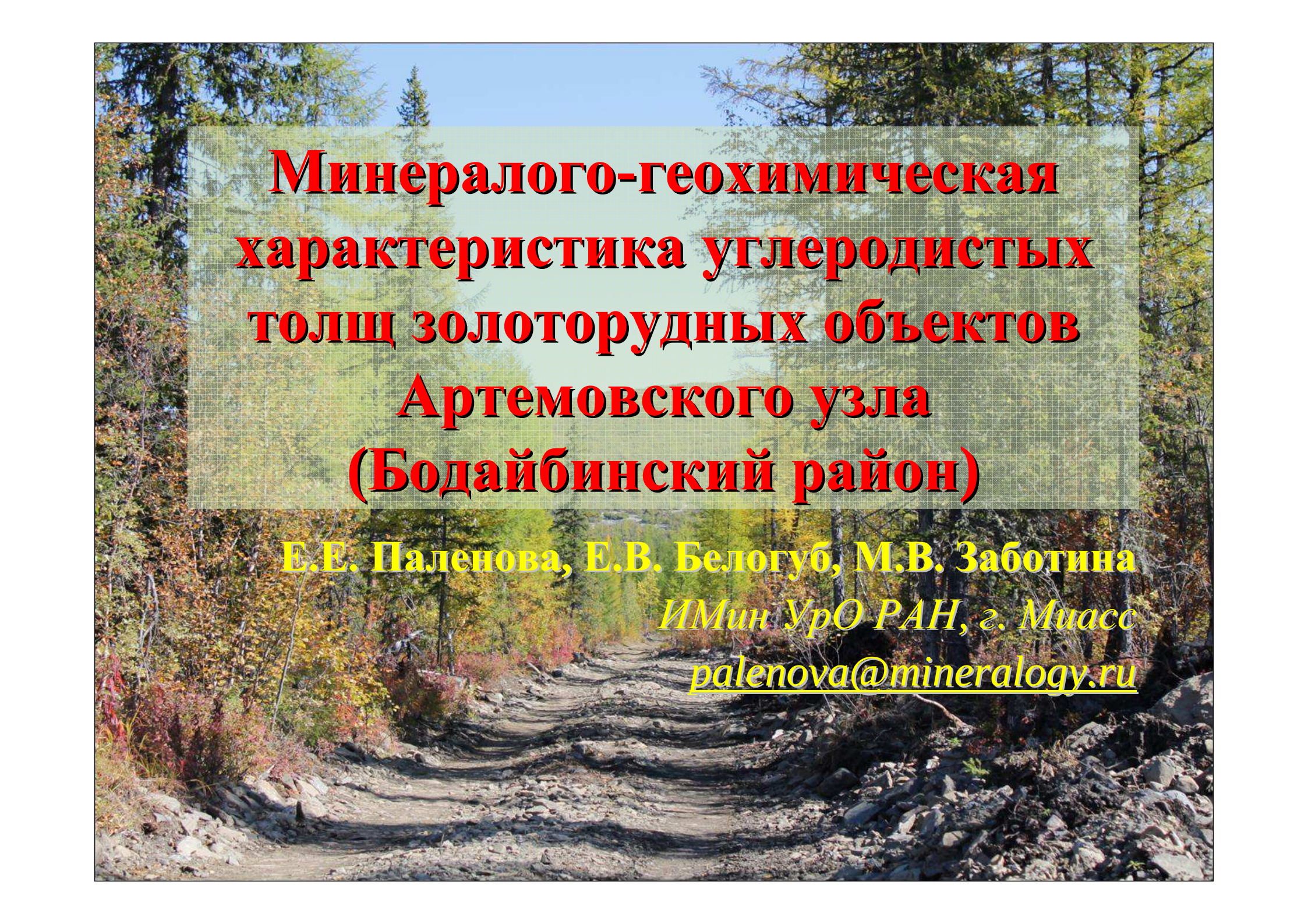


The background image shows a forest stream with a rocky bed and banks covered in autumn foliage. A semi-transparent rectangular box with a grid pattern is overlaid on the upper half of the image, containing the title text.

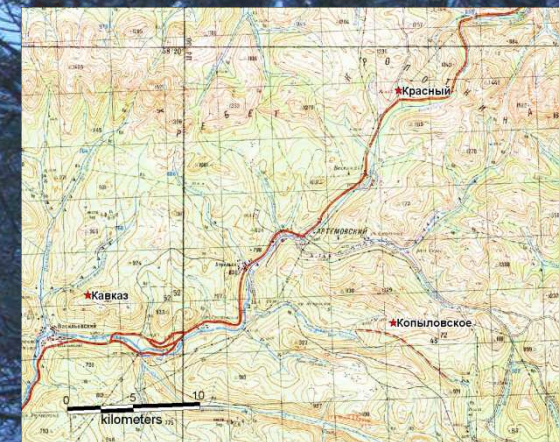
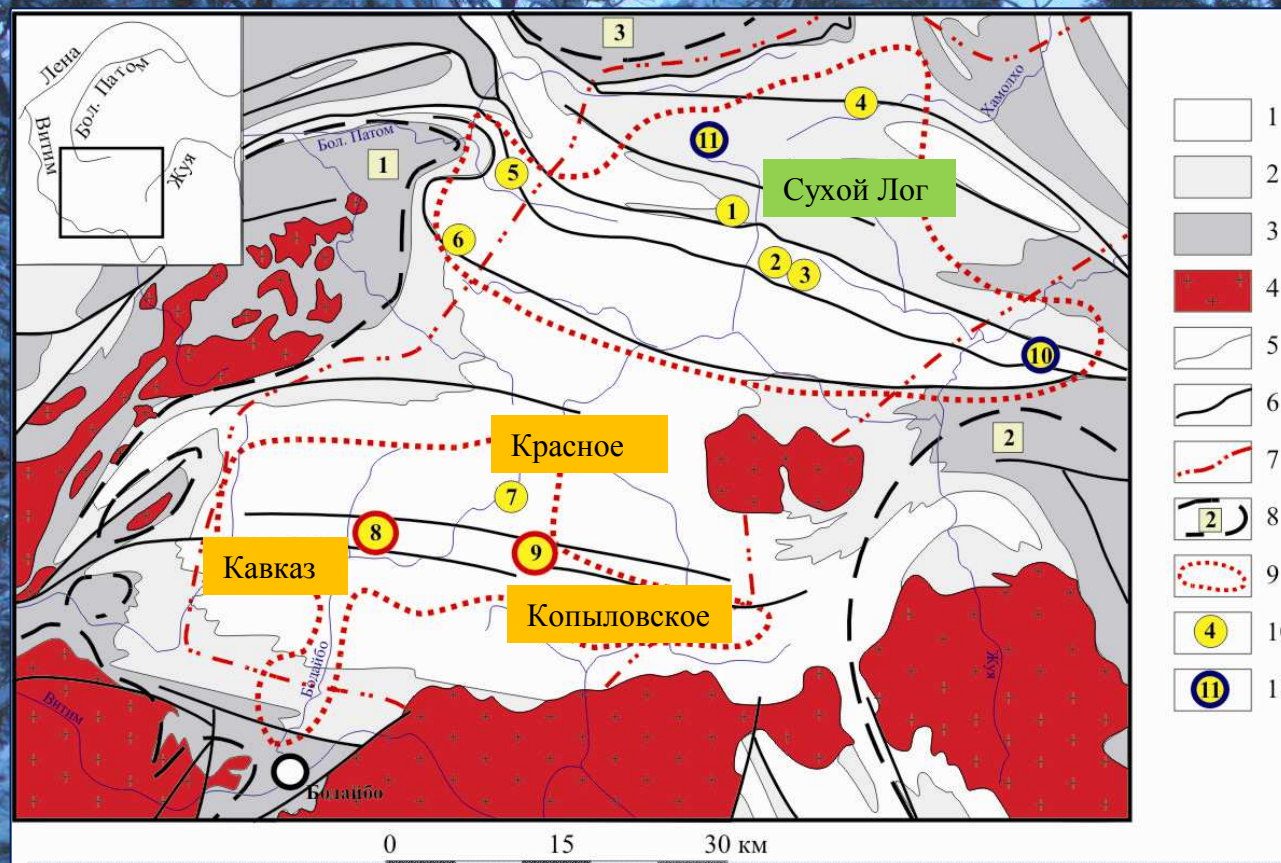
Минералого-геохимическая характеристика углеродистых толщ золоторудных объектов Артемовского узла (Бодайбинский район)

