

УДК 553.078:004.91

Килипко Виктор Алексеевич

кандидат геолого-минералогических наук,
заместитель директора по научной работе,
Институт минералогии, геохимии
и кристаллохимии редких элементов,
121357, Россия, Москва, ул. Вересаева, д.15
e-mail: kilipko@imgre.ru

Межеловский Алексей Дмитриевич

кандидат геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник,
Институт минералогии, геохимии
и кристаллохимии редких элементов
e-mail: geocon@yandex.ru

Межеловская Софья Владимировна

научный сотрудник,
Институт минералогии, геохимии
и кристаллохимии редких элементов
e-mail: Lukashenkosofya@gmail.com

Шаройко Юрий Александрович

заведующий лабораторией цифровой
картографии и макетирования,
Институт минералогии, геохимии
и кристаллохимии редких элементов
e-mail: sharojko@mail.ru

**ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ
МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
НА ПРИМЕРЕ ЗАПАДНО-САЛАЙРСКОЙ
ЗОНЫ****Аннотация*

Структурно-вещественное моделирование тектонических таксонов, проводящееся на основе комплексного геологического, геофизического и геохимического анализа, позволяет обобщить и систематизировать весь имеющийся материал геологического содержания. Созданная база данных минерогенических зон России позволяет хранить и отображать всю собранную информацию на современном уровне. Разработанная технология визуализации структурно-вещественных моделей позволяет компактно отобразить все характеристики минерогенических зон, а также вносить коррективы и дополнять имеющуюся информацию. Это позволяет быстро и своевременно получать актуальную информацию о минерогенической специализации и ресурсном потенциале тектонических зон России.

Ключевые слова: GIS-моделирование, минерогения, прогноз, ресурсность, визуализация

Kilipko Viktor A.

PhD, candidate of geological and mineralogical sciences, deputy director on science, The Institute of mineralogy, geochemistry and crystal chemistry of rare elements, 121357, Russia, Moscow, Veresaev st., 15
e-mail: kilipko@imgre.ru

Mezhelovskiy Alexey D.

PhD, candidate of geological and mineralogical sciences, senior researcher, The Institute of mineralogy, geochemistry and crystal chemistry of rare elements
e-mail: geocon@yandex.ru

Mezhelovskaya Sofia V.

researcher,
The Institute of mineralogy, geochemistry and crystal chemistry of rare elements
e-mail: Lukashenkosofya@gmail.com

Sharojko Yuri A.

the head of the laboratory of digital cartography and bread-boarding,
The Institute of mineralogy, geochemistry and crystal chemistry of rare elements
e-mail: sharojko@mail.ru

**GEOINFORMATIONAL MODELING
OF MINERAGENIC INFORMATION
AS THE EXAMPLE
OF THE WEST-SALAIRSKY ZONE***Abstract*

Structural and material modeling of tectonic taxons, carried out in terms of complex geological, geophysical and geochemical analysis, allows generalizing and systematizing all available geological material. Created database of Russia minerogenic zones allows storing and displaying all gathered information at the present level. The developed structural and material model of minerogenic zones visualization permits to represent compactly all characteristics, make adjustments and supplement the information. This allows receiving information on both actual minerogenic specialization and resource potential of different tectonic parts of Russia quickly and timely.

Key words: GIS-modeling, minerogeny, prediction, resources value, visualization

* Доклад, сделанный по данной теме на VIII Всероссийской молодежной научно-практической конференции по проблемам недропользования в г. Екатеринбурге, был удостоен диплома как лучший на одной из секций

Введение

В настоящее время минерально-сырьевая база Российской Федерации во многом основана на разведанных и разрабатываемых месторождениях, открытых во времена СССР. В то же время прогнозированию и поискам новых месторождений на территории нашей страны уделяется не так много внимания. Несмотря на то что для территории России получено большое количество геологических данных, для прогноза месторождений требуется их систематизация с последующим обобщением.

