

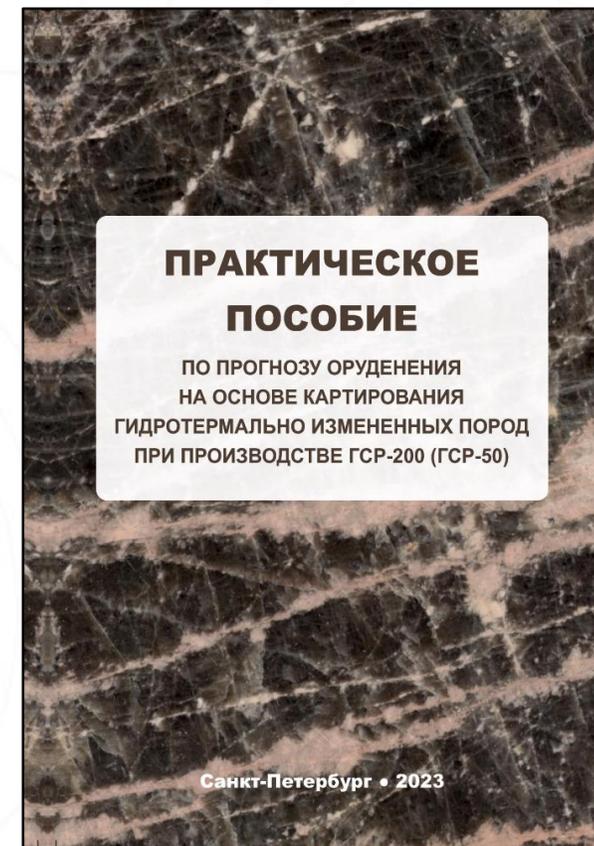
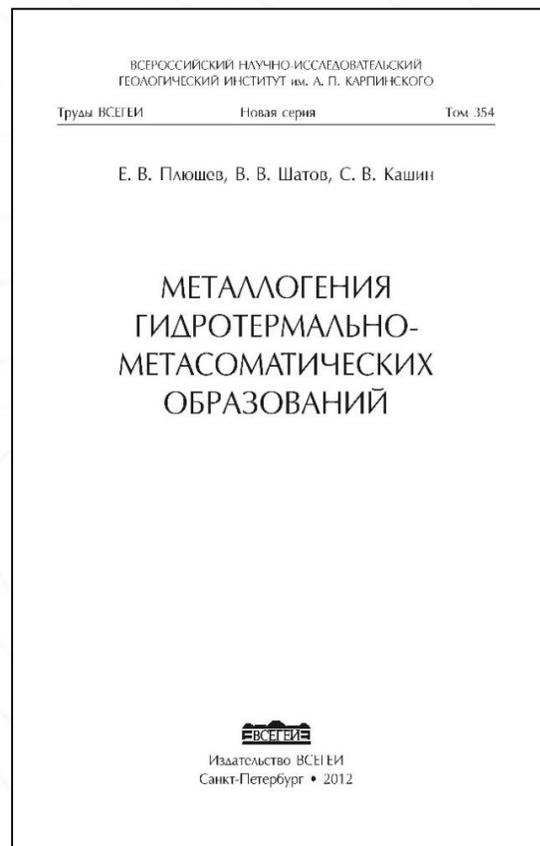
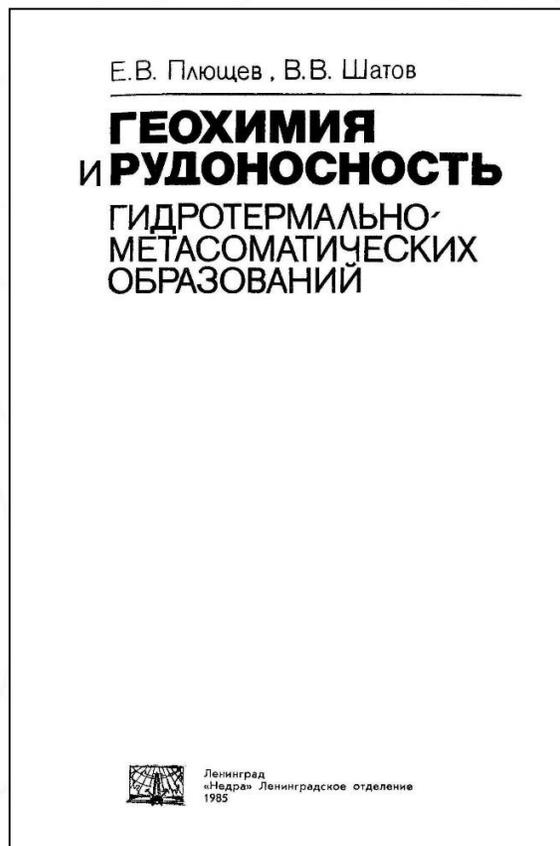
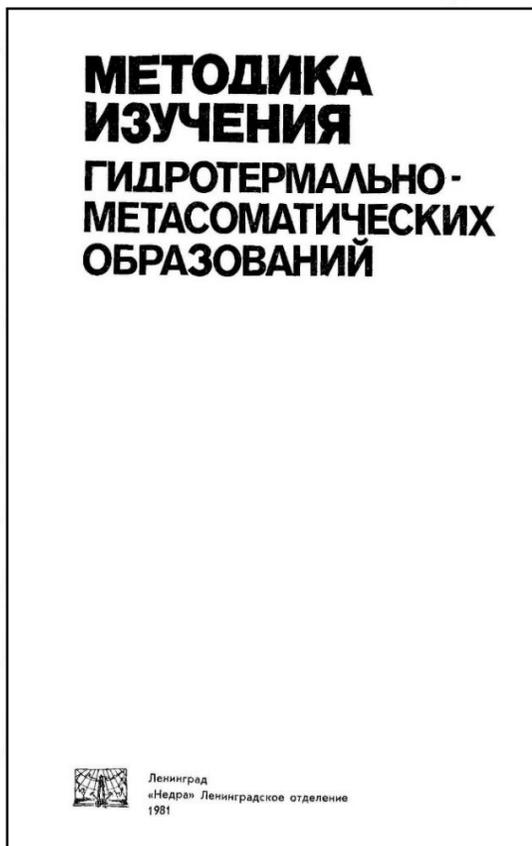


ВСЕРОССИЙСКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ ИМ. А. П. КАРПИНСКОГО

Прогноз оруденения на основе петрографо-геохимического изучения и картирования полей гидротермально измененных пород

Авторы: Шатов В.В.
Белова В.Н.
Леонтьев В.И.

Специальная методика крупномасштабного картирования слабо проявленных гидротермальных изменений была разработана во ВСЕГЕИ в 60-70-х годах прошлого столетия под руководством Е.В. Плющева



Методика апробирована на примере многих рудных районов Казахстана, Кыргызстана, Узбекистана, Западного и Восточного Забайкалья, Урала, Рудного Алтая, Центрального Алдана, Яно-Колымской провинции и др.

На основе использования этой методики во ВСЕГЕИ накоплен богатый опыт прогнозирования скрытого оруденения различных геолого-промышленных

типов:

- колчеданно-полиметаллического и медно-колчеданного,
- скарнового медного и полиметаллического,
- грейзенового редкометального (W-Mo, W-Sn, Be),
- золото-кварцевого малосульфидного,
- золото-сульфидного,
- золото-медно-порфирирового и медно-молибден-порфирирового,
- эпитермального золото-серебряного,
- уран-молибденового, золото-уранового эльконского типа и др.

Методика апробирована на примере многих рудных районов Казахстана, Кыргызстана, Узбекистана, Западного и Восточного Забайкалья, Урала, Рудного Алтая, Центрального Алдана, Яно-Колымской провинции и др.

К настоящему времени по данной методике в общей сложности изучено более 70 определившихся и потенциальных рудных узлов и полей.