Е.Е. Паленова, Е.В. Белогуб, М.В. Заботина

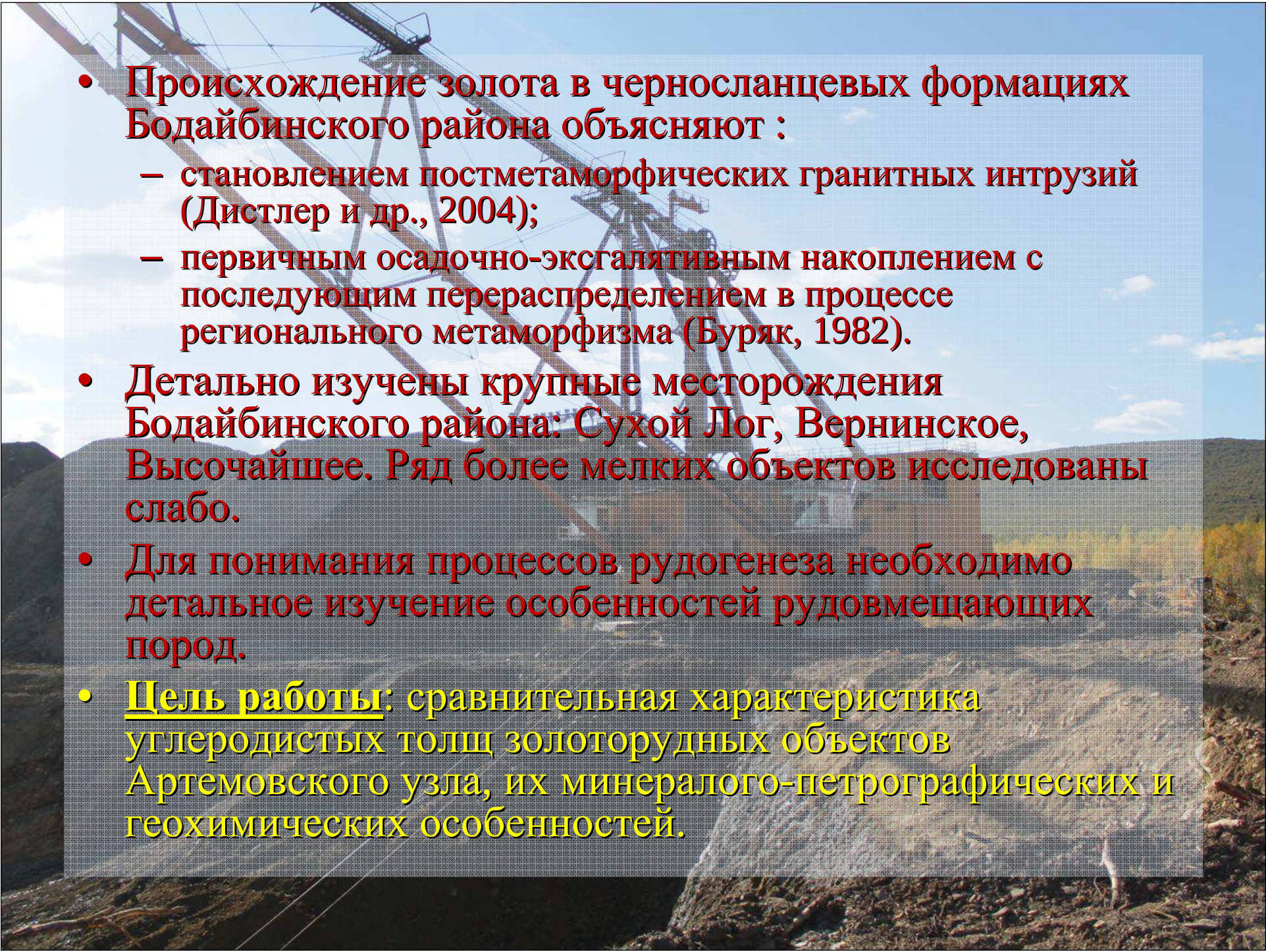
ИМин УрО РАН, г. Миасс

palenova@mineralogy.ru

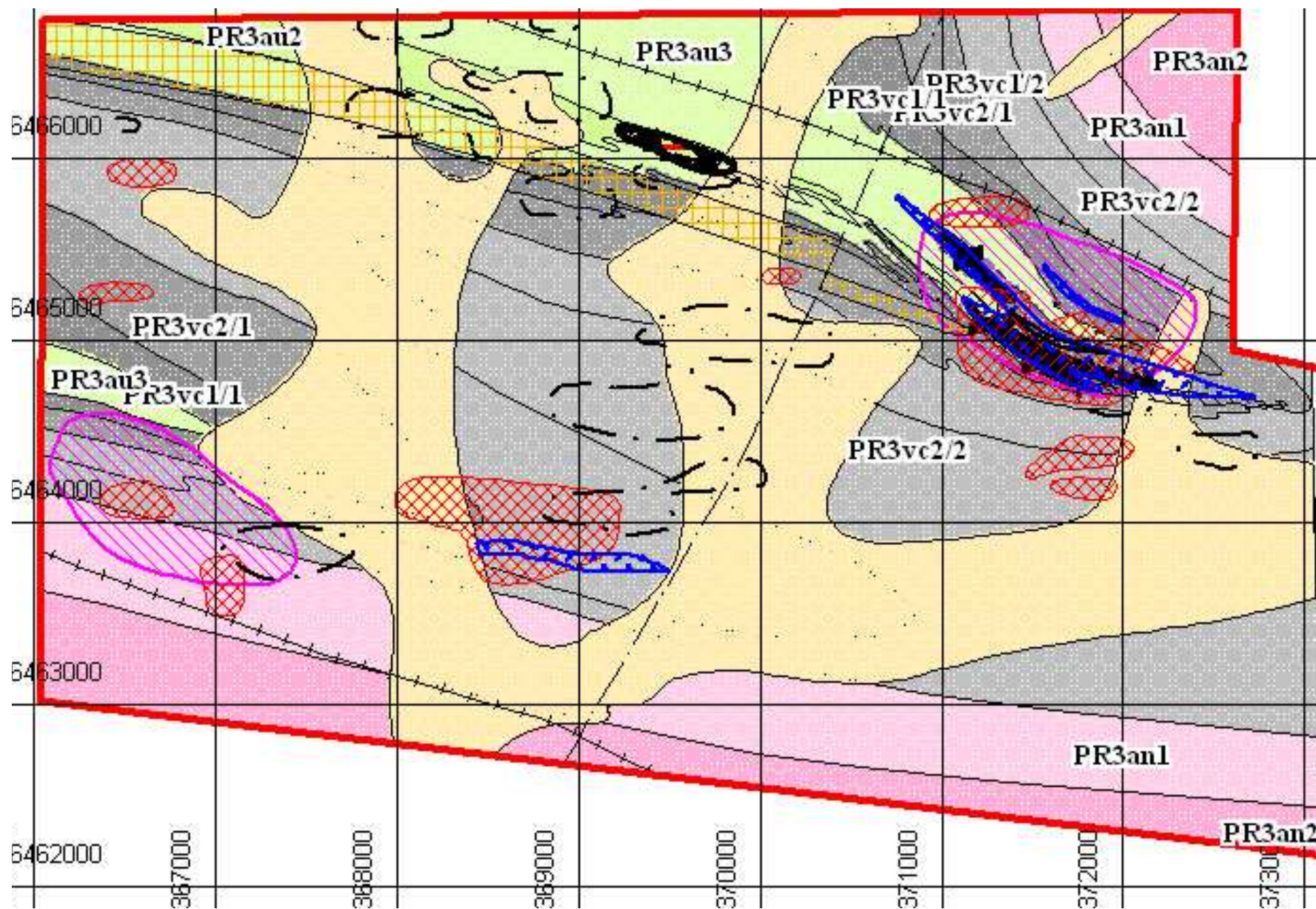
Бодайбинский золоторудный район



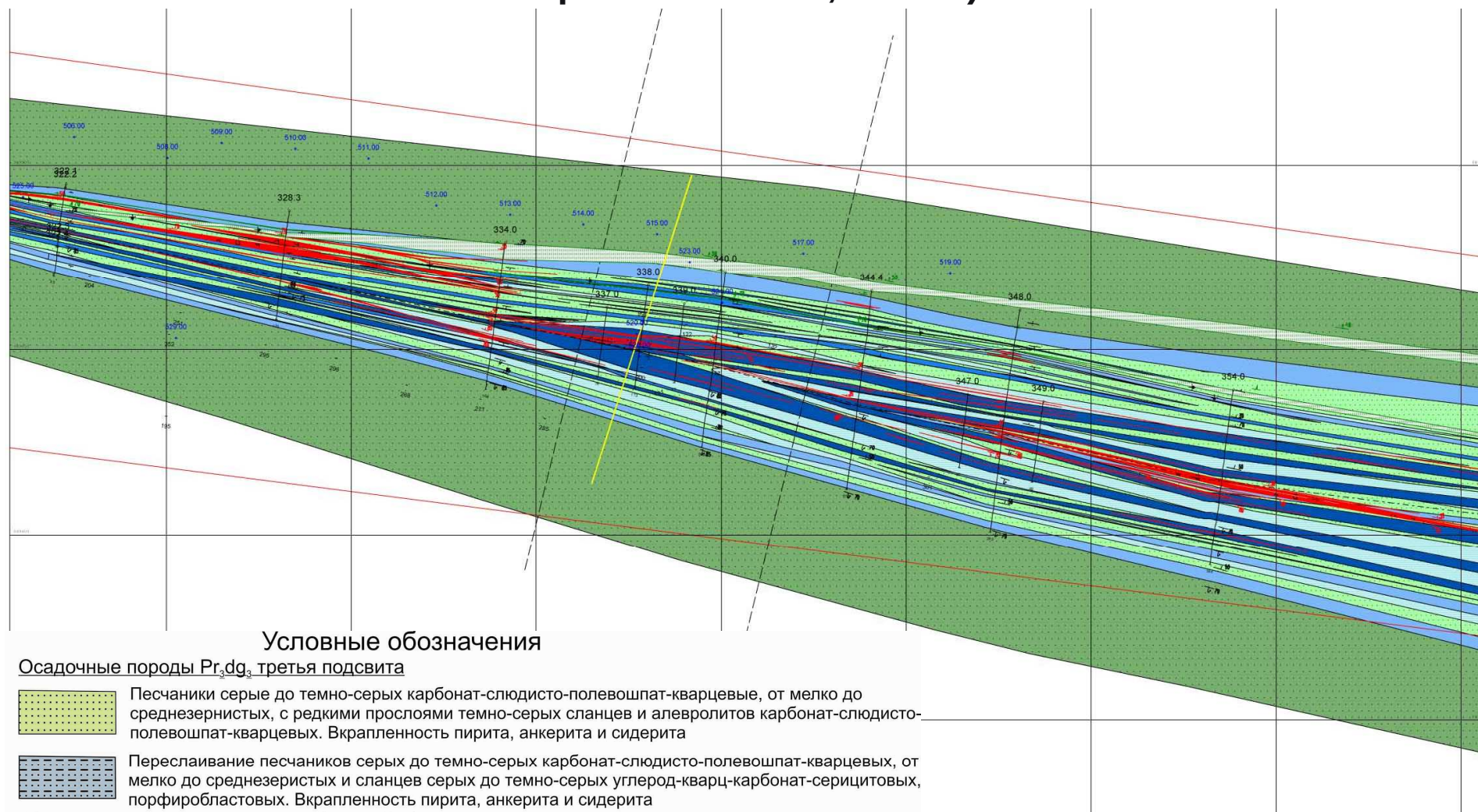
Схематическая геологическая карта Бодайбинского рудного района (по Иванову, 2008). 1 – бодайбинская серия (V), 2 – ныгринская серия (R_{2-3}), 3 – баллаганахская серия (R_2), 4 – гранитоиды конкудеро-мамаканского комплекса (PZ_3); 5 – геологические границы; 6 – разрывные нарушения; 7 – изограда биотита регионального метаморфизма; 8 – границы деформационных зон гранито-гнейсовых купольных структур (1 – Мамской группы, 2 – Верхне-Жуинской, 3 – Верхне-Хайвергинской); 9 – золотороссыпные районы; 10–11 – золоторудные месторождения проявления в 10 – Светловском, 11 – Верхне-Угаханском рудных полях.

- 
- Происхождение золота в черносланцевых формациях Бодайбинского района объясняют :
 - становлением постметаморфических гранитных интрузий (Дистлер и др., 2004);
 - первичным осадочно-эксплятивным накоплением с последующим перераспределением в процессе регионального метаморфизма (Буряк, 1982).
 - Детально изучены крупные месторождения Бодайбинского района: Сухой Лог, Вернинское, Высочайшее. Ряд более мелких объектов исследованы слабо.
 - Для понимания процессов рудогенеза необходимо детальное изучение особенностей рудовмещающих пород.
 - Цель работы: сравнительная характеристика углеродистых толщ золоторудных объектов Артемовского узла, их минералого-петрографических и геохимических особенностей.

Геологическая карта рудопрооявления Красное (составил Божко Е.Н., 2010 г.)



Геологическая план Копыловского месторождения (составили Беляев К. С., Прокопьев К. С., 2010 г.)

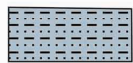


Условные обозначения

Осадочные породы Pr_3dg_3 третья подсвита

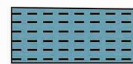


Песчаники серые до темно-серых карбонат-слюдисто-полевошпат-кварцевые, от мелко до среднезернистых, с редкими прослоями темно-серых сланцев и алевролитов карбонат-слюдисто-полевошпат-кварцевых. Вкрапленность пирита, анкерита и сидерита



Переслаивание песчаников серых до темно-серых карбонат-слюдисто-полевошпат-кварцевых, от мелко до среднезернистых и сланцев серых до темно-серых углерод-кварц-карбонат-серицитовых, порфиробластовых. Вкрапленность пирита, анкерита и сидерита

Породы регионального метаморфизма Pr_3dg_3 третья подсвита



Сланцы серые до темно-серых углерод-кварц-карбонат-серицитовые, порфиробластовые. Включения пирита, анкерита и сидерита



Сланцы темно-серые до черных, интенсивно обуглероженные, углерод-серицитовые, порфиробластовые. Вкрапленность пирита, анкерита и сидерита

