

## ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ОРУДЕНЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ И ДРУГИХ МЕТАЛЛОВ КАК ОСНОВА ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВ РУДНЫХ ПЛОЩАДЕЙ И РЕГИОНОВ

ЖАЙНАКОВ А.Ж, СУПАМБАЕВ К.С, КАБАЕВ О.Д,  
УСЕНКАНОВ Ж.  
izvestiya@ktu.aknet.kg

*Рассматриваются результаты обработки геоинформационных данных в пространственно-временном отношении по потокам рассеяния и шлиховым поискам. По результатам компьютерной обработки с помощью специализированных компьютерных программ устанавливаются критерии обнаружения промышленно значимых месторождений в пределах залежей, имеющих идентичные геологические ситуации*

Анализ имеющихся в недрах страны потенциальных ресурсов благородных и других металлов вместе с ожидаемым в перспективе развитием производства и потребления металлов показывает, что значение месторождений рассматриваемой группы по сравнению с другими промышленно-генетическими типами будет устойчиво возрастать. Исследования закономерностей их размещения, формирования и обработка геоинформации на основе новых компьютерных программ позволяют выделить потенциально перспективные площади.

Одним из ведущих направлений являются литогеохимические поиски по потокам рассеяния и шлиховым поискам, которые производились по схеме: *рудный район* (база данных), выделенный в масштабе карты 1:500000- объект исследования (как часть иерархической системы), а объектами оценки (поисков) рассматривались *потенциальные рудные узлы*, которые одновременно являются объектами исследования для поисков на их площадях *потенциальных рудных полей* в масштабе 1:50000, в свою очередь рудные поля рассматриваются как объекты исследования для поисков *потенциальных месторождений* в масштабе 1:10000 и тд.

Данное направление в последние годы интенсивно развивается в России, США, Канаде, Австралии и др. Создание моделей позволяет объединить знания геологов различных направлений и специалистов других дисциплин.

Территория Кыргызстана характеризуется широким развитием благороднометалльного оруденения. В процессе его изучения накоплен обширный материал, освещающий геологические, минерало-геохимические, структурные и другие особенности месторождений и рудопроявлений. Систематизация обширного описательного материала, свертывание и увязка информации заставляют обратиться к модельным построениям рудных залежей по геоаналитическим данным.

Построение генетических моделей на геоинформационной основе образования различных типов рудных месторождений является естественной частью, целью и, в определенной мере, итогом их изучения.

Построение компьютерной генетической модели на геоинформационной основе подразумевает максимально полное познание всей системы формирования данного объекта (или типа месторождения), начиная от источников рудного вещества, способов их переноса до условий концентрации.

Авторы придерживаются мнения, что для выбора объекта модельных построений на основе компьютерной программы необходимо соблюдать ряд методических и целевых условий. С одной стороны, это должна быть группа месторождений, отвечающая требованиям единства, то есть формирование месторождения обусловлено единым рудообразующим процессом и происходит в идентичных геологических условиях. С другой стороны, рудные залежи должны быть определенного промышленного генетического типа.

Итак, исходя из приоритетности, объектами изучения для построения генетической компьютерной модели стали месторождения, рудопроявления, сосредоточенные в определенных рудоносных толщах, рудных зонах Таласского региона.

Из множества существующих в мире методов обработки данных литохимических поисков по потокам рассеяния и шлиховым поискам нами выбран относительно простой и наиболее эффективный метод анализа *поверхности тренда (тренд-анализ)*, использующий эмпирические данные- концентрации рудных элементов и их минералов-концентраторов (элементов и минералов-индикаторов оруденения) в литохимических и шлиховых пробах с функциями географических координат  $c=f(x,y)$  точек (мест отбора проб) в пространстве, т.к. параметры этих функций определяются из условий возможного наилучшего приближенного совпадения полученных результатов обработки и исходных данных по способу наименьших квадратов. Применение этого метода обработки данных и интерпретации результатов основано на выявлении и изучении закономерностей размещения рудоконцентрирующих структур путем геометризации распределения *концентрации* (или *рассеяния*) элементов-индикаторов и минералов их концентраторов на конкретных площадях.

Сущность *тренд-анализа* заключается в сглаживании содержаний элементов и минералов-индикаторов оруденения "скользящим статистическим окном", определяющим в качестве параметра распределения концентраций и параметра оценки перспектив площадей- "*скользящее среднее*", величина которого зависит от числа проб в скользящем окне и числа последовательных сглаживаний, постепенно приближаясь к исходным (природным) данным (Питулько, Крицук ., 1990).

