

**ПЕТРОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ В ГРАНИТОИДНЫХ МАССИВАХ СИНЮХИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ
(ГОРНЫЙ АЛТАЙ)**

К.Л. Новоселов

На территории Синюхинского золоторудного поля развиты гранитоидные породы трех интрузивных комплексов: 1) саракокшинский габбро-плагиогранитный (C₂-C₃); 2) инской (синюхинский) гранодиорит-диоритовый (D); 3) цыганский гранит-порфировый (P) [1]. В качестве петротипов приняты соответственно Саракокшинский, Инской массивы и массив Цыган.

Саракокшинский массив занимает юго-восточную часть территории рудного поля, западная граница массива ограничена разломом. Гранитоидные породы, слагающие массив, представлены субщелочными двуполевошпатовыми лейкогранитами, субщелочными двуполевошпатовыми гранитами, низкощелочными гранитами.

Породы Инского массива слагают южную часть территории рудного поля, представлены субщелочными двуполевошпатовыми лейкогранитами, субщелочными двуполевошпатовыми гранитами, низкощелочными гранитами, кварцевыми сиенитами, кварцевыми диоритами, диоритами, гранодиоритами.

Породы массива Цыган развиты на северо-западе рудного поля. По составу породы отвечают субщелочным двуполевошпатовым лейкогранитам, субщелочным двуполевошпатовым гранитам, лейкогранитам, кварцевым сиенитам.

Геодинамические условия формирования массивов различны. Саракокшинские гранитоиды относятся к I-типу, соответствуют островодужным гранитоидам VAG. Петрохимические и геохимические особенности инских пород указывают на принадлежность их к I-гранитам (кордильерский тип), формирование массива происходило в условиях активной континентальной окраины андийского типа. Гранитоиды массива Цыган определены как внутриплитные граниты WPG, A-типа, сформированные в анорогенной обстановке [2].

Таблица 1

Распределение редкоземельных элементов в породах гранитоидных массивов Синюхинского рудного поля
(n · 10⁻⁴%)

Массивы и породы	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu
Кларк в кислых породах по Виноградову А.П. (1962)	60	100	9	1,5	2,5	4	1
Саракокшинский							
Субщелочной двуполевошпатовый лейкогранит	9,1	22,8	3,1	1,1	1,7	2,7	0,8
Субщелочной двуполевошпатовый гранит	16	41	3,3	1,4	2,5	1,8	0,6
Низкощелочной гранит	2,5	10	2,0	0,8	1,0	2,7	0,9
Инской							
Субщелочной двуполевошпатовый лейкогранит	23,6	41,5	5,2	1,4	2,1	3,1	0,8
Субщелочной двуполевошпатовый гранит	15	53	4,4	1,8	1,7	2,1	0,8
Кварцевый сиенит	21	51	5,2	1,8	0,8	2,5	0,7
Низкощелочной гранит	16	35	4,1	1,2	2,4	2,0	1,0
Кварцевый диорит	20	65	7,4	2,7	2,3	2,5	1,2
Диорит	21	70	7,4	3,8	1,4	4,1	1,3
Гранодиорит	21	53	5,0	1,5	3,0	2,4	0,9
Цыган							
Субщелочной двуполевошпатовый лейкогранит	33	64	7,4	1,6	1,5	3,7	1,4
Субщелочной двуполевошпатовый гранит	20	36	5,1	0,8	1,4	3,7	0,8
Лейкогранит	28	37,5	5,0	0,9	1,4	3,6	0,7
Лейкогранит	15	33	4,3	1,8	2,1	2,0	0,4
Кварцевый сиенит	24	53	5,1	1,4	2,0	2,5	1,0

Из числа РЗЭ в изучаемых породах нейтронно-активационным анализом (лаборатория ЯГИ ТПУ, аналитик с.н.с. Вертман Е.Г.) установлены La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu. Концентрации РЗЭ в породах массивов представлены в таблице 1, содержания РЗЭ, нормированные по хондриту, иллюстрируются диаграммой (рис.1).

Из данных таблицы 1 следует, что в количественном отношении легкие РЗЭ (La, Ce, Sm) во всех породах изучаемых массивов не превышают по содержанию кларки в кислых породах (по Виноградову А.П.). Концентрации таких элементов как Eu, Tb, Yb, Lu в некоторых породах достигают кларковых значений или превышают их, но преимущественно эти элементы содержатся также в количествах ниже кларковых.