Магматические образования



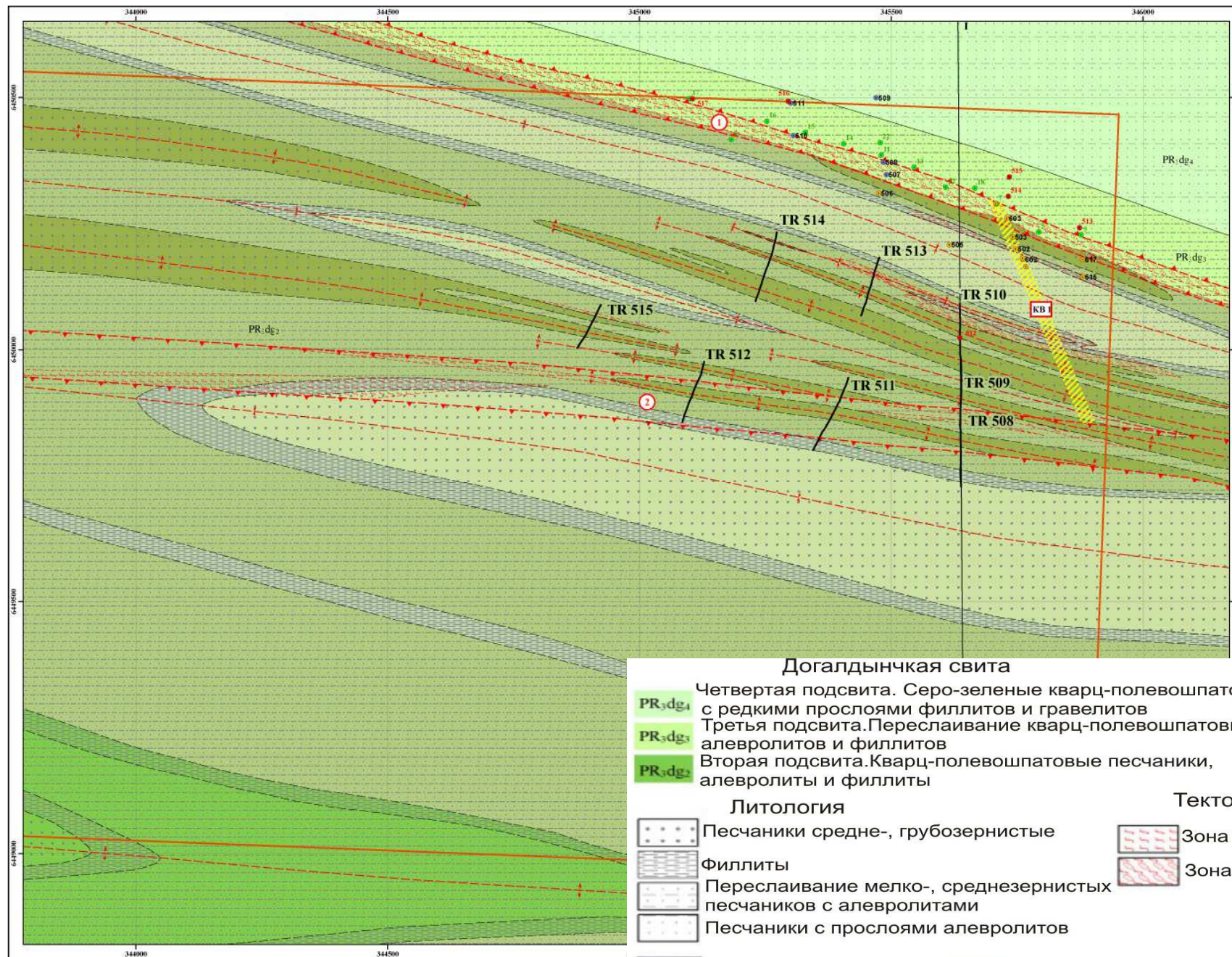
Дайка лампрофира

Жильные образования



Кварцевые жилы и прожилки

Геологическая карта месторождения Кавказ (составил Синюков Ю. Д., 2010 г.)



Догаддынчкая свита

- PR₃dg₄ Четвертая подсвита. Серо-зеленые кварц-полевошпатовые песчаники с редкими прослоями филлитов и гравелитов
- PR₃dg₃ Третья подсвита. Переслаивание кварц-полевошпатовых песчаников, алевролитов и филлитов
- PR₃dg₂ Вторая подсвита. Кварц-полевошпатовые песчаники, алевролиты и филлиты

Литология

- Песчаники средне-, грубозернистые
- Филлиты
- Переслаивание мелко-, среднезернистых песчаников с алевролитами
- Песчаники с прослоями алевролитов

Тектоника

- Зона рассланцевания
- Зона будинажа

Кварцевая зона №1

Граница лицензионной площади

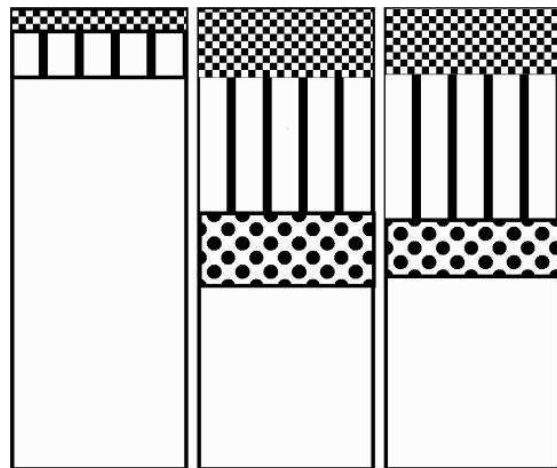
Вмещающие породы месторождений

Месторожден	Свита	Подсвита	Литология
Копыловское Кавказ	Догалдынска я R_3dg	Четверта я R_3dg_4	Метапесчаники аркозовые, граувакко-аркозовые, граувакковые
Копыловское Кавказ	Догалдынска я R_3dg	Третья R_3dg_3	Метапесчаники, переслаивание метапесчаников и метаалевролитов, метапесчаников и сланцев,
Кавказ (>95 %)	Догалдынска я R_3dg	Вторая R_3dg_2	Метапесчаники аркозовые с прослоями гравелитов, редкими прослоями метаалевролитов и сланцев
Рудопроявлен ие Красное	Вачская R_3vc	Верхняя R_3vc_2	Высокоуглеродистые метаалевролиты, переслаивание кварцитов и
Рудопроявлен ие Красное	Вачская R_3vc	Нижняя R_3vc_1	Высокоуглеродистые метаалевролитов с маломощными прослоями углеродистых метапесчаников

Вмещающие породы: минеральный состав.

Главные минералы

Метаалевролиты, сланцы

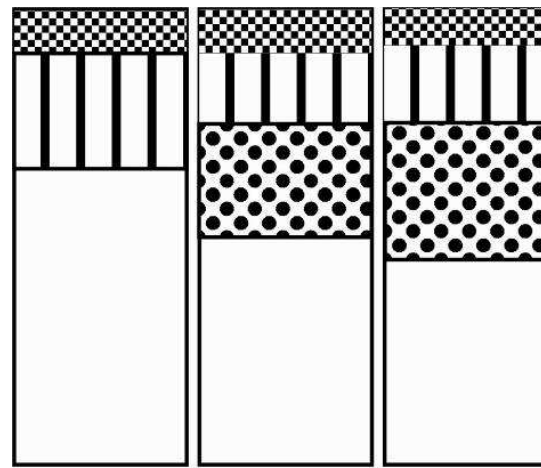


Красный

Копыловский

Кавказ

Метапесчаники



Красный

Копыловский

Кавказ



Красное	Копыловское	Кавказ
Угл. вещество: 3-10 об. %	Угл. вещество: 1-5 об. %	
Кварц		
-	Альбит, ортоклаз, микроклин	
Слюда: мусковит,	Слюда: мусковит, иллит-2М₁ , парагонит	
-	Хлорит	
Карбонаты: брейнерит, доломит, сидерит	Карбонаты: брейнерит, доломит, сидерит, кальцит	

Вмещающие породы: минеральный состав.

Акцессорные минералы

	Красное	Копыловское	Кавказ
Распространенные	<u>Турмалин</u> – обл., рег., новообр. <u>Рутил</u> – обл., новообр.	<u>Турмалин</u> – обл., рег. <u>Циркон</u> – обл. <u>Апатит</u> – обл.	<u>Турмалин</u> – обл., рег. <u>Циркон</u> – обл. <u>Апатит</u> – обл.
Обычные	<u>Флоренсит</u> – новообр. <u>Циркон</u> – обл.	<u>Флоренсит</u> – новообр. <u>Рутил</u> – обл., новообр. <u>Эпидот</u> – обл., новообр.	<u>Флоренсит</u> – новообр. <u>Рутил</u> – обл., новообр. <u>Эпидот</u> – обл., новообр.
Редкие	<u>Ксенотим</u> – обл.(?) <u>Монацит</u> – обл. (?)	<u>Титанит</u> – обл. <u>Монацит</u> – обл. <u>Гояцит</u> – новообр.	<u>Ортит</u> – обл.

Эпидот – обл. (?) Гранат – обл.
 Примечание: обл. – обломочный минерал, рег. – обломки с каймами регенерации,
 новообр. – новообразованный.

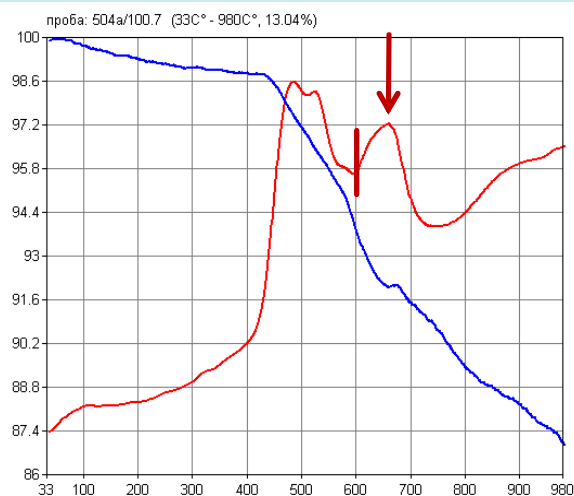
Рудная минерализация

	Красное	Копыловское	Кавказ
Распространенн	Пирит	Пирит	Пирит
Обычные	<i>Пирит (As)</i> <i>Пирит (Ni)</i> Галенит Халькопирит Сфалерит Пирротин <i>Пентландит</i> <i>Герсдорфит</i> <i>Арсенопирит</i> <i>Теннантит</i> <i>Тетраздрит</i> Ковеллин	Галенит Халькопирит Сфалерит Пирротин	Галенит Халькопирит Сфалерит Пирротин
Редкие	<i>Годлевскит</i> <i>Молибденит</i> <i>Галенит (Se)</i> <i>Сфалерит (Cd)</i> <i>Гринокиит</i> Золото	Золото	Халькозин Золото

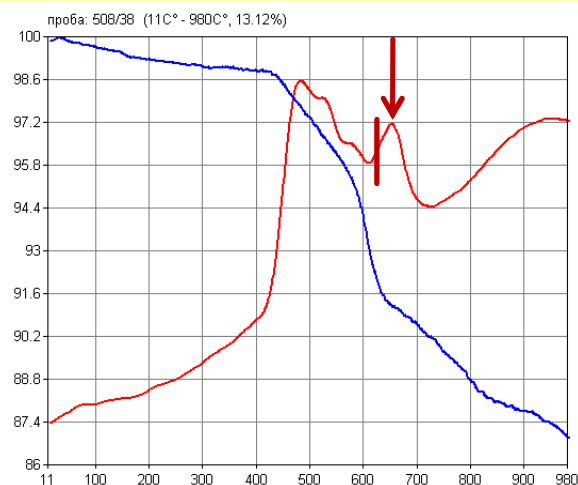
Степень метаморфизма вмещающих пород

- ✗ Породы всех трех объектов подверглись метаморфизму в условиях зеленосланцевой фации, серицит-хлоритовой и мусковит-хлоритовой субфаций зеленосланцевой фации метаморфизма, о чем свидетельствует:
- ✗ Перекристаллизация цемента метапесчаников до тонкозернистой кварцево-серицитовой массы
- ✗ Наличие в породах всех трех объектов новообразованного мусковита, парагонита, а также структурно упорядоченной модификации иллита- $2M_1$ в породах месторождений Копыловское и Кавказ
- ✗ Присутствие клинохлора в качестве вторичного минерала в сланцах и метапесчаниках месторождений Копыловское и Кавказ
- ✗ Температуры выгорания углеродистого вещества ($T_0=530-550^\circ\text{C}$, $T_{\text{max}}=650-700^\circ\text{C}$).
Отдельные образцы Красного характеризуются более низкими температурами выгорания углеродистого вещества ($T_0=450^\circ\text{C}$, $T_{\text{max}}=550^\circ\text{C}$), которые соответствуют преобразованию на более низкой стадии аспидных сланцев