Авторами на основе детального анализа имеющегося геологического, геофизического и геохимического материала проведено тектоническое районирование всей территории России. Обработанный материал хранится в единой структурированной базе данных. Такой вид хранения данных позволяет оперативно систематизировать, редактировать и дополнять новыми данными имеющуюся информацию. Разработанная технология визуализации данных, имеющихся в базе, позволяет в краткой табличной форме отобразить все особенности геологического строения и распределение полезных ископаемых с их количественной оценкой для каждого из выделенных таксонов.

В настоящее время построенные геоинформационные модели для Восточно-Европейской платформы и Уральской складчатой области с подробным описанием опубликованы в монографиях.

Методика

Научной геологической основой геоинформационного моделирования являются тектоническое районирование территории и геолого-минерагенический анализ. Процесс тектонического районирования выполняется на основе карт геологического содержания. В первую очередь это Государственная геологическая карта России масштаба 1:1000000 и 1:200000. Совместно с геологическими, используются карты магнитного поля, гравиметрические, космогеологические и другие.

На начальном этапе тектонического районирования проводится выделение тектонических таксонов различного ранга: глобального – мегапровинции и пояса; трансрегионального – провинции и области; регионального – субпровинции и мегазоны; территориального – зоны и бассейны. Далее проводится минерагенический анализ выделенных таксонов, прежде всего зон и бассейнов. Анализ базируется на прямых рудных признаках с использованием карты полезных ископаемых и комплекта карт геохимического содержания. Учитываются также карты общегеологических, геофизических и дистанционных предпосылок.

В результате проведенного анализа создается карта минерагенического районирования с оценкой ресурсного (минерагенического) потенциала выделенных таксонов. Под термином «минерагенический потенциал» в данном случае подразумеваются ресурсы минерального сырья, оцененные по общим геологическим и рудно-формационным признакам с использованием методов аналогий и экспертных оценок.

Для учета большого объема обработанной информации необходимо наглядное отображение полученных результатов для каждой зоны. Визуализация выделенных геолого-минерагенических объектов, по нашему мнению, наиболее оптимальна в виде геоинформационных моделей. Они представляют собой пространственно-информационные логические конструкции, состоящие из тематических баз геолого-картографических данных и реляционных таблиц их признаков. Все геоинформационные модели объединены в единую базу данных (рис. 1), имеющую блоковую структуру:

- блок структурно-вещественных преобразований;
- блок с общей характеристикой стратифицированных геологических комплексов;
- блок с характеристикой интрузивных образований;
- блок с информацией о рудных формациях;
- вспомогательный блок, в котором указывается роль геологических факторов в формировании полезного компонента, попутные элементы, роль преобразований в локализации полезных компонентов.