На рис.2 показано соотношение редкоземельных элементов в породах трех массивов. Породы Саракокшинского массива проявляют большой разброс значений, на диаграмме образуют обособленные точки, наибольшим вариациям подвержены относительные содержания суммы легких элементов – La и Ce и тяжелых – Yb и Lu, в то время как доля Sm, Eu, Tb в общей сумме лантаноидов во всех породах сохраняется почти постоянной. По характеру соотношений РЗЭ массивы Инской и Цыган существенно отличаются от Саракокшинского массива.

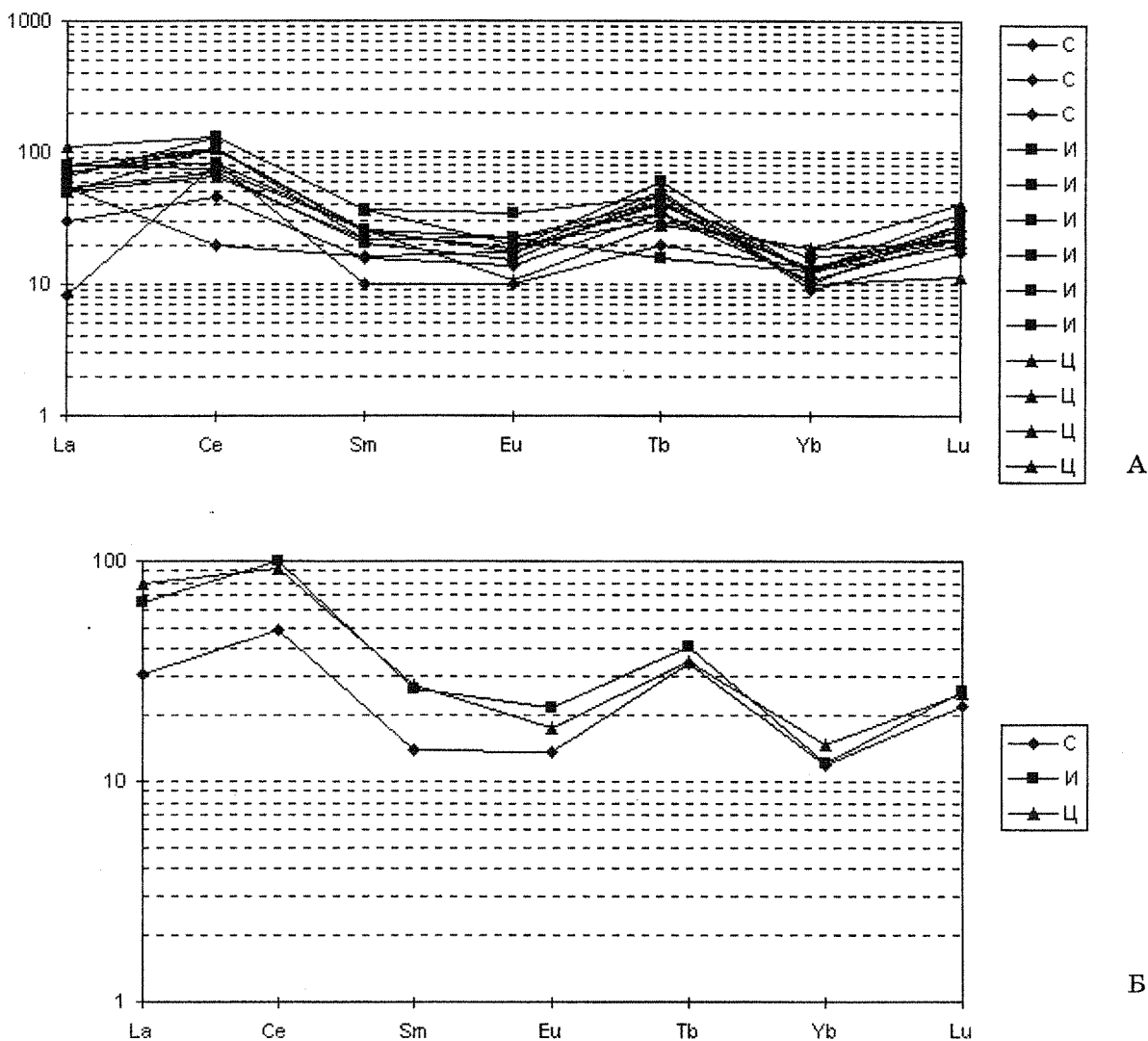


Рис.1. А – распределение редкоземельных элементов во всех разновидностях пород гранитоидных массивов Синюхинского золоторудного поля, Б – распределение средних содержаний РЗЭ в гранитоидных массивах Синюхинского золоторудного поля (С – Саракокшинский массив, И – Инской массив, Ц – массив Цыган)

