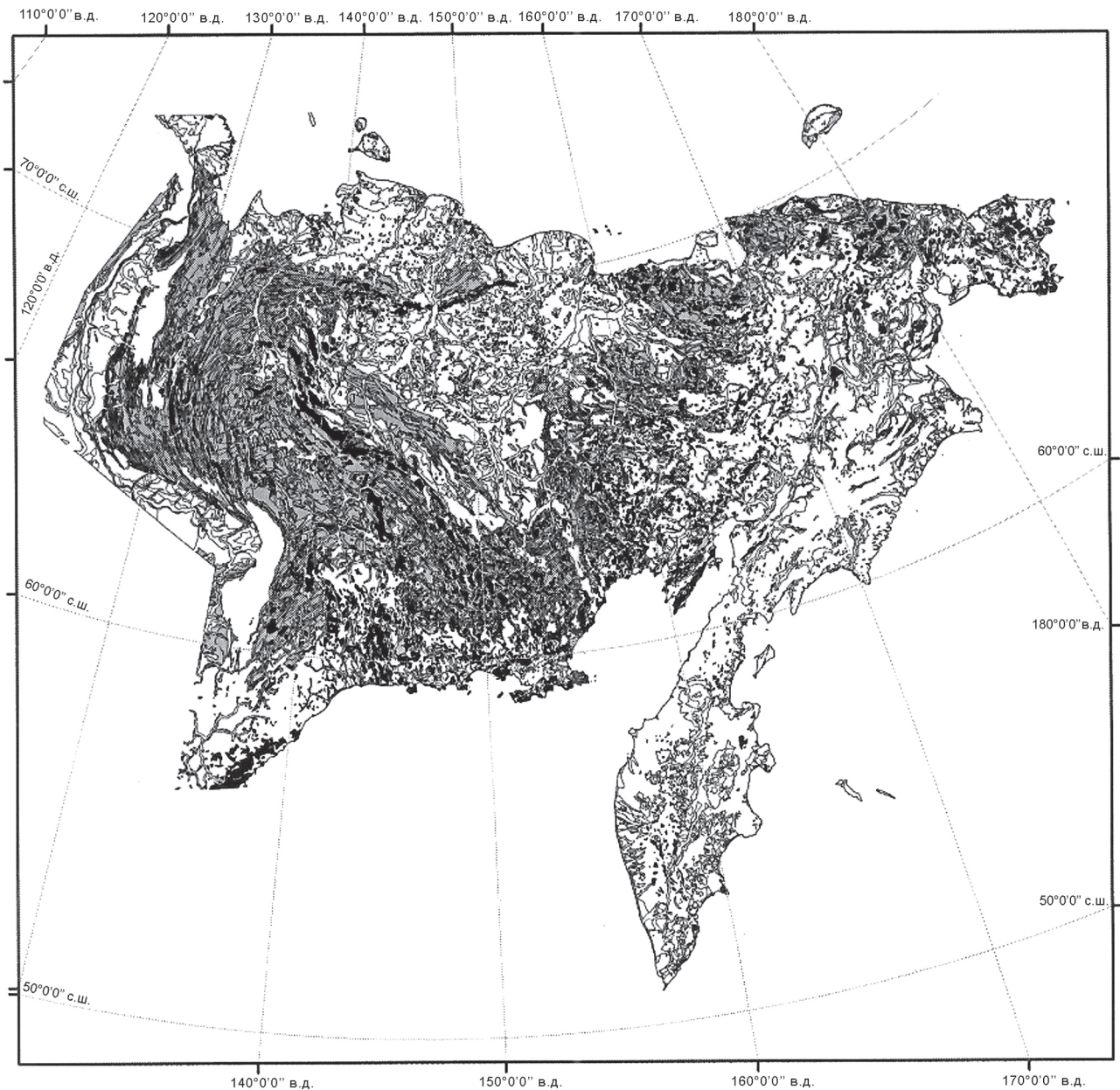


Рис. 4. Территория ГИС по геологии Северо-Востока.

Алдан с условным замыканием вдоль меридиана 135° в.д. на побережье Охотского моря (рис. 4). Источниками для формирования графической базы данных и определения координатной привязки объектов являлись изданные карты и схемы. Базовой картой послужила Геологическая карта Северо-Востока СССР масштаба 1:1 500 000, изданная под редакцией М.Е. Городинского (1980). Географическая нагрузка реализована дополнением системы слоями с данными по гидрографии, населенным пунктам, дорожным сетям из Digital Chart of the World (ESRI, США).

Базовые программные продукты, примененные при работе над проектом, – ArcGIS (ESRI, США). Ввод графической информации реализован посредством векторизации потоком по растровой “подложке”, причем векторизация осуществлялась по уже спроектированному растру. С помощью формата данных ERDAS IMAGINE, позволяющего хранить координатную привязку растрового изображения и обладающего способностью быстро трансформироваться, задача подготовки первичных данных сводилась к выбору единой системы координат и созданию сети

опорных точек (тиков) для использования преобразованных растровых данных в одном проекте ArcMap. Полиномиальная трансформация производилась с использованием инструмента Image Geometric Correction (ERDAS IMAGINE). В качестве опорной нерегулярной сети выбиралось точное координатное положение различных географических объектов. Имея географические координаты тиков, средствами Coordinate Calculator (ERDAS IMAGINE) возможно получить координаты, эквивалентные заданному положению в мировом пространстве в любых единицах измерения используемой проекции системы координат.

Идентификация объектов и все операции по привязке и редактированию баз данных системы осуществлялась с использованием функций ArcMap. Оптимизации рабочего процесса по созданию ГИС способствовало использование сетевых многопользовательских геобаз данных, реализованных через ArcSDE (ArcGIS). На этапе согласования данных система реализована в виде послойной модели векторных примитивов, обладающих динамической связью с базой данных. Атрибутивная информация организована в виде реляционных баз данных. Созданные файлы слоев были использованы для дальнейшей компиляции геоинформационной системы. Конечные данные представлены в виде тематических слоев в формате шейп-файлов в географической системе координат.

Вся оцифрованная геологическая информация организована в виде геоинформационной системы, которая включает в себя 14 тематических слоев и насчитывает более 27 тысяч полигональных объектов, более 11 тысяч линейных и порядка 700 точечных объектов. Объем работы при реализации цифровой картографической основы может быть проиллюстрирован таким показателем, как количество объектов на единицу площади. В указанной ГИС он колеблется от 10,7 до 17,1 на 1 см² при отображении всех объектов в масштабе картографической основы.