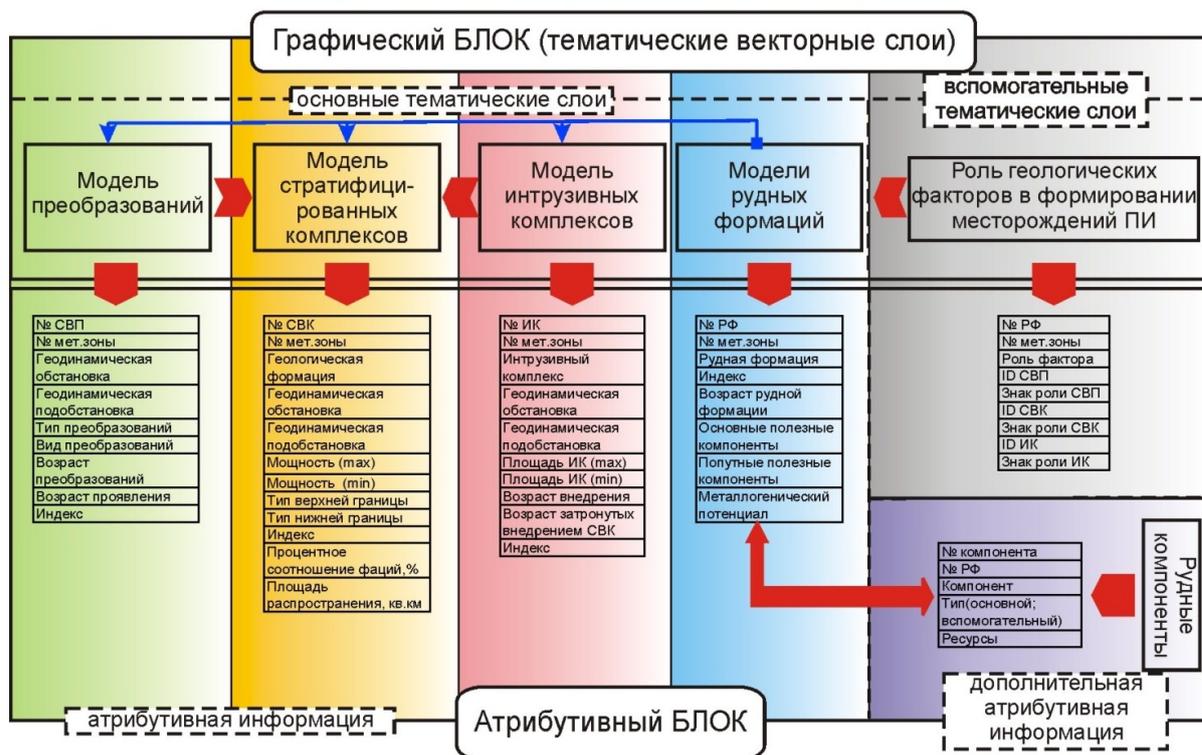


Рис. 1 – Структура базы данных геоинформационной модели

Наполнение базы данных производится через специально разработанные формы. В этих формах заложены связи между соответствующими параметрами, что ускоряет внесение данных.

Цифровая геоинформационная модель представляет собой ГИС-модель на базе ArcGIS ArcMap v.9.2. Для визуализации геолого-минерагенических объектов на основе информации из базы данных в виде графического изображения создается специальный проект, который содержит комплект программ, позволяющих считывать информацию из базы данных и по ней строить цифровую векторную модель минерагенического строения зоны.

Построение происходит в несколько этапов:

- выбор модели зоны из базы данных в окне запроса;
- выбор масштаба будущей модели и технических параметров отображения текстовых элементов модели;
- визуальная оценка качества построенной модели и коррекция исходных данных в случае наличия ошибок (после исправления повторное построение модели);
- сохранение удовлетворяющей требованиям модели как самостоятельного проекта ArcMap с последующим выводом оформленной цифровой модели в виде растра или на печать.

Векторная модель представляет собой набор shp-файлов, построенных по основным информационным блокам. Модель выстраивается в заданном пользователем вертикальном масштабе, который указывается под моделью. Все элементы графической модели сопровождаются справочной атрибутивной информацией, извлеченной при построении из базы данных, что позволяет оперативно работать с моделью (актуализировать данные, вносить исправления и т. д.).

Для количественной оценки ресурсов минерагенических зон использовались количественные данные по запасам и минерагеническому потенциалу, опубликованные в объяснительных записках Государственной геологической карты и материалах к геохимическим основам масштаба 1:1000000 и 1:200000, а также в монографиях и научных

статьях. Эти данные корректировались и дополнялись с привлечением методов аналогии, экспертной оценки, объемно-геохимического и металло-геохимического анализа.

Величина минерагенического потенциала оценивалась в том числе по количеству месторождений той или иной размерности, расположенных в границах зон. Минерагенические объекты подразделяются на четыре разновидности:

- высокоресурсные – с известными и прогнозируемыми уникальными, крупными и средними месторождениями;
- умеренноресурсные – с известными и прогнозируемыми средними и в основном малыми месторождениями и рудопроявлениями;
- потенциально высокоресурсные – с известными рудопроявлениями (или без них) и прогнозируемыми уникальными, крупными и средними месторождениями;
- потенциально умеренноресурсные – с известными рудопроявлениями (или без них) и прогнозируемыми средними и в основном малыми месторождениями.

