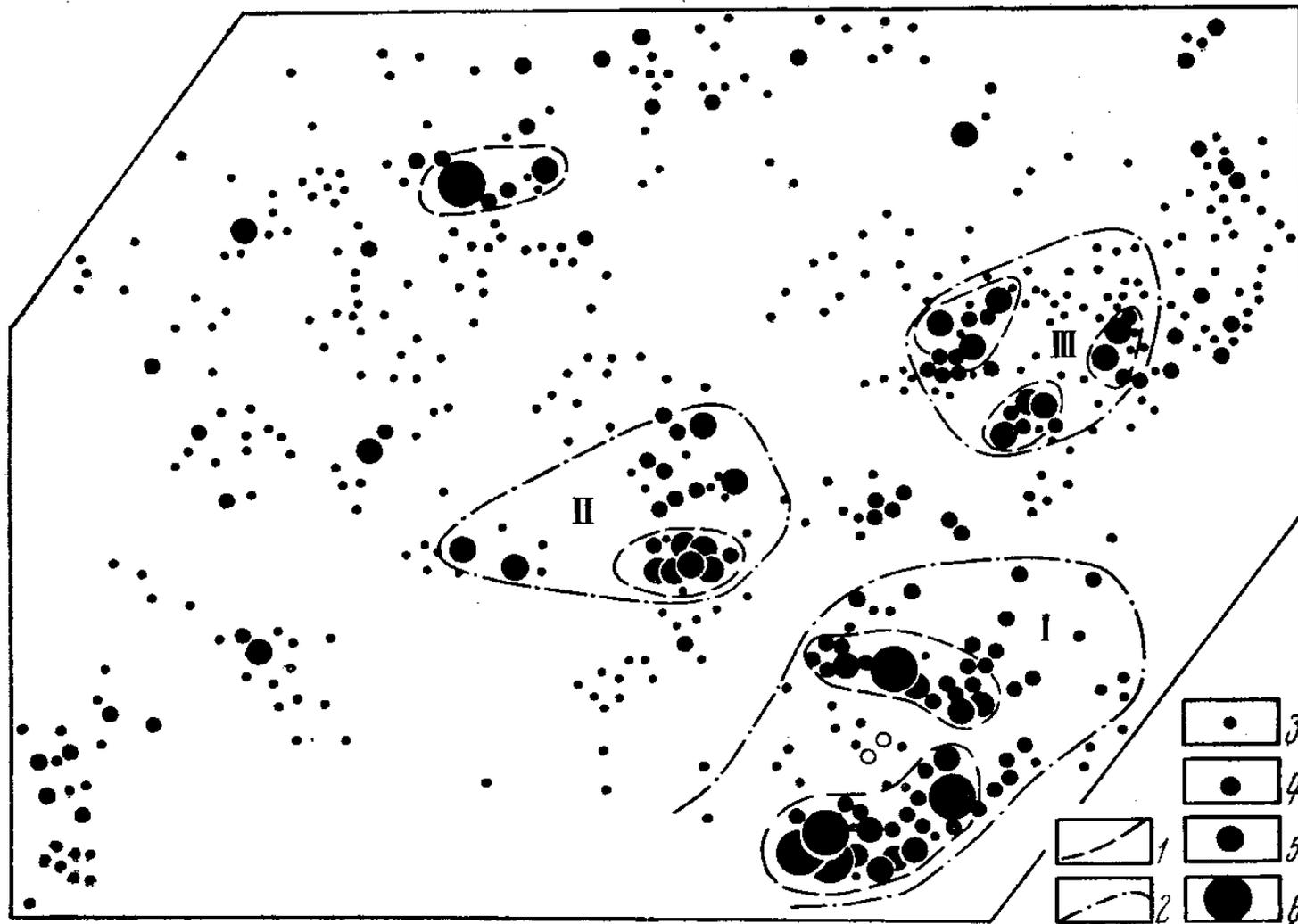


**Структурная геохимия
с позиций системного подхода**

И.З. Мессерман

**Российский Государственный геологоразведочный
университет им. Серго Орджоникидзе (МГРИ)**

С позиций системного подхода рудоносность рассматривается как иерархическая система условно неделимых элементов неоднородности, разномасштабных рудных образований, объединенных своей, характерной для данного уровня системы, структурой связи.



. Схема размещения месторождений различного масштаба, рудопроявлений, точек минерализации в пределах рудного района.

С позиций системного подхода понятие структурная геохимия должна определять закономерности пространственные распределения прогнозируемого рудного образования определенного масштабного уровня, пространственного размещения комплекса химических элементов,, оценку корреляционной зависимости , понятную интерпретации на основе геологической информации, оценку прогнозных ресурсов в пределах выделяемых контуров.

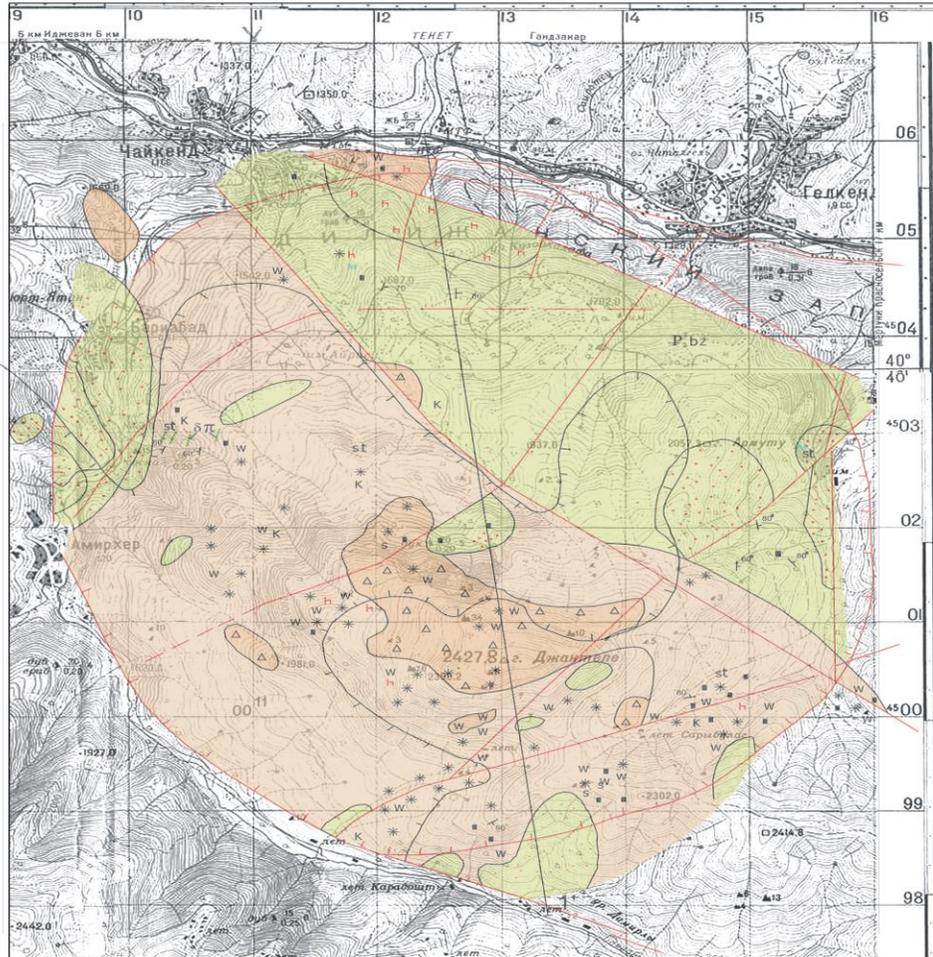
Применение системного подхода при обработке и интерпретации геохимических данных позволяет выделять в рамках качественно однородных уровней организации вещества земной коры ряд дополнительных количественных характеристик рудных образований разных масштабных уровней строения .

Для решения поставленных задач обработка геохимических данных, выделение и количественная оценка пространственных закономерностей заданного иерархического уровня строения геохимических полей, выделяемых данной сетью наблюдений производилась простым и надежным методом тренд-анализа с помощью статистического скользящего окна.

2. При этом размеры и форма скользящего окна должны быть сопоставимы с элементами неоднородности изучаемого иерархического уровня, а минимальное число точек в окне должно обеспечивать вычисление устойчивого среднего квадратичного отклонения оценки математического ожидания признака.

Выбор окон сглаживания является важной операцией при геохимических исследованиях разных масштабов. На основании экспериментальных исследований, с корректировкой размеров с помощью двумерных автокорреляционных функций, целесообразно использование следующих размеров окон сглаживания:

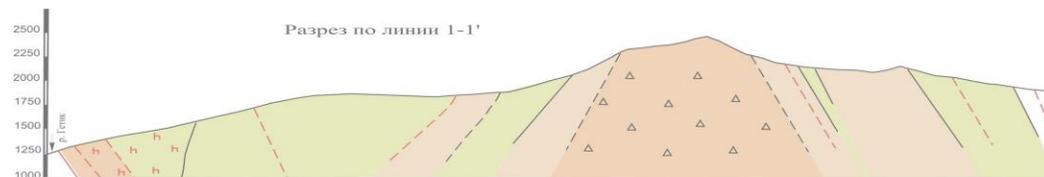
$\backslash 100 \times 100 - 50 \times 50$ км при оценке рудных районов, $20 \times 20 - 10 \times 10$ км при оценке рудных узлов, $5 \times 5 - 3 \times 3$ км при оценке рудных полей, $1 \times 1 - 0,5 \times 0,5$ км при оценке рудных месторождений, $0,5 \times 0,5 - 0,1 \times 0,1$ км при оценке рудоносных блоков и зон в пределах месторождений