При использовании метода перед обработкой и интерпретацией геолого-геохимических данных в качестве примера выбраны (определены) *качественные* и *количественные характеристики исследуемой системы*- Таласский рудный район, где выделены перспективные геологические объекты - рудоносные площади, структуры и т.д. Качественными характеристиками перспективных на обнаружение рудных проявлений выбраны реально существующие в районе следующие *иерархические системные уровни* (в дальнейшем называемые *иерархическими уровнями*): рудные узлы, рудные поля, месторождения, рудные тела..., а количественными характеристиками - величины концентраций элементов-и минералов-индикаторов оруденения (числовые значения свойств соответствующих элементов неоднородности, 7-11). Для выявления перспективных геологических структур - иерархических уровней любого масштаба предварительно обобщены установленные поисковые критерии (прямые и косвенные), а для прогнозирования и оценки перспектив рудоносности этих структур применены количественные методы *генерализации* качественных и количественных характеристик иерархических уровней. Рудные проявления полезных ископаемых любого ранга, как правило, характеризуются сложным и прерывистым строением, ограничены физическими параметрами в объеме вмещающих их геологических структур более высокого порядка, и в процессе проведения поисково-съёмочных работ практически не выявляются непосредственно в пунктах наблюдения (или на элементарных площадях).

Оценка перспектив рудоносности геологических структур производилась по совокупности благоприятных поисковых критериев и наличию аномальных концентраций элементов- и минералов-индикаторов оруденения. Благоприятные поисковые критерии в рудном районе выявлены и изучены в процессе проведения разномасштабных комплексных геолого-геохимических поисков и поисково-съёмочных работ. Для обработки комплексной геолого-геохимической информации по рудному району использован метод выявления вторичных литохимических и минералогических (шлиховых) аномалий путем геометризации концентраций элементов-и минералов-индикаторов по пунктам отбора проб, т.е. по *всей* площади опробования, где средние значения концентраций рудных элементов (Au, Ag, Cu, Pb и Zn - величины геохимического фона определялись в "*скользящих статистических окнах*").

В Таласском рудном районе для оценки (поисков) потенциальных рудных узлов использовано статистическое окно размером 5x5км, для выявления на их площадях рудных полей- окно размером 1x1км, а для поисков месторождений- окно размером 0.2x0.2км. В таблице № 1 приведены значения вычисленных средних концентраций (геохимического фона) по металлогеническим зонам и по всей площади Au, Ag, Cu, Pb и Zn при доверительной вероятности P=99% (уровень значимости q=1%). На рисунках (1-3) показаны вторичные литохимические аномалии по потокам рассеяния Au, Ag, Cu, Pb и Zn, выявленные по сглаженным средним содержаниям, вычисленным при геометризации иерархических уровней с использованием скользящих статистических окон размерами 5x5 и 1x1км, генерализованным по площадям, сопоставимым, соответственно, с минимальными площадями потенциальных рудных узлов и рудных полей, а прогнозирование потенциальных месторождений можно предложить исходя из результатов поисков рудных полей, где месторождения (размер окна 0.2x0.2км) рассматриваются как элементы неоднородности во внутренних структурах оцениваемых

рудных полей. Последние, в свою очередь- как элементы неоднородности в строении оцениваемых рудных узлов. Ниже приводятся описания лито-и шлиховых аномалий только **золота и серебра**.

Таким образом, с использованием системного подхода рудоносные площади разных иерархических уровней выделены эмпирически, путем последовательного перебора множества вариантов сглаживания результатов опробования при различных размерах статистического окна. В пределах рудного района последовательно выделены: потенциальные рудные узлы, рудные поля (рудные месторождения, рудопроявления и т.д.).

Выделение литохимических (и шлиховых) аномалий всех перечисленных выше элементов-индикаторов, производилось последовательно, путем вычитания значений их геохимического фона в аномалиях более высокого уровня из средних содержаний в аномалиях более низкого уровня: изоконцентрации элементов, вычисленные сглаживанием исходных данных при размере статистического окна 5x5км (исследуемый объект - рудный узел) вычитались из средних концентраций, определенных при сглаживании окном при размере 1x1км (оцениваемый объект- потенциальное рудное поле), а изоконцентрации, вычисленные при этом окне, вычитались из средних значений концентраций, рассчитанных при сглаживании окном размера 0.2x0.2км (оцениваемый объект- потенциальное месторождение).