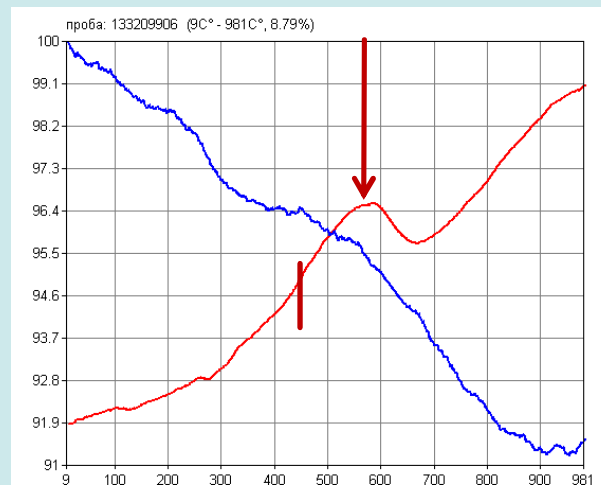
Копыловское



Кавказ

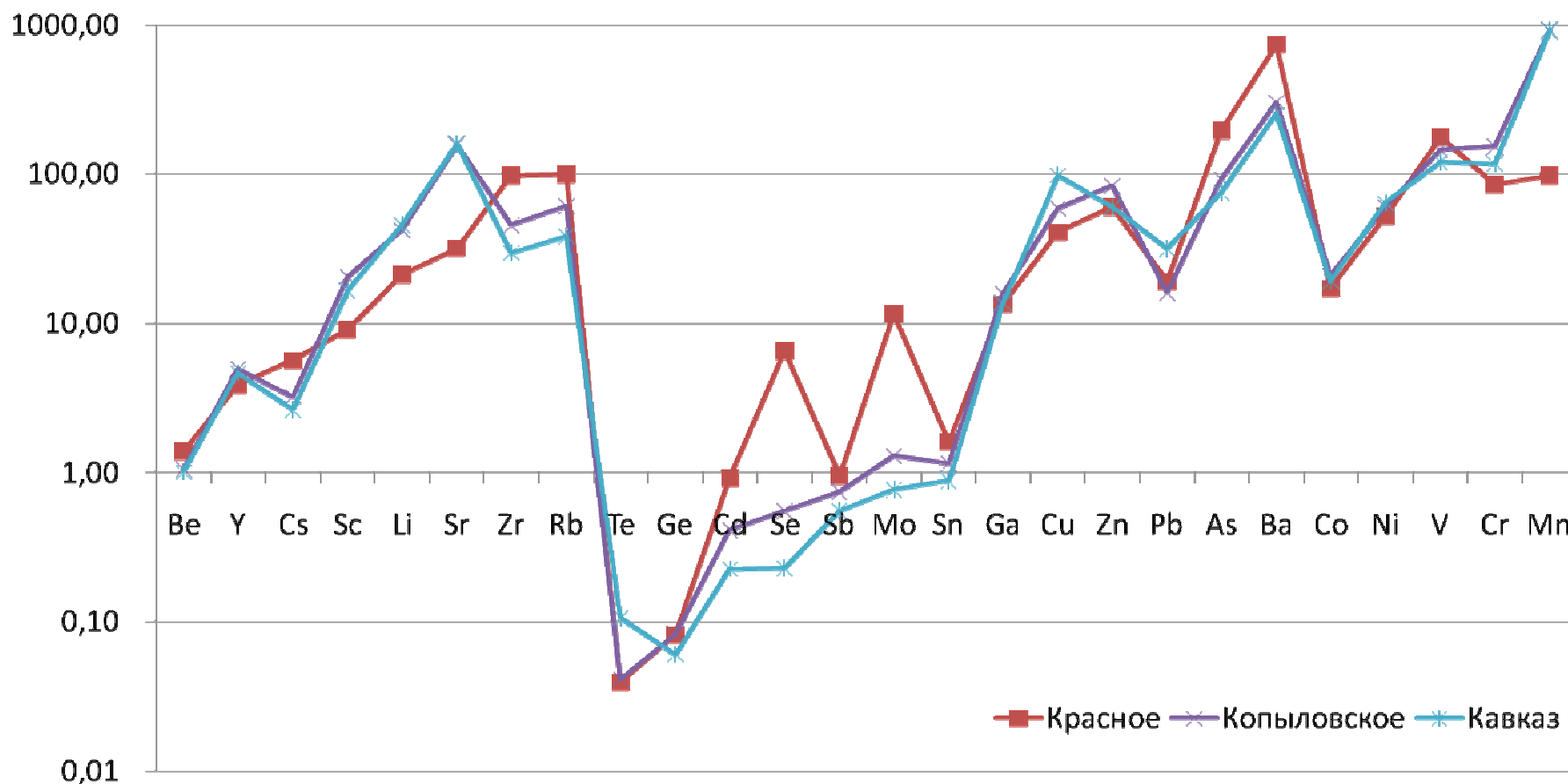


Красное



Геохимические особенности вмещающих пород

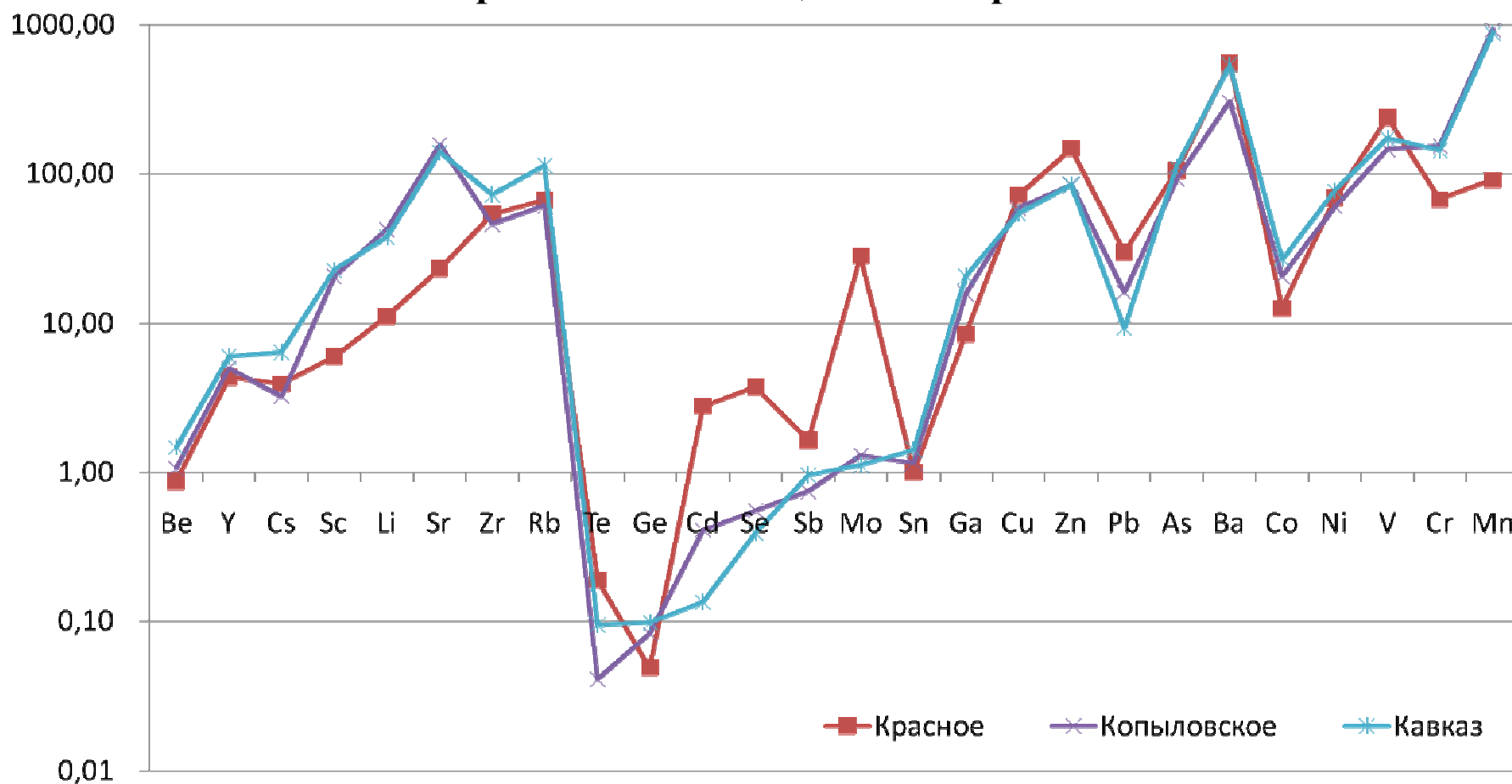
Метапесчаники



Породы рудопроявления Красное отличаются от пород месторождений Копыловское и Кавказ пониженным содержанием ряда литофильных элементов: Be, Li, Sr, Sc, Rb, Hf, Nb, а также Cr, Mn. В то же время, содержание халькофильных элементов, особенно Mo, Cd, в меньшей степени Zn, а также Se, Te, Sb, на Красном значительно выше. Концентрации Ni, Cu, Pb, As на всех объектах близки.