Для удобства управления и организации полигональные векторные данные о докайнозойском фундаменте и кайнозойских отложениях были разбиты на следующие тематические слои: 1) докайно-

зойские стратифицированные образования; 2) кайнозойские стратифицированные образования; 3) интрузии; 4) крупные континентальные водоемы, отображаемые в виде полигонов. Раздельное представление стратифицированных и интрузивных образований обусловлено различной структурой атрибутивных таблиц для этих слоев. Выделение специального слоя континентальных водоемов необходимо для избежания “пустых мест” на общей цифровой карте и более точного отображения реальной ситуации с кайнозойскими отложениями. В случае необходимости географическая нагрузка может быть дополнена данными из известных открытых источников. Характеристика шейп-файлов полигональных слоев приведена в табл. 2. Структура таблиц атрибутивной информации полигональных тематических слоев соответствует легенде к геологической карте Северо-Востока СССР масштаба 1:1 500 000.

Из линейных слоев наиболее важен “Разрывные нарушения”. Морфология разломов оцифрована с геологической карты, атрибутивная информация взята из легенды.

Точечный тематический слой «Месторождения полезных ископаемых» наиболее важен для практического применения. Данные были скомпилированы из различных источников [3, 16, 20]. Краткая характеристика его структуры приведена в табл. 3.

Как уже отмечалось, ни одна из рассмотренных ГИС не является закрытой системой, использо-

Таблица 2. Характеристика шейп-файлов полигональных слоев ГИС по геологии Северо-Востока России.

Название тематического слоя	Название Shp-файла	Количество объектов, шт	Объем, Мб
Стратифицированные и метаморфические блоки пород докайнозойского возраста	Strat_AR_MZ	16864	24,2
Интрузии	Magma	5414	4,5
Отложения кайнозойского возраста	Strat_KZ	3970	10,8
Крупные континентальные водоемы	Lakes_rivers	1160	0,8

Таблица 3. Тематический слой “Месторождения полезных ископаемых” (точки).

Поле	Псевдоним	Описание
Название	Name	Наименование
Тип оруденения	Dep_type	Формационная принадлежность
Основные полезные компоненты	Commodities	Полезные компоненты
Металлогенический пояс	Belt_name	Принадлежность металлогеническому поясу
Геодинамическая позиция	Geodynamic	Доаккреционная, синаккреционная, постааккреционная

вание открытых форматов в их организации позволяет дополнять графику и базы данных любым количеством дополнительных объектов и записей, то есть вести мониторинг вновь появляющейся геологической информации и подстраивать системы под конкретные задачи.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГИС

При создании региональных геологических ГИС в первую очередь предполагалось, что систематизация и анализ графической и атрибутивной информации в совокупности с применением генетических моделей рудообразования даст новый импульс прогнозно-поисковым работам в регионе. В практическом применении перечисленных ГИС четко обозначились три главных направления: 1) подготовка картографических продуктов; 2) информационно-справочные системы; 3) анализ и моделирование.

Примером работ по первому направлению может служить комплект разномасштабных карт для анализа россыпной золотоносности региона, составленных на основе ГИС по россыпным месторождениям золота Верхне-Колымского региона, а также многочисленные картографические продукты, выполненные для сопровождения различных геологических проектов.

Применение ГИС как информационно-справочных систем возрастает с течением времени, что связано с удешевлением программно-аппаратного обеспечения. Работы в данном направлении обычно предваряют исследовательские проекты и широко

используются на стадии постановки задачи. Подобно работе с картой, часто возникает необходимость сопоставления разномасштабной информации, для чего используются ГИС с ранжированной по масштабу первичной информацией. При этом, как правило, по мере уменьшения масштаба первичной информации увеличивается степень ее субъективности.

Самым важным с точки зрения практического применения ГИС является анализ и моделирование. Методические приемы анализа картографических данных в ГИС мало чем отличаются от методик обработки информации на традиционных картах. Алгоритмы получения количественных характеристик объектов и их математическая обработка общеприняты. Применение ГИС в качестве основы для анализа и моделирования позволяет задействовать весь набор их функциональных возможностей, а оперативность расчетов позволяет за короткий промежуток времени проверить большое количество предположений и гипотез и подобрать наиболее непротиворечивые из них.

Так как графическая составляющая векторных ГИС представлена тремя типами примитивов, то все виды анализа выполняются именно с ними. Это, например, расчет элементарных характеристик для точек (статистика скалярных величин), линий (длина ломаных линий и их направление), полигонов (координаты центроидов, площадь, периметр). Полученные характеристики для многих примитивов обрабатываются стандартными процедурами математического анализа и математической статистики. С точки зрения возможностей анализа очень большое значение имеет выбор примитивов для представления данных. Напри-



Рис. 5. Представление одного и того же объекта (россыпь р. Хатыннах, Ягоднинский район, Магаданская область) с помощью различных примитивов.

Таблица 4. Количество добытого золота в зависимости от ранга россыпей в Верхне-Колымском регионе.

Тип объекта	Количество россыпей	Сумма добытого Au (т)
Уникальные месторождения Au (>100 т Au)	3	443,2
Очень крупные месторождения Au (25-100 т Au)	15	705,7
Крупные месторождения Au (5-25 т Au)	75	636,6
Средние месторождения Au (1-5 т Au)	227	503,4
Мелкие месторождения Au (0,2-1 т Au)	254	132,7
Очень мелкие месторождения Au (<0,2 т Au)	247	22,4
Всего	821	2444

Таблица 5. Ранг и количество добытого золота преобразованных в точки россыпных объектов Верхне-Колымского региона.

Тип объекта	Количество точек	Сумма добытого Au (т)
Уникальные месторождения Au (>100 т Au)	0	0
Очень крупные месторождения Au (25-100 т Au)	14	490,0
Крупные месторождения Au (5-25 т Au)	70	728,1
Средние месторождения Au (1-5 т Au)	392	831,5
Мелкие месторождения Au (0,2-1 т Au)	661	323,2
Очень мелкие месторождения Au (<0,2 т Au)	854	71,2
Всего	1991	2444

Таблица 6. Насыщенность золоторудными объектами (экстенсивность оруденения, по С.С. Смирнову [12]) главных стратиграфических подразделений Верхне-Колымского региона.

Возраст	Площадь выходов отложений, км ²	Количество объектов	Площадь выходов, приходящаяся на 1 объект, км ²	Количество объектов на 1 км ²
Юра	19835	658	30	0,033
Триас	21651	596	36	0,028
Пермь	16427	383	43	0,023
Всего	57913	1637	35	0,028

мер, одну и ту же россыпь можно представить в виде полигона (-ов), линии (-ий) или набора точек (рис. 5). В зависимости от формы представления будут меняться и процедуры анализа. Например, атрибутивные данные для россыпей Верхне-Колымского региона, представленных в виде линий и точек, отражены в табл. 4, 5, из которых видно, что, хотя общее количество добытого золота не меняется, количество объектов увеличивается при точечном представлении данных. При этом, естественно, меняется и ранг объектов, и их пространственное размещение.