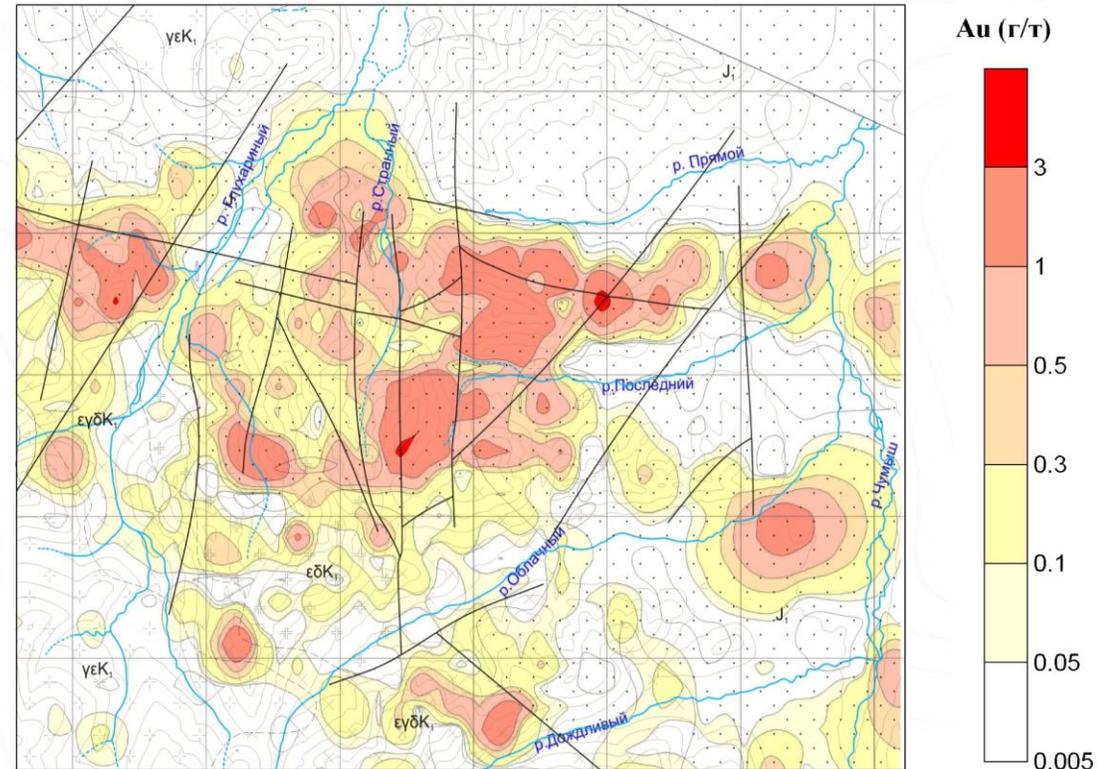
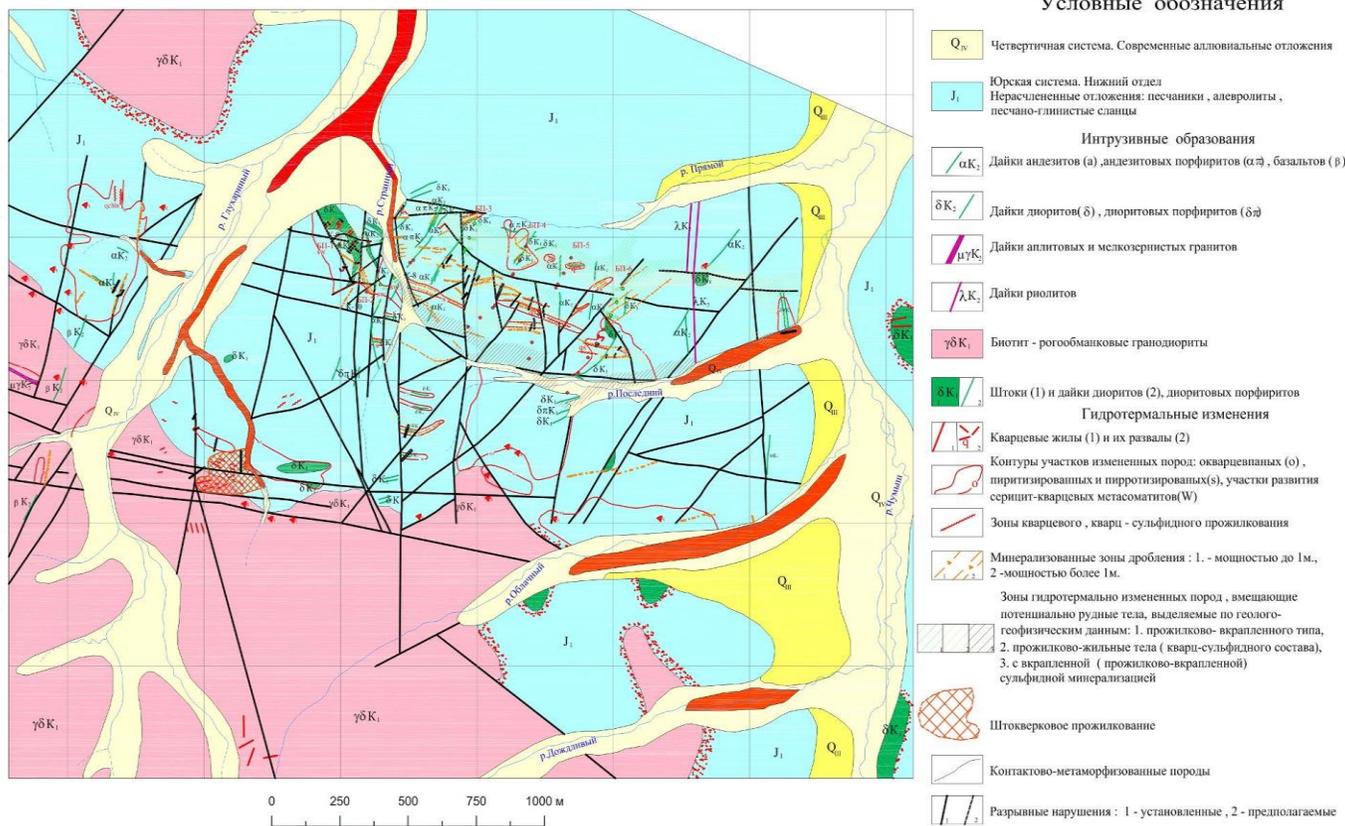
С ее помощью открыт целый ряд перспективных рудных объектов, в том числе золоторудное месторождение Тама в Центральном Казахстане, Морозкинское – в Центрально-Алданском рудном районе.

Прогноз оруденения на основе петрографо-геохимического изучения и картирования полей гидротермально измененных пород на примере потенциального рудного поля Чумыш (Магаданская обл.)



Географическое положение Тенгели-Березовского рудного поля, в пределах которого расположен поисковый участок Чумыш в ранге потенциального рудного поля, перспективный на золотое оруденение различных геолого-промышленных типов

Схематическая геологическая карта Чумышского потенциального рудного поля и распределение золота во вторичных ореолах рассеяния (по материалам заказчика)



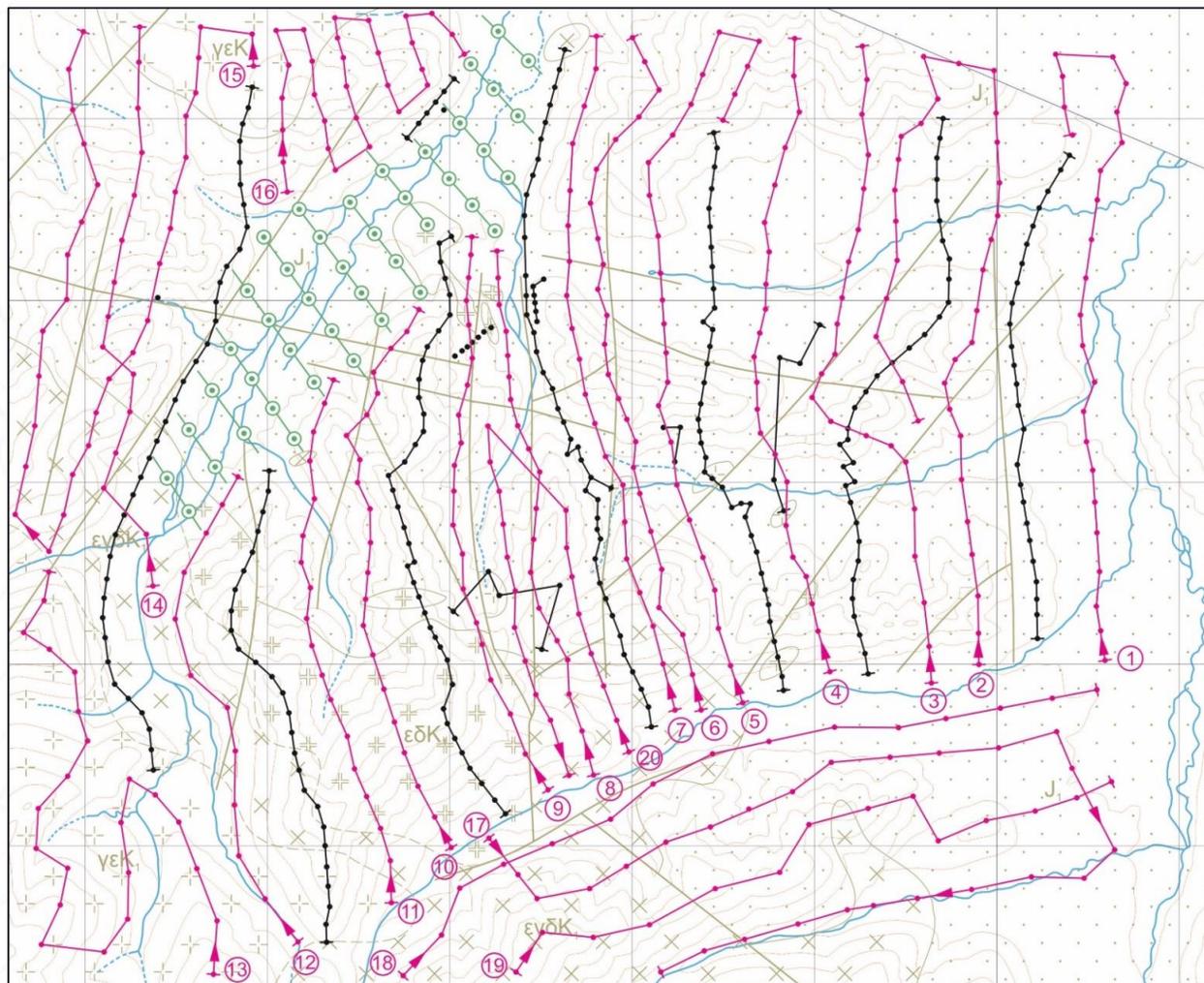
Цель работы заключалась в установлении природы ранее выявленной, крупной площадной геохимической аномалии золота в рыхлых отложениях и, как главная цель - в прогнозной оценке территории Чумышского потенциального рудного поля на скрытое, не выходящее на дневную поверхность золотое оруденение различных геолого-промышленных типов.

В пределах территории Чумышского потенциального рудного поля на площади 23 км² по методике ВСЕГЕИ были проведены специализированные петрографо-геохимические исследования, направленные на составление комплекта карт масштаба 1:25 000, включающего в себя:

- карту интенсивности проявления ГМ-изменений,
- карту гидротермально-метасоматической зональности,
- карту аномального геохимического поля (по данным опробования коренных пород),
- карту прогнозного районирования – как главного результата исследований, суммирующего в себе всю информацию прогнозно-поискового характера.

Кроме того было проведено U-Pb датирование гранитоидов и монцонитоидов сеймканского интрузивного комплекса

Карта опробования коренных пород территории потенциального рудного поля Чумыш



Маршруты с пунктами пробаотбора в 2005-2006 гг.



Предлагаемые маршруты с пунктами пробаотбора в 2007 г.



Маршруты	Количество проб
1	24
2	32
3	21
4	22
5	25
6	24
7	20
8	19
9	20
10	21
11	18
12	12
13	23
14	15
15	31
16	29
17	26
18	15
19	14
20	19
Итого	430

Положение предлагаемых профилей картировочного бурения



43 скв. с предлагаемым объемом опробования 70 проб.

Итого: 500 геохимических проф и ППШ в полевой сезон 2007 г.