Обязательное количество известных и прогнозируемых месторождений в минерагенических таксонах определяется рангом месторождения, как показано в таблице.

Количество месторождений различной размерности для определения ресурсности минерагенических объектов

Минерагенические объекты		Месторождения			
		Уникальные	Крупные	Средние	Малые
Название и площадь, км ²	Категория ресурсности*	Количество в минерагеническом объекте (в скобках необязательное)			
Пояс, мегапровинция n 10 ⁷	a, c ₁	>1	>10		
	b, c ₂	–	3-4		
Область, провинция n 10 ⁵⁻⁶	a, c ₁	(1)	≥ 6		
	b, c ₂	–	<6		
Мегазона, субпровинция n 10 ⁵	a, c ₁	(1)	≥ 4		
	b, c ₂	–	<4		
Зона, бассейн n 10 ⁴	a, c ₁	(1)	≥ 2	или >10	
	b, c ₂	–	<2		
Рудный район, суббассейн n 10 ³	a, c ₁	(1)	1	или >5	
	b, c ₂	–	–	<5	
Рудный узел, ареал n 10 ²	a, c ₁	(1)	1	или >3	
	b, c ₂	–	–	<3	
Рудное поле n 10 ¹	a, c ₁	(1)	1	или >2	
	b, c ₂	–	–	–	<2

*Примечание: а – высокоресурсная, с₁ – потенциально высокоресурсная, b – умеренноресурсная, с₂ – потенциально умеренноресурсная

Результаты работ

Визуализированная геоинформационная модель (на примере Западно-Салаирской минерагенической зоны) представляет собой таблицу, в которой с помощью индексов и штриховых знаков отражается строение тектонической зоны. Модель так же, как и база данных, состоит из четырех основных блоков. В первом блоке показаны структурные и вещественные преобразования геологических комплексов, входящих в состав зоны (рис. 2).



Рис. 2 – Первый блок модели. Состав и характер преобразований геологических комплексов Западно-Салаирской минерагенической зоны

Во втором блоке приведены основные характеристики стратифицированных образований, такие как возраст, состав, мощность, взаимоотношения с подстилающими и перекрывающими комплексами, перерывы в осадконакоплении, фациальная изменчивость по латерали, при возможности определения – геодинамические условия формирования комплекса (рис. 3).