Картометрические функции (измерение расстояний, площадей, объемов и направлений), вычисление которых ранее представляло трудоемкую ручную операцию, с возникновением ГИС получили новую жизнь. В частности, площадь полигонов используется для подсчета выходов на поверхность и объемов геологических тел, относящихся к разным формациям пород. Расчет площади – автоматическая операция, выполняемая при создании графического при-

митива или изменении его пространственных координат. Поэтому основной смысл анализа площадью заключается в сравнении полученных значений между собой и выявлении закономерностей распределения полигональных объектов на изучаемой территории в зависимости от атрибутивных данных. Примером расчета может служить оценка выходов на поверхность стратифицированных образований Верхне-Колымского региона и их насыщенность золоторудными объектами (табл. 6).

К числу более сложных относятся комбинированные расчеты, примером которых может служить количественная оценка интенсивности гранитоидного магматизма по изолиниям распространенности пород на дневной поверхности (плотность распространения на плоскостном срезе) для территории Дальнего Востока, выполненная Н.П. Романовским [11] с помощью палеток. В ГИС данная задача решается последовательным выполнением вычислений площадей полигонов, образованием нового то-

чечного слоя и анализом плотности распределения точек на плоскости.

Морфометрические функции до сих пор очень мало применяются для анализа картографической информации именно в силу своей трудоемкости. Хотя показатели формы геологических тел, которые составляют основу геологической карты, могут характеризовать генезис объектов. Например, количественная характеристика формы интрузивных массивов в плане (показатель изометричности), зависящая от свойств расплава и тектонической обстановки внедрения, была рассчитана С.В. Беловым [1] для прогноза вольфрамового оруденения. Первые публикации по анализу формы (shape analysis) геологических объектов с помощью ГИС применительно к прогнозированию в металлогенических провинциях были сделаны австралийскими исследователями [15]. Похожие исследования были проведены нами по Верхне-Колымскому региону [8]. Под анализом формы понимается определение (расчет) количественных показателей полигонов с последующим выявлением статистических закономерностей распределения рассчитанных показателей на анализируемой территории. Зависимость формы геологических объектов от условий их образования предполагает дальнейшее практическое использование полученных показателей. В частности, можно выявлять локальные участки, соответствующие эталонным объектам (например, крупным месторождениям), и проводить поиск аналогичных площадей в пределах отдельных провинций, другими словами, проводить классификацию металлогенических провинций с использованием эталонных значений и прогнозировать оруденение на основе коэффициентов схожести формы. Морфометрический анализ, в большинстве случаев, имеет дело с фигурами неправильной формы. Алгоритмы анализа реализованы нами в виде расширения (модуля) ArcView с использованием Dynamic Link Library (dll), написанной на языке C++ в среде Microsoft Visual C++ 6.0 [8]. В зависимости от конкретных задач анализа вычисляются такие показатели, как фактор формы круга (округлость) или насколько рассматриваемая фигура близка к кругу, то есть фигуре, площадь которой ограничена минимальным периметром; блочность; квадратность и другие.

При анализе полигонов геологической карты невозможно упростить задачу к вычислению только одного показателя. Действительно, исследователь не может заранее определить, что важнее: насколько форма объектов близка к кругу, эллипсу или прямоугольнику? Преобладание одной из форм может выясниться только в процессе анализа, поэтому наибо-

лее рационально использование мультипликативных показателей, объединяющих в себе значения нескольких параметров. Какие параметры наиболее эффективны для вычисления мультипликативных показателей, в каждом конкретном случае можно определить с помощью корреляционного анализа.

Построение буферных зон используется в том случае, когда требуется определить пространственные области, окружающие графический примитив. Наиболее характерный пример использования данной операции – моделирование зон роговиков вокруг гранитоидных массивов.

Анализ близости основывается на выявлении двух ближайших точек среди заданного множества (поиск кратчайшего расстояния). Аналогом этой операции, выполненной ручными измерениями на геологической карте, являются расчеты распространенности золоторудных месторождений в зависимости от расстояния до границы гранитоидных интрузий или метаморфической изограды хлорит-биотит в террейне Мегума, Канада [19]. Аналогичные вычисления, выполненные методами ГИС, применены при анализе пространственного распределения золотокварцевых месторождений относительно гранитоидов на территории Верхне-Колымского региона (рис. 6).

Посредством комбинирования операций оверлейного анализа решаются достаточно сложные задачи количественного изучения закономерностей распределения данных в пространстве. Например, вычисление зависимости удельной золотоносности территории от распространенности гранитоидов на поверхности включает следующие операции: 1) создание нового полигонального слоя, состоящего из равномерной сети элементарных ячеек, которые полностью перекрывают анализируемую площадь; 2) про-

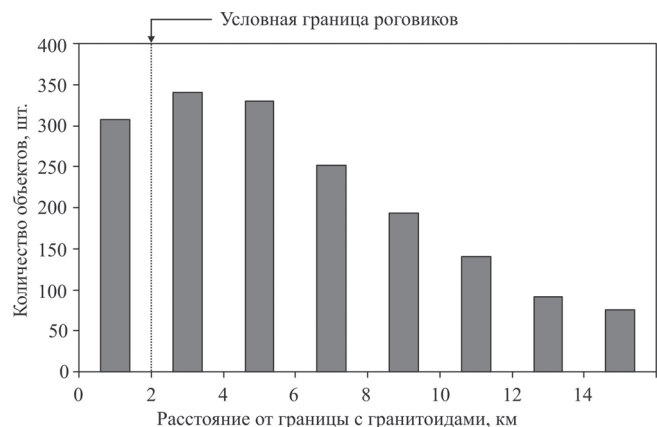


Рис. 6. Распространенность золоторудных объектов в зависимости от расстояния до гранитоидов и роговиков в Верхне-Колымском регионе.

ведение операции отсечения (clip) площади каждой элементарной ячейкой; 3) расчет показателей внутри каждой ячейки путем последовательного перебора объектов; 4) присвоение центру (точке) ячейки среднего или средневзвешенного числового значения для объектов, попавших в область отсечения; 5) создание новых точечных слоев, атрибутивным данным соответствуют вычисленные значения; 6) построение изолиний и расчет корреляционных связей (рис. 7).