Геохимические особенности вмещающих пород

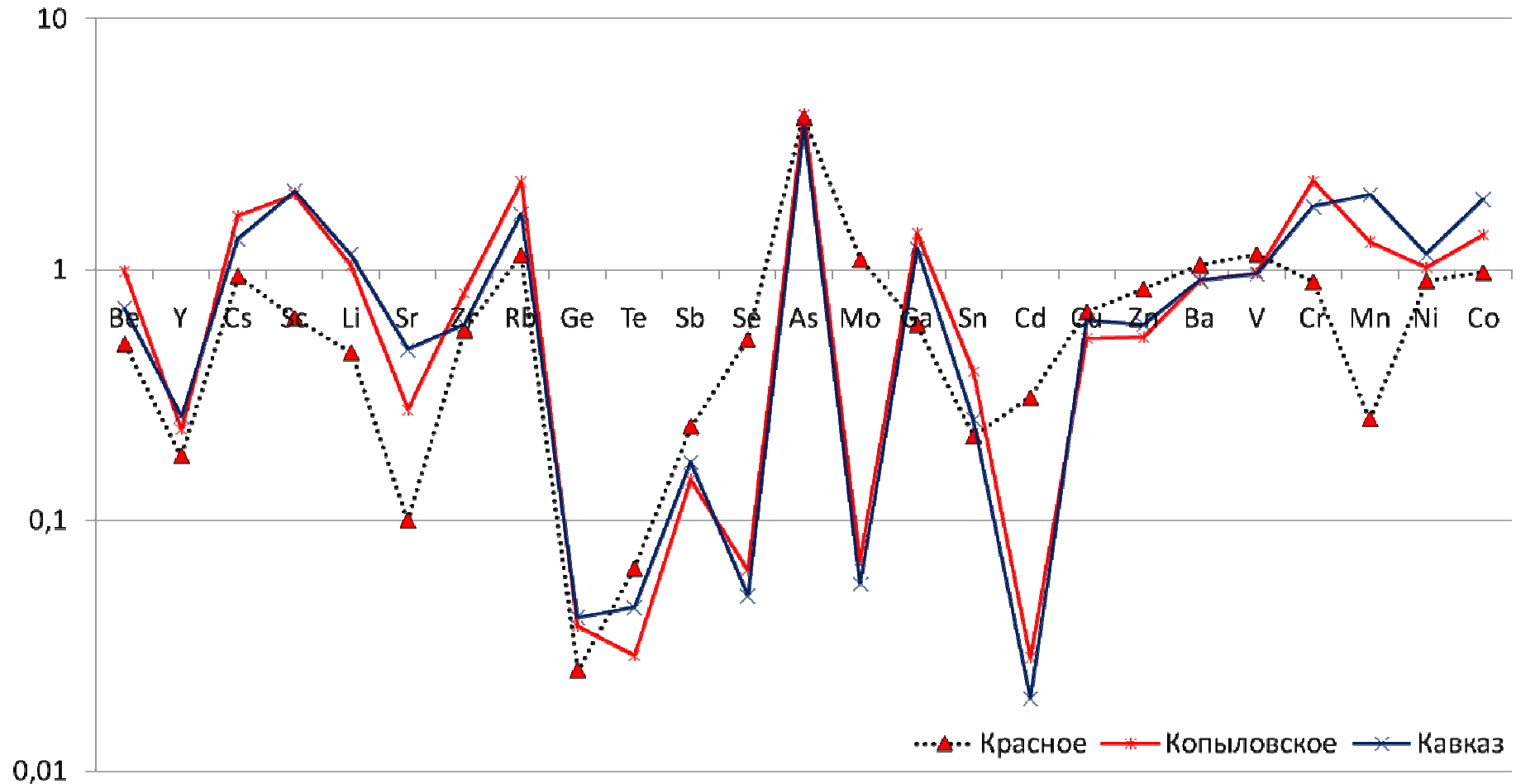
Углеродистые сланцы, метаалевролиты



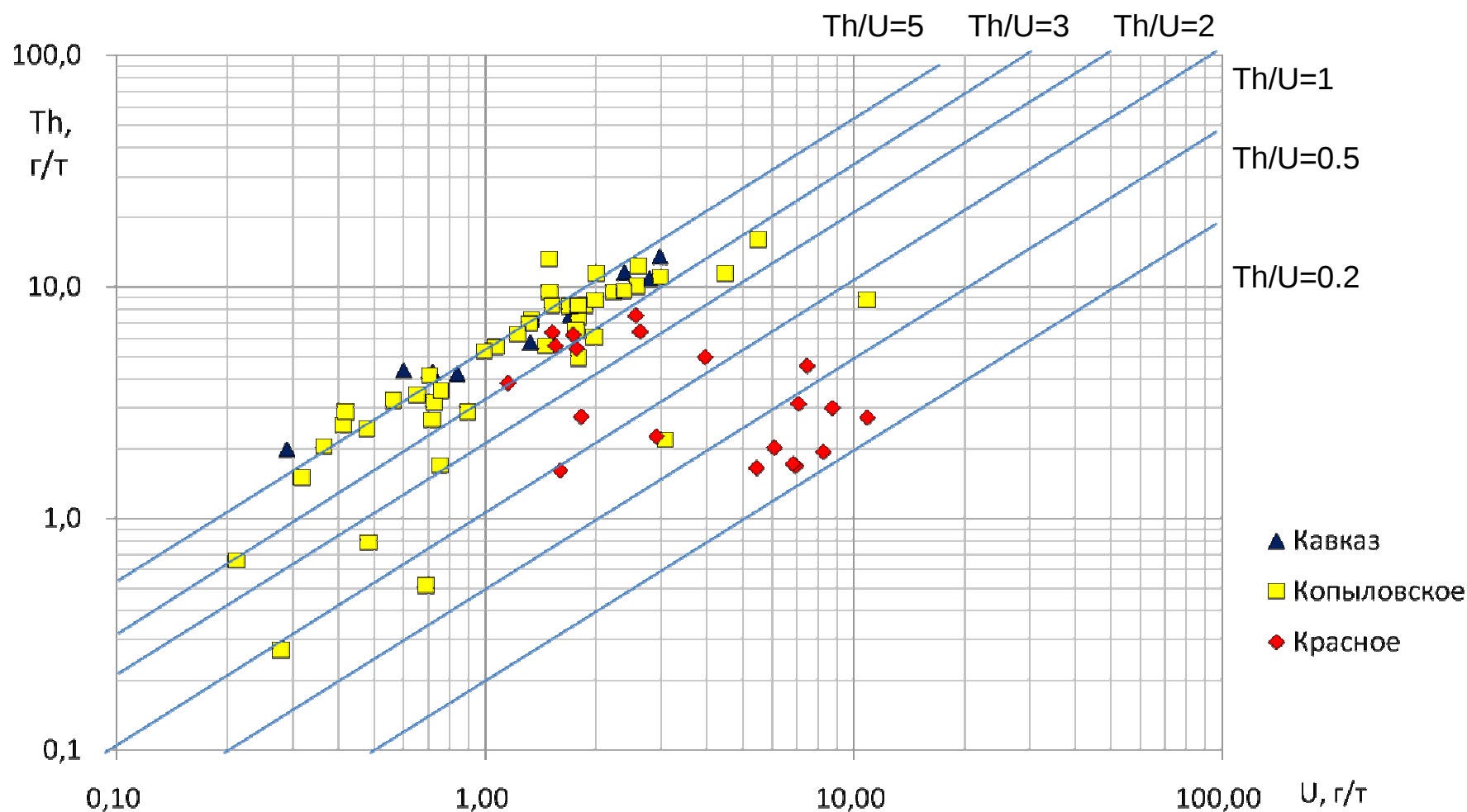
Породы рудопроявления Красное отличаются от пород месторождений Копыловское и Кавказ пониженным содержанием ряда литофильных элементов: Be, Li, Sr, Sc, Rb, Hf, Nb, а также Cr, Mn. В то же время, содержание халькофильных элементов, особенно Mo, Cd, в меньшей степени Zn, а также Se, Te, Sb, на Красном значительно выше. Концентрации Ni, Cu, Pb, As на всех объектах близки.

Геохимические особенности вмещающих пород

Средние содержания,
нормированные на кларк «черных сланцев» (по Юдович, Кетрис, 1994)



Геохимические особенности вмещающих пород

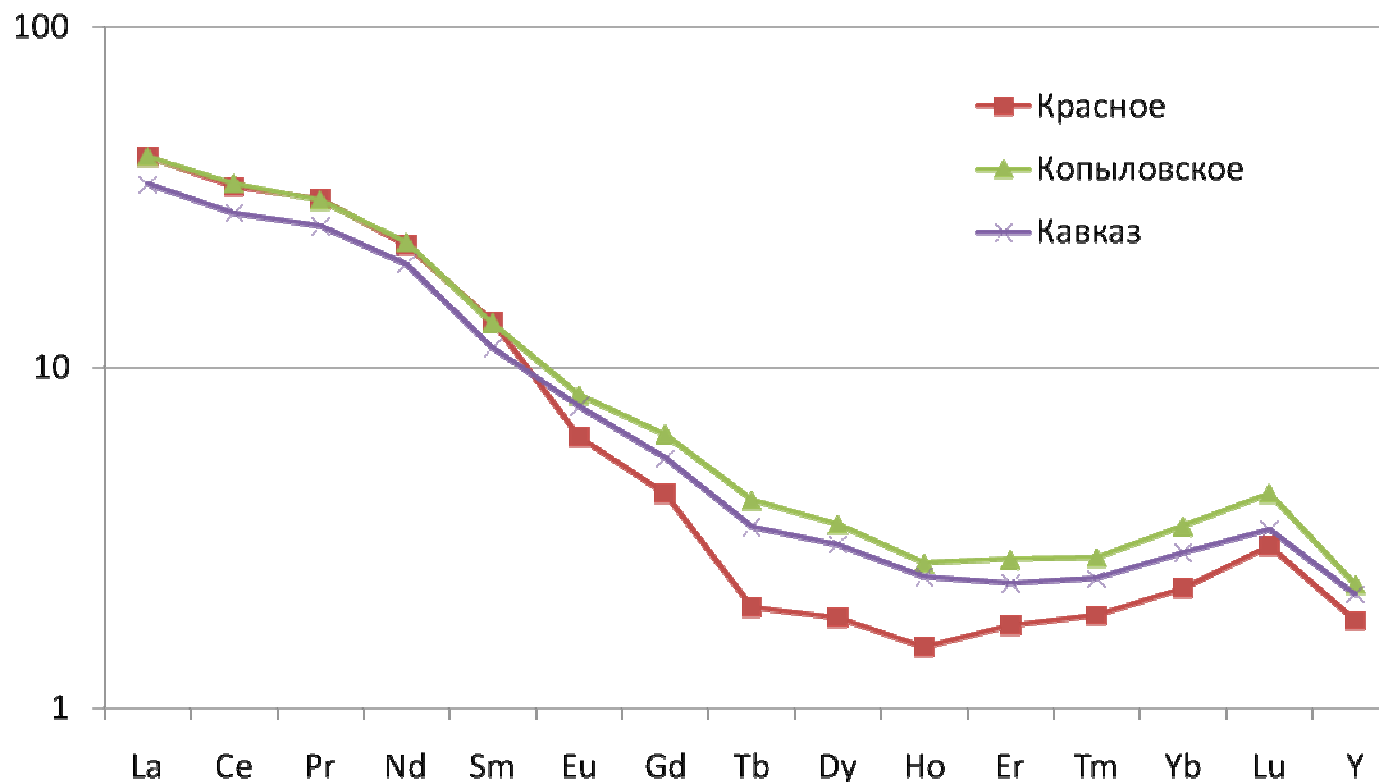


Для пород Красного характерны относительно низкие содержания Th (в среднем 3,8 г/т) и высокие концентрации U (4,4 г/т), по сравнению с породами Копыловского и Кавказа (Th – 6,9 г/т, U – 1,9 г/т). Отсюда Th/U для Красного составляет в среднем ок. 0,9 (диапазон 0,2 – 4,2 по 20 анализам), для Копыловского и Кавказа – ок. 3,6 (0,7 – 8,8 по 50 анализам).

Геохимические особенности вмещающих пород

Метапесчаники

Распределение РЗЭ нормировано на хондрит по (Балашов, 1974)

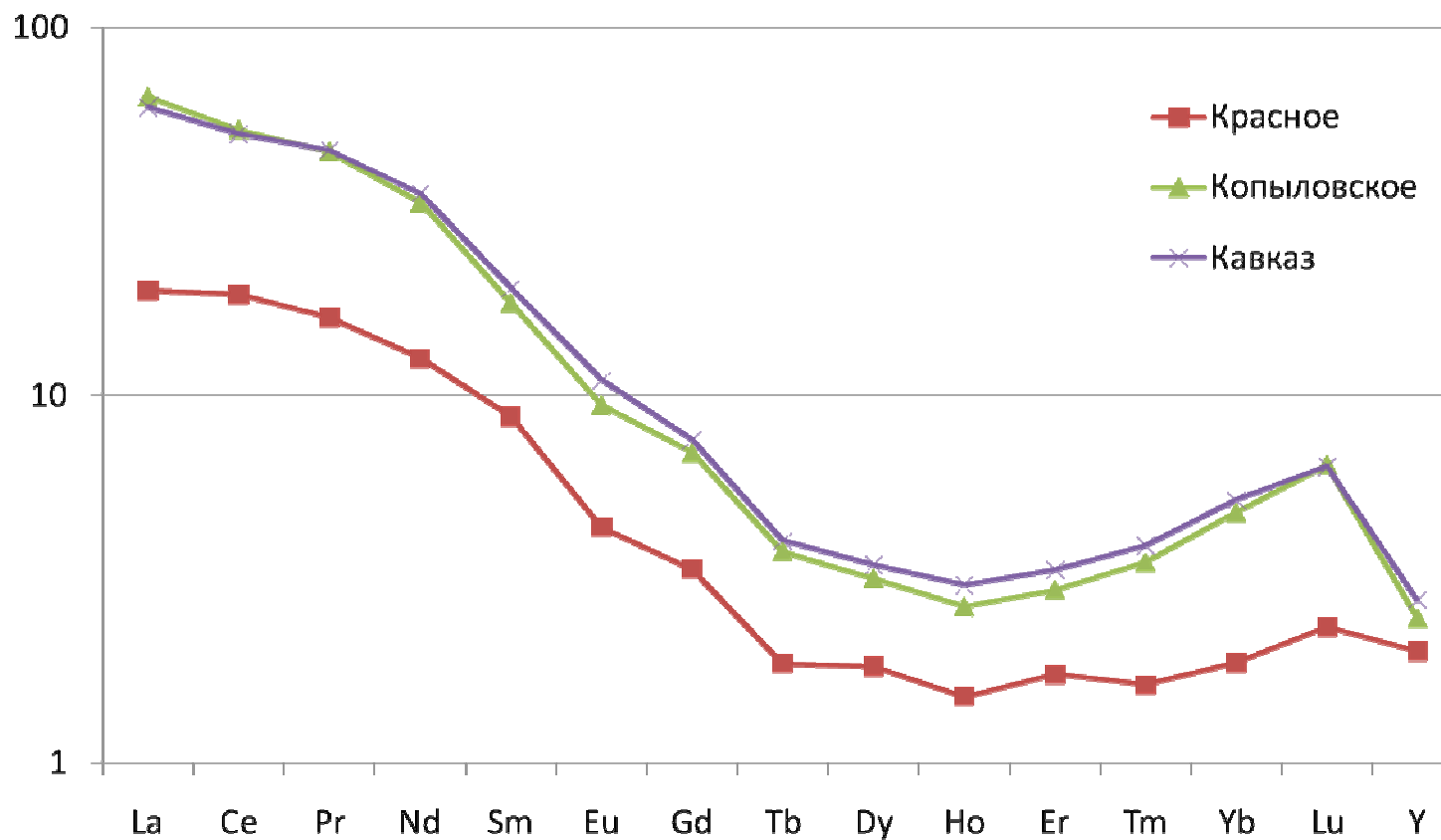


Состав и характер распределения РЗЭ для всех трех объектов сходны. Наблюдается обогащение легкими РЗЭ за счет тяжелых, и относительное повышение концентрации тяжелых РЗЭ за счет средних. Аномалий распределения Eu и Ce не выявлено. Анализы ряда образцов с рудопроявления Красное показывают слабо пониженное содержание La, что может быть связано с его особым поведением при $pH < 7.7-8.0$ [Балашов, 1974]. Общее содержание РЗЭ в породах Копыловского и Кавказа несколько выше, чем в породах Красного.