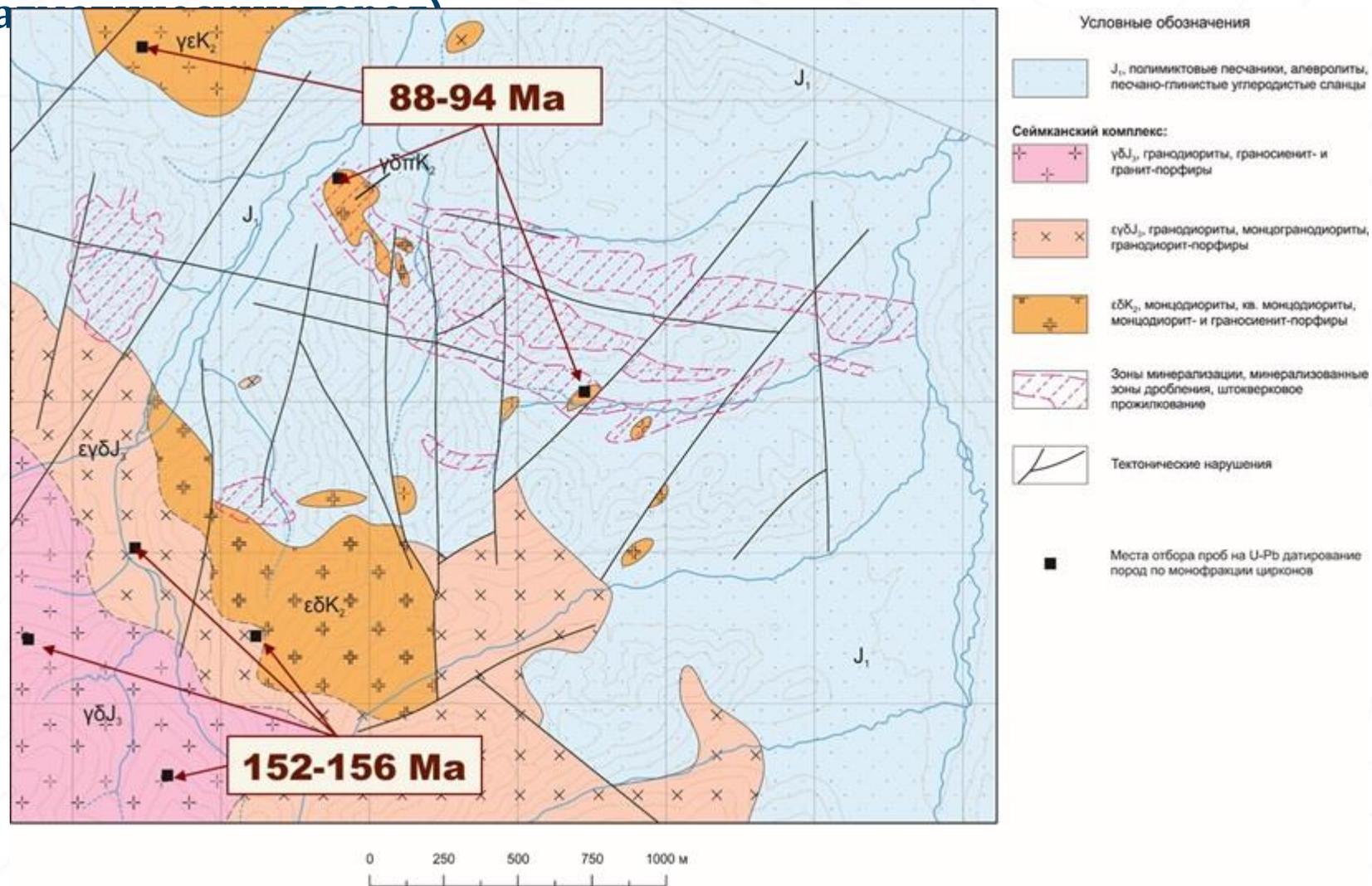


В ходе камеральных работ были осуществлены следующие виды исследований

- просмотрены и изучены как в проходящем, так и отраженном свете 430 прозрачно-полированных шлифов (ППШ), изготовленных в шлифовальной мастерской ВСЕГЕИ;
- осуществлен комплекс лабораторно-аналитических исследований в ЦАЛ ВСЕГЕИ: дробление и истирание проб, приближенно-количественный спектральный анализ на 30 элементов (ПКСА), определение золота методом атомной абсорбции – АА (метод полного кислотного вскрытия), определение петрогенных компонентов методом рентгено-спектрального анализа (РСА);
- подготовлены минералого-петрографическая и геохимическая базы данных;
- произведена статистическая обработка петрографо-геохимических материалов;
- проведены картосоставительские работы;
- осуществлен анализ всех полученных материалов и сделаны выводы прогнозно-поискового характера;
- в ЦИИ ВСЕГЕИ по семи образцам проведено U-Pb датирование гранитоидов и

монцитонитоидов сеймканского интрузивного комплекса. В ходе исследований было осуществлено петрографическое описание ГМ-образований и околорудных метасоматитов, составлены карты распределения различных типов ГМ-образований на площади рудного поля, выявлены элементы строения ГМ-зональности, установлены геохимические особенности ГМ-образований различной фациальной принадлежности.

Схематическая геологическая карта Чумышского потенциального рудного поля (с дополнениями на основе микроскопического изучения шлифов и изотопного U-Pb датирования ма

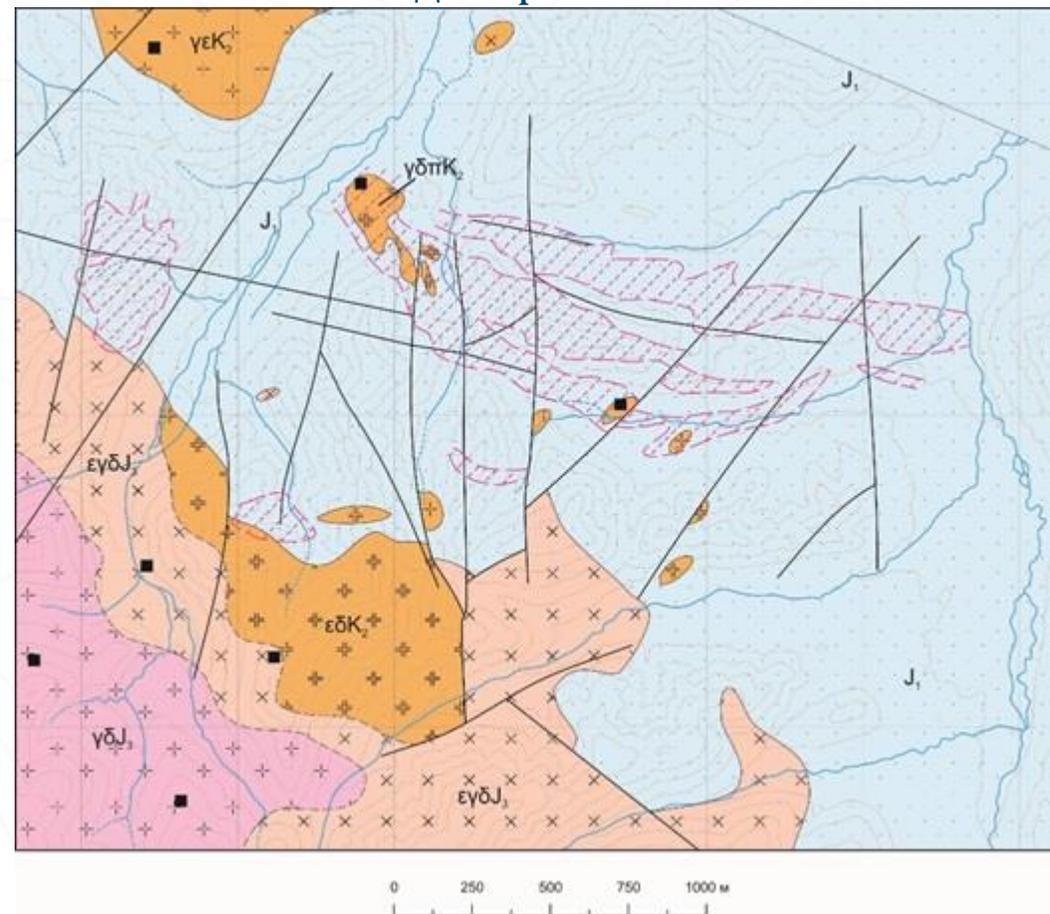


Геологическая карта Чумышского потенциального рудного поля

По материалам заказчика



По материалам ВСЕГЕИ на основе микроскопического изучения шлифов и изотопного U-Pb датирования магматических



Методика минералого-петрографических исследований гидротермально измененных пород

Изучение гидротермально-метасоматической зональности (ГМ-зональности) строилось на основе тщательного микроскопического анализа эпигенетической минерализации в прозрачно-полированных шлифах (ППШ).

В каждом из 430 ППШ, характеризующем определенный пункт наблюдения опорной сети, производились:

- диагностика исходной породы,
- определение общего списка как прозрачных, так и рудных (не прозрачных) эпигенетических минералов,
- описание форм выделения конкретных минералов,
- оценка размерности кристаллических индивидов эпигенетических минералов и их агрегатов (< 0.01 , $0.01-0.1$, $0.1-1.0$, > 1.0 мм),
- выяснение возрастных соотношений эпигенетических минералов как друг с другом, так и минералами исходной породы,
- выделение по сумме структурно-вещественных признаков одной или нескольких (как правило, разновозрастных) ассоциаций или парагенезисов эпигенетических минералов,
- подсчет процентного содержания как отдельных минералов, так и всей ассоциации в целом в принятой 9-ти балльной градации (< 5 , $5-10$, $10-15$, $15-20$, $20-30$, $30-40$, $40-50$, $50-80$, > 80 %).