Здесь для последовательного выявления литохимических аномалий различного уровня по величинам концентраций (изоконцентраций) элементов-индикаторов различного ранга на площадях, сопоставимых с потенциальными рудными узлами, рудными полями и т. д., использованы такие качественные характеристики аномальных площадей как региональный, районный, местный, площадной геохимический фон. При выявлении литохимических (и шлиховых) аномалий утроенные средние содержания элементов (минералов), вычисленные по всей площади работ (размер скользящего окна- 20x20км), принимались за геохимический фон уровня потенциальных рудных узлов (размер окна- 5x5км), утроенное значение которого соответствует минимальному значению аномалии (внешний контур) на уровне рудных полей с размером статистического окна- 1x1км и, наконец, тройной геохимический фон этого уровня соответствует минимальному значению аномальных концентраций уровня потенциальных месторождений (размер окна- 0.2x0.2км). Внутреннее строение аномалий определялось путем проведения серии изолиний, отличающихся друг от друга по уровню концентраций, кратных 3-м, в сторону повышения и выраженных в г/т и геофонах, т.е. в контурах аномалий выделены 2-4 градации, где каждая последующая градация по уровню содержаний в 3 раза выше предыдущей (3, 9, 27 и т. д. геофонов (гф)).

Количественная интерпретация выявленных литохимических (и шлиховых) аномалий элементов-индикаторов оруденения производилась путем определения соотношений минимально-аномальных содержаний, площадей аномалий на низших и высших иерархических уровнях и их площадных продуктивностей на этих же уровнях: 1) соотношения среднеаномальных содержаний-  $\bar{C}_1; \bar{C}_2$ ; 2) соотношения площадей аномалий-  $S_1; S_2$ ; 3) соотношения площадных продуктивностей аномалий-  $P_1; P_2$ , где  $\bar{C}_1, \bar{C}_2$  - среднеаномальные содержания на низшем и высшем уровнях аномалий;  $S_1, S_2$  площади аномалий на низшем и высшем уровнях;  $P_1, P_2$ - площадные продуктивности аномалии, соответственно, на низшем и высшем иерархических уровнях. Таким образом, количественная интерпретация выявленных литохимических аномалий с установлением соотношений численных характеристик, выраженных в геофонах и т.д. на смежных иерархических уровнях, позволила получить принципиально новые критерии оценки *интенсивности* и *экстенсивности* аномалии, для выявления перспективных площадей.

Ниже приводится методика количественной интерпретации литохимических аномалий (рис. 1, 2) на примерах изучения вторичных ореолов **Ag** и **Au**, где соотношения критериев определялись на смежных уровнях- рудного узла и рудного поля, причем, при оценке выбрана для наглядности средняя градация аномалии низшего уровня (рудного поля) со среднеаномальной концентрацией  $Ag-2.7$  г/т (81 геофон), а на высшем уровне аномалии (рудного узла) его среднеаномальное содержание (изолиния концентраций) равно-  $0.9$ г/т (27 геофонов).

Соотношения среднеаномальных содержаний, площадей аномалий и площадных продуктивностей  $Ag$  определялись в аномалиях (при размере скользящего окна 1x1км), условно обозначенных как аномалии 1 и 2 (Курганское оловянно- полиметаллическое рудное поле) показаны на рис. 2, описывающие по площадям рудные узлы. Аномалия 1 имеет размеры: средняя ширина-  $6.5$ км, длина-  $12.2$ км, площадь  $S_2- 79.3$ км<sup>2</sup>, среднеаномальное содержание  $\bar{C}_2- 0.9$ г/т (27 геофонов). Площадная продуктивность  $P_2= \bar{C}_2 * S_2= 71.4$ г/т км<sup>2</sup> или  $2141.1$ гфкм<sup>2</sup>. В контуре аномалии выделены три изолированных относительно локальных ореола меньших размеров, соответствующих по

площадям трем рудных полям, суммарная площадь которых  $\sum_1^3 S_1 = 33 \text{ км}^2$ , среднеаномальное содержание  $\bar{C}_1 = 2.7 \text{ г/т}$  (81 геофон), суммарная площадная продуктивность  $\sum_1^3 P_1 = 89.1 \text{ г/т км}^2$  или  $2673 \text{ гф км}^2$ . Соотношения определенных параметров аномалии низшего иерархического уровня к этим же параметрам аномалии высшего уровня:

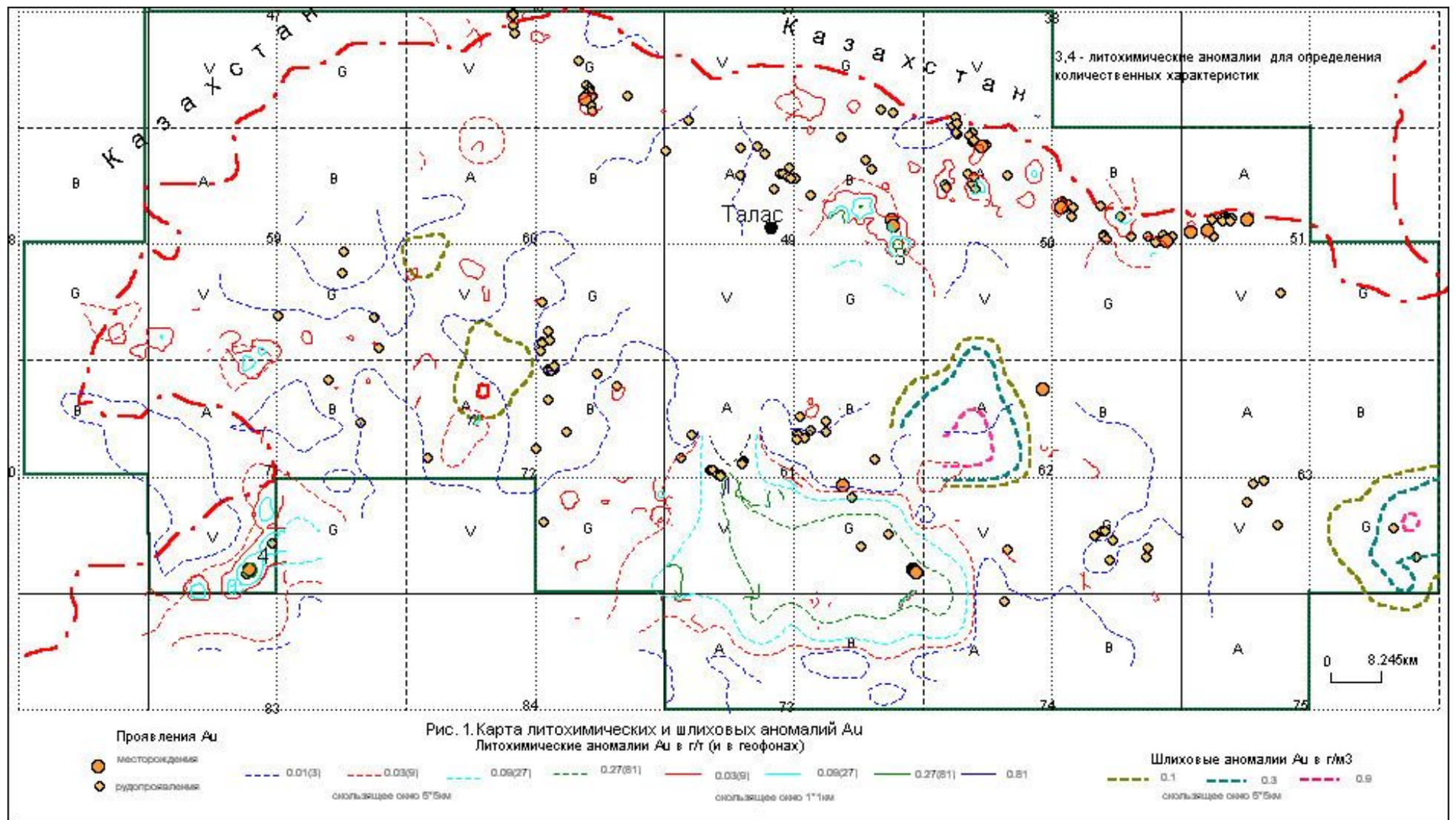
- 1)  $\bar{C}_1 : \bar{C}_2 = 2.7 : 0.9 = 3$ ;
- 2)  $S_1 : S_2 = 33 : 79.3 = 0.42$ ;
- 3)  $P_1 : P_2 = 89.1 : 71.4 = 1.25$ .