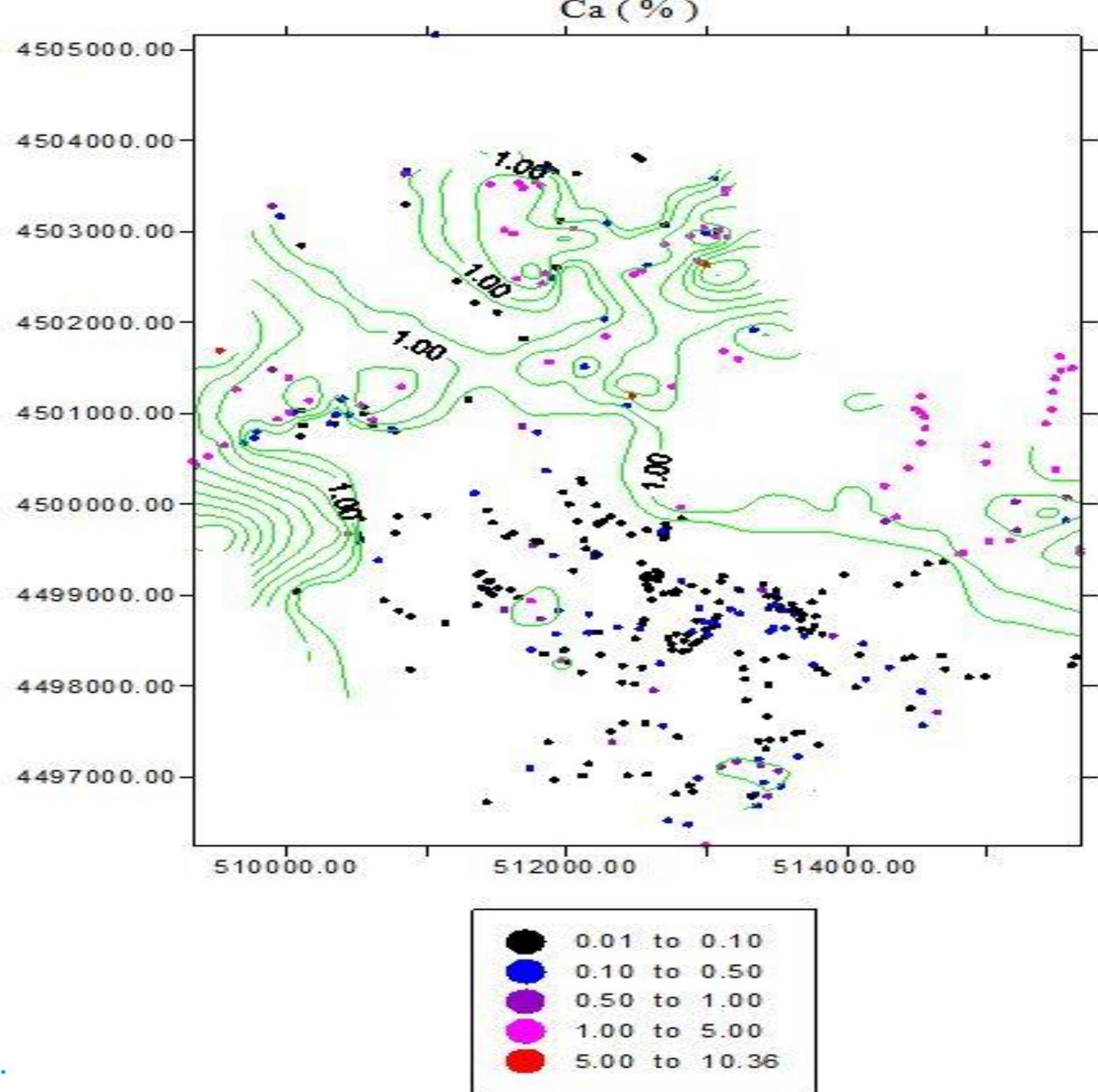


ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДПРАБАКА Масштаб 1:25000

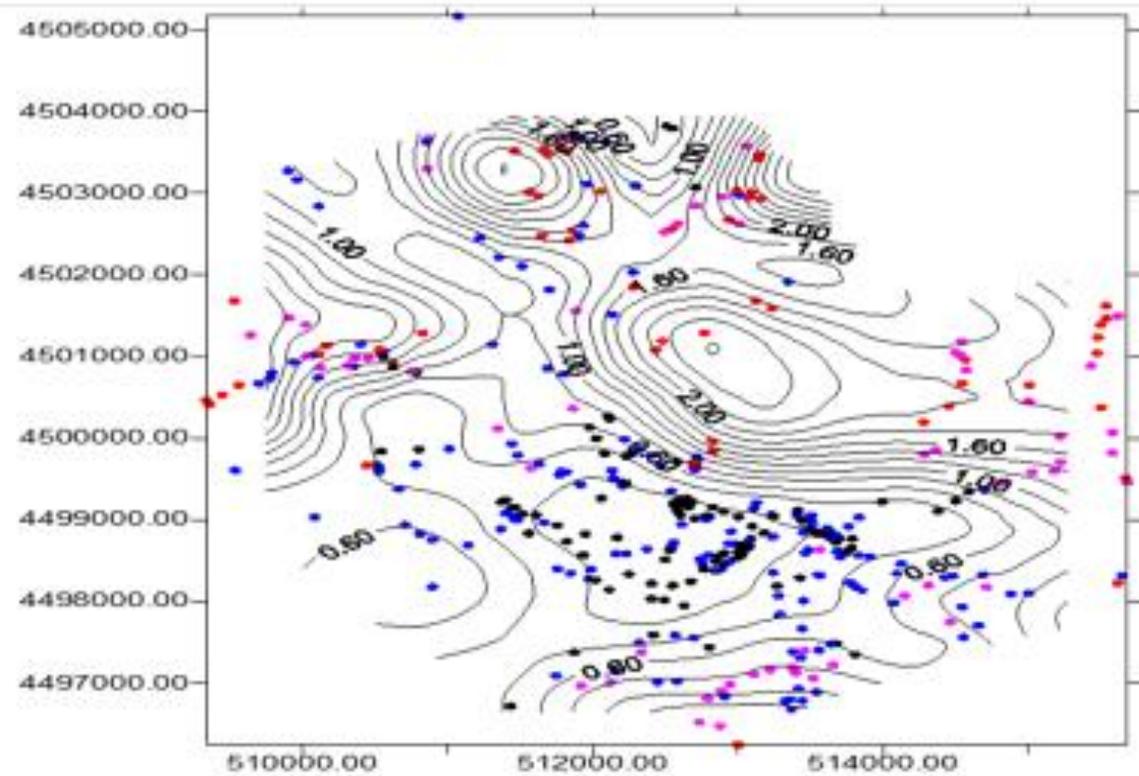
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

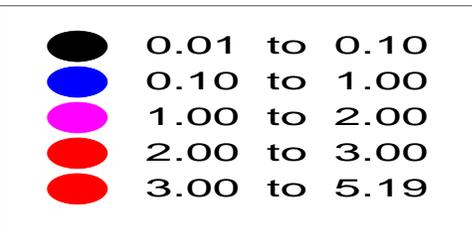
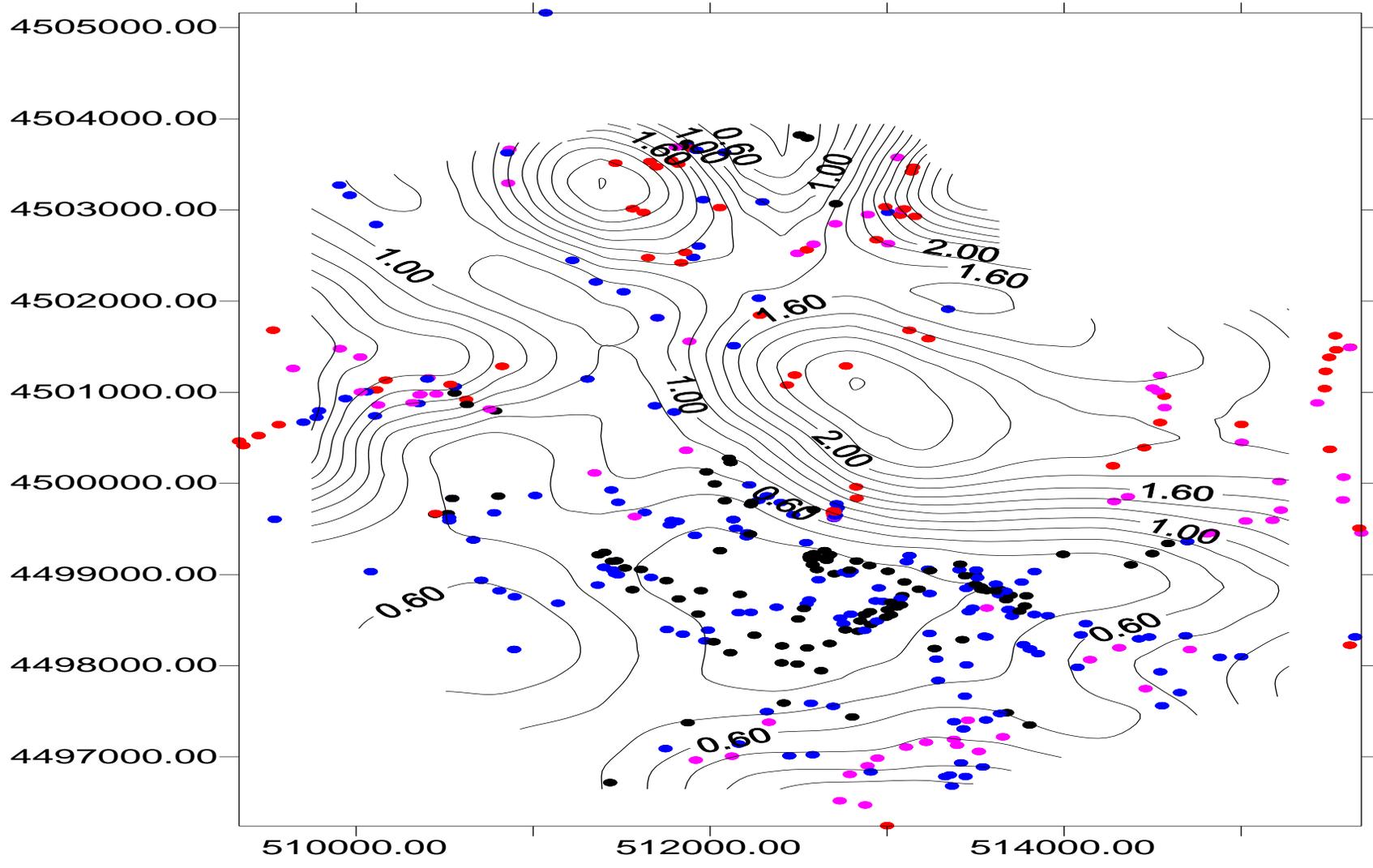
-  Контурь преимущественного развития четвертичных образований
-  Андезиты, андезитобазальты, трахиандезиты
-  Дайки диоритовых порфиритов
-  Окварцевание по андезитам
-  Вторичные кварциты
-  Кварцевые брекчии
-  Вторичные кварциты с порами выщелачивания
-  Лимонитизация (гетит, ярозит)
-  Гематитизация
-  Серпентинизация
-  Аргиллизация, каолиннизация
-  Пиритизация
-  Окислы меди
-  Участки развития штокерков
-  Разрывные нарушения (по данным полевых наблюдений, космо- и аэрофотоснимков, геофизическим данным)
-  Кольцевые структуры (по данным космо- и аэрофотоснимков)
-  Элементы залегания

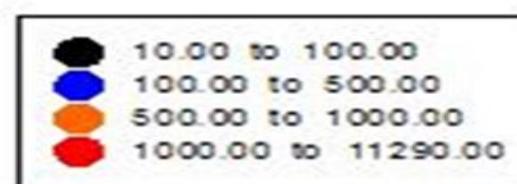
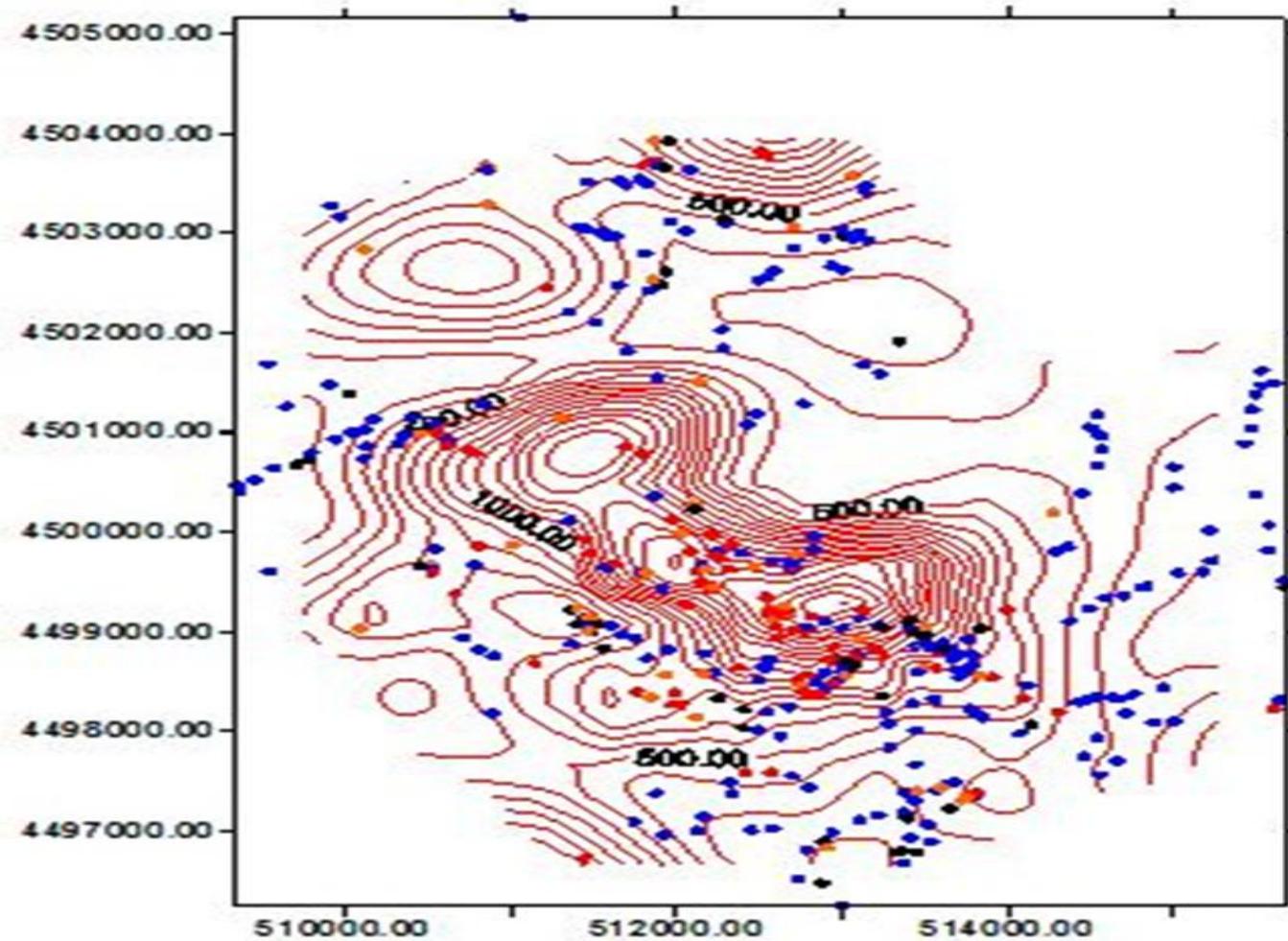