Геохимические особенности вмещающих пород

Углеродистые сланцы и метаалевролиты

Распределение РЗЭ нормировано на хондрит по (Балашов, 1974)



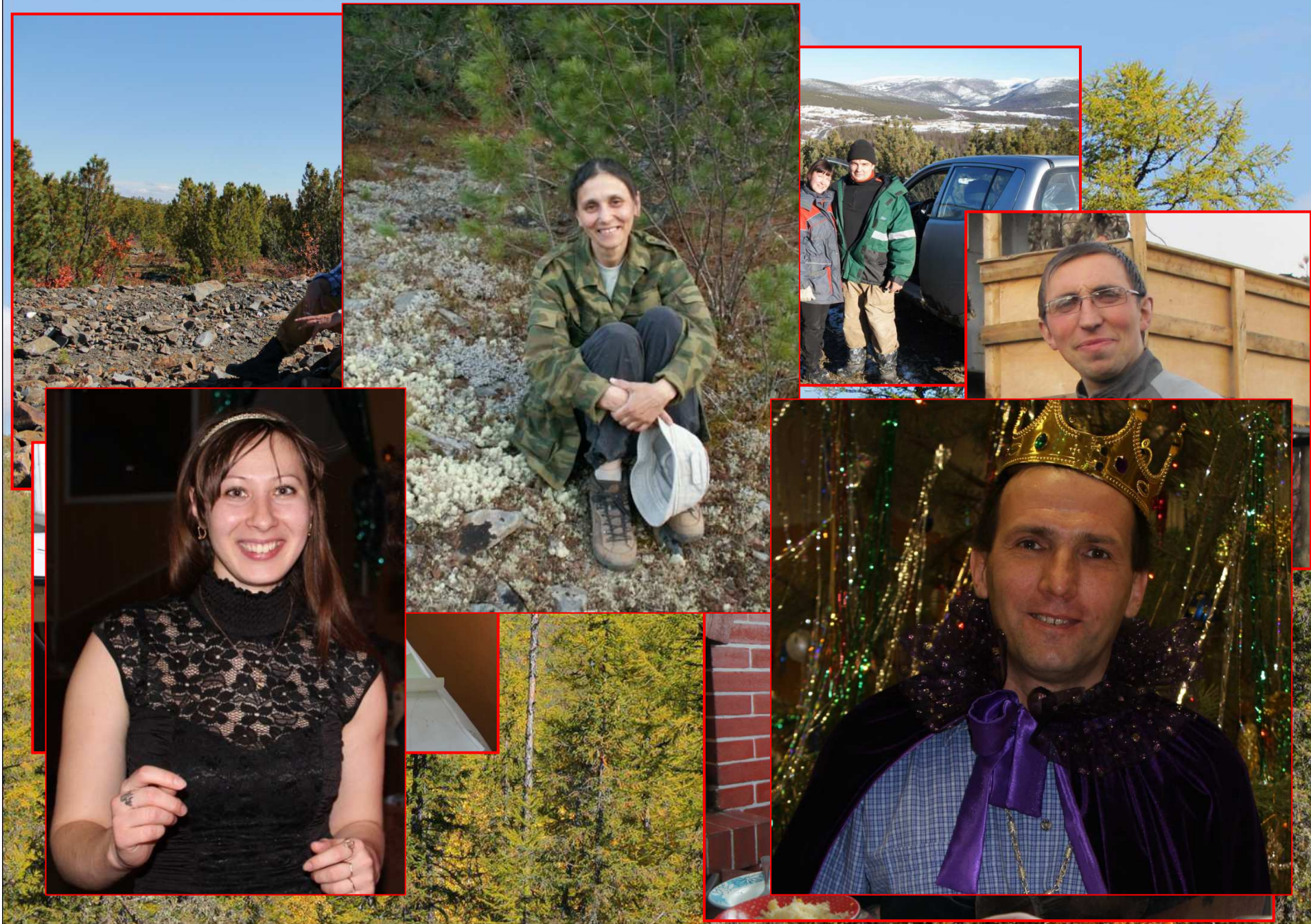
Состав и характер распределения РЗЭ для всех трех объектов сходны. Наблюдается обогащение легкими РЗЭ за счет тяжелых, и относительное повышение концентрации тяжелых РЗЭ за счет средних. Аномалий распределения Eu и Ce не выявлено. Анализы ряда образцов с рудопроявления Красное показывают слабо пониженное содержание La, что может быть связано с его особым поведением при $pH < 7.7-8.0$ [Балашов, 1974]. Общее содержание РЗЭ в породах Копыловского и Кавказа несколько выше, чем в породах Красного.

Заключение

- Породы рудопроявления Красное имеют терригенно-гидрогенную природу, породы Копыловского и Кавказа – существенно терригенные.
- Рудная минерализация на Красном характеризуется Ni и Ni-As специализацией, на Копыловском и Кавказе – присутствием сульфидов Zn и Pb.
- Породы метаморфизованы в условиях серицит-хлоритовой субфации.
- Геохимические, текстурно-структурные и минералогические признаки наложенных гидротермально-метасоматических процессов не выявлены.

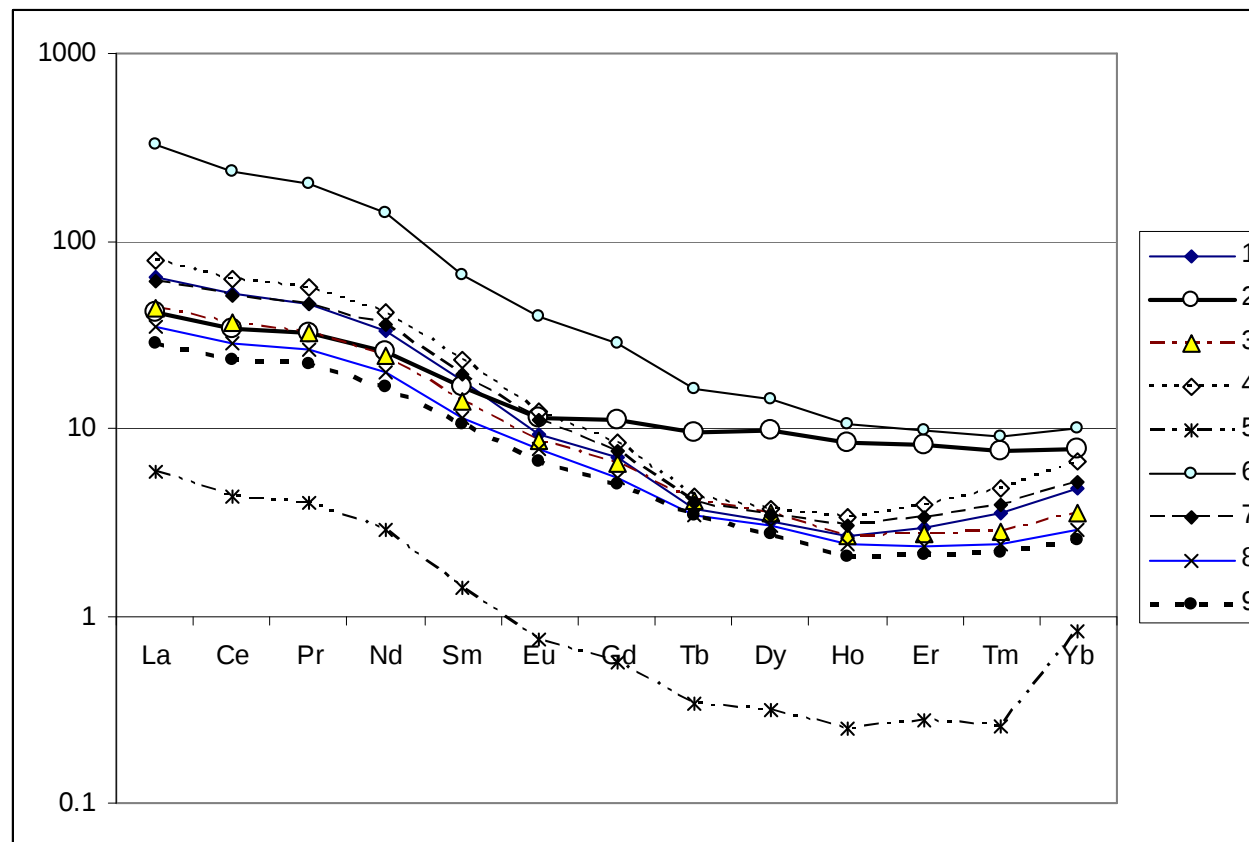


Автор выражает искреннюю благодарность



Характеристика	Красный	Копыловское	Кавказ	Сухой Лог (по Вуд, Попов, 2006)
Стратиграфическое положение	Вачская свита, R ₃ vc	Догалдынская свита, Vdg	Догалдынская свита, Vdg	Хомолхинская свита, R ₂ hm
Вмещающие породы	Кварцевые алевролиты, углеродисто-глинистые сланцы, кварцевые песчаники	Углеродисто-глинистые сланцы, алевролиты, ПШ-Q песчаники, аркозовые песчаники	Углеродисто-глинистые сланцы, алевролиты, ПШ-Q песчаники	Q-carb-ser углеродистые сланцы, сидеритовые сланцы, кварцитовые алевролиты
Выгорание орг. вещества	T ₀ =550, T _{max} =680, 770; T ₀ =490, T _{max} =550	T ₀ =600, T _{max} =650	T ₀ =600, T _{max} =650	Нет данных
Степень метаморфизма	Серицит-хлоритовая субфация зеленосланцевой фации			
Признаки метасоматоза	Метакристаллы магнезиально-железистых карбонатов, пирита			
Признаки гидротермальной деятельности	Кварцевые и кварц-карбонатные прожилки и просечки в т.ч. с рудной минерализацией. Согласно напластованию и секущие.			
Состав руд	Pу, спу, ро, gn, sph, cv, fo, Ni-S, Au	Pу, спу, ро, gn, sph, Au		Pу, спу, ро, gn, sph, As-пу, Au, Au-Te, Pt