Таблица-1

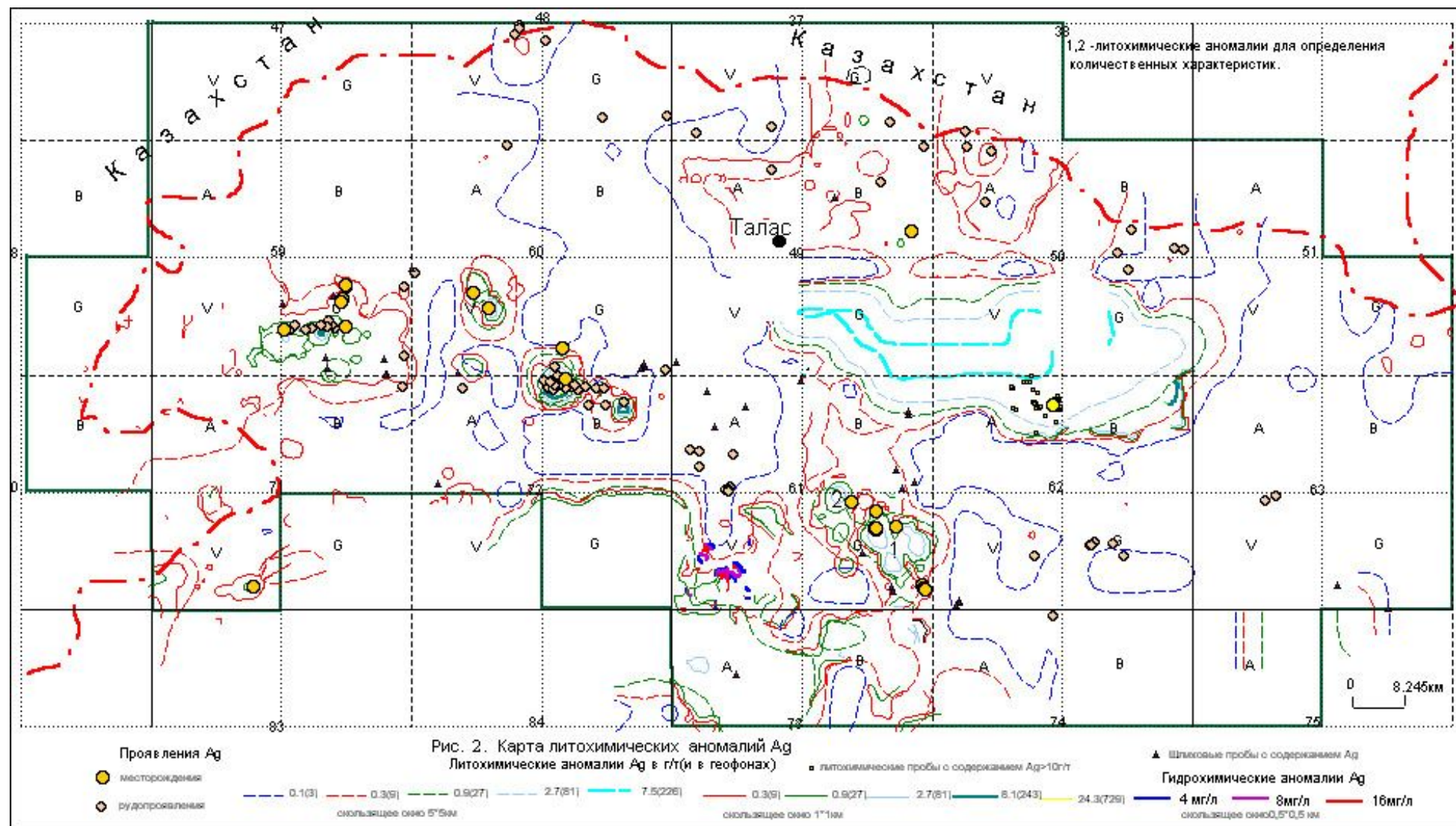
Таблица средних концентраций элементов по металлогеническим зонам