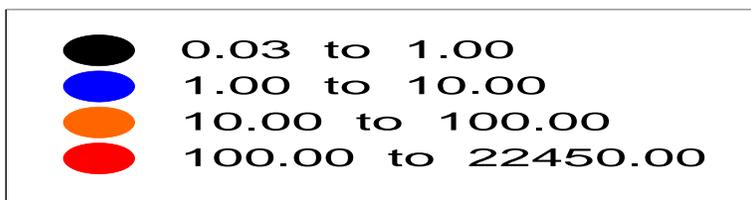
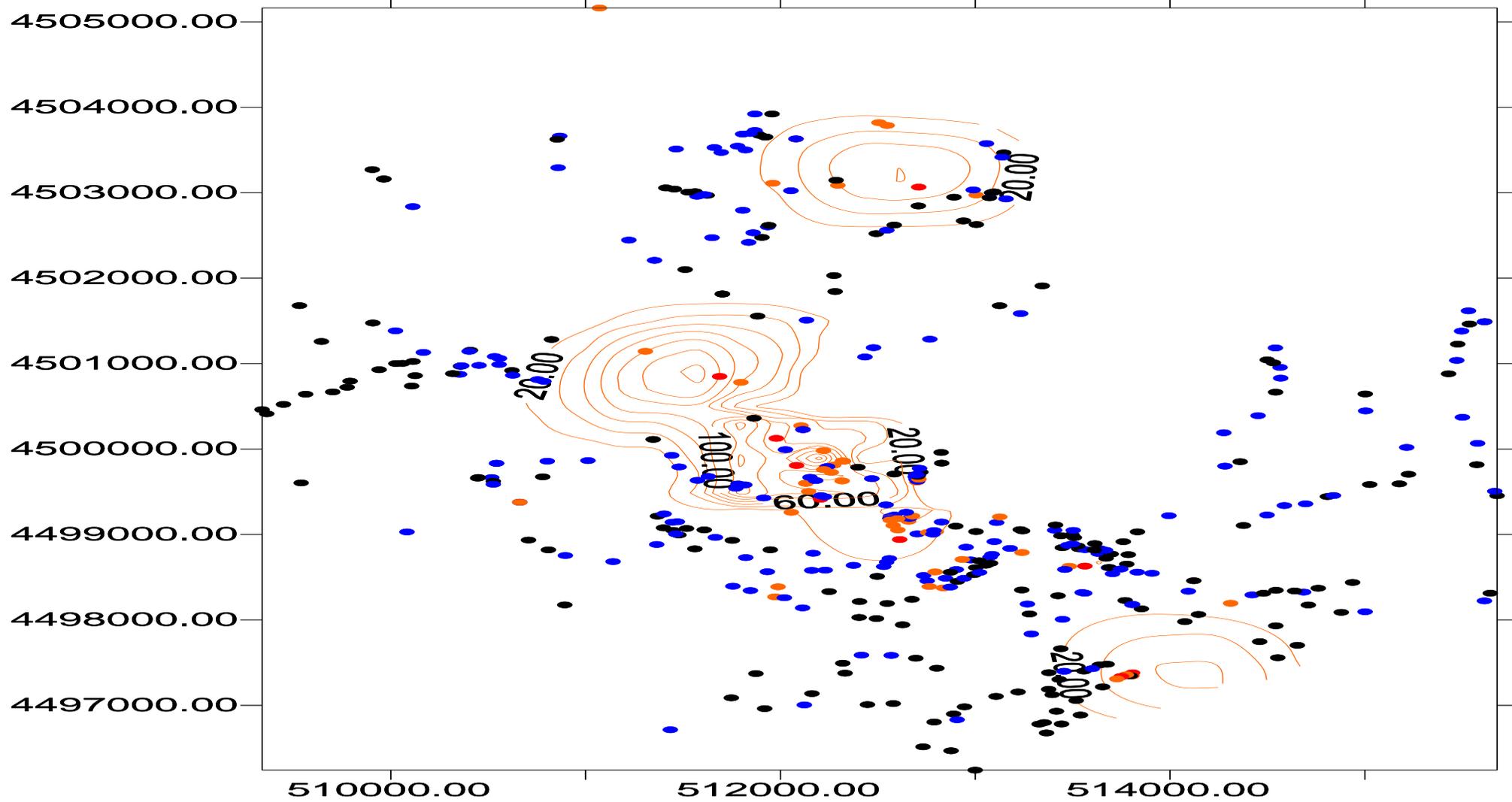
Al (%)







Cu x Mo x Au (Deprbak)



Дерзбак (rock)

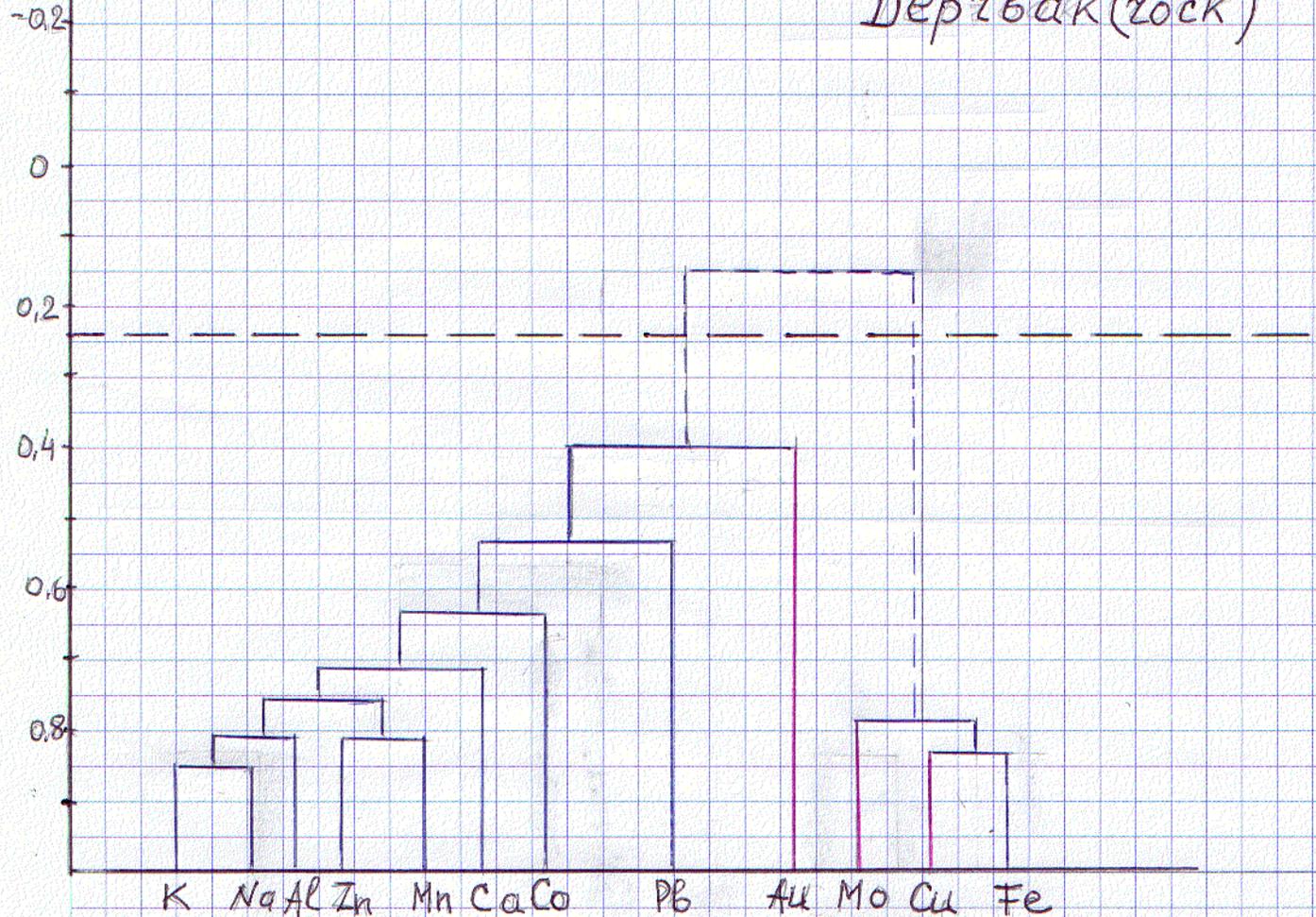
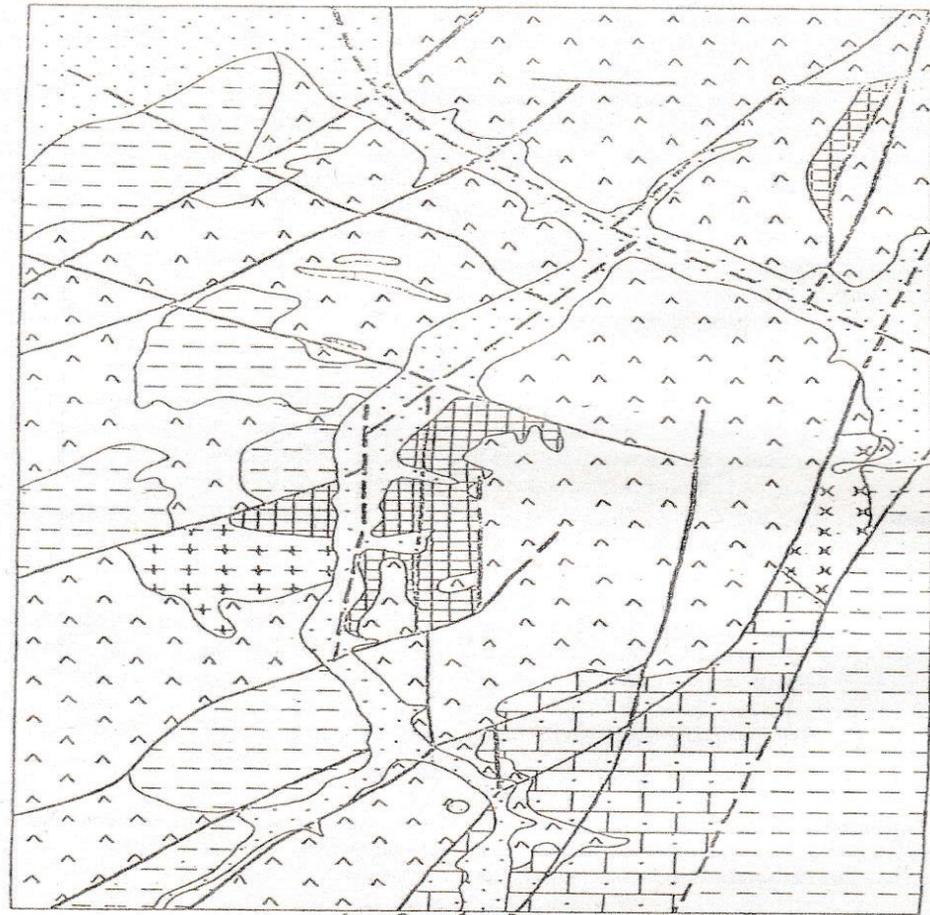


Рис. 3.

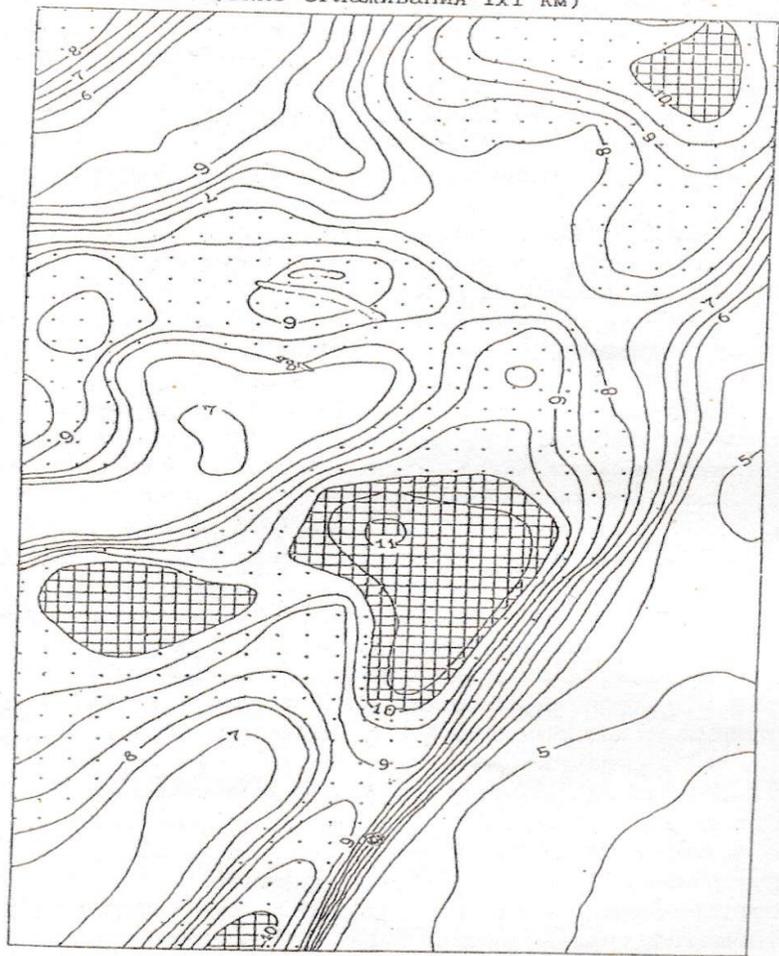
Рис. 24 СХЕМА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РУДНОГО РАЙОНА



- | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
|  | 1 |  | 2 |  | 3 |  | 4 |  | 5 |
|  | 6 |  | 7 |  | 8 |  | 9 |  | 10 |

Рис. 1. Условные обозначения на стр.