Указанная работа была проведена для проверки возможной зависимости экстенсивности золото-кварцевого оруденения (количества объектов на единицу площади) от коэффициента насыщенности вмещающих пород гранитоидами (относительной площади гранитоидов на современной поверхности) на площади, ограниченной Верхояно-Колымским складчато-надвиговым поясом, Кулар-Нерским турбидитовым террейном, Полоусно-Дебинским террейном аккреционного клина, Нагонджинским турбидитовым террейном и Вилигинским перикратонным турбидитовым террейном. Известно, что золото-кварцевые месторождения Северо-Восточной Азии, приуроченные к метатурбидитовым террейнам, имеют близкие пространственно-временные связи с гранитоидными интрузиями, что явилось основанием для многолетних дискуссий относительно генезиса руд. ГИС-технологии позволили на количественном уровне подойти к решению вопросов пространственной связи гранитоидного магматизма и золотого оруденения. Ранее, с использованием ГИС, была вычислена зависимость между насыщенностью различных металлогенических провинций гранитоидами и количеством промышленного золота [6]. Проведенные исследования показывают возможность использования аналогичных показателей для выделения наиболее перспективных площадей в пределах отдельных золотоносных провинций.

Границы террейнов взяты с GIS Compilation of Geophysical, Geologic, and Tectonic Data for Circum-North Pacific [16], границы гранитоидов – с ГИС по геологии Северо-Востока СССР. В результате проведенных расчетов было выявлено, что максимальное количество золоторудных месторождений попадает в интервал 0–15 % насыщенности гранитоидами, со средним значением 7,7 % при окружности радиусом 20 км и 8,8 % при окружности радиусом 40 км [22]. При ячейке радиусом 40 км распределение ближе всего соответствует нормальному. Таким образом, зону с относительной площадью гранитоидов от 5 до 10 % можно считать наиболее благоприятной для размещения золото-кварцевых месторождений. С геологической точки зрения, выделенные зоны могут

интерпретироваться как периферические части гранитно-метаморфических куполов, которые благоприятны для размещения золото-кварцевого оруденения.

Измерение стереологических параметров выполняется для характеристики объемной (трехмерной) структуры объектов, при этом основой для их расчета служат значения площади и периметра примитива, полученные с карты. Как правило, эти параметры используются для описания структур, элементы которых связаны между собой в пространстве. Трехмерное моделирование в сочетании с другими функциональными возможностями ГИС было применено для расчета баланса между рудной и россыпной золотоносностью в Дегдекан-Арга-Юряхском рудном узле Верхне-Колымского региона [10]. Величина эрозионного среза и количество золота, сконцентрированного в россыпях, дают возможность с помощью балансовых расчетов оценить гипотетическое количество рудного золота на единицу объема эродированных пород. Проведение балансовых расчетов интересно также с точки зрения прогнозирования рудных объектов, локализованных ниже современной поверхности.

Предлагаемая модель баланса рудной и россыпной золотоносности основывается на ряде постулируемых положений. Во-первых, запасы золота в аллювиальных россыпях соответствуют геологическим запасам золота, освободившегося из золотосодержащих руд в экзогенных процессах, с учетом показателя россыпеобразующей продуктивности коренных источников. Во-вторых, современный рельеф бассейнов представляет собой случайный срез всего объема пород, вмещающих золото-кварцевое оруденение, и характеризует их золотоносность в этом объеме. Расчлененность рельефа позволяет рассматривать его как поверхность, варьирующую по координате Z от самой низкой высотной отметки днища долины до самой высокой отметки водораздела и производящую случайную выборку срезанных ею золоторудных объектов. Площадь поверхности бассейнов с учетом рельефа своей разностью с площадью проекции бассейна на горизонтальную плоскость численно показывает расчлененность рельефа и вероятность охвата им большего количества рудных тел. Характер зависимости частоты встречаемости золоторудных объектов от абсолютных высот их выходов соответствует распределению интервалов высот рельефа по занимаемым площадям (рис. 8). Таким образом, поверхность рельефа несет информацию о золотоносности некоторого объема вмещающих пород на высоту превышения долин.

На основе постулируемых положений, расчет баланса рудного и россыпного золота сводится к вы-