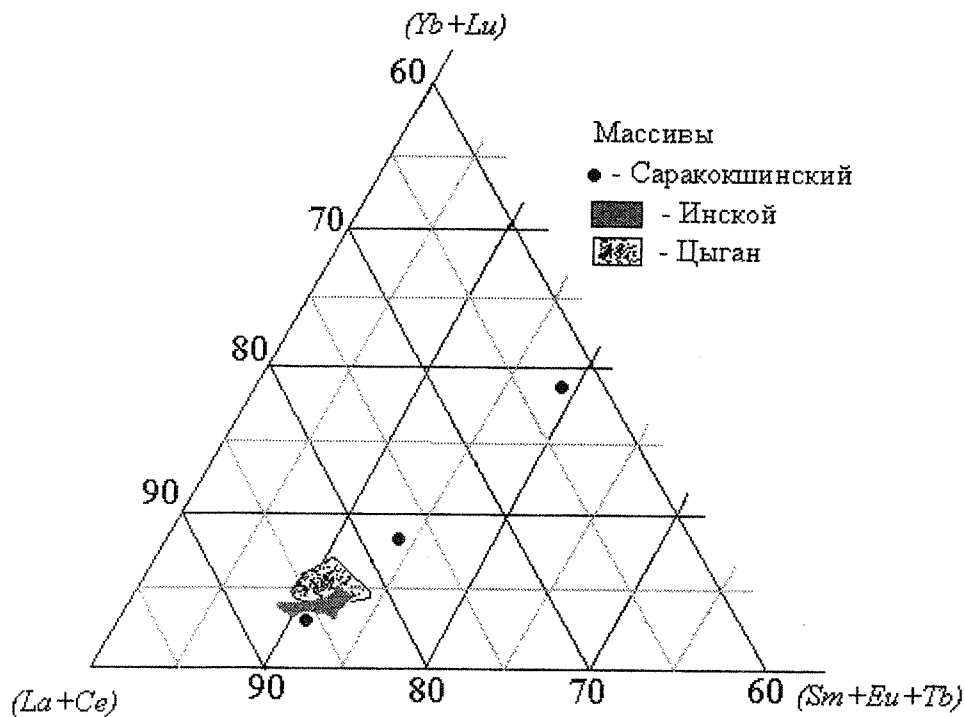


Рис.2. Соотношение редкоземельных элементов в гранитоидных массивах Синохинского золоторудного поля

Как видно из диаграммы (рис.2), эти массивы образуют компактные сближенные поля значений, т.е. процентные соотношения редкоземельных элементов выдержаны во всех разновидностях пород. Резкого отличия в соотношениях РЗЭ в Инском массиве и в Цыгане не наблюдается, но для инских пород характерно постоянство относительных содержаний тяжелых лантаноидов – Yb, Lu. В массиве Цыган отмечены большие вариации этих элементов.