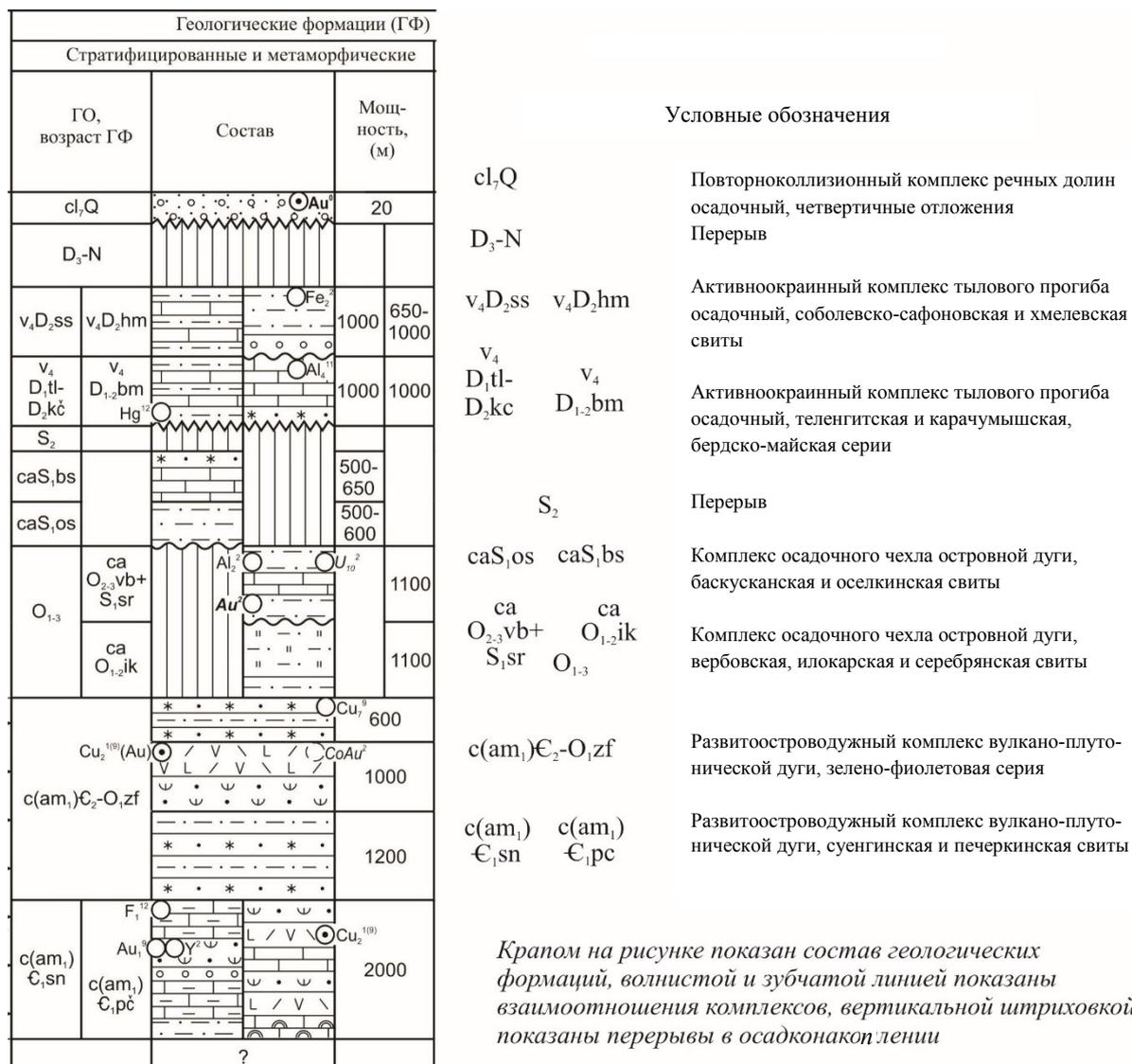


Рис. 3 – Второй блок модели.
Геологические формации Западно-Салаирской минерагенической зоны

Третий блок отражает состав, возраст, геодинамические условия формирования и площадь распространения интрузивных образований (рис. 4).

Четвертый блок, состоящий из двух частей, включает все имеющиеся характеристики, касающиеся рудообразования – условия локализации, возраст оруденения, прогнозные ресурсы и запасы, попутные компоненты, экспертную оценку степени перспективности (рис. 5, 6).

Таким образом, при группировке всех вышеперечисленных характеристик в единую таблицу формируется геоинформационная модель Западно-Салаирской минерагенической зоны (рис. 7). Все отображаемые характеристики связаны с единой базой данных, и внесение всех необходимых изменений или дополнений в модель производится

путем редактирования базы данных, после чего происходит автоматическое перестроение модели.

Таким образом, геоинформационные модели в сжатом виде отображают большой объем геологической информации и могут быть использованы при выделении площадей для постановки прогнозно-поисковых работ.