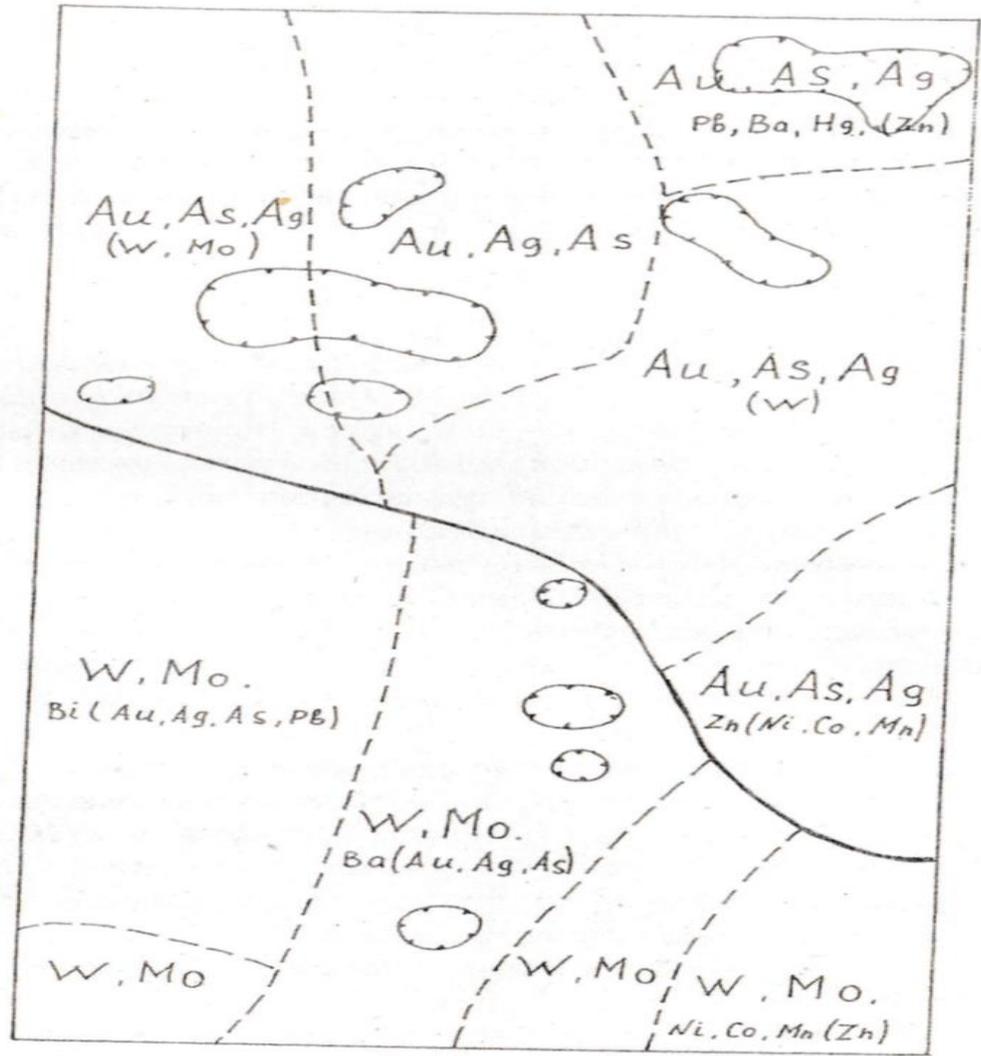
Рис.28 ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ТОРИЯ
(окно сглаживания 1х1 км)



1 2 3 4 5

6
1. изолинии концентраций T_h ($P_h \cdot 10^{-4} \%$):
2. < 8 3. 8-10 4. > 10 5. рудные зоны 6. рудопроявления

Рис. 25 ГЕОХИМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ РУДНОГО УЗЛА ПО ДАННЫМ МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА (окно сглаживания 5x5 км)



- 1. 2. 3. 4.

1. контуры золоторудных аномалий 2. границы геохимических блоков, подблоков 3. типоморфные элементы геохимических блоков 4. типоморфные элементы геохимических подблоков, в скобках - второстепенные

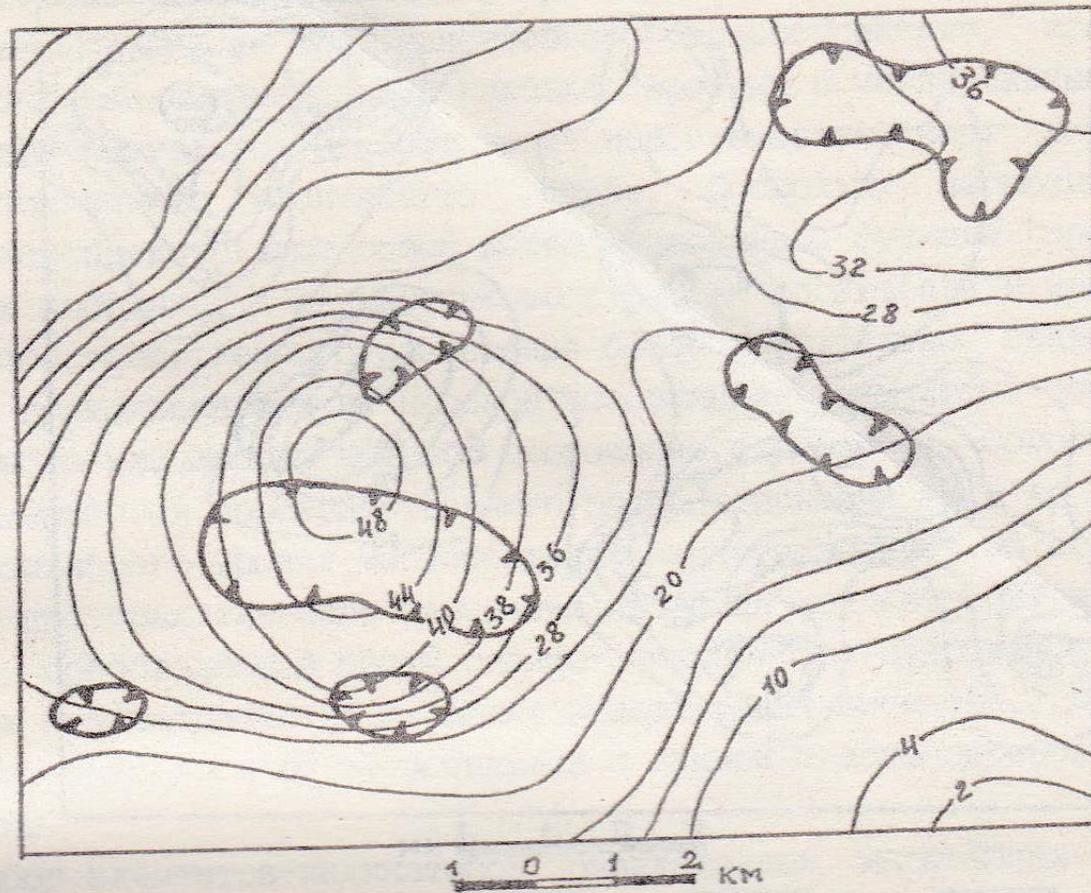
Таблица 5
 Геохимическая характеристика блоков в рудном угле

структурная позиция	геохимическая специализация (в кларках конц.)										
	Au	Ag	As	Pb	Hg	Zn	Mo	W	Bi	Cu	Ba
Северный блок сопряжение С-З и С-В разломов, развитие вулканитов, субвулкан. тел, риолитов, диорит-дацитов	18.3	2.3	10.7	1.8	0.36	1.88	2.01	2.84	3.09	0.85	1.61
Южный блок сопряжение С-З и субмер. разломов, развитие кислых и субщелочных гранитоидов, вулканитов	3.6	1.7	2.7	1.14	0.24	1.41	2.64	3.8	3.2	0.94	1.56

древних разломов, отделяющие области устойчивых поднятий, нашедшие подтверждение при гравиметрических и магнитометрических исследованиях.

Одним из важных факторов при прогнозировании средних и крупных масштабов является латеральная геохимическая зональность. Площади распространения отдельных геохимических зон, их пространственные ориентировки с оценкой степени изменчивости отдельных элементов и выявление закономерных связей зональности с элементами геологического строения изучаемой территории хорошо выявляются методами генерализации исходных данных скользящими окнами, соответствующих по

Рис. 19 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗОЛОТА ДЛЯ РУДНОГО ПОЛЯ
(окно сглаживания 5 x 5 км)



1. изолинии концентраций Au (в кларках) 2. контуры известных и потенциальных золоторудных месторождений

Выполнено по результатам литогеохимической съемки
масштаба 1:50000

Рис.29 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАНГОВОГО КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ К - Тн
(окно сглаживания 5 X 5 км)

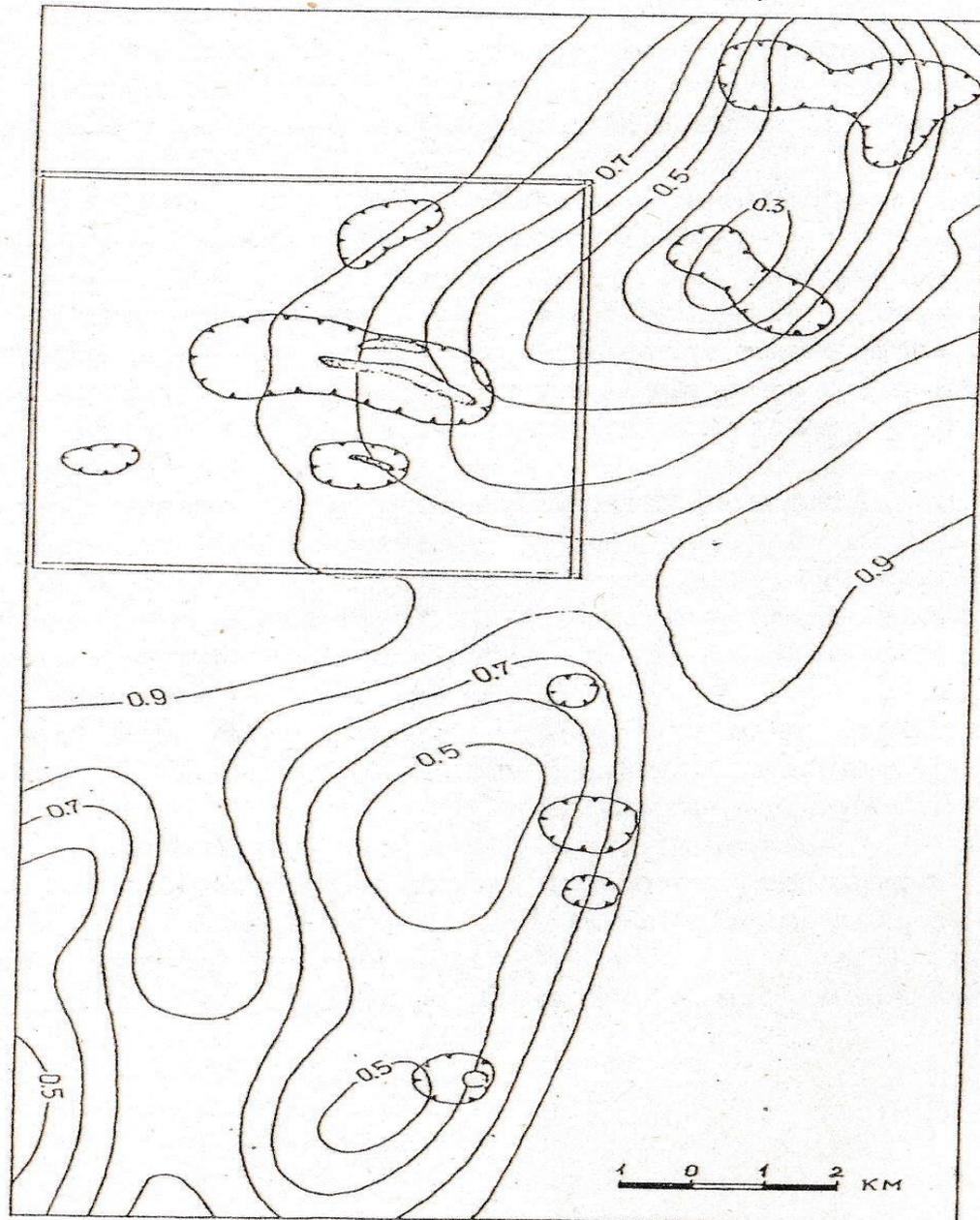
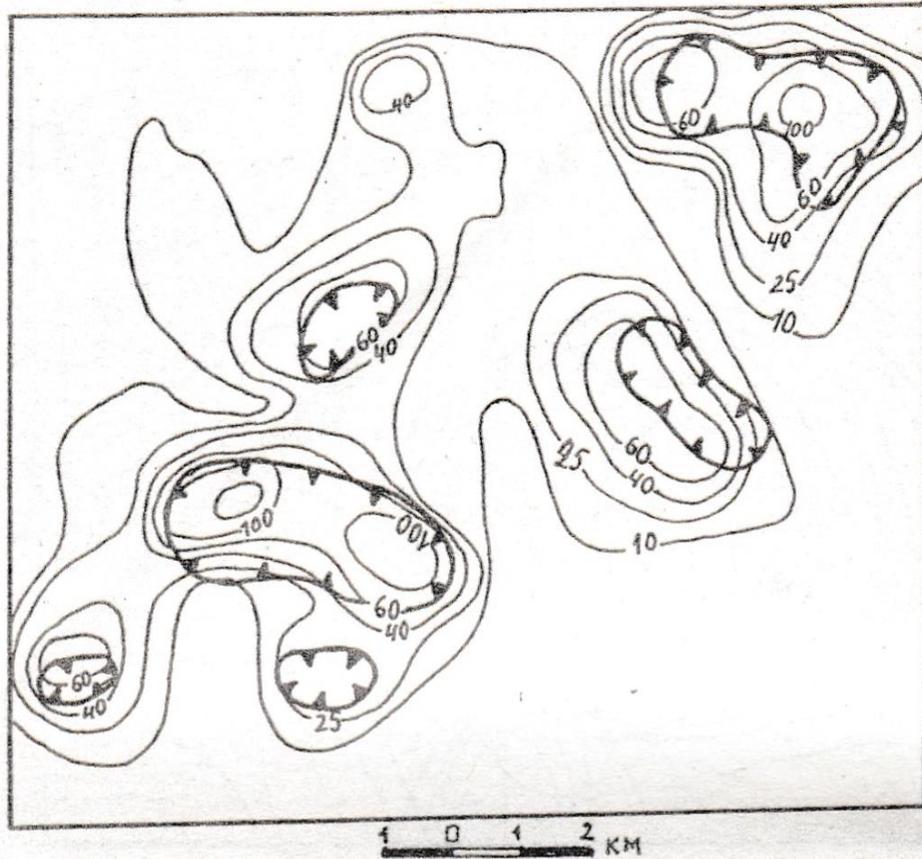