Металлогенические зоны												
	Зона 2	Зона 3	Зона 4	Зона 5	Зона 6	Зона 7	Зона 9	Зона 16	Зона 17	Зона 19	Зона 20	По району
<b>Ag</b>												
Среднее	0.1	0.1	0.03	0.02	0.1	0.03	0.1	0.1	0.3	0.05	0.02	0.1
Станд. отк. S	0.11	0.5	0.07	0.04	0.1	0.04	0.1	0.1	0.6	0.2	0.04	
Дисперсия S <sup>2</sup>	0.01	0.3	0.005	0.001	0.01	0.002	0.01	0.02	0.4	0.06	0.002	
Минимум	0.2	0.07	0.08	0.08	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.02
Максимум	0.9	30	1	0.1	0.3	0.12	0.75	0.4	2.25	2.25	0.15	500
<b>Au</b>												
Среднее	0.0002	0	0	0.0002	0	0.0001	0	0.0007	0.001	0	0	0.0002
Станд. отк. S	0.0008	0	0	0.0008	0	0.0008	0	0.002	0.003	0	0	
Дисперсия S <sup>2</sup>	0.0000007	0	0	0	0	0.000001	0	0.000003	0.00001	0	0	
Минимум	0	0	0	0	0	0.004	0	0.004	0.004	0	0	0.00012
Максимум	0.005	0	0	0.005	0	0.005	0	0.009	0.02	0	0	5
<b>Pb</b>												
Среднее	20.3	22	26	14	25	25	32	25	22	17	20	23
Станд. отк. S	11.38	11	21	6	12	12	14	14	16	10	10	
Дисперсия S <sup>2</sup>	129.59	126	460	33	148	149	201	183	244	108	108	
Минимум	0.9	1	2.5	2	2.5	1.5	9	2.5	1	1	1	1
Максимум	50	50	500	30	50	60	90	70	90	40	40	12000
<b>Zn</b>												
Среднее	108.1	73	82	96	83	106	150	97	92	70	93	95
Станд. отк. S	65.64	62	71	55	60	77	40	58	73	55	54	
Дисперсия S <sup>2</sup>	4308.16	3852	5019	2979	3569	5878	1623	3339	5264	3072	2942	
Минимум	15	15	30	20	20	20	30	30	20	10	10	10
Максимум	300	200	200	200	200	300	200	200	300	200	200	45000
<b>Cu</b>												
Среднее	30.0	28	37	34	37	28	25	37	27	17	18	29
Станд. отк. S	01.5	12	22	14	16	12	11	15	18	10	9	