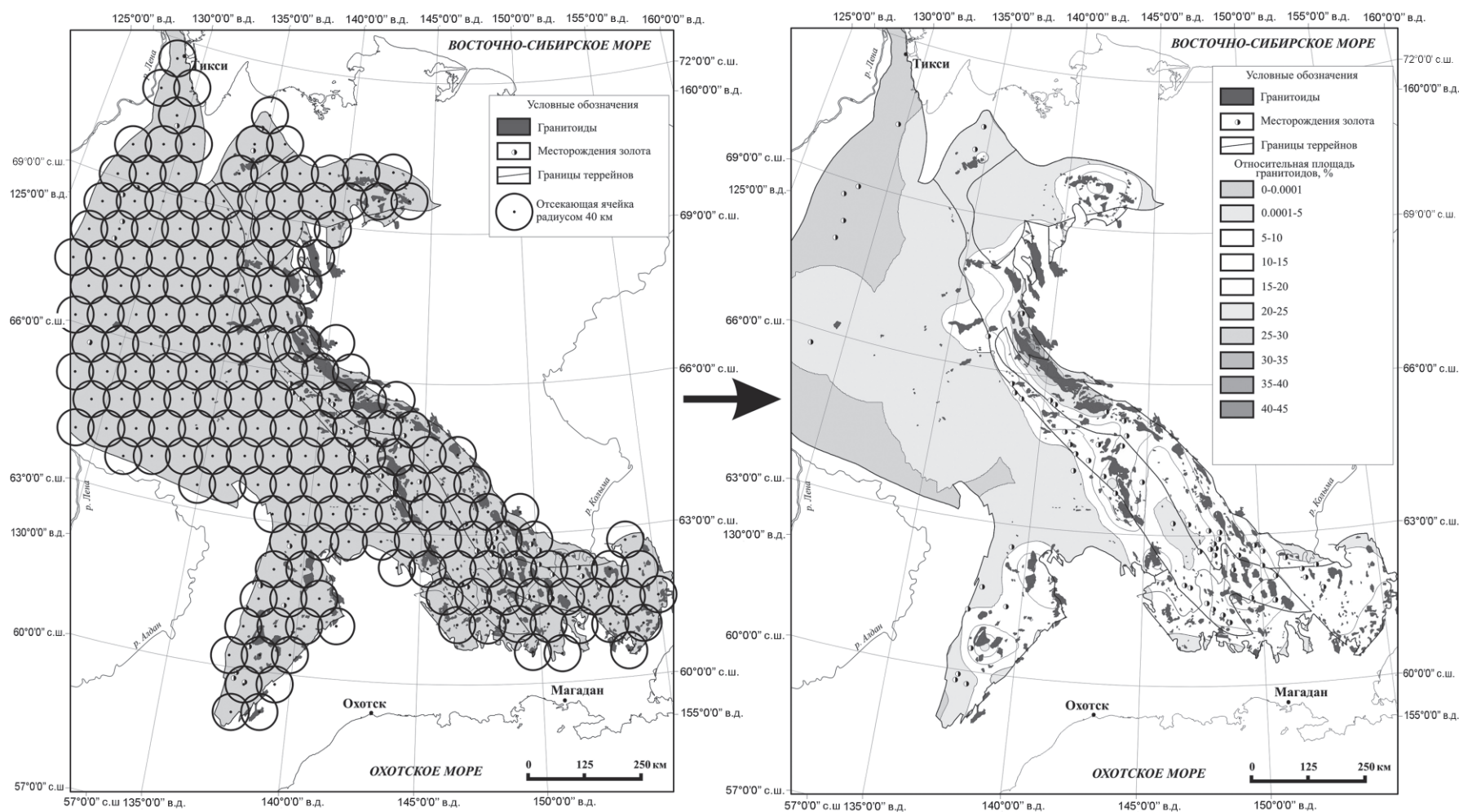


Рис. 7. Анализ зависимости экстенсивности золотого оруденения (количества золоторудных месторождений на единицу площади) на территории от распространенности гранитоидов на поверхности с помощью отсекающей ячейки.

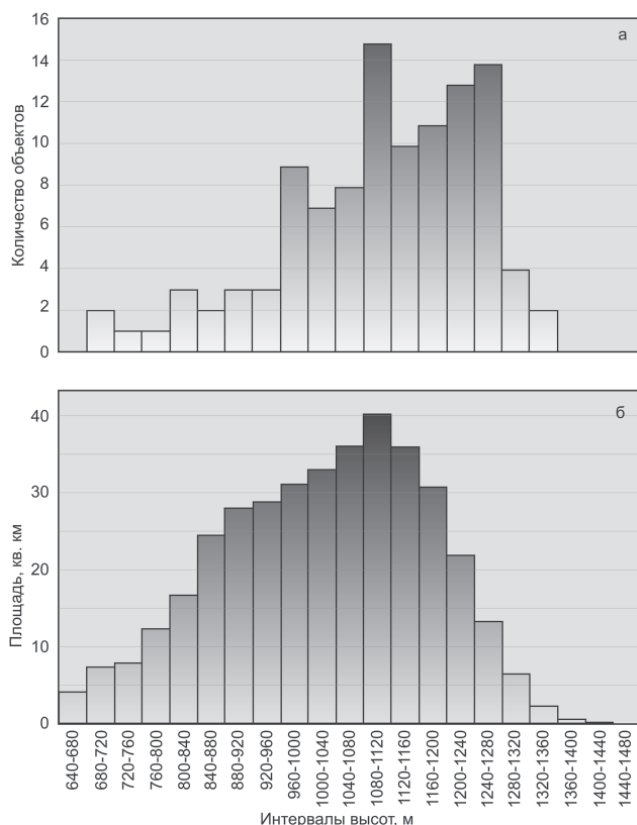


Рис. 8. Характер размещения рудных объектов Дегдекан-Арга-Юряхского рудного узла по высоте.

а – абсолютные отметки рельефа, б – распределение интервалов высот рельефа в зависимости от занимаемой площади.

числению гипотетического количества рудного золота, содержащегося в объеме пород, эродированных при формировании бассейна водотоков, и выявлению (или подбору) условий, при которых он будет соответствовать количеству россыпного золота. Уравнение баланса имеет следующий вид:

$$P = (V \times C \times E) / 100,$$

где P – количество золота, добытого из россыпей бассейна водотока, т; V – объем эродированных пород, вмещающих золотоносную минерализацию, км³; C – удельная объемная золотоносность вмещающих пород, т/км³; E – показатель россыпеобразующей продуктивности коренных источников, %.

Для проведения расчетов на основе ГИС-технологий была скомпилирована цифровая векторная модель территории Дегдекан-Арга-Юряхского узла. В ГИС включены графические и атрибутивные данные, представленные в виде локальных шейп-файлов и SDE классов многопользовательской геобазы данных по темам: рельеф, гидрография, рудные и россыпные

месторождения золота. Векторная модель Дегдекан-Арга-Юряхского узла послужила основой для построения TIN-поверхностей выбранных бассейнов в модуле 3D Analyst. Нерегулярная триангуляционная сеть (TIN) построена по точкам, каждой из которых сопоставлено значение, соответствующее высоте. По этим точкам производится построение сети треугольников, т. е. триангуляция, которая образует непрерывную поверхность в трехмерном пространстве (рис. 9). Построение TIN-поверхностей производилось для каждого бассейна в отдельности в пределах границ полигонов слоя «Контуры бассейнов». Стандартный интерфейс ArcMap с помощью функций анализа поверхности (Surface Analysis) модуля 3D Analyst позволил без привлечения дополнительного программного обеспечения вычислить площади проекций на горизонтальную плоскость, площади поверхностей с учетом рельефа и объема эродированных пород для выделенных бассейнов.

Расчет производился на основе нормированной объемной золотоносности, не зависящей от других показателей баланса и оцененной по данным о разведке и эксплуатации коренных месторождений, проявлений и пунктов минерализации золота, известных на территории узла. Исходя из принятого уравнения баланса, задача определения величины эрозийного среза сводится к определению величины объема эродированных пород, на который нужно распространить рассчитанную по коренным источникам золотоносность эродированных пород, чтобы при определенной россыпной продуктивности этих коренных источников в бассейне было накоплено имеющееся количество россыпного золота.

Полученные результаты показывают, что россыпи Дегдекан-Арга-Юряхского узла были сформированы за счет золото-кварцевых месторождений (60 %), рудопроявлений (20 %) и пунктов минерализации (20 %). По мере изменения характера коренных источников с юго-востока на северо-запад (от концентрированного крупного источника в бассейне руч. Дегдекан до многочисленных рассеянных пунктов минерализации в бассейне р. Арга-Юрях) меняется и удельная золотоносность от 1,8 до 0,2 т/км³, при среднем значении 0,5 кг/км³. Таким образом, формирование крупных россыпей узла возможно как за счет концентрированных крупных источников жильного типа (руч. Дегдекан), так и обширных полей мелких прожилковых проявлений (руч. Улахан-Аурум).

ОБСУЖДЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Применение функциональных возможностей ГИС для прогнозно-поисковых целей в настоящее время оставляет желать лучшего. Анализ закономер-

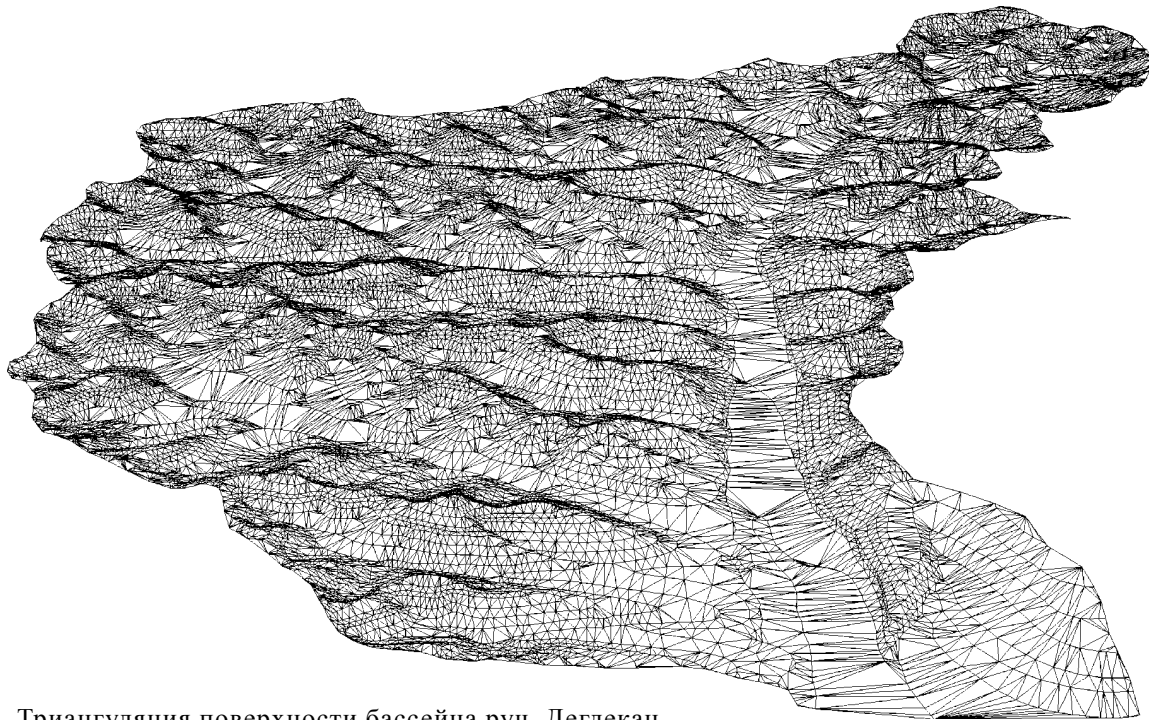


Рис. 9. Триангуляция поверхности бассейна руч. Дегдекан.

ностей размещения месторождений подразумевает выявление зависимостей между геологическими признаками и пространственной локализацией объектов того или иного типа. Наибольшую методическую проблему на стадии подготовки данных для анализа представляет собой перевод геологических признаков на карте в количественные показатели в ГИС. Плохая структуризация информации, ее субъективность, непредставительность – причины, не позволяющие использовать функциональные возможности ГИС в полном объеме. В то же время, в геохимии и геофизике хорошо разработаны решения для анализа пространственного распределения точек (например, преобразование нерегулярной сети в регулярную, построение карт изолиний и т. д.). Различные алгоритмы анализа линий хорошо известны из методов структурной геологии, применяемых при изучении трещин. Появились также примеры применения статистического анализа сложных полигональных объектов в ГИС, составляющих главную содержательную нагрузку геологических карт.

Одно из необходимых условий успешного применения ГИС для металлогенических и прогнозно-поисковых целей – следование конкретным генетическим моделям оруденения, что подчеркивается в ряде методических работ [13]. Для разных металлогенических провинций и моделей используются различные факторы контроля оруденения. Например, для орогенных золоторудных месторождений

Блока Илгарн (Западная Австралия) при анализе ГИС принимались во внимание [17]: 1) близость к границам зон зеленосланцевого метаморфизма и гранитоидов, ориентировка и кривизна этих границ; 2) близость к сегментам разломов определенной ориентировки; 3) близость к конкретным литологическим контактам, которые также характеризуются определенной направленностью; 4) близость к антиклинальным структурам; 5) наличие вмещающих пород определенного состава и свойств, например, долеритов. В результате анализа ГИС были выделены аномальные участки, которые занимают менее 0,3% всей площади и содержат 16 % уже известных месторождений, из которых было добыто более 80% золота региона.

При прогнозировании золоторудных месторождений эпitherмального и порфирового типов в центральных Андах учитывались другие параметры [14]: 1) литология и стратиграфия вмещающих пород; 2) литологические и стратиграфические контакты; 3) структурные нарушения; 4) глубина и угол падения зоны Бенъоффа, смоделированные по сейсмическим данным. В результате последовательного совмещения зон, благоприятных для оруденения, по каждому параметру были выделены наиболее благоприятные для оруденения участки, которые включают около 24 % всех месторождений региона, содержащих приблизительно 51 % золота.

Пространственно-статистический подход [2] был применен нами для анализа золотоносности Яно-Колымского металлогенического пояса. Расчеты проводились на основе описанных выше ГИС для металлогенических единиц разных рангов: от провинций до рудных узлов. Была использована метаморфогенная модель образования золото-кварцевых месторождений. Источниками рудного вещества и растворов для золото-кварцевых месторождений послужили терригенные углеродсодержащие породы верхоянского комплекса. Мобилизация флюидов (воды и углекислоты) и рудных компонентов в осадочных породах происходила при температуре и давлении, приблизительно соответствующих биотитовой изограде прогрессивного метаморфизма, что отвечает зоне перехода между зеленосланцевой и амфиболитовой или зеленосланцевой и роговиковой фациями метаморфизма. Золото-кварцевые месторождения, за исключением метаморфизованных объектов, локализируются в толщах с пиритом над фронтом пирротинизации, приблизительно совпадающим с поверхностью биотитовой изограды.

Геологические объекты и методы их анализа приведены в табл. 7. При оверлейном анализе рассчитывались упоминавшаяся выше плотность распространения гранитоидов, насыщенность стратиграфических подразделений месторождениями и рудопроявлениями (экстенсивность оруденения), продуктивность оруденения и другие параметры. В результате были околонтурены зоны, наиболее благоприятные для размещения минерализации на современном уровне эрозионного среза [9, 22]. Подчеркнем, что параметры для анализа информации разных масштабов отличались между собой. Например, при крупномасштабных исследованиях появляется возможность использовать такие объекты, как маркирующие слои, которые не отображаются на картах мелкого масштаба, в то же время, вычисление плотности пространственного распределения гранитоидов имеет смысл только при анализе региональной информации.