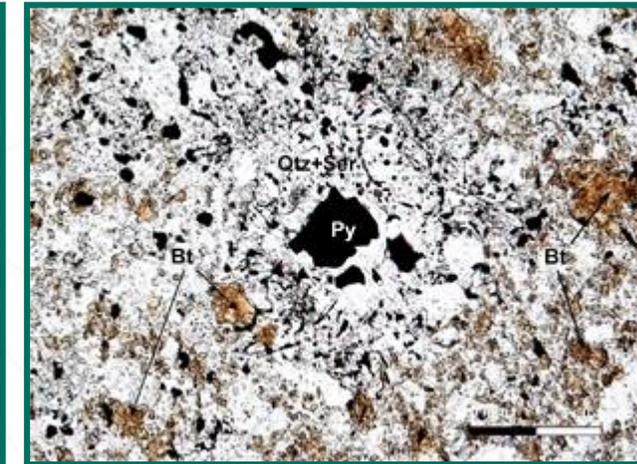
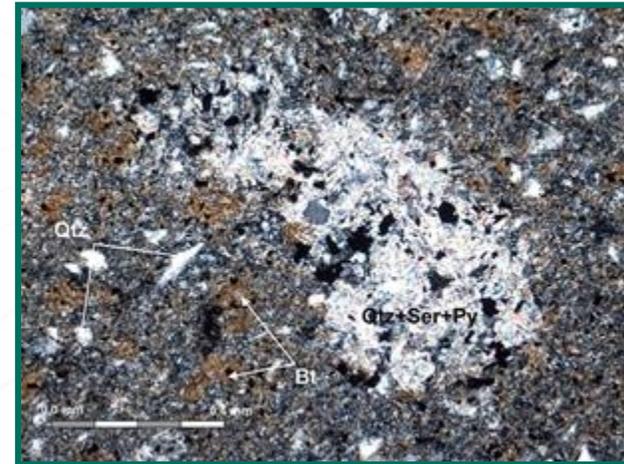
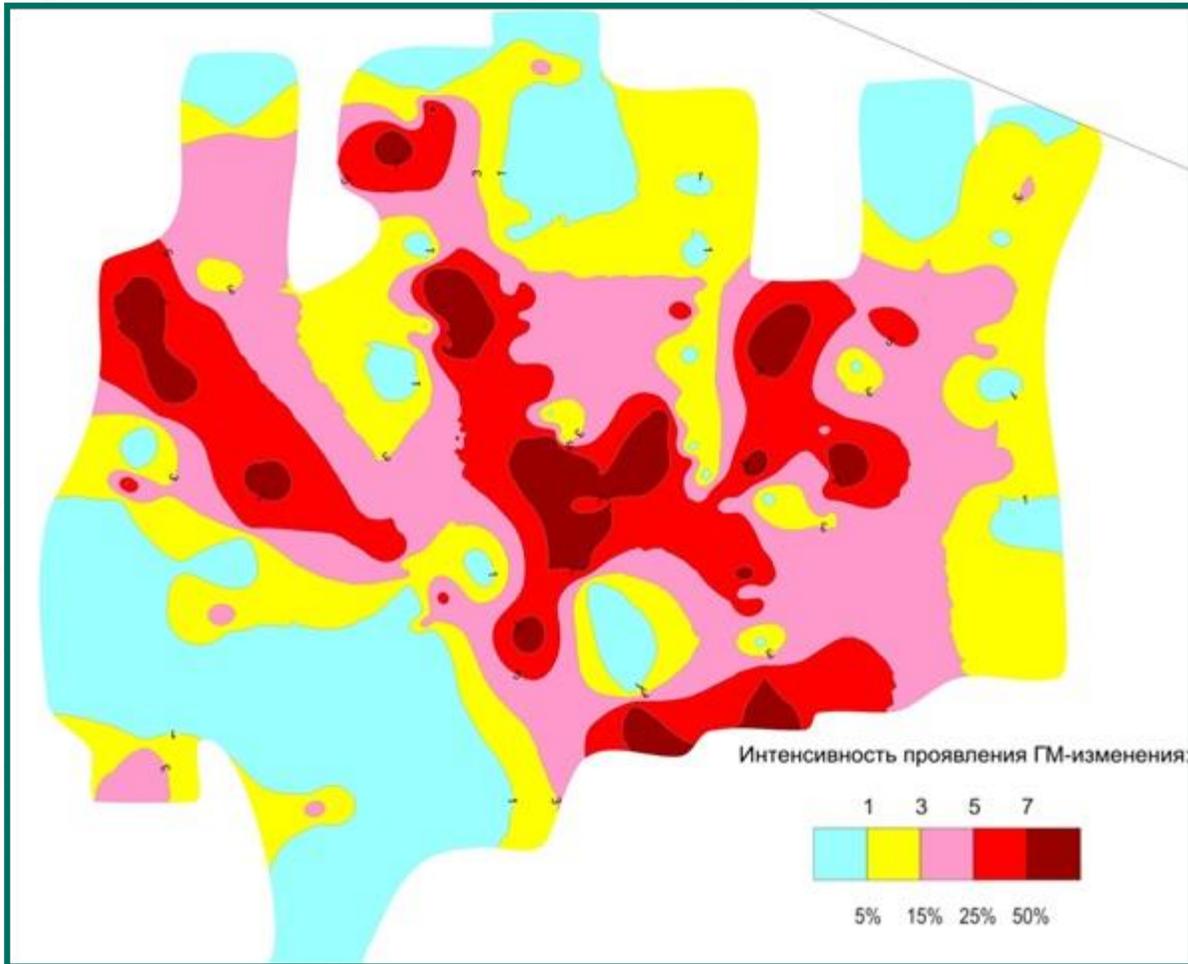
Распространенность ГМ-ассоциаций и ГМ-фаций в коренных породах Чумышского потенциального рудного поля

№ п/п	ГМ-ассоциация		Индекс ГМ-фаций	Состав ГМ-фаций	Распространенность	
					ГМ-фаций	ГМ-ассоциаций
1	A1	Березиты серицит-мусковитовые	B1	Qtz+Ser(Ms)+/- Py	3 (1%)	177 (64%)
2			B2	Qtz+Ser(Ms)+(Chl)+/- Ank,Cc,Py	17 (6%)	
3			B3	Qtz+Ser(Ms)+Chl+Ank+/-Cc,Py	98 (36%)	
4			B4	Qtz+Chl+(Ser,Ms)+Ank+/-Cc,Py	59 (22%)	
5	A2	Березитоиды пренитсодержащие	BR1	Chl+Prh+Ser+/-Cc,Ep,Qtz,Py	53 (19%)	68 (23%)
6			BR2	Chl+Prh+Ser+Ad+/-Cc,Ep,Qtz,Py	15 (5%)	
7	A3	Биотититы	BT1	Bt+Qtz+/-Py,Ser,Kfs	132 (48%)	136 (50%)
8			BT2	Bt+Qtz+Crd+/-Py,Kfs,Pl	4 (2%)	
9	A4	Калишпатолиты	F1	Qtz+Kfs+Bt+/-Py	31 (11%)	73 (27%)
10			F2	Qtz+Kfs+Bt+Act+/-Py	42 (15%)	
11	A5	Догранитные гидросерицитовые березиты	B5	Qtz+Hser(Ser)+Chl+Ank(Cc)+/-Py	94 (34%)	94 (34%)

Распространенность приводится в виде количества случаев наблюдения ГМ-ассоциации или ГМ-фации при микроскопическом изучении прозрачно-полированных шлифов (в скобках даны значения распространенности в процентах от общего количества изученных шлифов - 430 шт.)

Особенности проявления околорудной березитизации (A1)

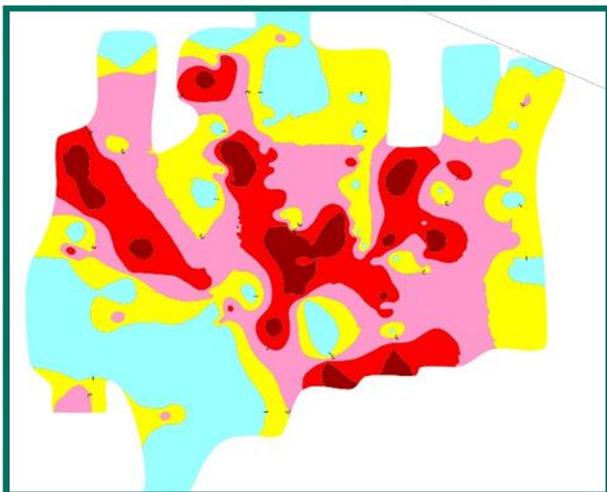
Серицит-мусковитовые березиты (A1)



Соотношение березитового ГМ-изменения (A1) с биотититами (A3) в полимиктовом алевропесчанике J_1 . Кварц-мусковит-серицитовые с пиритом «пятнистые» агрегаты (Qtz+Ser+Py) среди более ранних кварц (Qtz)-биотитных (Bt) новообразований биотититов (кварц – светло-темно-серый, биотит – темно-коричневый)

Соотношение березитового ГМ-изменения (A1) с биотититами (A3) в полимиктовом алевропесчанике J_1 . Развитие кварц-серицитовых (Qtz+Ser) с пиритом (Py – черное в центре) «пятнистых» агрегатов в кварц (Qtz)-биотитовом (Bt) матрице, развивающемся по исходной терригенной породе (кварц – светло-серый, биотит – темно-коричневый)

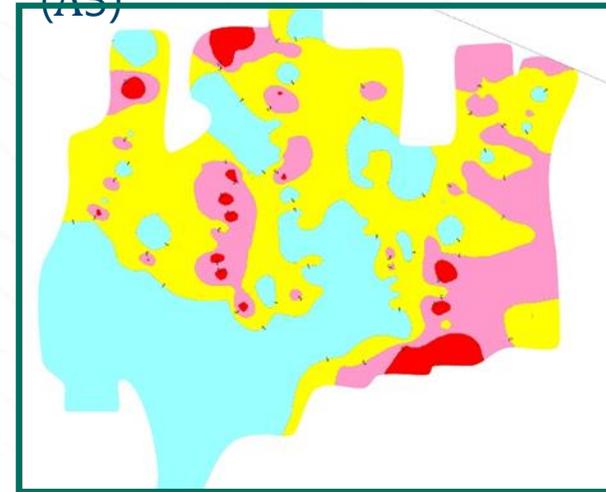
Серицит-мусковитовые
березиты (A1)