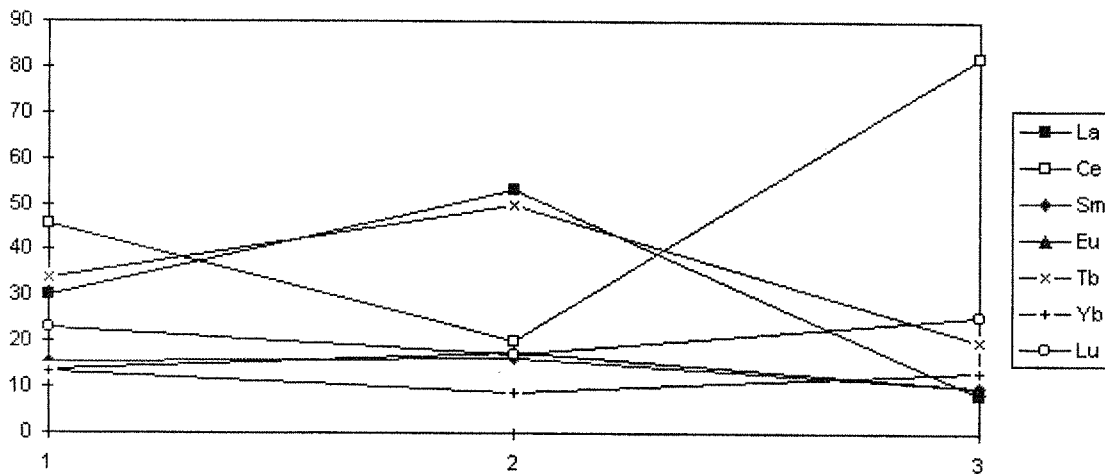


Рис.3. Распределение РЗЭ по породам Саракокшинского массива. 1– субщелочной двуполевошпатовый лейкогранит; 2– субщелочной двуполевошпатовый гранит; 3– низкощелочной гранит

В распределении РЗЭ по породам массивов (рис. 3, 4, 5) отмечаются особенности для каждого массива. Для всех массивов общим является относительное постоянство содержаний Sm, Eu, Tb, Yb, Lu во всех разновидностях пород. Эти элементы концентрируются приблизительно в равных количествах как в разных массивах, так и в породах каждого массива. Тем не менее отмеченная закономерность в распределении РЗЭ проявляет индивидуальные особенности в каждом массиве. Так, в составе Инского массива выделяются породы, которых нет

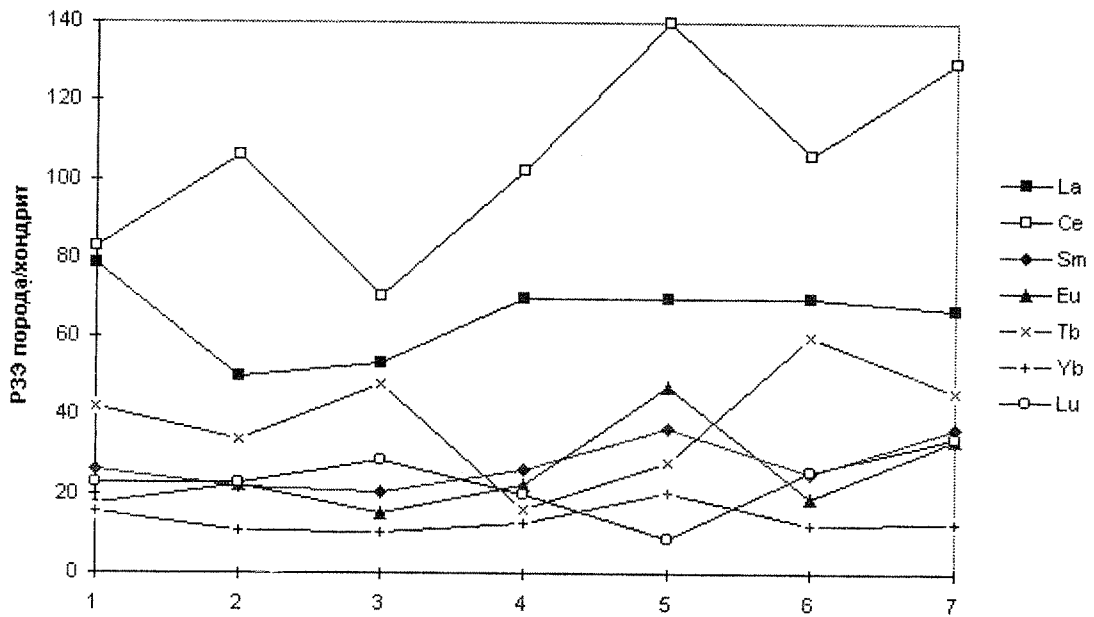


Рис.4. Распределение PЗЭ по породам Инского массива. 1– субщелочной двуполевошпатовый лейкогранит; 2– субщелочной двуполевошпатовый гранит; 3– низкощелочной гранит; 4– кварцевый сиенит; 5– диорит; 6– гранодиорит; 7– кварцевый диорит