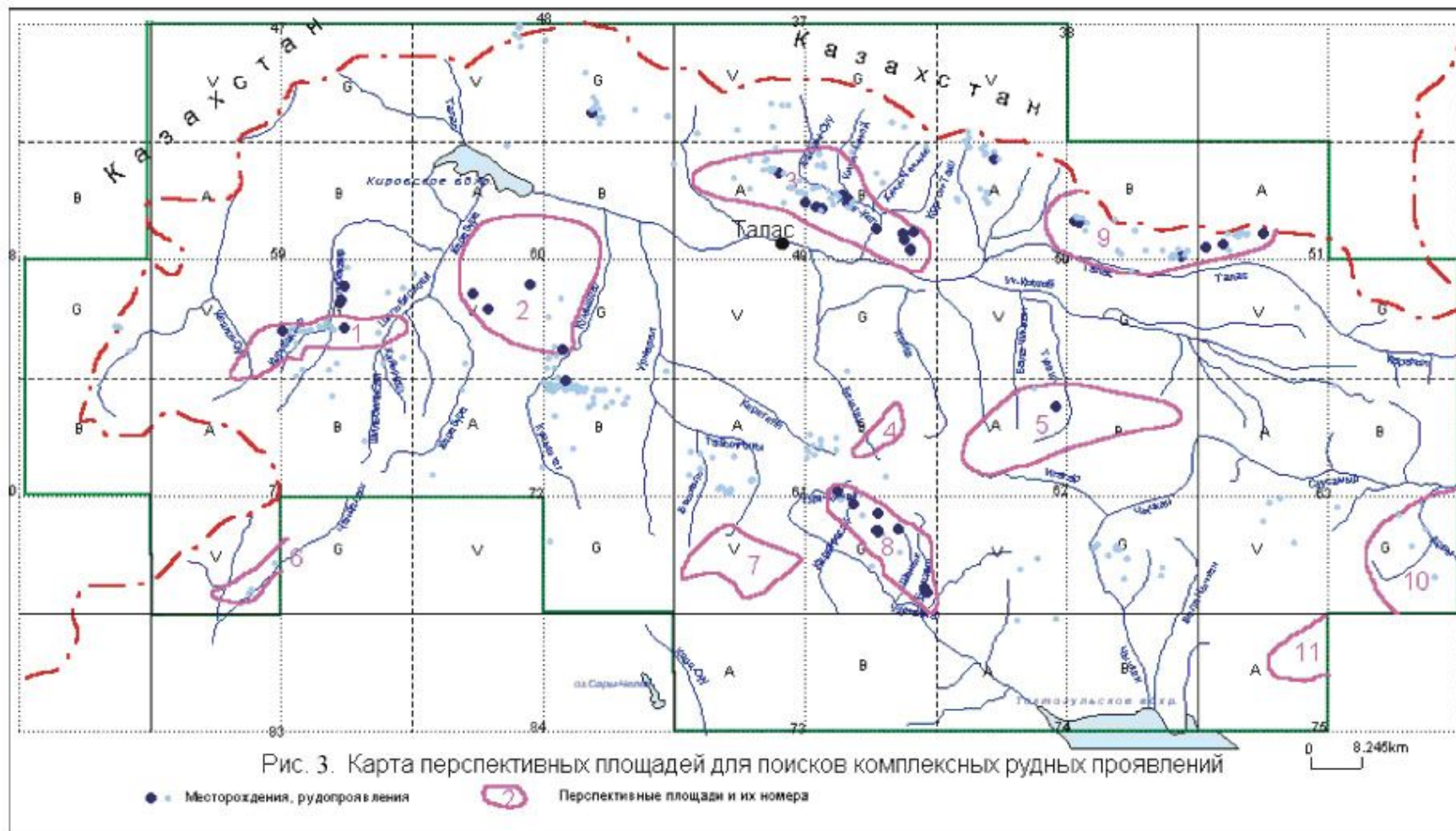
Дисперсия S <sup>2</sup>	239	150	506	198	257	150	116	233	318	104	86	
Минимум	3	7	10	7	7.5	7.5	10	6	1	1	3	1
Максимум	70	70	700	70	90	50	50	90	90	50	40	10000
<b>Число проб</b>	51574	34614	3134	2536	33704	12971	751	4882	8936	3858	3028	159988











Аномалия 2 имеет площадь  $S_2$ - 19.6км<sup>2</sup> на высшем иерархическом уровне, а на низшем уровне  $S_1$ - 4.85км<sup>2</sup>; среднеаномальные содержания и площадные продуктивности соответственно  $\bar{C}_2$ - 0.9г/т (27 геофонов),  $\bar{C}_1$ -2.7г/т (81 геофон) и  $P_2$ -17.64г/т км<sup>2</sup>(529гф км<sup>2</sup>),  $P_1$ -13.1г/т км<sup>2</sup> (393гф км<sup>2</sup>).

Соотношения параметров:

- 1)  $\bar{C}_1:\bar{C}_2=2.7:0.9=3$ ;
- 2)  $S_1:S_2=4.85:19.6=0.25$ ;
- 3)  $P_1:P_2=13.1:17.64=0.74$

Определение соотношений параметров вторичных аномалий **золота** производилось на площадях относительно локальных аномалий, обозначенных как аномалии 3 (Караджилгинский оловянно-редкоземельный рудный узел) и 4 (Чааратское золото-сурьмяное рудное поле).

Аномалия 3 со среднеаномальной концентрацией 0.09г/т (27 геофонов) по площади соответствует рудному узлу, а внутри ее более локальная аномалия со среднеаномальным содержанием 0.27г/т (81 геофон) по площади соответствует в иерархическом уровне рудному полю (скользящее окно 1х1км). Для определения площадной продуктивности- аномалии по форме в плане условно приняты в виде *круга*. Параметры аномалии высшего иерархического уровня  $\bar{C}_2$ - 0.09г/т (27 геофонов),  $S_2=8.35$ км<sup>2</sup> при радиусе 1.63км,  $P_2=0.75$ г/ткм<sup>2</sup> или 225гфкм<sup>2</sup>. Параметры аномалии низшего иерархического уровня:  $\bar{C}_1$ -0.27 (81 геофон),  $S_1=2.1$ км<sup>2</sup> при радиусе ореола 0.815км,  $P_1=0.57$ г/т км<sup>2</sup> или 170гф км<sup>2</sup>.