Поведение РЗЭ в породах догалдынской свиты в пределах Копыловского и Кавказа



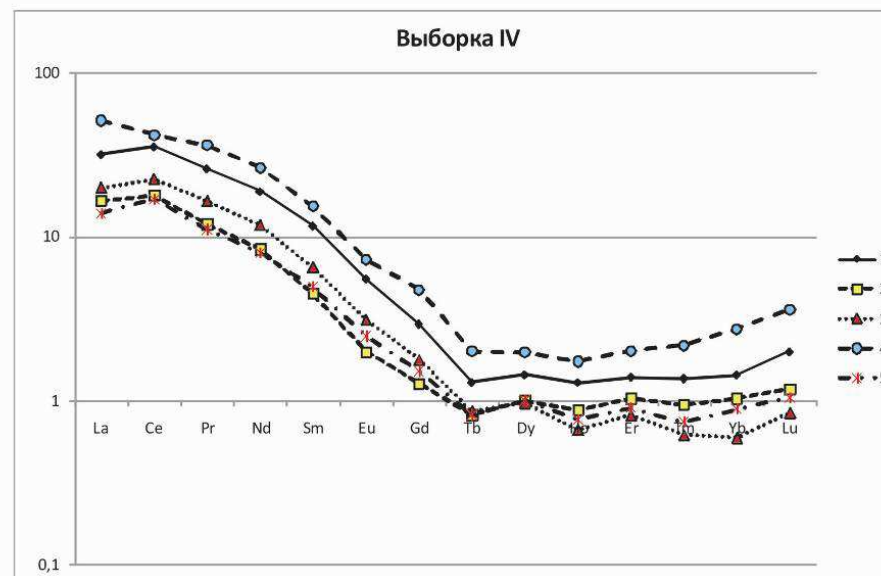
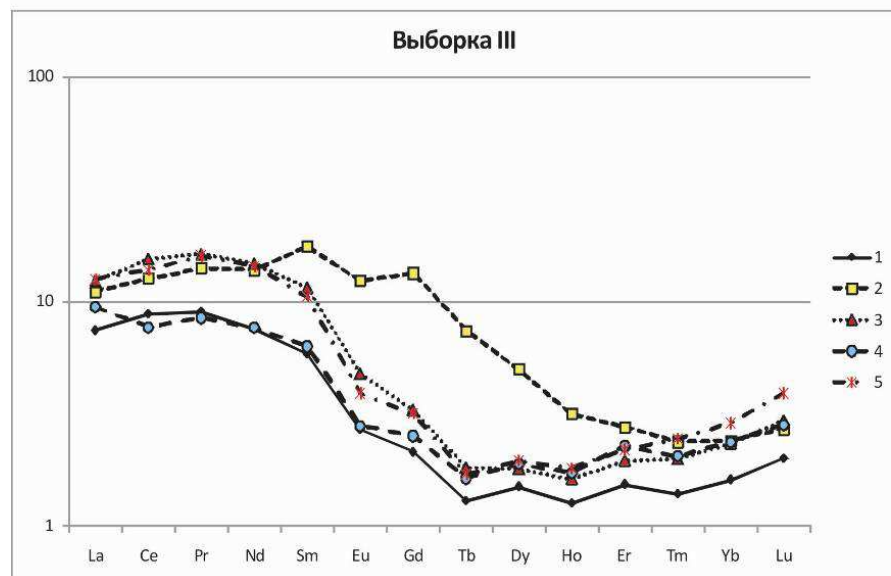
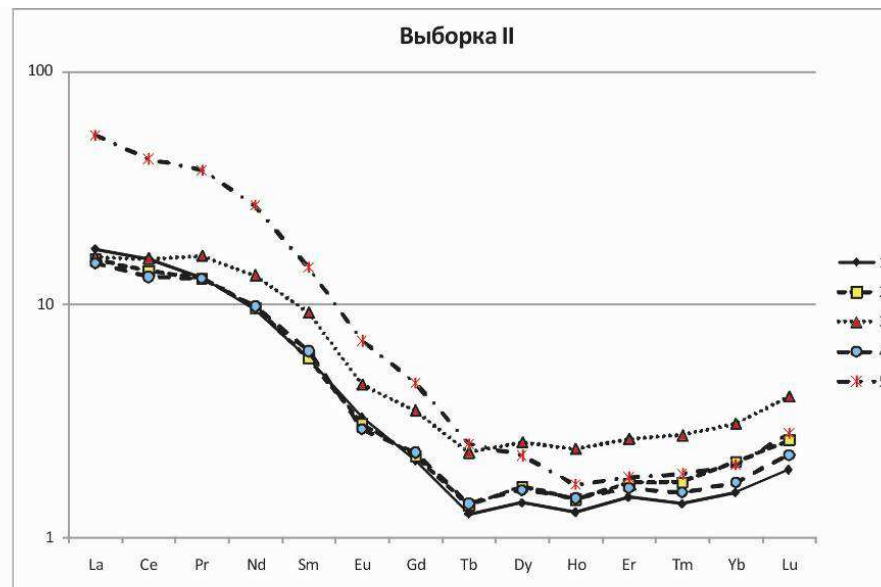
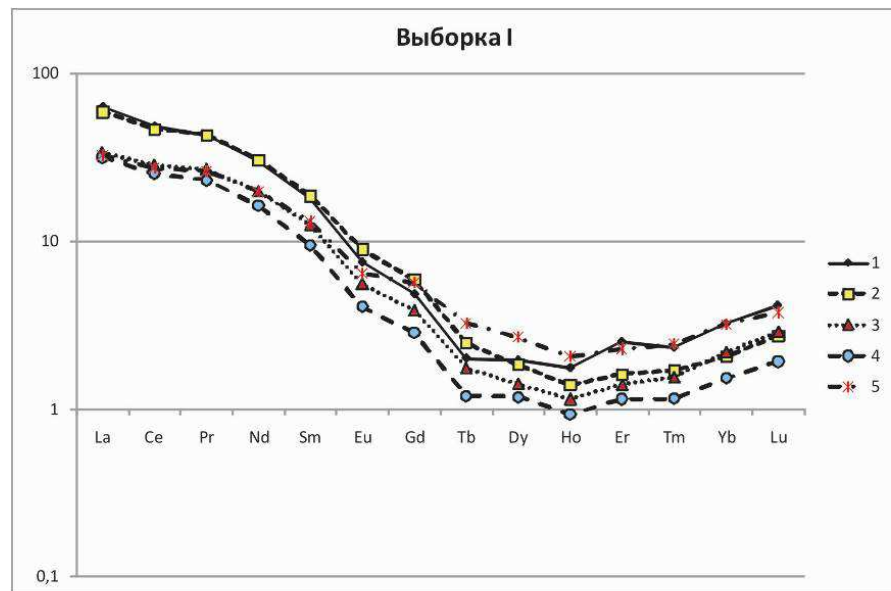
Распределение РЗЭ в различных породах изученного района

Условные обозначения:

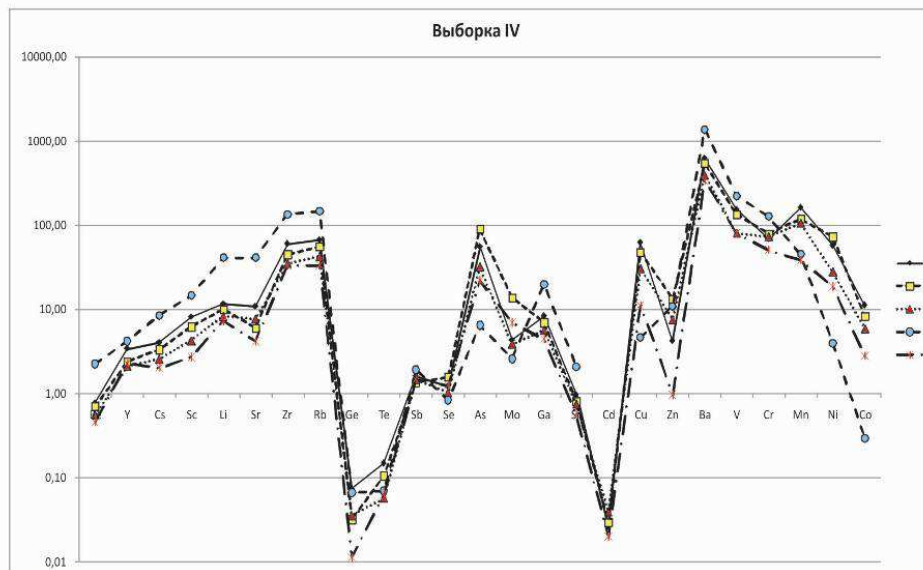
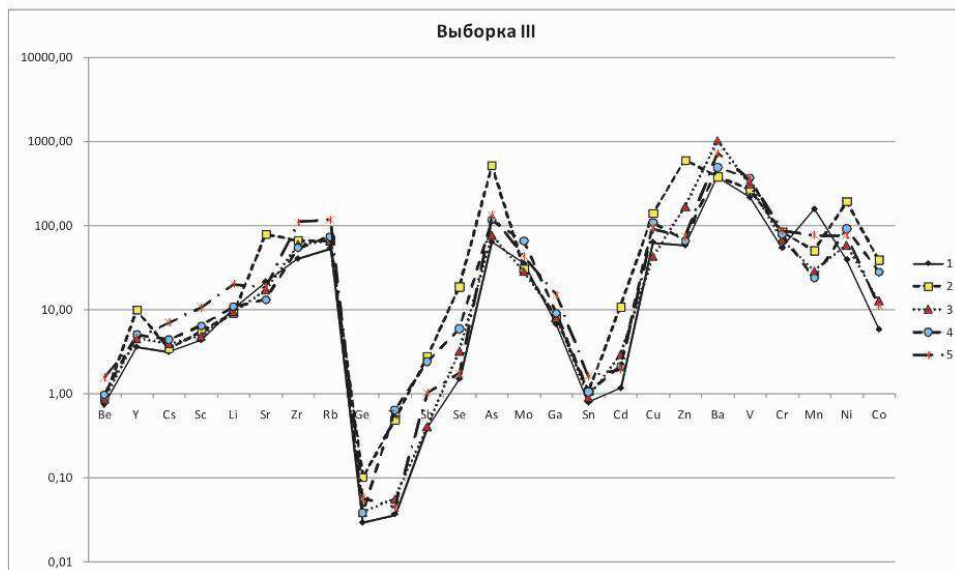
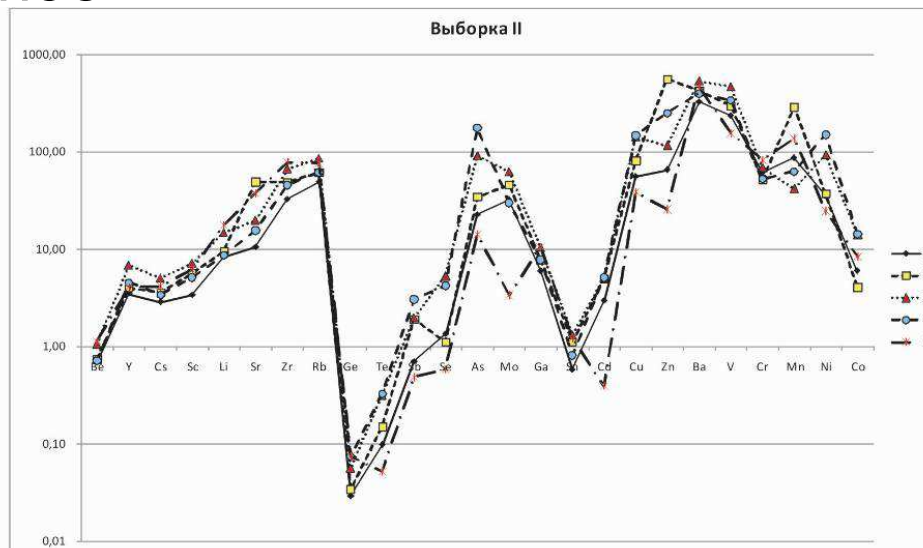
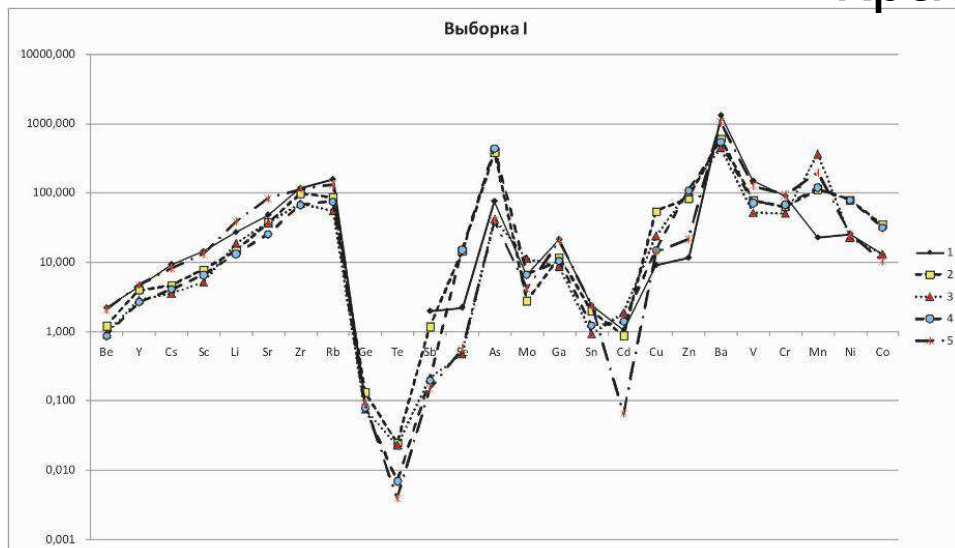
1-6, 9 – Копыловское месторождение, 7, 8 – Кавказ.

1, 7 – углеродистые сланцы; 2 – глинистые сланцы; 3, 8 – песчаники; 4 – рудный штокверк, 5 – кварцевые жилы, 6 – лампрофир, 9 – известковистый песчаник.