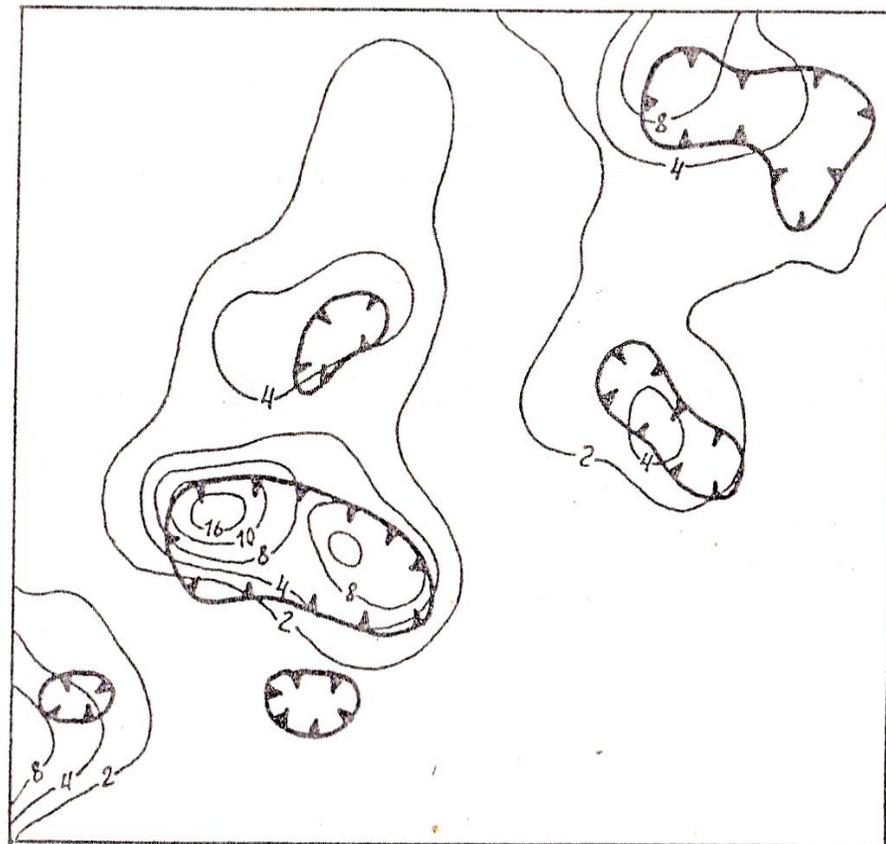
Рис. 20 ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
В ПРЕДЕЛАХ РУДНОГО ПОЛЯ
(окно сглаживания I x I км)



1. изолинии концентраций Au (в кларках)

2. контуры известных и потенциальных месторождений и рудопроявлений

Рис. 21 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ СЕРЕБРА ДЛЯ МАСШТАБНОГО УРОВНЯ
 МЕСТОРОЖДЕНИЙ (окно сглаживания 1 x 1 км)

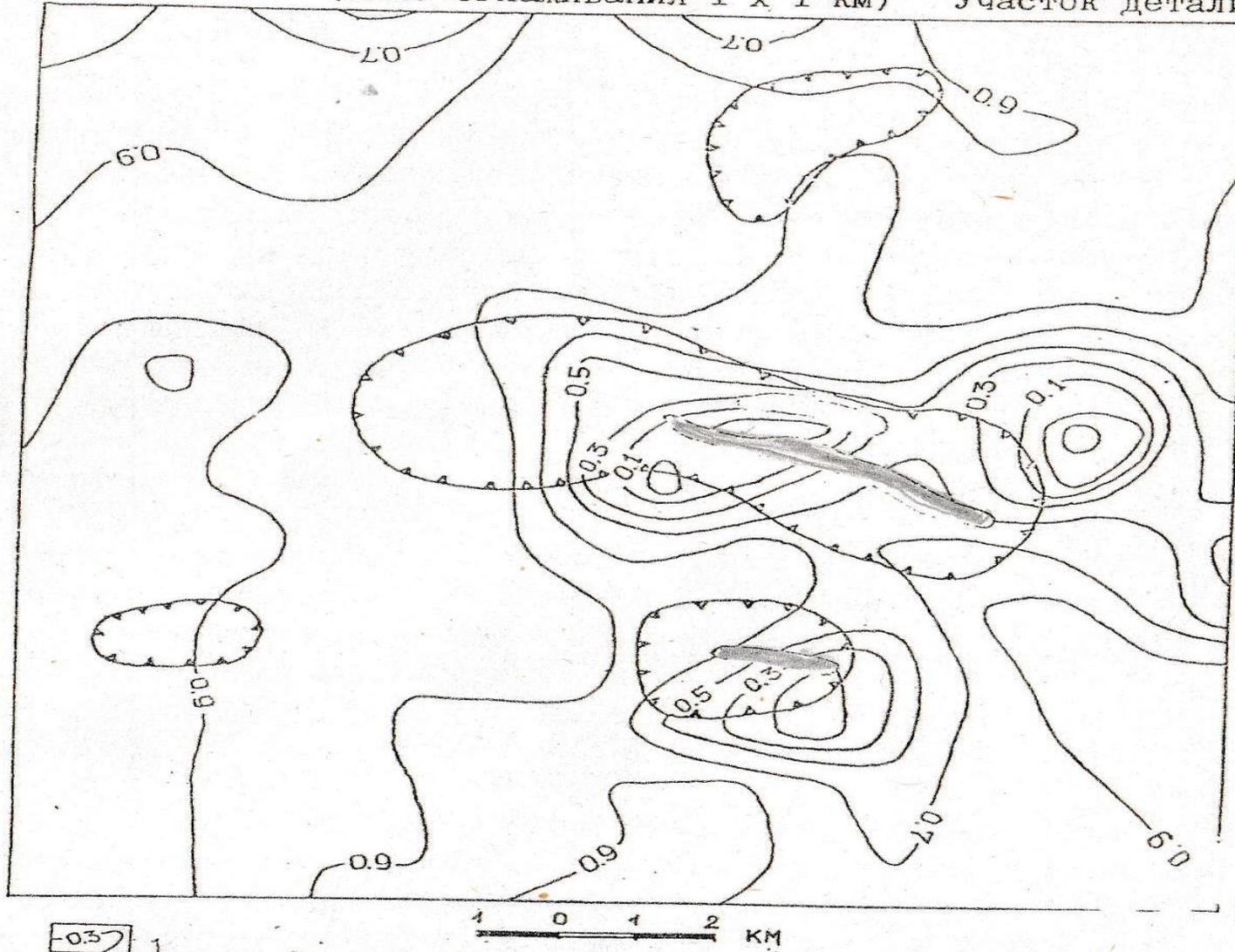


0 1 2 КМ

1. — 2 — 2.

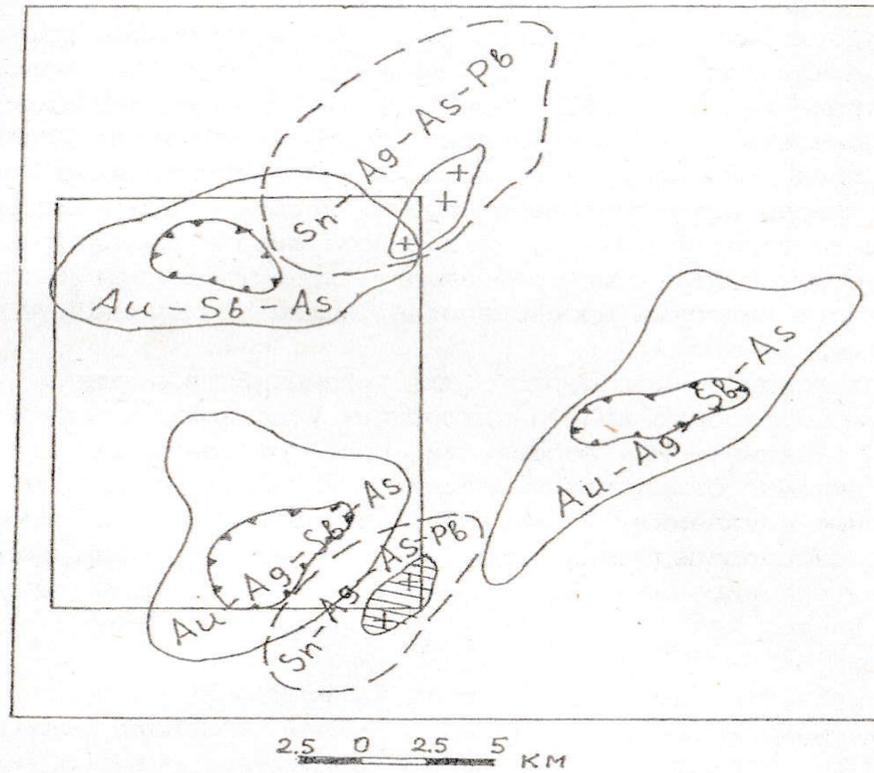
1 — абсолютные концентрации A_0 (в клетках)

Рис. 30 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАНГОВОГО КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ $K - T_h$
(окно сглаживания 1×1 км) Участок детализации



1. изолинии коэффициента корреляции

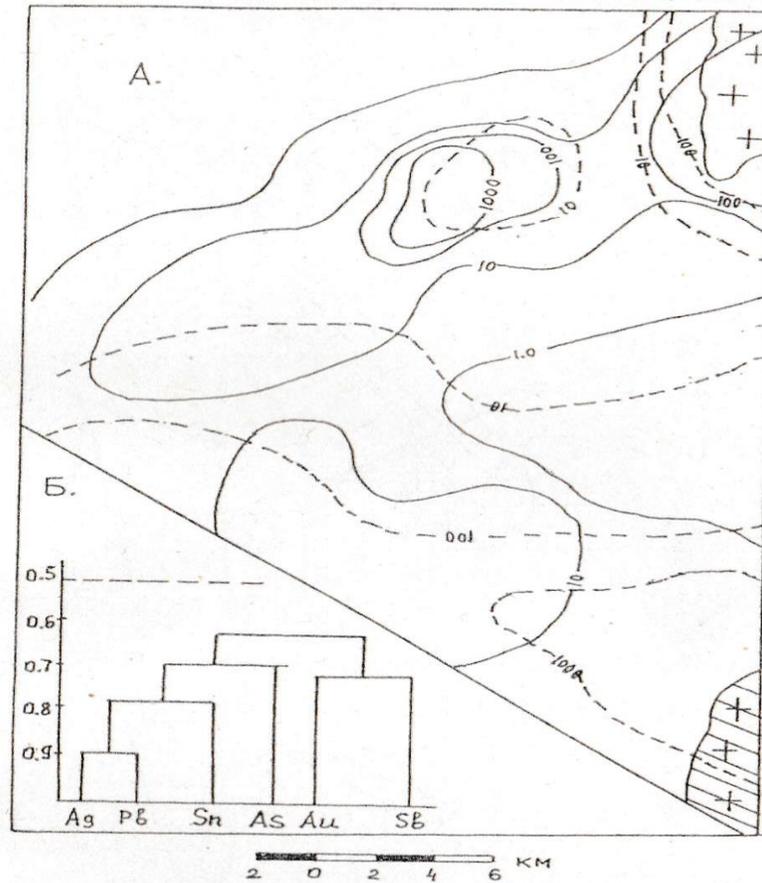
Рис. 22 ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ НА
ОСНОВАНИИ ПАРНЫХ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ
ЭЛЕМЕНТОВ .



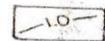
1. 2. 3. 4. 5.

1. контуры распространения золоторудной геохимической ассоциации
 2. контуры распространения оловорудной геохимической ассоциации
 3. золоторудные аномалии
 4. контуры литохимической съемки по вторичным ореолам (рис. 23)
 5. контуры гранитоидных массивов (а. вскрытых, б. невскрытых эрозией)
 Выполнено по данным обработки литохимической съемки по потокам
 рассеяния масштаба 1:200000 (окно сглаживания 5x5 км).

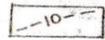
Рис.23 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АССОЦИАЦИЙ (А)
ДЕНДРОГРАФ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ (Б)



Выполнено по результатам обработки литохимической съемки по вторичным ореолам масштаба 1:50000, окно сглаживания 5x5 км



изолинии мультипликативного показателя $A_{i \times S_b}$



изолинии мультипликативного показателя $S_{p \times A_g} \times A_s \times P_b$

Одной из задач структурной геохимии является получение дополнительной информации, позволяющей значительно повысить эффективность геологоразведочных работ, геологическую обоснованность оконтуривания рудных образований, выбор кондиций.