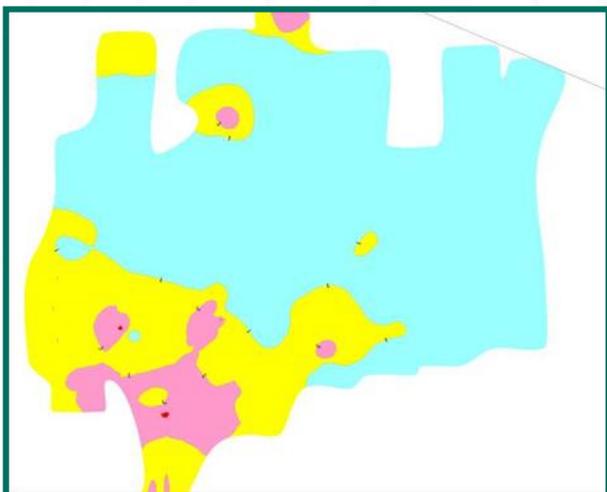
Пренит-содержащее
березитоиды (A2)



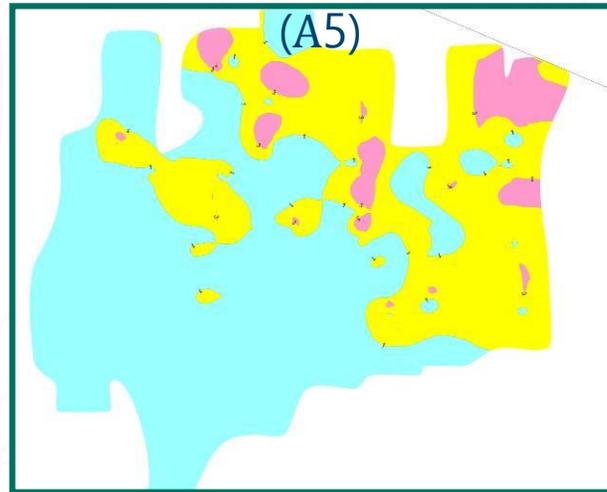
Биотититы и роговики
(A3)



Калишпатолиты (A4)

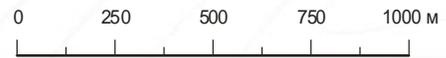
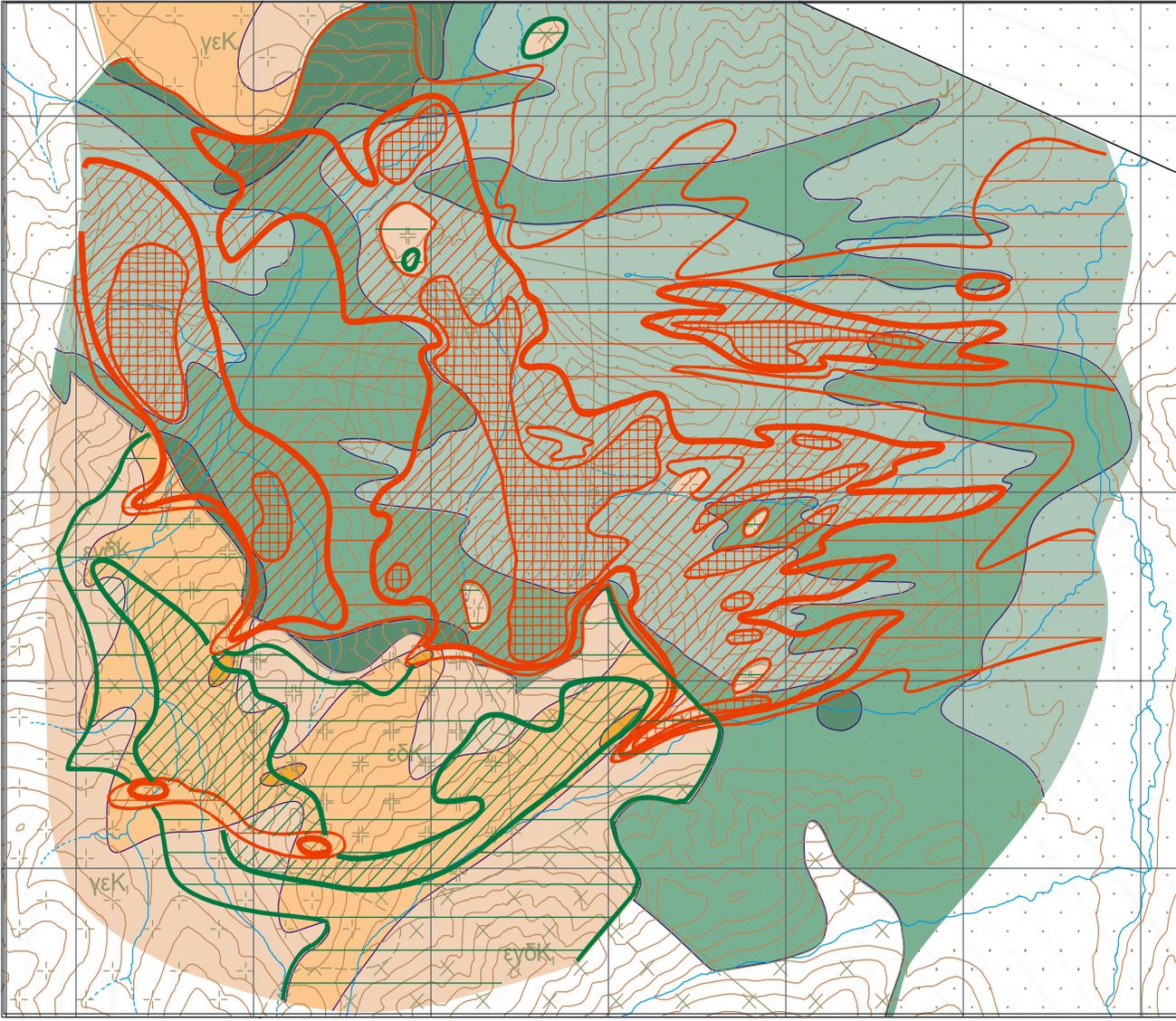


Догранитные
гидросерицитовые березиты
(A5)



Интенсивность проявления ГМ-изменения:

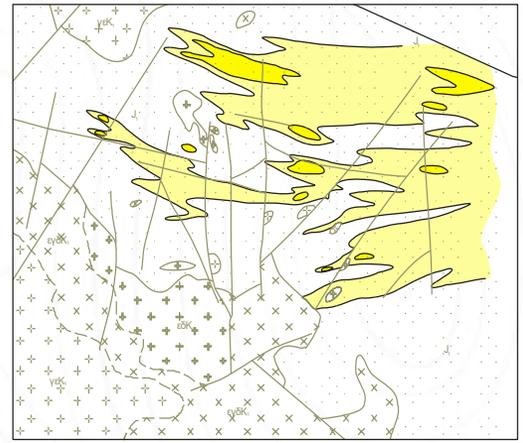




Условные обозначения

Тип ГМ-изменения		Интенсивность проявления ГМ-изменения		
		Слабая-умеренная <15%	Сильная-интенсивная 15-50%	Интенсивная-полная >50%
A1	Ms-Ser березиты			
A2	Пренитовые березитоиды			
A3	Биотититы			
A4	Калишлатолиты			

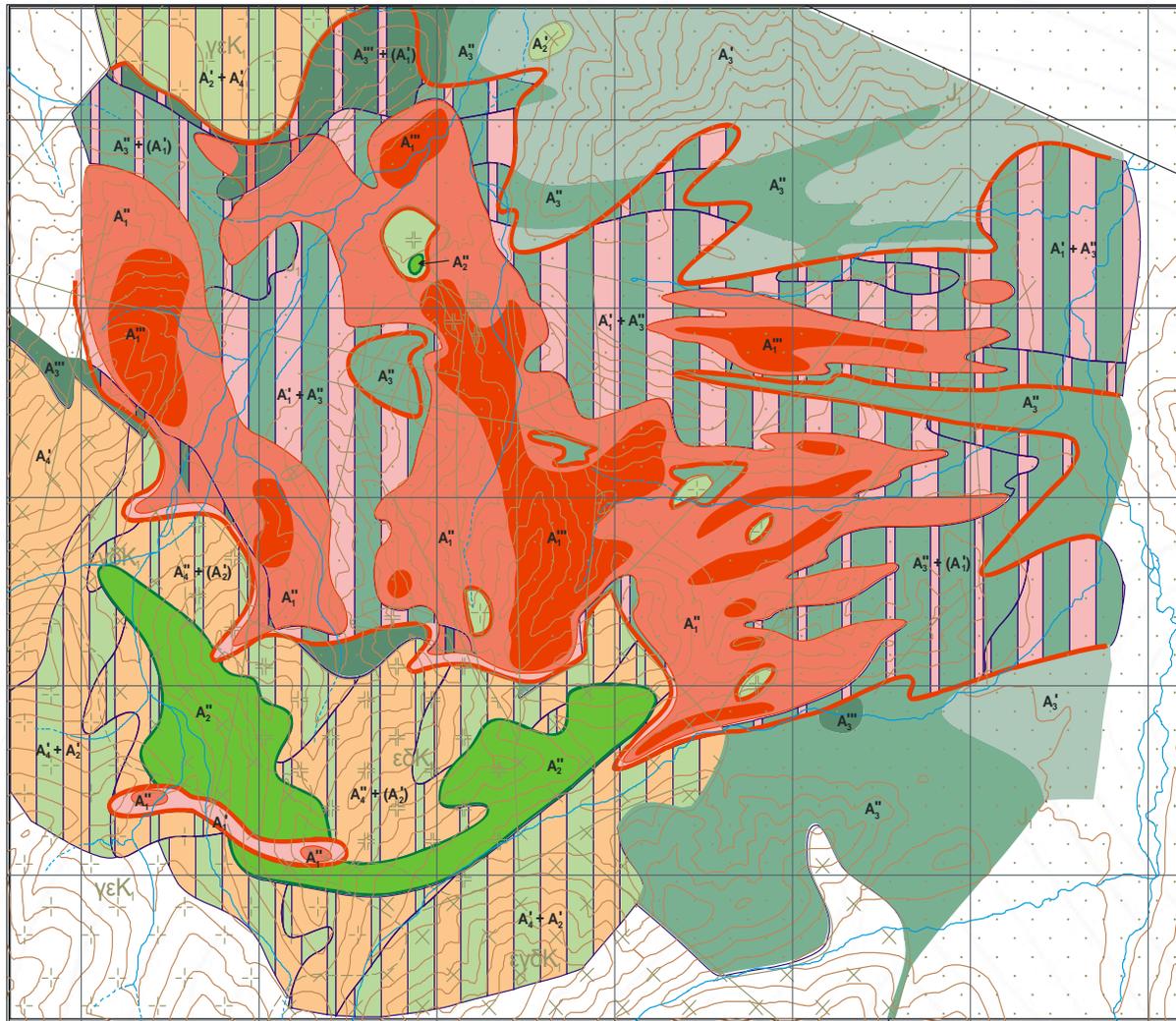
Карта-врезка:
Интенсивность проявления догранитных Hser березитов