За последние годы произошли серьезные качественные изменения возможностей серийных про-

граммных продуктов. Во многие из них были включены инструменты для пространственного моделирования и статистического анализа пространственно распределенных данных. Для решения задач прогнозирования стали применяться методы распознавания образов, нечеткой логики, нейронных сетей [18]. Многие вычисления, которые раньше требовали дополнительного программирования со стороны пользователей, стали возможны как стандартные операции. Это отражает общую тенденцию к максимальному упрощению схем обработки данных (использованию готовых сценариев) по мере роста количества исследовательских проектов на основе геологических ГИС. В то же время, большинство пользователей ориентировано на применение ГИС в качестве информационно-справочных ресурсов. Поэтому вполне оправдано создание на основе ГИС информационных систем с готовыми схемами запросов. Одним из компонентов подобных систем должны быть региональные электронные тематические коллекции пространственно привязанных растровых изображений геологических обнажений, образцов (взаимоотношения, текстурно-структурные характеристики, фауна, флора и т.д.), прозрачных и полированных шлифов, пластинок, а также связанных с ними аналитических данных.

Начало этой работе положено организацией и систематизацией картографической информации о геологии и полезных ископаемых региона в виде единого Электронного атласа Северо-Востока России, доступного в Internet (<http://atlas.magis.ru/>). Форма представления данных подразумевает возможность их использования пользователями разного уровня подготовленности (рис. 10). Структура данных в интернет-версии обусловлена, с одной стороны, содержанием атласа, а с другой стороны – ограничениями применявшихся программных продуктов, в частности ArcIMS (ESRI, США). На данном этапе работы вся информация разбита на несколько крупных блоков: география, геология, био-разнообразие. Геологический блок полностью основан на ГИС по геологии Северо-Востока России.

Таблица 7. Методы анализа геологических объектов, представленных в виде векторных примитивов в ГИС.

Геологические объекты	Графические примитивы	Методы анализа
Стратиграфические и литологические подразделения; интрузивные образования	Полигоны	Анализ плотности пространственного распространения, анализ направлений, анализ формы
Разрывные нарушения; дайки; жилы, зоны прожилкования; маркирующие горизонты, россыпи	Линии	Анализ плотности пространственного распространения, анализ направлений, анализ продуктивности (для россыпей)
Месторождения, рудопроявления и пункты минерализации	Точки	Анализ плотности пространственного распространения, анализ продуктивности

Электронный атлас Северо-Востока России :: Геология - Microsoft Internet Explorer

Файл Правка Вид Избранное Сервис Справка

Адрес: <http://gis.magis.ru/website/geology/viewer.htm> Переход Ссылки

Электронный атлас Северо-Востока России :: Геология

Усть-Белая Шахтерский Андырь Красноно Беринговский Нагорный Мейныпильгыно Хатанга

98 Kilometers

Лаборатория ГИС-технологий СВКНИИ ДВО РАН, 2005

описание разрезов скважин

№	№ скважины	ЗПР	Эра	сист_пер	отд_эпох	ярус	описание
1	193 [роп]	1	Кайнозойская	четвертичная	Средне-верхнечетвертичный		Валуны, галечники, щебень, песок, суглек, суглинки, глины, илы, торф, ископаемые льды
2	194 [роп]	2	Кайнозойская	Неогеновая-четвертичная	Плиоцен - нижнечетвертичные отложения		Галечники, песок, суглек, суглинки, глины, алевролиты, лигниты
3	195 [роп]	3	Кайнозойская	Неогеновая	Миоцен	Верхняя часть	Песчаники, конгломераты, гравелиты, аргиллиты, алевролиты, туфоалевролиты, туфоалевролиты, пемзовые туфы

Атрибуты

Готово Интернет

Слой

Показать Активировать

- География
- градусная сетка
- населенные пункты
- высотные отметки
- дороги
- крупные континентальные водоёмы
- реки
- Геология
- структурные скважины
- описание разрезов скважин
- вулканы
- кальдеры
- разрывные нарушения
- магматические образования
- отложения кайнозойского возраста
- блоки пород докайнозойского возраста
- суша

Обновить карту

Рис. 10. Фрагмент Электронного атласа Северо-Востока России.

Переход между блоками и управление внутри них осуществляется с помощью стандартного HTML-интерфейса. Разветвленная иерархичная структура атласа привела к необходимости создания большого количества автономных проектов ArcGIS, связь между которыми осуществляется также с помощью HTML-интерфейса. Такая организация облегчает восприятие многочисленных наборов данных, но в то же время существенно снижает аналитические возможности системы.

Электронные коллекции пока формируются автономно на базе HTML технологий (<http://www.magis.ru/texture/index.htm>). В дальнейшем предполагается их интеграция в единую систему электронного атласа. Пространственное положение будет определяться как с помощью географических координат, так и с помощью привязки к объектам, например, месторождениям.

Таким образом, созданные на территорию Северо-Востока России региональные векторные ГИС по геологии и полезным ископаемым служат каркасом для подготовки новых картографических продуктов, в качестве информационно-справочных систем, для прогнозно-поисковых целей на основе анализа и моделирования пространственной информации. При решении прогнозно-поисковых задач необходимо серьезное внимание уделять как качеству геологической информации, скомпилированной в региональные ГИС, так и генетическим моделям образования конкретных типов минерализации, на которых базируются алгоритмы анализа. Дальнейшее развитие региональных ГИС планируется за счет их объединения с другими информационными ресурсами и создания электронных атласов с доступом через Интернет.