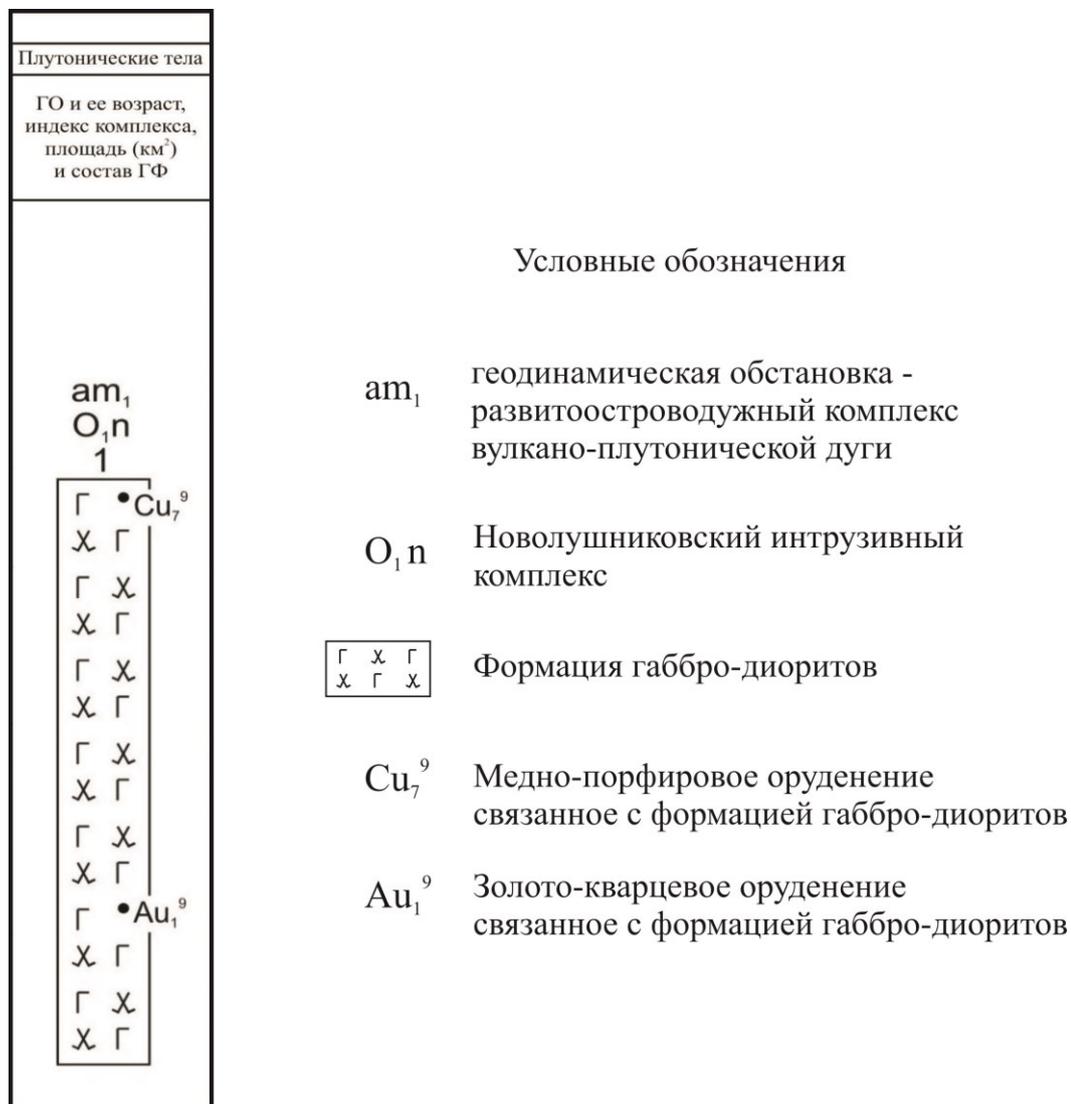


Рис. 4 –Третий блок модели.
Интрузивные комплексы Западно-Салаирской минерагенической зоны