Интенсивность проявления:

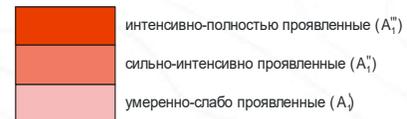


КАРТА интенсивности проявления ГМ-изменений в пределах Чумышского потенциального рудного поля

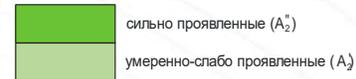


Условные обозначения

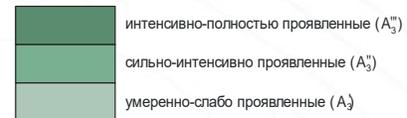
Ms-Ser березиты (A_1):



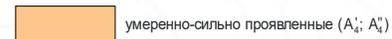
Пренитовые березитоиды (A_2):



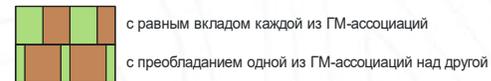
Биотититы (A_3):



Калишпатолиты (A_4):

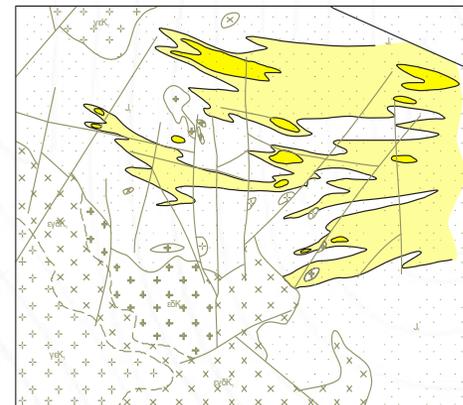


Совмещение ГМ-образований различных фаций:

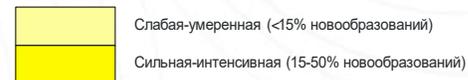


Карта-врезка:

Интенсивность проявления догранитных Hser березитов



Интенсивность проявления:

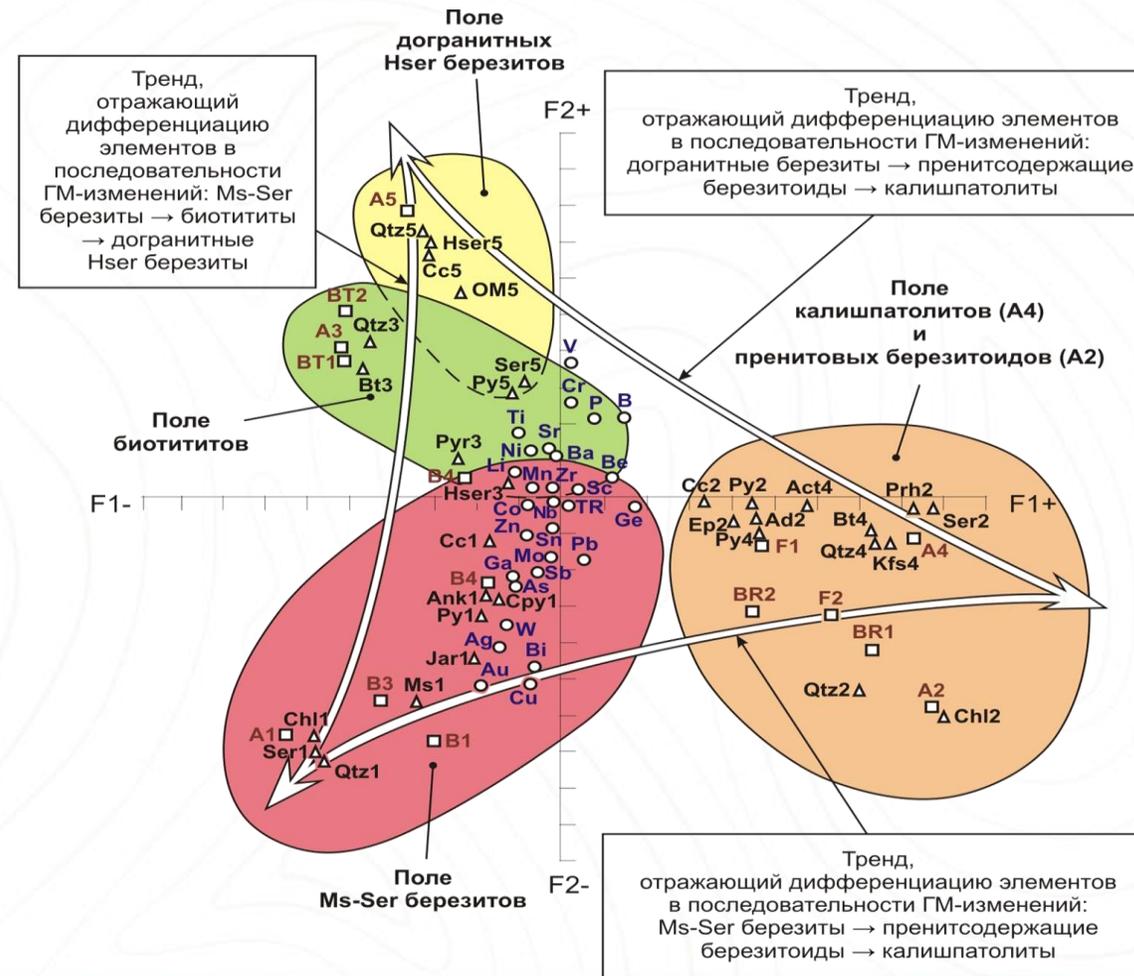


КАРТА гидротермально- метасоматической зональности Чумышского потенциального рудного поля

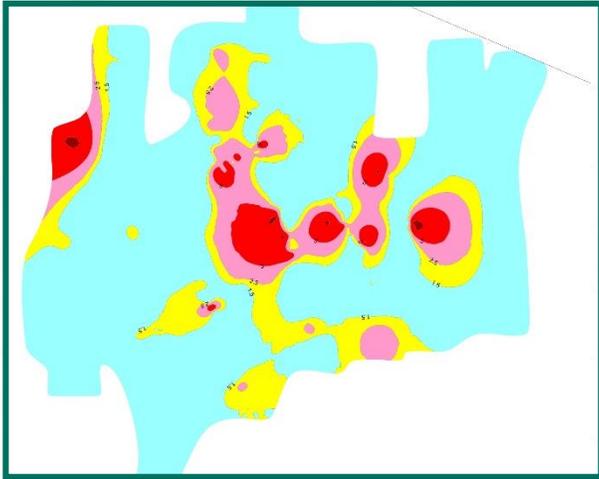
Оксиды, малые элементы	Гранитоидный плутон, К1									Дайковый комплекс			Вмещающие терриген		
	Граносиениты (III фаза)	Гранодиориты и монцогранодиориты (II фаза)			Монцогранодиориты и кв. монцодиориты (II фаза)			Монцодиориты (I фаза)	Среднее по плутону	Диоритовые порфирилы, долериты	Риолиты	Алевролиты	Алевропесчанники	Среднее	
		1	3	4	3+4	5	6								7
SiO ₂ , %	67,3	62,47	66,15	64,57	63,35	65,47	63,05	64,17	55,78	62,05	57,33	74,1	62,5	62,37	62,39
Al ₂ O ₃	16,6	16,37	16,25	16,3	16,2	16,3	16,55	16,34	16,57	16,4	16,4	14,5	19,1	18,92	18,94
TiO ₂	0,48	0,66	0,53	0,58	0,65	0,68	0,66	0,66	0,91	0,7	0,85	0,14	1	0,98	0,99
Fe ₂ O ₃	3,08	5,6	4,06	4,72	5,78	5,15	5,94	5,55	8,97	6,13	7,93	1,71	6,34	6,28	6,29
MnO	0,05	0,08	0,06	0,07	0,11	0,08	0,12	0,1	0,15	0,1	0,13	0,11	0,07	0,06	0,06
MgO	1,41	2,18	1,69	1,9	2,37	1,76	2,11	3,03	4,39	2,63	4,21	0,35	1,63	1,82	1,79
CaO	2,29	2,84	3,74	2,78	3,69	2,29	3,87	3,14	6,39	3,91	5,51	0,51	0,93	0,76	0,79
Na ₂ O	4,07	3,13	3,61	3,4	3,16	2,93	3,46	3,14	2,85	3,19	2,72	3,61	2,22	2,13	2,15
K ₂ O	3,38	2,97	3,1	3,05	2,95	3,23	2,59	2,96	2,02	2,74	1,86	3,39	3,03	3,11	3,1
P ₂ O ₅	0,2	0,17	0,18	0,17	0,16	0,18	0,18	0,17	0,22	0,19	0,21	0,08	0,19	0,23	0,23
∑. ∑. ∑.	1,14	3,45	1,55	3,36	1,59	1,91	1,43	1,68	1,74	1,9	2,74	1,39	2,88	3,26	3,21
∑. ∑. ∑.	99,9	99,9	99,9	99,9	99,95	99,97	99,95	99,96	99,97	99,94	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9
Au, ÷ò	0,001	0,0018	0,0046	0,0027	0,0062	0,001	0,0093	0,0056	0,0098	0,0065	0,0031	0,001	0,001	0,0027	0,0035
Sr	150	171	143	160	144	175	175	160	196	170	233	50	100	75	75
Ba	500	257	400	330	250	350	275	270	218	260	283	400	300	268	270
P	2000	1500	1750	1630	1550	2000	1750	1660	2075	1800	2333	1500	3000	3229	3240
Ti	8000	8429	6500	7750	8643	8000	7500	8390	8700	8360	7667	2000	10000	7230	7300
Mn	500	871	575	740	914	700	1000	900	1320	1020	1333	1000	600	625	630
V	80	207	98	160	211	200	180	203	250	211	217	20	150	139	139
Cr	20	50	35	43	47	55	40	47	96	64	93	30	80	72	72
Co	6	12	9,3	10	12	11	13	12	20	14	22	6	8	12	12
Ni	12	17	17	17	14	21	16	18	39	25	40	5	40	37	37
Sc	15	19	16	18	15	15	14	15	18	17	17	8	10	13	13
Zr	120	153	138	145	131	125	95	124	41	98	83	80	100	110	110
Nb	15	12	13	13	12	16	12	12	10	12	12	15	15	15	15
Ce	80	49	75	60	59	60	65	62	63	62	53	40	80	56	56
La	15	17	19	18	19	18	18	19	20	19	22	30	30	22	22
Y	40	31	33	32	30	33	30	30	21	27	23	30	30	27	27
Yb	5	4	3,3	3,8	3,5	3,5	3,5	3,4	1,6	2,8	2,3	1,5	3	3,3	3,2
Be	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	1,2	0,5	1	1,2	1,2
Li	30	30	29	30	26	33	23	27	23	26	23	15	25	20	21
W	1,50	2,1	2,5	2,2	2	6,5	1,5	2,7	1,6	2,2	2	1,5	1,5	2,6	2,6
Mo	2	2,4	2,5	2,4	2,4	2,4	2,3	2,4	2,2	2,3	2,2	1,5	1,5	2,3	2,3
Sn	2	2,6	2	2,4	2,9	3	1,9	2,7	2,5	2,6	2,3	2	4	4,2	4,2
Cu	15	30	19	25	32	25	21	28	39	32	90	10	25	36	35
Pb	20	11	23	15	11	16	11	12	7,5	11	8,3	15	10	15	15
Zn	40	76	35	59	73	78	70	73	97	78	83	40	80	99	100
Bi	1,5	0,5	1,8	1	0,5	1,3	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,5	0,5	1,3	1,3
Ag	0,03	0,039	0,11	0,06	0,047	0,048	0,05	0,047	0,06	0,055	0,06	0,06	0,04	0,12	0,129
As	10	10	83	34	10	10	13	10	16	17	10	10	10	16	16
Ge	1	1,4	1,1	1,3	1,4	1,6	1,5	1,5	1,9	1,6	1,8	2	1,5	1,8	1,8
Ga	15	17	16	16	15	16	15	15	15	15	14	15	15	14	14
B	25	29	35	30	30	40	29	31	30	31	37	40	100	78	79
n	1(1)	7(3)	4(4)	12(7)	14(2)	4(3)	4(2)	23(7)	20(6)	55(21)	3(3)	1(1)	1(1)	48(6)	50(7)