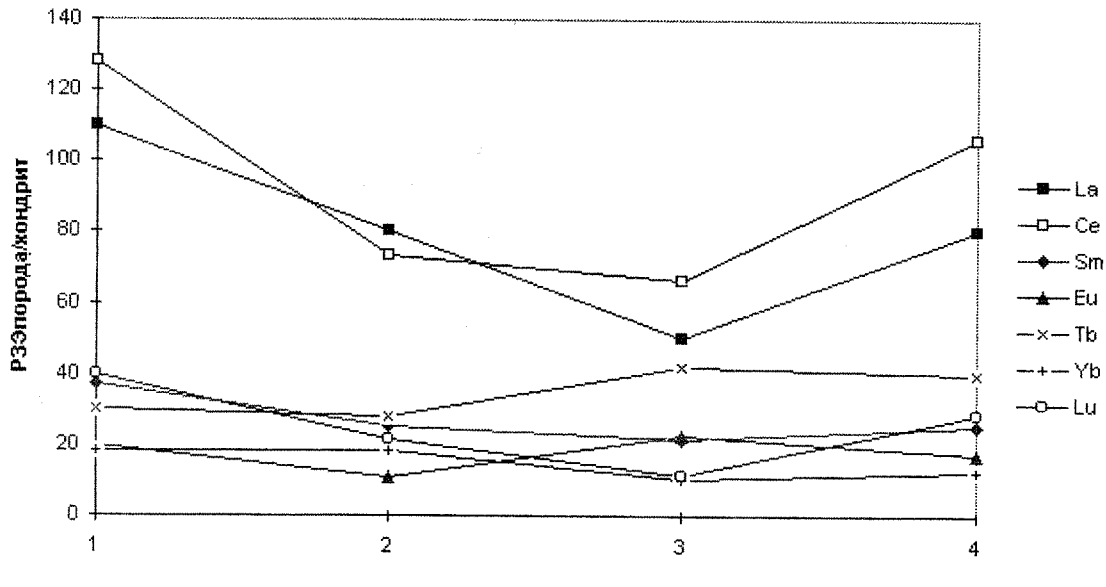


Рис.5. Распределение PЗЭ по породам массива Цыган. 1– субщелочной двуполевошпатовый лейкогранит; 2– субщелочной двуполевошпатовый гранит; 3– лейкогранит; 4– кварцевый сиенит

в массивах Цыган и Саракокшинском (кварцевые сиениты, кварцевые диориты, диориты, гранодиориты), и в гранодиоритах, диоритах, кварцевых диоритах увеличивается разброс содержаний PЗЭ, особенно таких, как Tb, Sm, Eu, Lu. В породах Саракокшинского массива своеобразно распределение Tb, который образует повышенные концентрации (особенно в субщелочном двуполевошпатовом граните). Распределение La и Ce в породах массивов характеризуется следующим. В Инском массиве и Цыгане положение фигуративных точек этих элементов на диаграммах (рис.4, 5) обособлено, La и Ce образуют, во-первых, повышенные концентрации во всех породах, во-вторых, демонстрируют большие вариации содержаний в различных породах. Породы Саракокшинского массива проявляют иные особенности распределения La и Ce. Содержания этих элементов не образуют повышенных величин (за исключением низкощелочных гранитов), соответствующие линии на диаграмме сближены с линиями Tb, Sm, Eu, Lu и не проявлено такое различие легких La и Ce от остальных элементов.

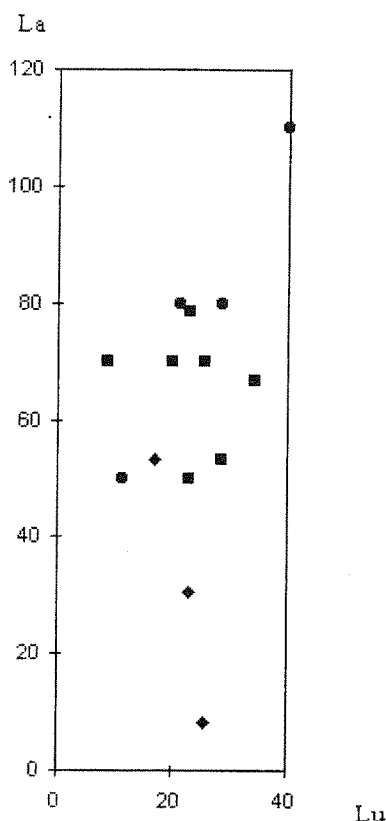


Рис.6. Диаграмма отношений La_n/Lu_n в породах Саракокшинского (◆), Инского массива (■), массива Цыган (●)

легких лантаноидов относительно тяжелых, в то же время европиевый минимум выражен слабо.