БЛАГОДАРНОСТИ

Поддержка работе оказана ДВО РАН (грант № 04-1-01-010), РФФИ-ДВО РАН “Дальний Восток” № 06-04-96049, Программой Отделения наук о Земле РАН «Фундаментальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа и развитие нефтегазового комплекса России» (гранты 2004-2005 гг.) и ООО ДАТА+. Постоянное внимание и методическая помощь оказывалась Объединенным научным советом РАН по проблемам геоинформатики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов С.В. Хоггарская вольфрамоносная провинция (Центральная Африка) / Геология руд. месторождений. 1999. Т. 41, № 1. С. 15–35.
2. Богацкий В.В., Коллеганов Ю.М., Суганов Б.И. Пространственно-статистический анализ геологического строения и размещения полезных ископаемых. М.: Недра, 1976. 104 с.
3. Вознесенский С.Д., Огородов В.А., Маннафов Н.Г. и др. Объясн. зап. к геологической карте и карте полезных ископаемых Охотско-Колымского региона м-ба 1:500 000 в 4-х кн. Магадан. 1999.
4. Ворошин С.В. Геоинформационная система по геологии и полезным ископаемым Верхне-Колымского региона – прототип компьютерной организации геологической информации // Колымские вести. 1998. № 1. С. 32–33.
5. Ворошин С.В., Мельник В.Г., Зинкевич А.С. Региональные геоинформационные системы по геологии и полезным ископаемым в Магаданской области. ARCREVIEW, ООО Дата+. 2000. № 3 (14). С. 7.
6. Ворошин С.В., Гончаров В.И., Зинкевич А.С., Мельник В.Г. Удельная золотоносность металлогенических провинций и гранитоидный магматизм // Докл. РАН. 2002. Т. 387, № 6. С. 801–805.
7. Гальцева Н.В., Ворошин С.В., Мельник В.Г., Лапшин Ю.В. Мониторинг как основа управления золотодобывающей отраслью региона // Минеральные ресурсы России. 1999. № 6. С. 41–45.
8. Голубенко И.С., Ручкин Ю.А., Ворошин С.В. Двухмерный анализ формы полигональных объектов в геоинформационных системах геологического содержания // Геоинформатика. 2003. № 3. С. 3–12.
9. Голубенко И.С., Ворошин С.В. Геоинформационный анализ пространственных закономерностей размещения золотой минерализации в Дегдекан-Арга-Юряхском рудно-россыпном узле // Геоинформатика. 2005. № 3. С. 3–16.
10. Зинкевич А.С., Ворошин С.В. Применение ГИС-технологий для расчета баланса рудного и россыпного золота (на примере Дегдекан-Арга-Юряхского рудно-россыпного узла, Магаданская область) // Геоинформатика. 2005. № 2. С. 12–21.
11. Романовский Н.П. Способ количественной оценки проявлений гранитоидного магматизма при глубинных геолого-геофизических исследованиях (на примере Дальнего Востока СССР) // Тихоокеан. геология. 1984. № 1. С. 113–120.
12. Смирнов С.С. К оценке оловородных районов // Сов. геология. 1941, № 3. С. 3-16.
13. Создание Государственных геологических карт на базе ГИС ИНТЕГРО: Методические рекомендации. М.: ГНЦ ВНИИГеосистем, 2001. 208 с.
14. Billa M., Cassard D., Lips A.L.W., Bouchot V., Tourliere, Stein G., Guillou-Frottier L. Predicting gold-rich epithermal and porphyry systems in the central Andes with a continental-scale metallogenic GIS // Ore Geol. Rev. V. 25. 2004. P. 39–67.
15. Gardoll S.J., Groves D.I., Knox-Robinson C.M., Yun G.Y. and Elliott N. Developing the tools for geological shape analysis, with regional- to local- scale examples from the Kargoorlie Terrane of Western Australia // Australian Journal of Earth Sciences. N 5. 2000. P. 943-953.
16. Greninger M.L., Klemperer S.L., Nokleberg W.J. Geographic Information System (GIS) Compilation of Geophysical, Geologic, and Tectonic Data for the Circum-North Pacific // U.S. Geological Survey Open-File Report 99-422, Version 1.0. 1999.
17. Groves D.I., Goldfarb R.J., Knox-Robinson C.M., Ojala J., Gardoll S., Yun G.Y., Holyland P. Late-kinematic timing of orogenic gold deposits and significance for computer-based

- exploration techniques with emphasis on the Yilgarn Block, Western Australia // *Ore Geol. Rev.* V. 17. 2000. P. 1–38.
18. Kemp L.D., Bonham-Carter G.F., Raines G.L., Looney C.G. Arc-SDM: extension for spatial data modelling using weights of evidence, logistic regression, fuzzy logic and neural network analysis. 2001. <http://ntserv.gis.nrcan.gc.ca/sdm/>.
 19. Mawer C.K. The bedding-concordant gold-quartz veins of the Meguma Group, Nova Scotia, in Turbidite-hosted gold deposits, Editors: Keppie, J.Duncan, Boyle, R.W., and Haynes, S.J., Geological Association of Canada Special Paper 32, 1986. P. 135–148.
 20. Nokleberg W.J., West T.D., Dawson K.M. et al. Summary terrane, mineral deposit, and metallogenic belt maps of the Russian Far East, Alaska, and the Canadian Cordillera // U.S. Geological Survey Open-File Report 98–136. 1998.
 21. Voroshin S.V., Melnik V.G., Zinkyevich A.S., Tyukova Ye.E. The regional GIS on geology in the Magadan region // International Conference “GIS in Geology” Extended abstracts. Moscow: Vernadsky SGM RAS. 2002. P. 114–116.
 22. Voroshin S.V., Zinkevich A.S. Spatial analysis of the granitoid and gold-quartz deposits distribution in the Yano-Kolyma belt by the GIS // II International Conference “GIS in Geology” Extended abstracts. Moscow: Vernadsky SGM RAS, VNII Geosystem. 2004. P. 102.
 23. Voroshin S.V., Melnik V.G., Zinkevich A.S. Development of geological GIS in Magadan Region / Proceedings of the Interim IAGOD Conference. Vladivostok. Russia. 1-20 September 2004. Metallogeny of the Pacific Northwest: Tectonics, Magmatism and Metallogeny of Active Continental Margins / Vladivostok: Dalnauka. 2004. P. 612–615.

Поступила в редакцию 19 мая 2006 г.

Рекомендована к печати Н.А. Горячевым

S.V. Voroshin, A.S. Zinkevich, Ye.E. Tyukova

Regional geoinformation systems for geologic investigations: creation and analysis experience

The paper offers the results of the development and application of the regional geological and mineral resources GIS compiled at the GIS laboratory of the North-East Integrated Research Institute, FEB RAS, to conduct research throughout Northeast Russia: GIS regarding geology and mineral resources of the Upper Kolyma region; geology and mineral resources of the Anmandykan and Kubaka mineral districts; geology of the Kolyma-Omolon region; gold placer deposits of the Central Kolyma region; mineral resources of the Magadan municipal district; geology of the Okhotsk-Kolyma region; and geology of Northeast Russia. The initial maps were of different scale: 1:50000 to 1:1500000. Three principal aspects of geological GIS application in the Magadan region are discussed: (1) maps or atlases preparation; (2) reference systems; and (3) analysis and modeling. The third aspect is most important for prospecting and forecast. Besides the quality of the initial geological information it is important to focus attention on the genetic models of formation of particular mineralization types for spatial analysis and modeling. In future we plan to combine regional GIS with other information resources and to create E-atlases to be accessed through Internet.

Key words: regional geoinformation systems, geology-related GIS, Northeast Russia.