Соотношения параметров:

- 1)  $\bar{C}_1:\bar{C}_2=3$ ;
- 2)  $S_1:S_2=0.25$ ;
- 3)  $P_1:P_2=0.76$

Аномалия 4 со среднеаномальной концентрацией 0.09г/т (27 геофонов) по площади соответствует рудному узлу, вытянута в СВ направлении на 10.7км при средней ширине около 3.3км, а в ее контуре выделен локальный ореол, который со среднеаномальной концентрацией 0.27г/т (81 геофон) по площади соответствует иерархическому уровню рудного поля (скользящее окно 1х1км). Параметры аномалий:  $\bar{C}_2$ -0.09г/т (27гф);  $\bar{C}_1$ -0.27г/т (81гф);  $S_2=27.5$ км<sup>2</sup>;  $S_1=3.4$ км<sup>2</sup>;  $P_2=2.5$ г/т км<sup>2</sup> (742.5гф);  $P_1=0.92$ г/т км<sup>2</sup> (275.4гф). Соотношения параметров: 1)  $\bar{C}_1:\bar{C}_2=3$ ; 2)  $S_1:S_2=0.12$ ; 3)  $P_1:P_2=0.37$

Анализ соотношений параметров аномалий, геометризованных с использованием изолиний, построенных методом скользящего окна, показал, что в случае обработки данных *телескопированных признаков* определяются суммарные информационные веса, выраженные набором соотношений параметров аномалий, и, по эмпирическим данным группы исследователей [1, 2, 3, 4, 5] эти информационные веса значением больше 0.5-0.7 характеризуют (описывают) потенциальные рудоносные площади различных иерархических уровней. В нашем случае подобные суммарные информационные веса были использованы на смежных иерархических уровнях аномалий, соответствующих по площадям рудному узлу и рудному полю, поэтому, естественно, полученные значения отличаются от данных указанных авторов. Значения суммарных информационных весов, определенных в аномалиях серебра и золота, находятся в более широких пределах: 3.49-4.01, что вполне можно использовать для оценки перспектив площадей (аномалий) уровня рудного поля, прогнозировать потенциальные конкретные рудные объекты на площадях аномалий с высокой вероятностью надежности, т.к. эти количественные критерии по величине характеризуют рудоносные (*интенсивные* аномалии). Интервалы значений 0.5-0.7 и меньше соответствуют зонам рассеянной минерализации или *экстенсивным* аномалиям. По площадям выявленные аномалии точно соответствуют смежным иерархическим уровням – рудным узлам (высший уровень – до десятков км<sup>2</sup>) и рудным полям (низший уровень – первые км<sup>2</sup>).

*Шлиховые* поиски проводились практически по всей площади, результаты шлихового анализа обработаны по той же методике, что и результаты литохимических поисков по потокам рассеяния, и они рассматриваются на рис 1-2.

В результате обработки и интерпретации выявленных аномалий выделены 10 разномасштабных площадей, признанных как перспективные на обнаружение комплексных рудных проявлений, где необходимо проведение детальных поисков.

Таким образом, при обработке и интерпретации данных литохимических поисков по потокам рассеяния и шлиховых поисков:

- выделены перспективные геологические объекты - рудоносные площади, структуры и т.д.
- установлены реально существующие в районе иерархические системные уровни;
- выявлены уровни концентраций элементов -и минералов-индикаторов оруденения;
- после обработки и интерпретации компьютерной программой получены вторичные литохимические аномалии золота и серебра;
- в результате обработки и интерпретации выявленных аномалий выделены 10 разномасштабных площадей, признанных как перспективные на обнаружение комплексных рудных проявлений.

### **Литература**

1. Григорян С.В., Морозов В.И. Вторичные литохимические ореолы при поисках скрытого оруденения.– М.: Наука, 1984.
2. Григорян С.В. Первичные геохимические ореолы при поисках и разведке рудных месторождений. – М.: Недра, 1987.
3. Каждан А.Б. и др. Интерпретация результатов литогеохимического опробования методом последовательной генерализации исходных данных. Геология и разведка № 2, М.1986г. стр.96-104.
4. Питулько В.М., Крицук И.Н. Основы интерпретации данных поисковой геохимии. – Ленинград: Недра, 1990.
5. Соловов А.П. и др. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых. – М.: Недра, 1990.