Петрохимические и геохимические особенности исходных пород Чумышского потенциального рудного поля

Координатная диаграмма, иллюстрирующая распределение факторных нагрузок (по I и II факторам) основных геохимических, минералогических и петрографических параметров в ГМ-измененных породах Чумышского участка (количество образцов: 430 шт., F1=11.2%, F2=7.1%).



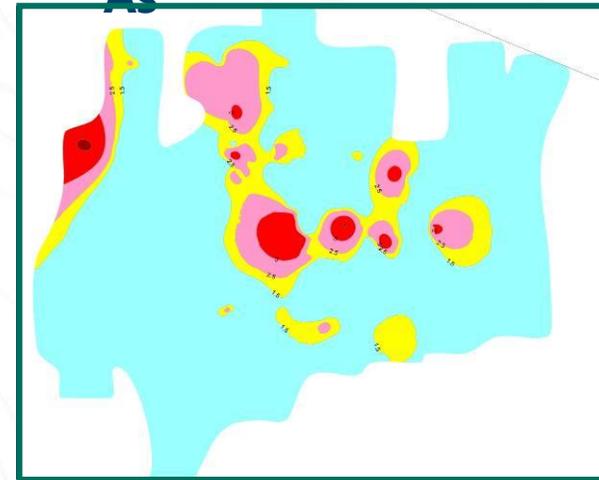
Au * Bi * Cu



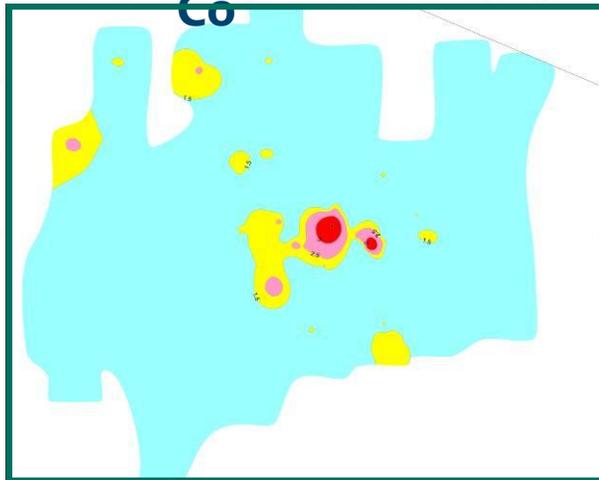
**Ag * Pb *
Sn**



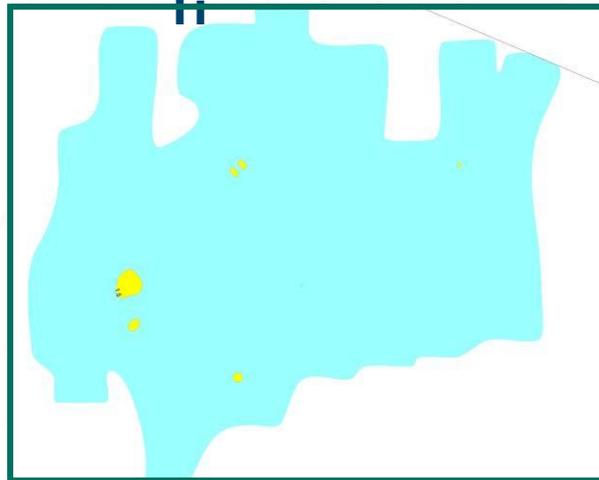
**Au * Bi * Cu * Pb *
As**



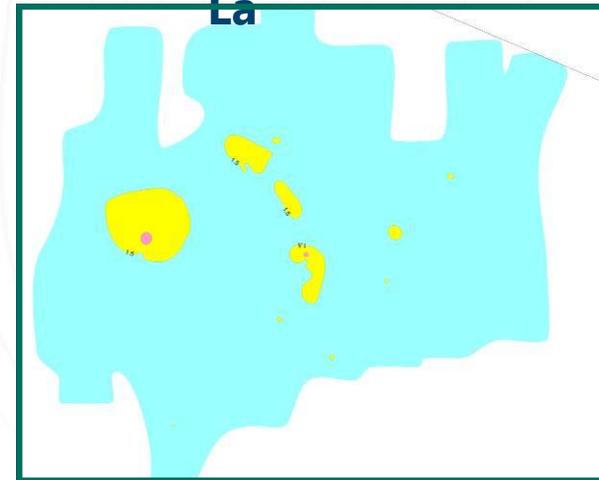
**As * Sb *
Co**



**Cr * Ni * V *
Ti**



**Y * Ce *
La**



Значения содержания параметра
(в ед.фона)

1,5 2,5 5,0 10,0



	Докристаллизационный период	Посткристаллизационный период	
		Ранняя стадия	Поздняя стадия
Термальный режим	<p>Нагрев</p> <p>~800°C Перегретый гранодиоритовый расплав $T_1 > T_2$ (500°C)</p>	<p>Нагрев</p> <p>Нагрев вмещающих пород и охлаждение расплава, кристаллизация $T_1 = T_2$ (500°C)</p>	<p>Охлаждение</p> <p>Общее охлаждение всей системы $T_1 < T_2$</p>
Палеогеологический режим (эволюция флюидов)	<p>Дегидратация и декarbonатизация вмещающих пород</p> <p>Перегретый гранодиоритовый расплав контактный метаморфизм во вмещающих породах</p>	<p>Формирование купола растека нагретых метеорных вод</p> <p>Формирование внутриинтрузивной ГМ-системы</p>	<p>Конвективное движение нагретых метеорных вод</p> <p>Формирование околоинтрузивной ГМ-системы</p>
Развитие ГМ-зональности	<p>Ореол начального ороговикования</p> <p>Перегретый гранодиоритовый расплав</p>	<p>Ореол ороговикования</p> <p>Калишпатизация</p>	<p>Зональный ореол биотитизации</p> <p>Совмещение калишпатолитов с пренитсодержащими березитоидами</p>

Обобщенная модель формирования Чумышской плутогенной гидротермально-метасоматической системы

T_1 – температура перегретого магматического расплава (800°C)

T_2 – температура вмещающих пород на контакте с расплавом (500°C)

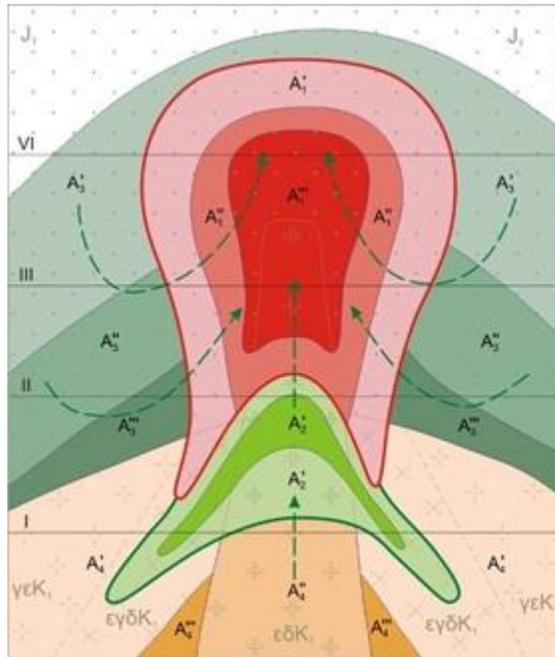
T_3 – температура вмещающих пород до момента внедрения расплава (200°C)