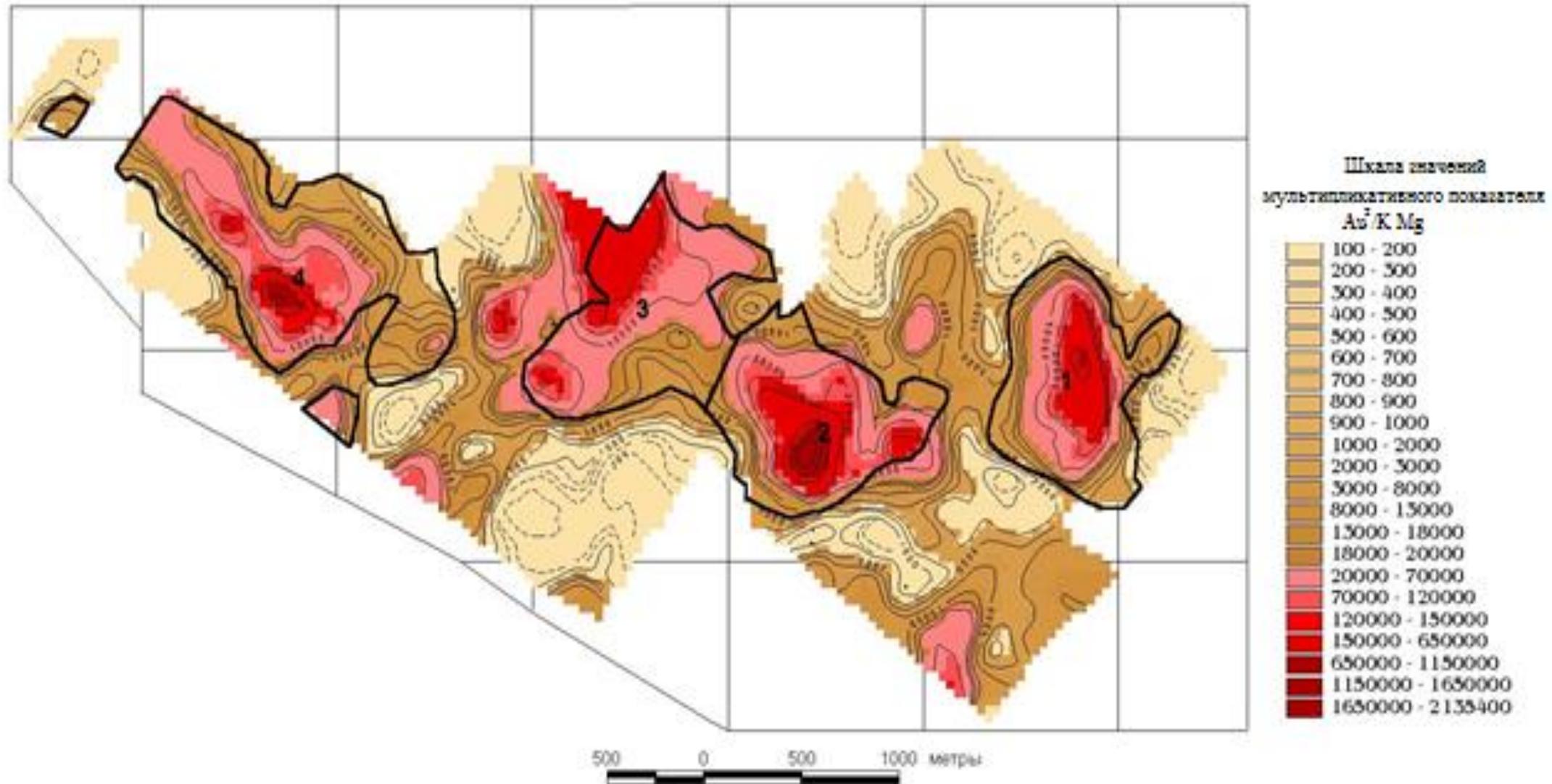
.. **Ореолы деконцентрации** (снижения концентраций) ряда химических элементов в пределах рудных образований, связаны с метасоматическими изменениями, определяющими процессы рудообразования и практически пространственно совмещены с ореолами привноса (повышения концентраций химических элементов).

. Установлена важная роль сидерофильной группы элементов Co-Ni-Mn-Mg-Ti-V-Sc, а также ряда петрогенных элементов, которые обладают тенденцией к выносу или деконцентрации в пределах рудных объектов.

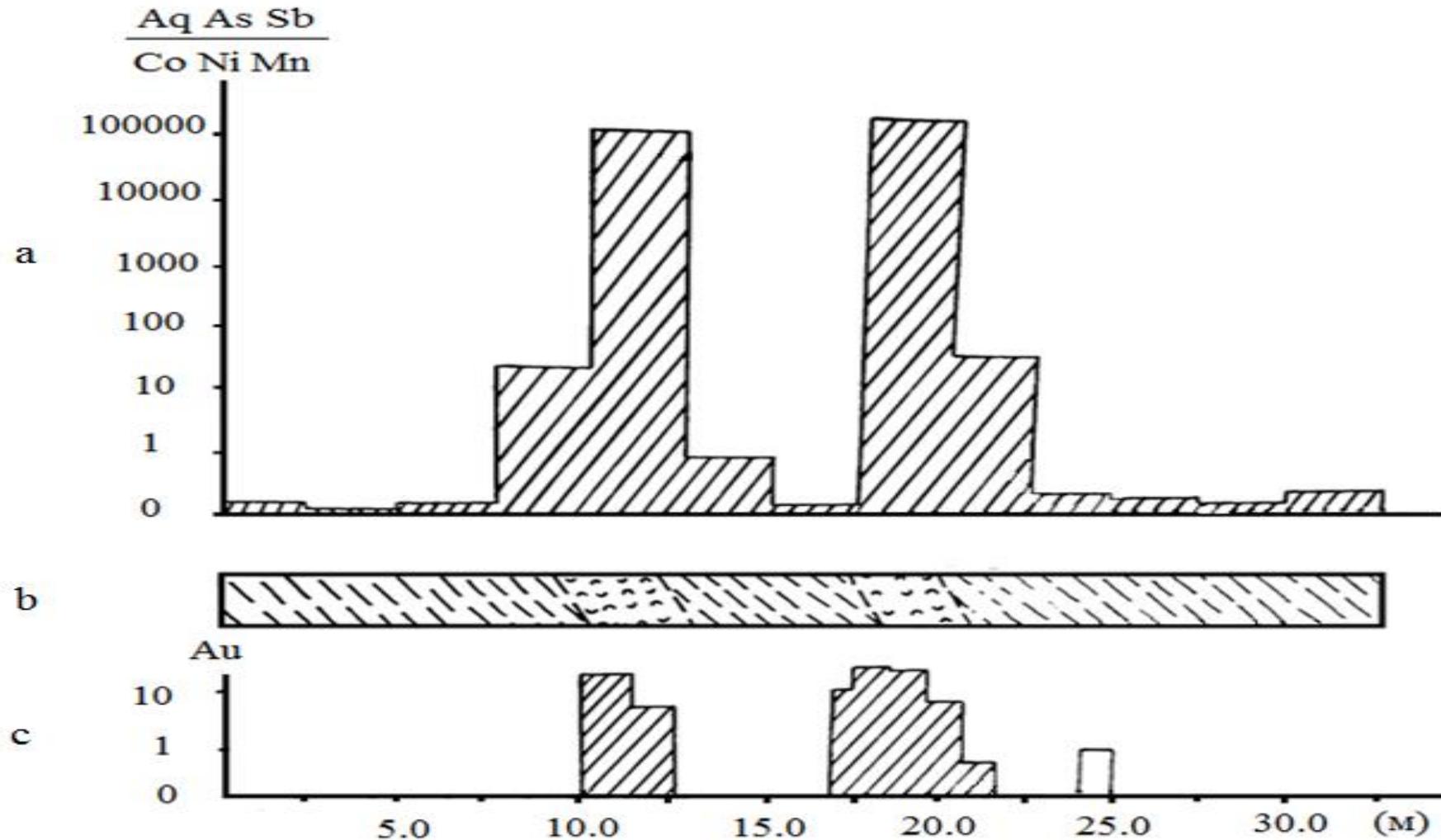
. Однако, количественная оценка степени проявленности ореолов выноса химических элементов при использовании литохимических методов, и соответственно оценка интенсивности процессов рудообразования затруднена, что и определяет их относительно редкое достаточно достоверное описание и фиксацию. Это связано с методиками оценки литохимических ореолов, основанной на статистической оценке и оконтуривании литохимических аномалий, обычно применяющейся для резко контрастных рудогенных элементов, однако не эффективных при оценке слабо изменчивых концентраций породообразующих, петрогенных, или определяющих кислотность-щелочность растворов, элементов кларковых рядов А и В геохимического ряда концентрационной зональности, обычно определяющих группы элементов выноса.

Золоторудные месторождения во вторичных кварцитах характеризуются единым комплексом элементов-индикаторов золотого оруденения Ag-Bi-Sb-Pb. В пределах таких месторождений отмечается связь золотого оруденения с площадным развитием выщелоченных, пористых монокварцитов, с распространением зоны окисления на глубину. Интенсивное проявление метасоматических и окислительных процессов представлено закономерным снижением концентраций групп элементов Fe-Mg-Co-Mn и K- Na - Al. **Это позволило использовать мультипликативное отношение $Au^2/K * Mg$ в качестве оптимального показателя интенсивности процессов рудообразования, резко увеличивающего контрастность оценки при выделении наиболее перспективных объектов для проведения оценочных работ.**

мультипликативное отношение $Au^2/K * Mg$

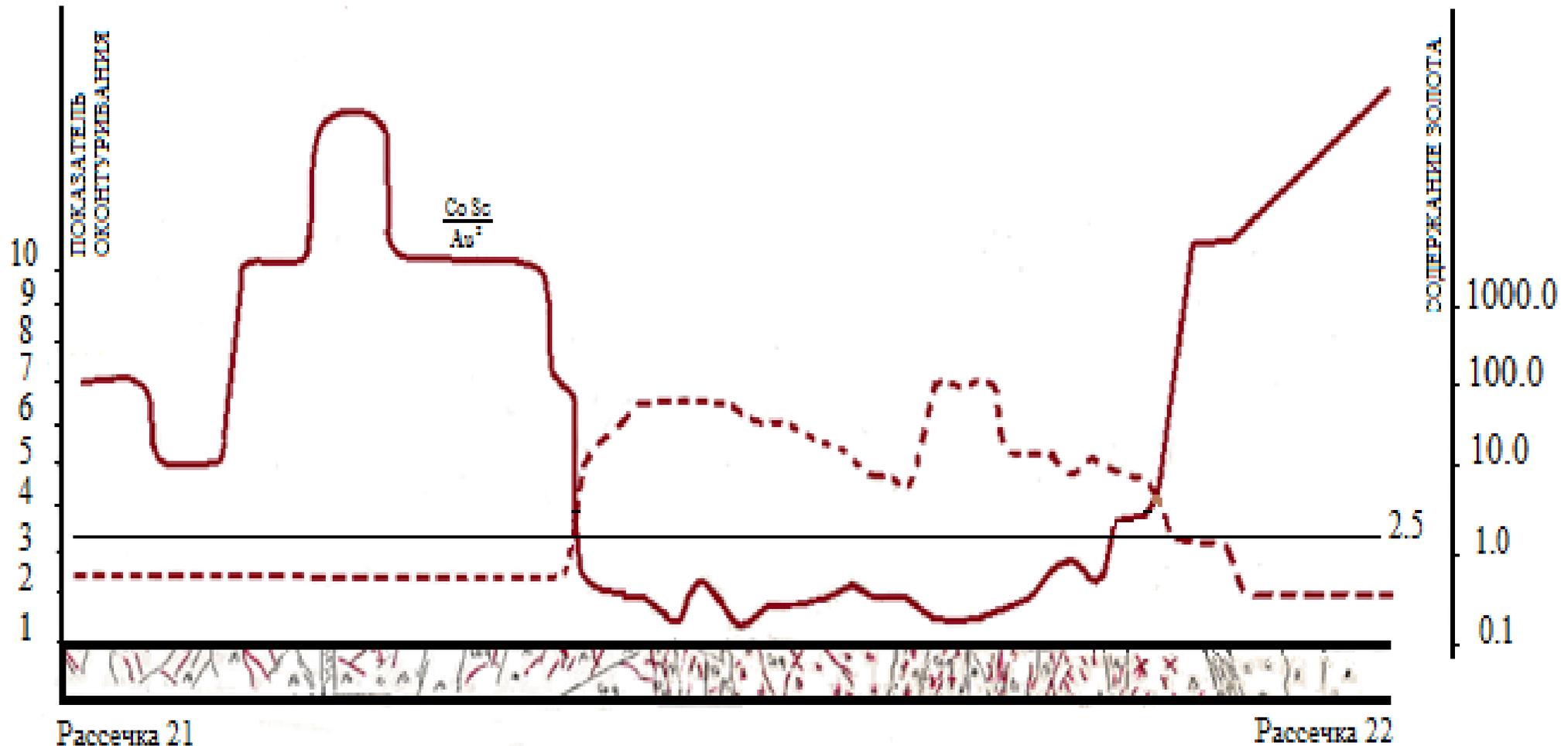


Мультипликативное отношение по золоторудному пересечению в черносланцевых толщах: – контуры рудного тела по бортовому содержанию (в условных единицах)