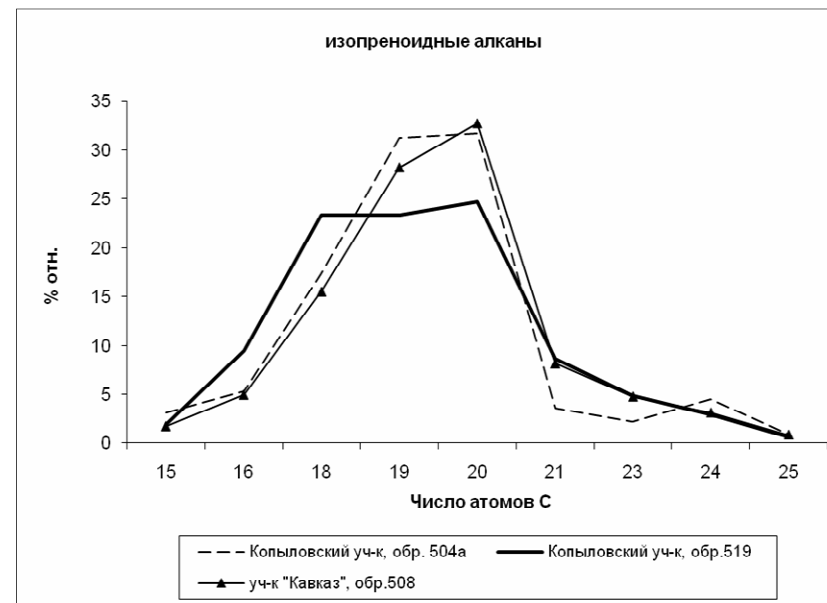
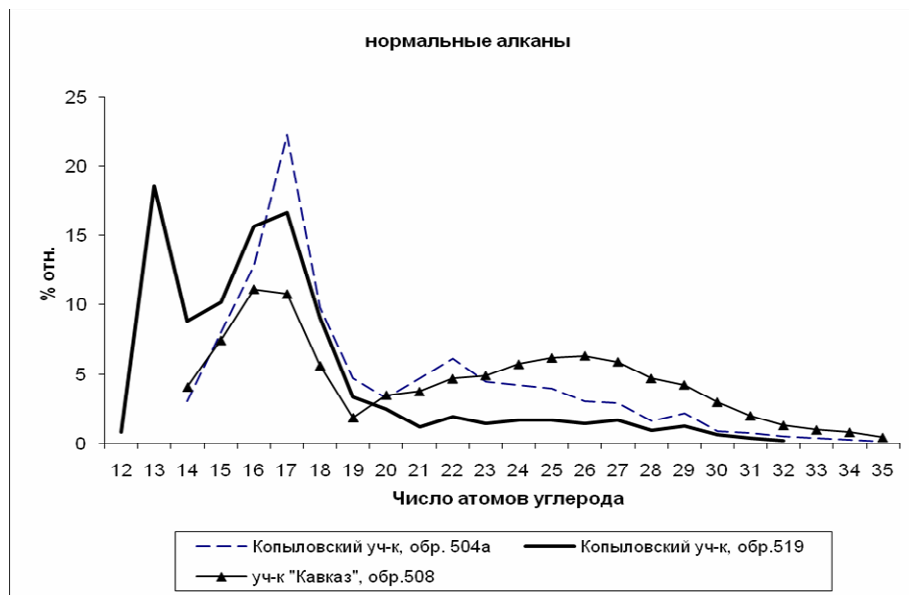
Состав редкоземельных элементов в породах рудопроявления Красное



Состав редких элементов в породах рудопроявления Красное

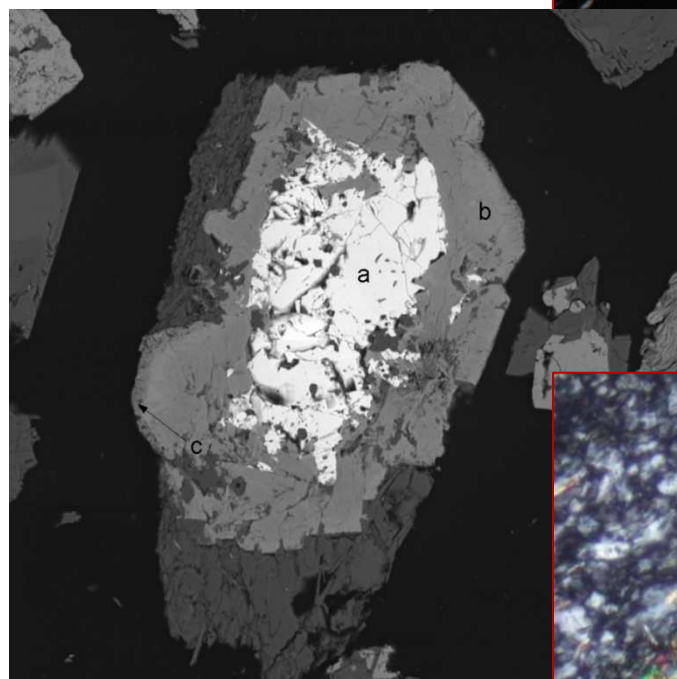
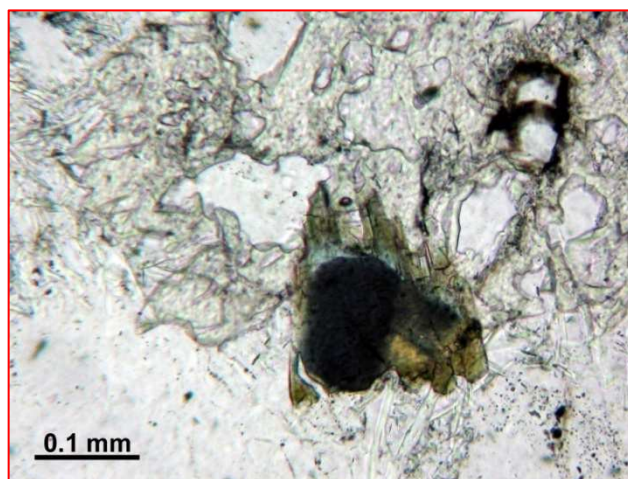
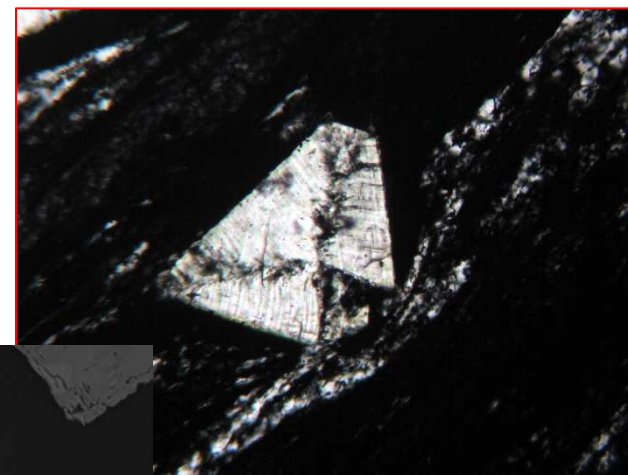
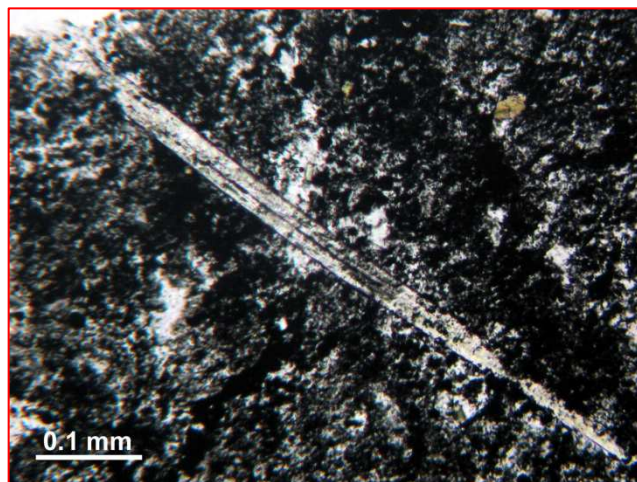


Состав органического вещества пород догалдынской свиты. Данные химико-битуминологического анализа



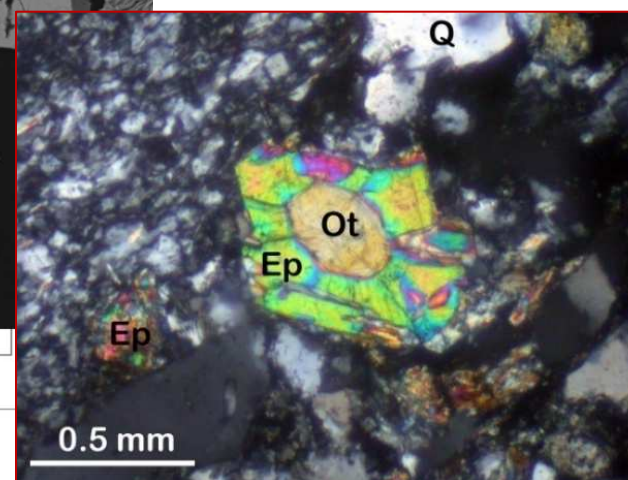
Рассеянное органическое вещество изученных проб характеризуется повышенным содержанием $C_{орг}$ и низкой долей битумоида (ХБА) как в % на породу, так и на $C_{орг}$. В составе ХБА низка доля масел, бензольных смол и асфальтенов и высоко содержание спиртобензольных смол. Среди масел преобладают насыщенные углеводороды (УВ), концентрация аренов мала – присутствуют только моноароматические структуры. В составе насыщенных УВ, при явном преобладании нормальных алканов, много изоалканов.

Акцессорные минералы вмещающих пород

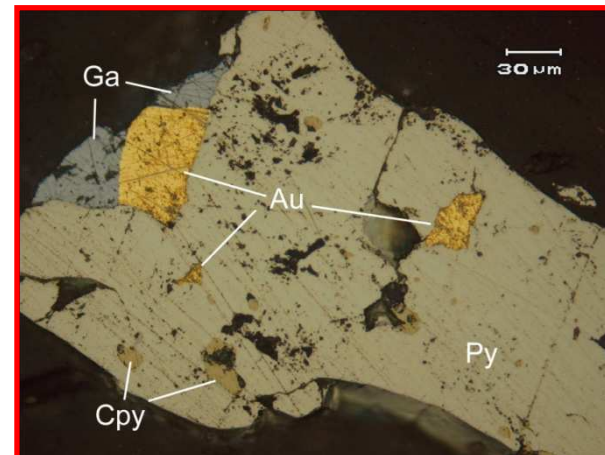
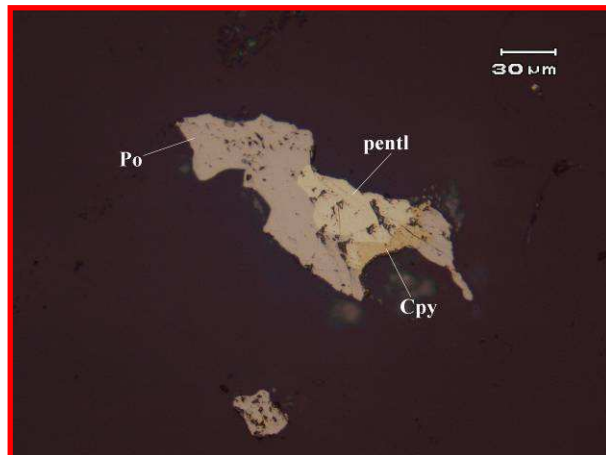
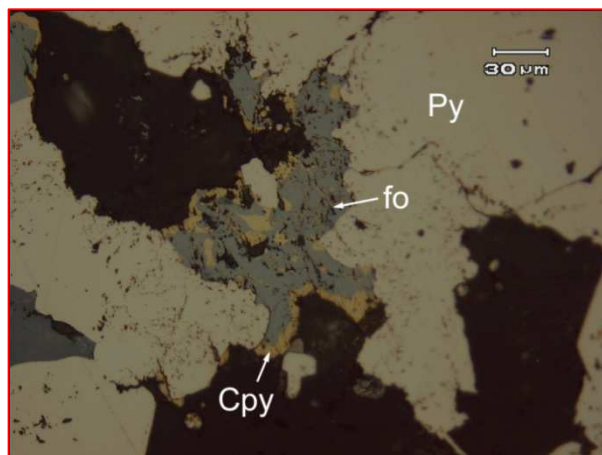


SEM HV: 20 kV	WD: 14.99 mm	
View field: 344 µm	Det: BSE	100 µm
SEM MAG: 840 x	Date(m/d/y): 12/05/12	

12303



Рудная минерализация рудопрооявления Красное



Морфология пирита, месторождения Копыловское и Кавказ