$H = 1-2$ км (глубина от палеоповерхности)

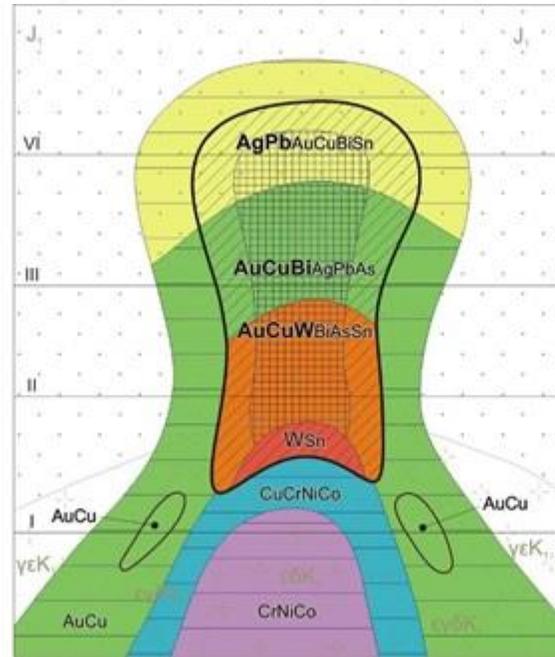
$P = 1-2$ kbar (литостатическое давление)

МОДЕЛЬ формирования вертикальной гидротермально-метасоматической, геохимической и рудно-метасоматической зональности Чумышского потенциального рудного поля

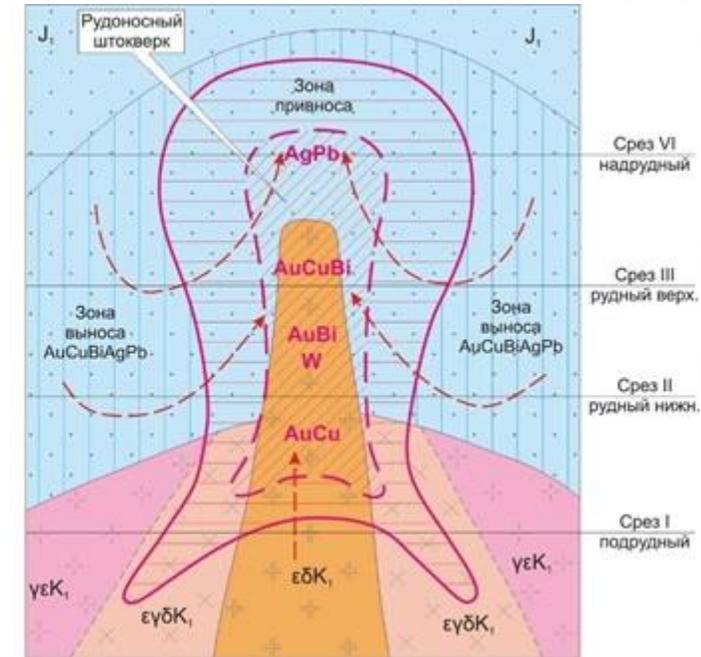
Вертикальная ГМ-зональность



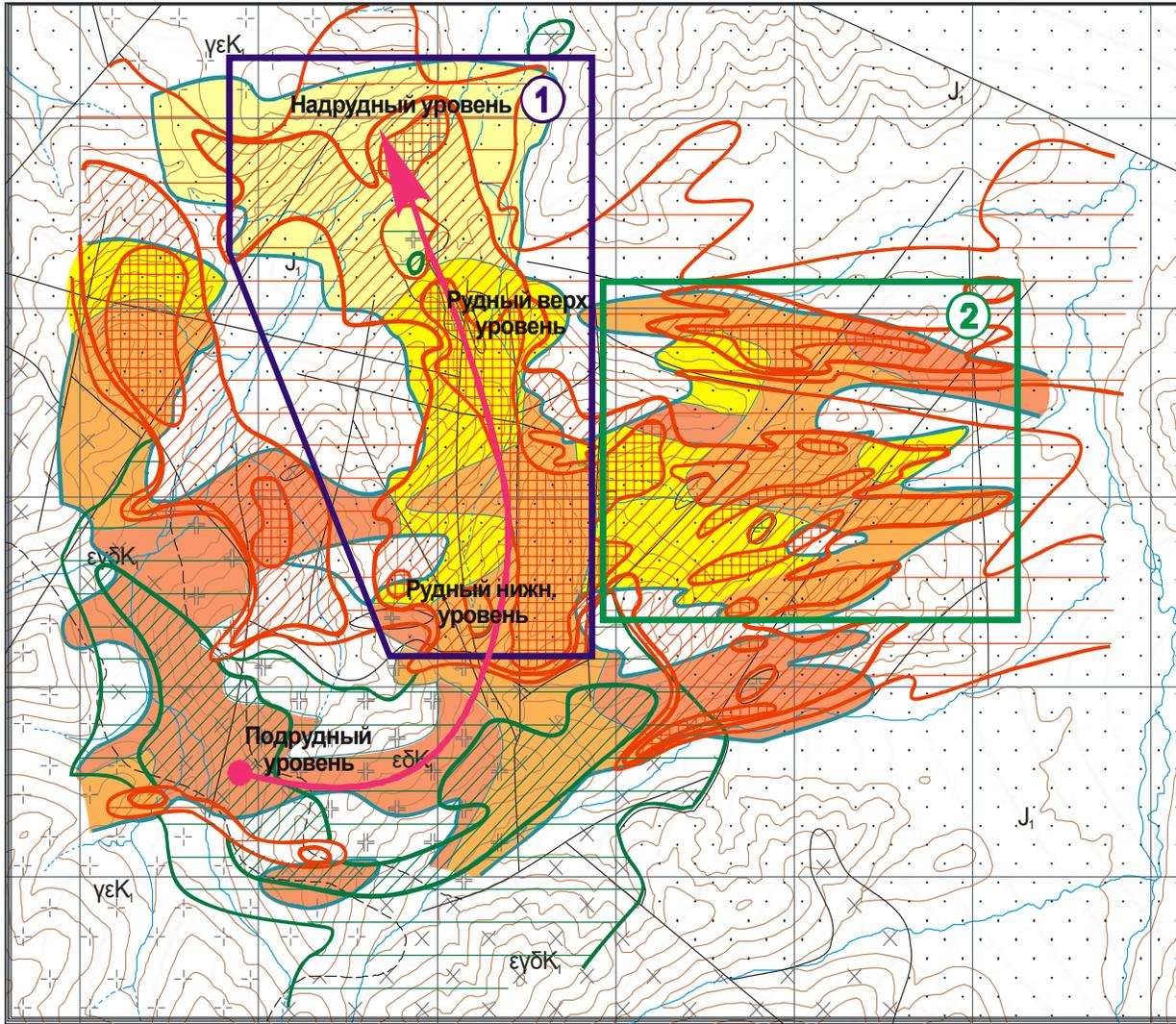
Вертикальная геохимическая



Вертикальная рудно-метасоматическая зональность



Ms-Ser березиты (A1' - слабо-умеренно проявленные, A1''- сильно проявленные, A1'''- интенсивно-полностью проявленные).
 Пренитовые березитоиды (A2' - слабо-умеренно проявленные, A2'' - сильно проявленные).
 Калишпатолиты (A4' - слабо-умеренно проявленные, A4'' - сильно проявленные, A4'''- интенсивно-полностью проявленные).
 Стрелками показано направление движения гидротермальных растворов.
 Биотититы и роговики (A3' - слабо-умеренно проявленные, A3'' - сильно проявленные, A3'''- интенсивно-полностью проявленные).



Условные обозначения

Рудоносные ГМ-изменения	Интенсивность проявления		
	Слабая-умеренная <13%	Сильная-интенсивная 15-50%	Интенсивная-полная >50%
Ms-Ser березиты			
Пренитовые березитоиды			

Уровни вертикальной рудно-метасоматической зональности порфировой ГМ-системы

Уровень	Цвет на карте	Геохимический тип
IV Надрудный		AgPbAu
III Рудный верхний		AuCuBiAg
II Рудный нижний		AuCuWBi
I Подрудный		CuAuCrNi

Прогнозные участки, перспективные на обнаружение:

- ① месторождений порфирового типа - CuAu;
- ② месторождений полигенного типа (стратиформного типа в терригенных породах, регенерированного порфировой ГМ-системой) - CuAu + AuZnPbAs.

Стрелкой показано направление вектора максимальной изменчивости звеньев порфировой рудно-метасоматической гидротермальной системы.

КАРТА прогнозного районирования территории Чумышского рудного поля

В итоге, для территории Чумышского потенциального рудного поля были получены новые результаты, касающиеся, прежде всего, фациальной и формационно-генетической принадлежности ГМ-образований, оценки уровня эрозионного среза рудоформирующей плутоногенной гидротермально-метасоматической системы и петрогеохимической специализации окolorудных и площадных ГМ-изменений.

Применение на территории Чумышского потенциального рудного поля комплексного подхода к изучению геохимии и петрографии ГМ-образований, позволило вскрыть историю проявления гидротермальной деятельности в районе, наметить в ней по геохимическим данным место основных рубежей рудообразования и, как следствие, провести в его пределах локальный прогноз скрытого, не выходящего на поверхность золотого оруденения.



ВСЕРОССИЙСКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ ИМ. А. П. КАРПИНСКОГО

Контакты

Леонтьев Василий Иванович

+7 812 328 90 90, доб. 2568

Vasiliy_Leontiev@vsegei.ru

Шатов Виталий Витальевич

+7 812 328 90 90, доб. 2006

Vitaly_Shatov@vsegei.ru