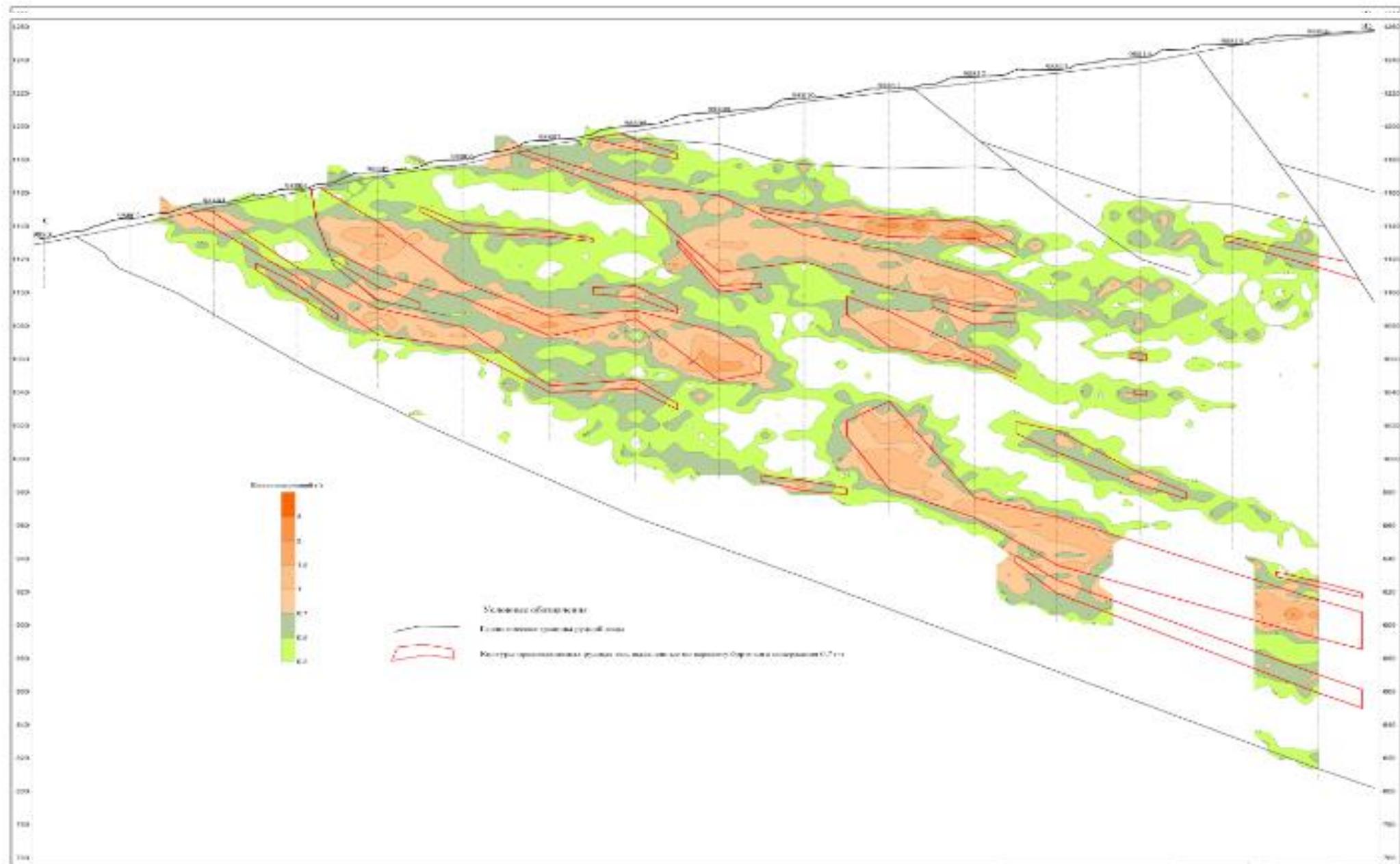
Оконтуривание рудного тела золотосеребряного месторождения в вулканитах: — концентрации золота в условных единицах

ОКОНТУРИВАНИЕ РУДНЫХ ТЕЛ ПО РАНЖИРОВАННОМУ ПОКАЗАТЕЛЮ $\frac{Co\ Sc}{Au^2}$

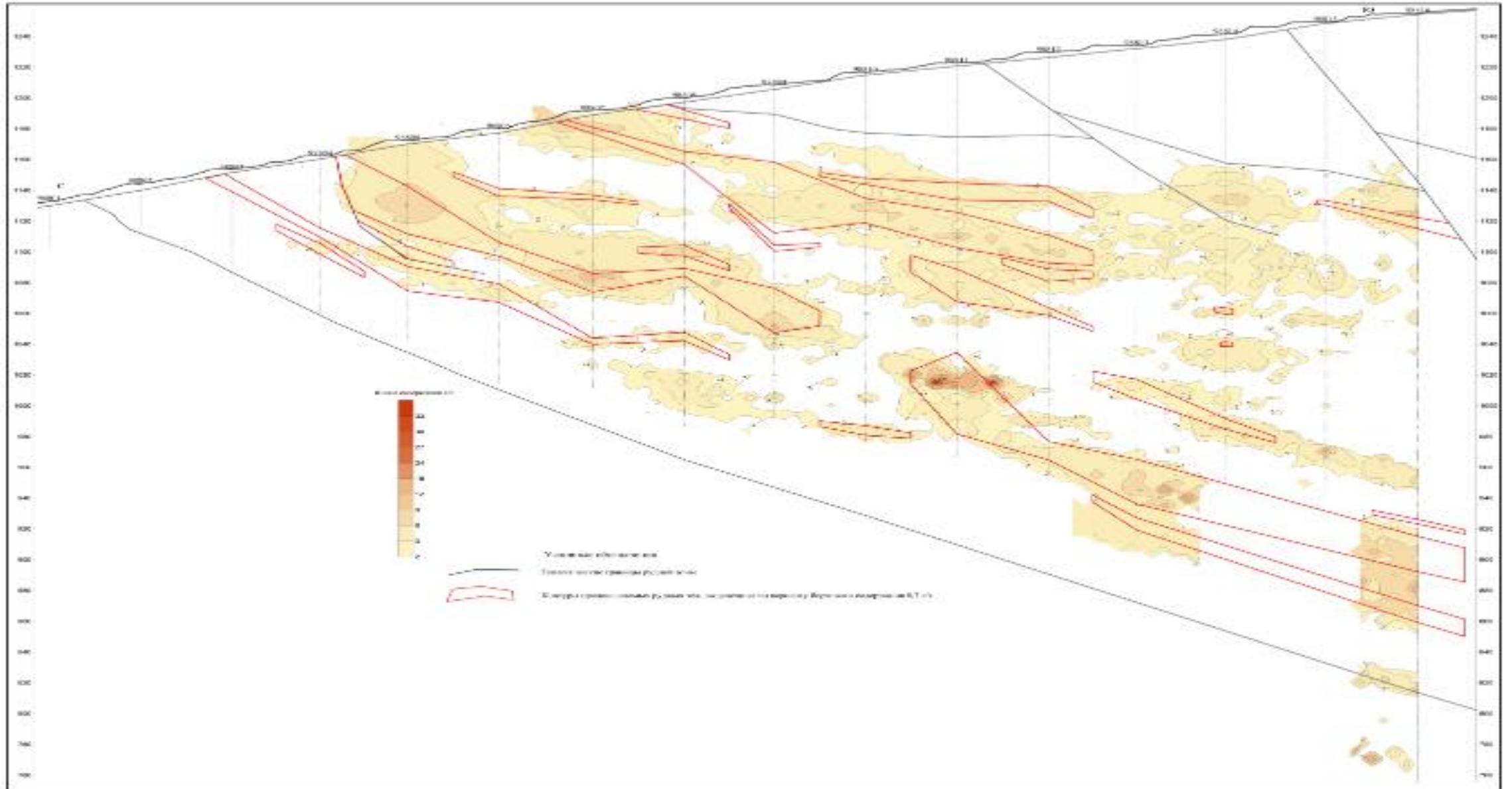


Для золоторудных месторождений локализованных в терригенно-осадочных пиритизированных породах, в пределах рудных зон, сложенных лимонит-кварц-калишпатовыми, метасоматитами по аркозовым песчаникам, наряду с Au отмечается целый ряд элементов - индикаторов оруденения (Ag,Mo,Sb) а также элементов-снижения концентраций. Применяемое бортовое содержание для оконтуривания рудных тел (рис.4) требует обоснованного выделения рудной зоны для применения коэффициента рудоносности, что может быть выполнено при использовании мультипликационного отношения с использованием ореолов деконцентрации Na, Mg, Zr (рис.4).