			Условные обозначения	
			Форма тел	
Структурные условия локализации	Индекс	Возраст		Жильная
				Стратиформная (пластовая)
			Рудные формации	
	Au⁰	Q	Au⁰	Золотая современных россыпей
			Fe₂²	Бурожелезняковая терригенная коры выветривания
	Fe ₂ ²	K ₂ -P ₂	Al₄¹¹	Золото-полисульфидная кварц-адуляровая (золото-серебряная) вулканогенная и метасоматических преобразований
	Al ₄ ¹¹	D ₁₋₂		
	Hg ¹²	PZ ₃	Hg¹²	Ртутная аргиллизитовых приразломных метасоматических преобразований
			U₁₀²	Урановая коры выветривания
	U ₁₀ ²	K ₂ -P ₂	Al₂²	Бокситовая переотложенной коры выветривания
	Al ₂ ²	K ₂ -P ₂	Au²	Золотоносной коры выветривания и «железных шляп» на золотосодержащих колчеданных месторождениях
	Au²	K ₂ -P ₂		
	Cu _r ⁹	O ₁		
	Cu ₂ ¹⁽⁹⁾ (Au)	ϕ ₂ -O ₁	Cu₂¹⁽⁹⁾(Au)	Содержащая золото, свинец медно-цинково-колчеданная в платформенной коре выветривания
	CoAu ²	K ₂ -P ₂	CoAu²	Золото-кобальтовая коры выветривания
			F₁¹²	Флюоритовая кварцевая коллизионных метасоматических преобразований
	F ₁ ¹²	PZ ₃		
	Cu ₂ ¹⁽⁹⁾	ϕ ₁	Y²	Иттриевая коры выветривания
	Y ²	K ₂ -P ₂	Au₁⁹	Золото-кварцевая базальт-андезитовая и рециклинговых метасоматических преобразований
	Au ₁ ⁹	O ₁		
				

Рис. 5 – Четвертый блок модели (первая половина). Рудные формации и условия их локализации для Западно-Салаирской минерагенической зоны

Рудные формации		
Полезные компоненты: (-) запасы и (+) прогнозные ресурсы		Степень ресурсности
Основные компоненты	Попутные компоненты	
Au-4 т		ВР, УР
Fe(руда)-1 млн т		УР
Al ₂ O ₃ -10+30 млн т		УР, ПУР
Hg-0,5 тыс.т		УР
U+11 тыс.т		ПУР
Al ₂ O ₃ -0,4 млн т		УР
Au-10+100 т		УР, ПВР
Cu-1 тыс.т		УР
Cu-1 тыс.т	Au	УР
Co+12 тыс.т, Au+10 т		ПУР
флюорит-0,8+1 млн т		УР, ПУР
Cu-5 тыс.т		УР
Y-0,5+25 тыс.т	Au, Cu	УР, ПУР
Au-1+50 т		УР, ПУР

В данной части охарактеризованы запасы и прогнозные ресурсы выделенных рудных формаций, а также обозначены попутные полезные компоненты в комплексных месторождениях

В последней колонке дана характеристика ресурсности данного геологического района на конкретный вид полезного ископаемого с учетом данных по запасам и прогнозным ресурсам

Рис. 6 – Четвертый блок модели (вторая половина).
 Прогнозные ресурсы, запасы и потенциальная ресурсность
 Западно-Салаирской минерагенической зоны
 ВР – высокоресурсная, УР – умеренноресурсная,
 ПУР – потенциально умеренноресурсная,
 ПВР – потенциально высокоресурсная

Выводы

- Работа над созданием базы данных геоинформационных моделей позволила систематизировать все имеющиеся геолого-минерагенические данные для каждой тектонической зоны России.
- Разработанная структура базы данных позволяет компактно отображать, проводить актуализацию и мониторинг данных, что, в свою очередь, дает возможность быстро и своевременно получать информацию о ресурсном потенциале интересующей территории.
- Результаты выполненных работ показывают высокую эффективность геоинформационных моделей в оценке прогнозных ресурсов минерагенических объектов. На этих моделях может основываться выделение площадей для постановки средне- и крупномасштабных геологосъемочных и прогнозно-поисковых работ.