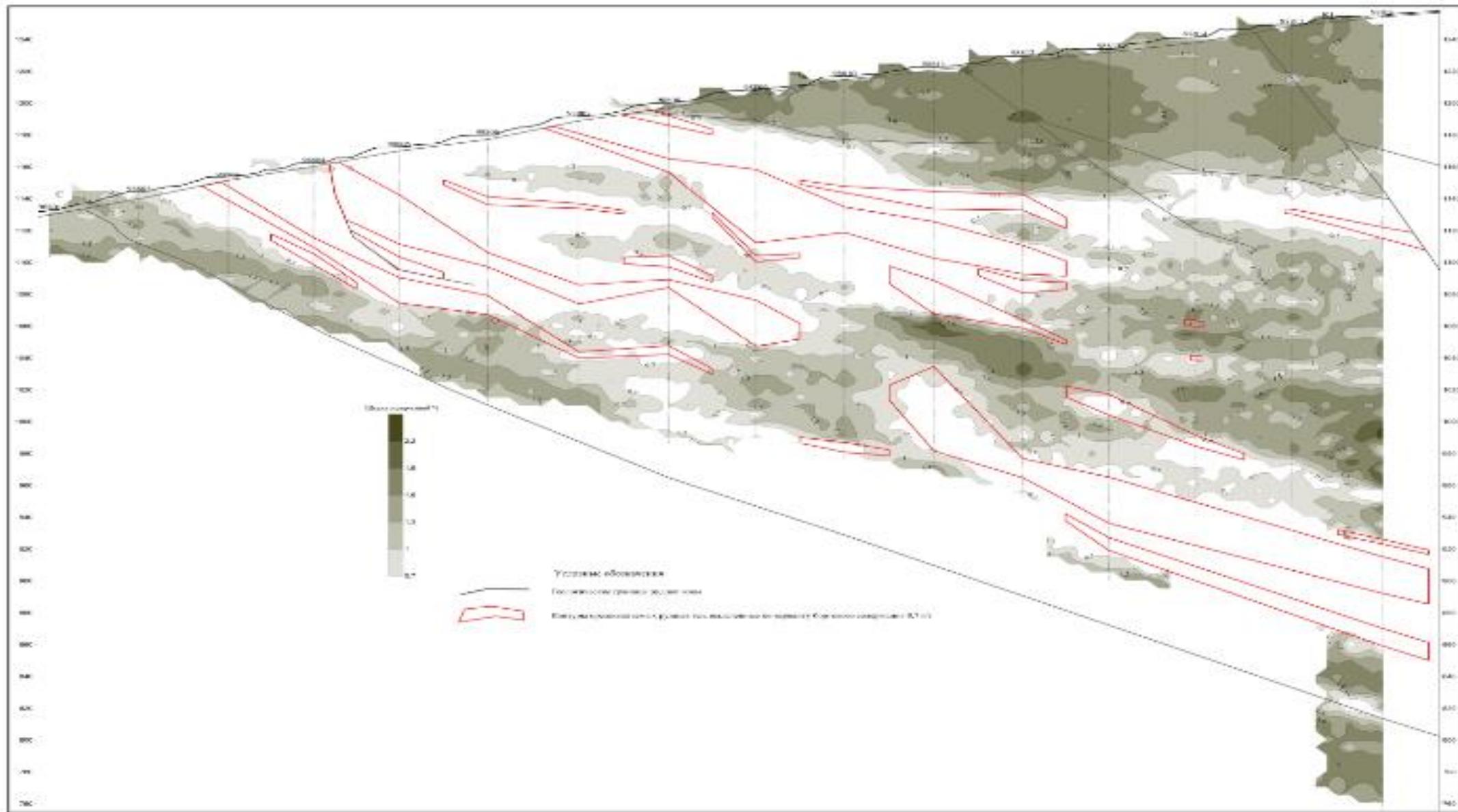
Au



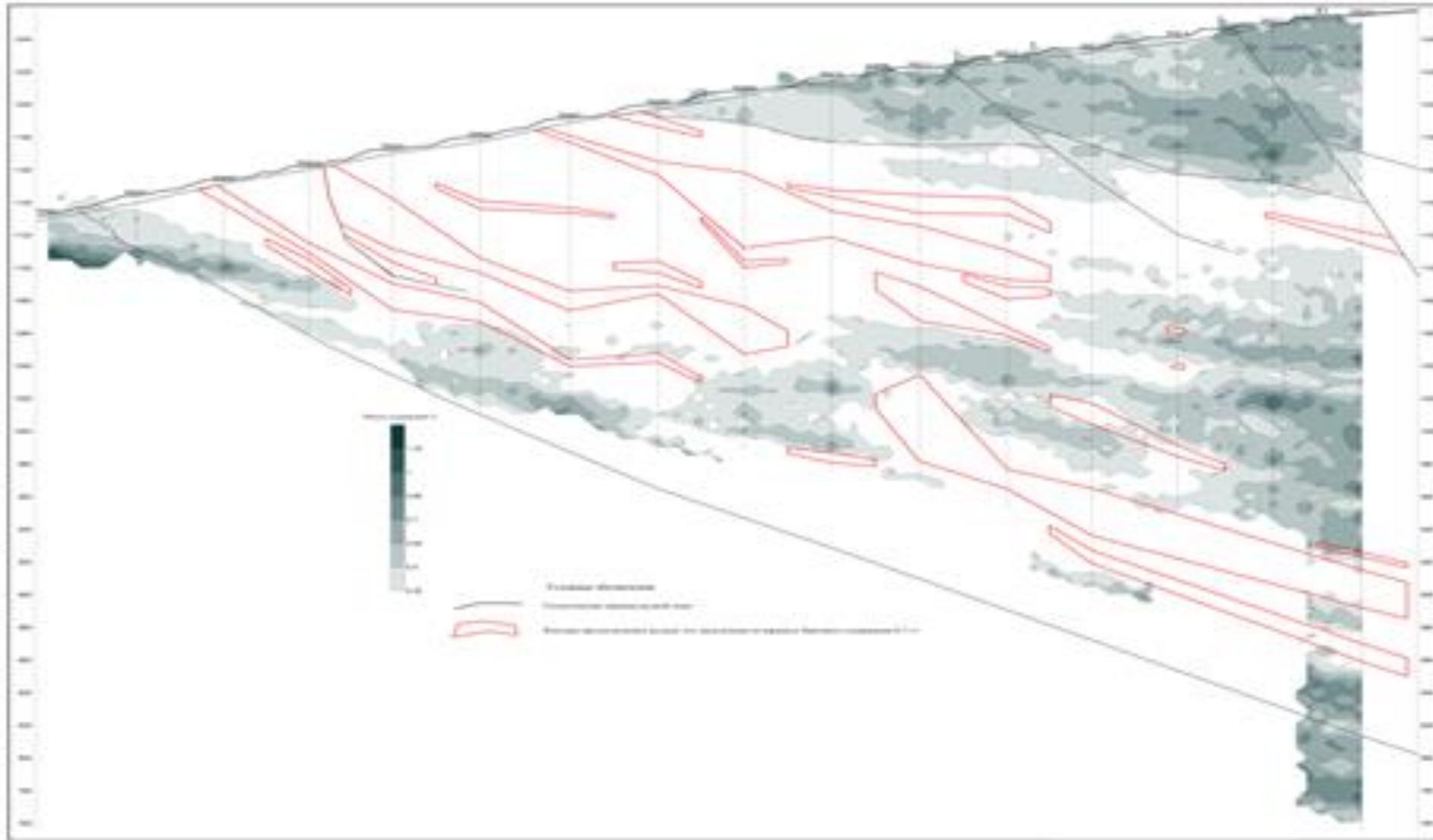
Ag



N a

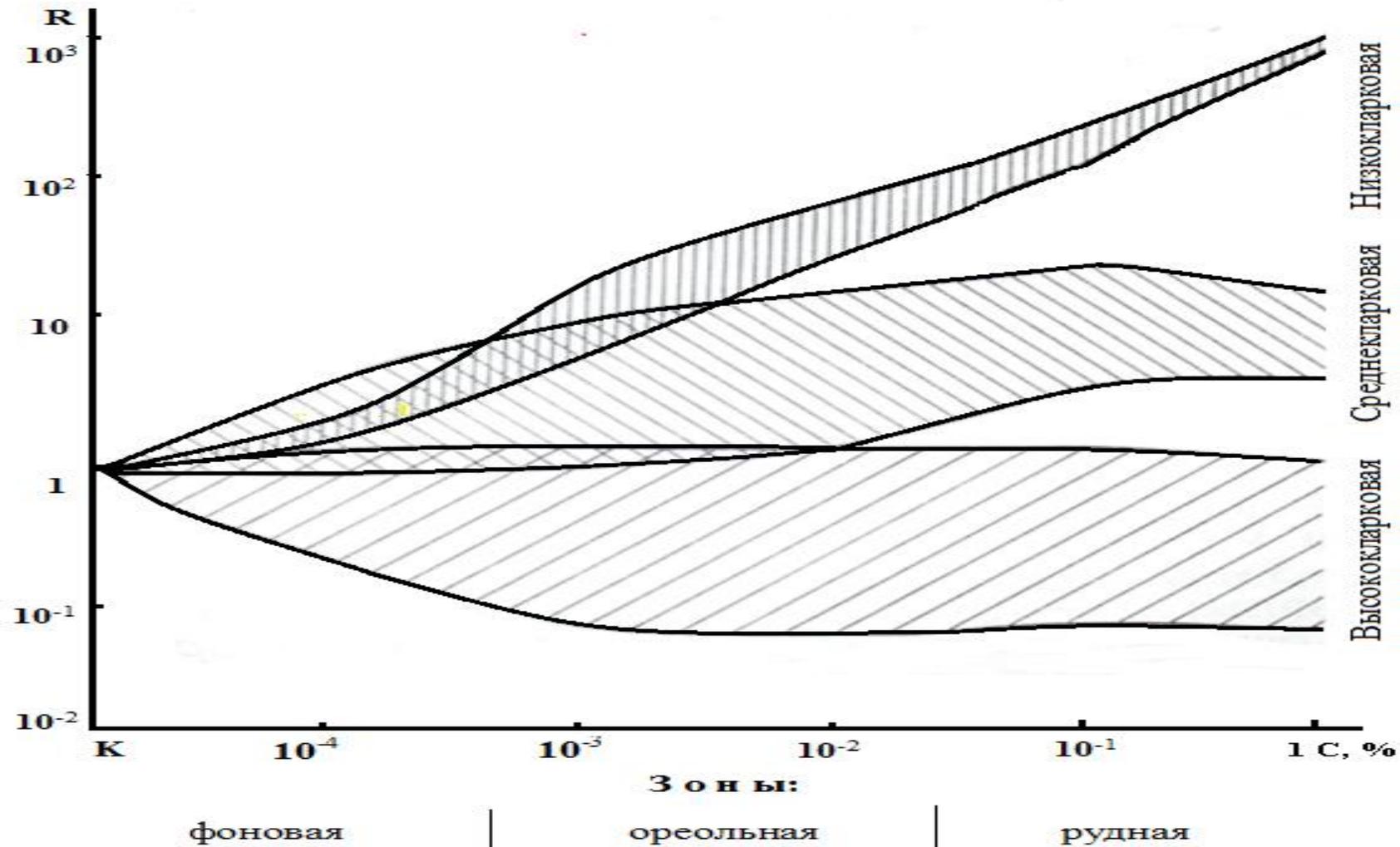


Mg



По результатам геохимических исследований на основе системного подхода предлагается методика оконтуривания областей потенциальной рудоносности разных масштабных уровней при оценке прогнозных ресурсов низкой обоснованности Р2-3. Предлагается использование концентрационной зональности, установленной и описанной в работах Н. И.Сафронова, Л.Н. Овчинникова, Е.В. Плющева, В.В.Шатова и др. , которая заключается в формировании различных кларковых рядов химических элементов, отличающихся степенью концентрирования в процессах рудообразования (табл.1).

. Схема постепенного концентрирования химических элементов различных кларковых рядов: К – кларки химических элементов различных кларковых рядов, R – степень концентрирования химических элементов



В результате для кларкового ряда, содержащего рудообразующие элементы, находящиеся в состоянии рассеяния или являющиеся микропримесями во внешних зонах иерархического ряда, создающие акцессорную минерализацию в промежуточных зонах (на уровне металлогенических зон, районов, узлов), приобретают породообразующее значение во внутренних зонах иерархической системы (месторождениях, рудных зонах, рудных телах).

При этом, объем растворов, определяющий распространение рассеянной минерализации в пределах обширных площадей преобразуется и создает аномально высокие концентрации рудных элементов в пределах площадей промышленных рудных образований.

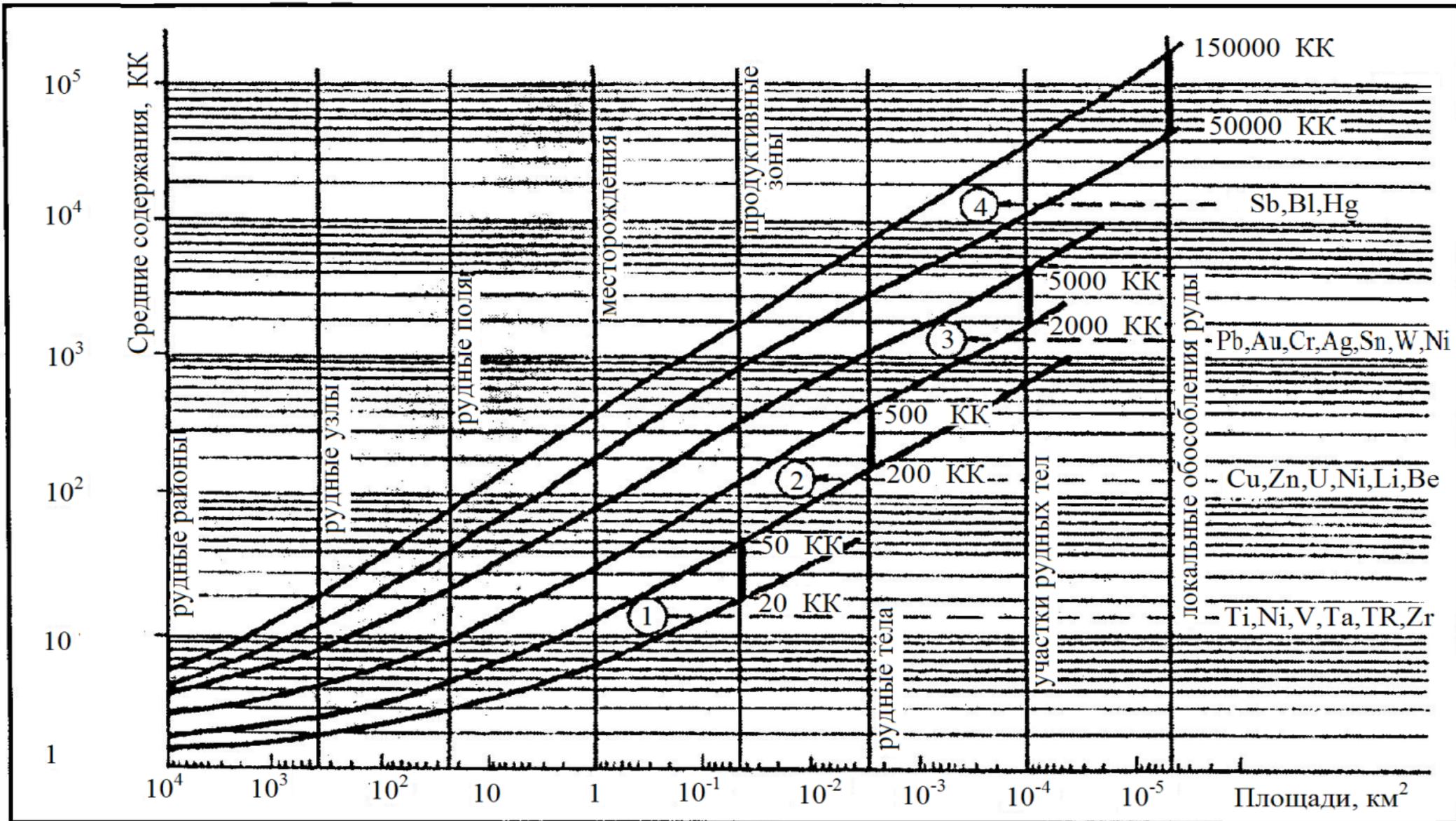
Фактически, в общем виде $K * V = C/K * v$, где K – кларк элемента в состоянии рассеяния, C/K – кларк концентрации элемента в рудном образовании, V -объем распространения растворов в состоянии рассеяния элементов, v –объем рудных образований.

Результаты анализа изменчивости основных статистических параметров химических элементов, определяющих металлогеническую специализацию Восточно - Забайкальской провинции, в зависимости от размеров скользящих окон сглаживания, показывают незначительные отличия при сокращении размеров сглаживающего окна в изменении средних концентраций и медианных значений концентраций элементов. Однако, резкое увеличение дисперсии определяется степенью избирательного группирования природной неоднородности рудообразующих элементов (2). При этом, характер изменения кривой дисперсии свидетельствует о наличии определенных элементов неоднородности по площади, наиболее оптимально выделяемых соответствующим размером окна сглаживания. Таким образом, приведенные исследования подтверждают наличие функциональных связей между концентрациями химических элементов в рудоносных участках недр и их размерами, отражающими иерархические уровни рудоносных образований.

•

На основании применения единой системы скользящих окон сглаживания, при обработке геохимических данных соподчиненных масштабных уровней, предлагается эмпирическая номограмма минимальных значений лимитных содержаний элементов, для целей оконтуривания сглаженных ореолов потенциально рудоносных систем различных иерархических уровней, которая позволяет выполнить ориентировочную оценку вероятной промышленной значимости потенциальных рудных районов, узлов, полей и месторождений по средним содержаниям рудных элементов в сглаженных ореолах и может быть использована для оценки прогнозных ресурсов (3).

Номограмма минимальных средних содержаний металлов в ореолах рудных образований различных иерархических уровней: 1, 2, 3, 4 – интервалы средних содержаний металлов в ореолах, установленных по данным выполненных исследований



По оси ординат номограммы, в логарифмическом масштабе отложены значения средних концентраций элементов-индикаторов оруденения в сглаженных литохимических ореолах, выраженные в кларках концентраций. По оси абсцисс, также в логарифмическом масштабе, показаны размеры площадей геохимических ореолов каждого иерархического уровня от рудного района до локального обособления, которые сопоставляются с площадями скользящих статистических окон, использованных при сопоставлении карт сглаженных ореолов конкретных иерархических уровней.

Применяемая методология позволяет не только оконтурить площади повышенных концентраций определенного масштабного уровня, но и обосновать закономерности их пространственного распределения в соответствии с геолого-структурными условиями локализации, дать количественную оценку ресурсов в пределах прогнозируемого объема, что является основанием для достоверной оценки прогнозных ресурсов.

Спасибо за внимание !