Как известно [3], отрицательная европиевая аномалия отражает интенсивность процесса фракционирования магматического расплава. Европий охотно входит в кристаллическую решетку полевых шпатов и в результате фракционного отделения этих минералов, остаточный расплав оказывается обедненным Eu. Характер распределения РЗЭ в гранитоидах Синюхинского золоторудного поля указывает на незначительное фракционирование расплава. В породах массива Цыган процессы фракционирования носили более интенсивный характер, на что указывает появление европиевого минимума.

2. Гранитоидные массивы Синюхинского рудного поля отличаются друг от друга по особенностям распределения в них РЗЭ. В наибольшей степени проявлены отличия Саракокшинского массива от двух других. В саракокшинских породах отмечены наибольшие вариации соотношений редкоземельных элементов, картина распределения РЗЭ по породам массива существенно иная, чем в инских и цыганских породах, отношение La_n/Lu_n колеблется в широких пределах и понижено в сравнении с породами других массивов. Все это отражает специфику условий формирования саракокшинских пород, которые соответствуют I-гранитам, формировались в режиме островных дуг, в обстановке фронтальных частей зон субдукции [2].

3. Закономерности геохимии РЗЭ в гранитоидах Инского массива и массива Цыган имеют больше общих особенностей, чем отличий. Иные породы соответствуют I-гранитам (кордильерского типа), формирование которых происходило в условиях активной континентальной окраины андийского типа. Породы массива Цыган это внутриплитные граниты WPG, A-типа, сформированные в анорогенной обстановке. Сходство особенностей распределения РЗЭ в породах этих массивов указывает на возможную близость геохимических условий накопления РЗЭ при формировании разновозрастных гранитоидных комплексов.

Отношение La_n/Lu_n было рассчитано для всех пород массивов и иллюстрируется диаграммой (рис.6). Как было отмечено, в породах Саракокшинского массива установлены наибольшие вариации содержаний La и Lu (рис.2), поэтому отношения La_n/Lu_n в породах массива сильно варьируют (от 0,32 до 3,1, среднее 1,6). В породах массива Цыган отношения La_n/Lu_n изменяются в наименьших пределах (2,75 – 4,37, среднее 3,4), в инских породах это отношение изменяется от 1,9 до 8,2 (среднее 3,5). По данным Костицына Ю.А. [3], величина отношения La_n/Lu_n отражает степень дифференцированности пород. Повышенные значения La_n/Lu_n в инских породах свидетельствуют о наибольшей их дифференцированности. Наименее дифференцированы породы Саракокшинского массива, здесь самые низкие значения отношения La_n/Lu_n .

Анализ распределения редкоземельных элементов в породах гранитоидных массивов Синюхинского золоторудного поля позволяет сделать следующие выводы.

1. Распределение РЗЭ в гранитоидах Синюхинского золоторудного поля подчинено общим закономерностям распределения этих элементов в гранитоидах, в породах отмечены повышенные концентрации

4. Редкоземельные элементы служат чутким индикатором петрогенеза. Распределение этих элементов позволяет судить об отсутствии или наличии процесса фракционирования пород, о степени дифференцированности пород.

5. Для Синюхинского золоторудного поля вопрос связи оруденения с гранитоидным магматизмом имеет большое значение. Инской массив потенциально золотоносный и считается продуктивным на золотооруденение. Обнаруживаемые сходства в распределении редкоземельных элементов в породах Инского массива и массива Цыган указывают на близость геохимических условий их становления и, следовательно, позволяют прогнозировать потенциальную золотоносность массива Цыган.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Лузгин Б.Н. Металлогения основных рудных районов Алтая. – Барнаул: Изд-во АГУ, 1997. – 419с.

2. Новоселов К.Л. Геодинамические условия формирования разновозрастных гранитоидных комплексов района Синюхинского золоторудного поля (Северо-Восток Горного Алтая) // Проблемы геологии и освоения недр. Материалы докладов Второй Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых им. академика М.А.Усова. Ч.1 Томск: Изд. научно-технической литературы, ТПУ, 1998. С.

3. Костицын Ю.А. Накопление редких элементов в гранитах // Природа, 2000, №2. С.26–34

УДК 550.3.837

МЕТОД ОТКРЫТОГО РЕЗОНАТОРА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА ГОРНЫХ ПОРОД

Е.Т.Протасевич

Предложен метод предварительного определения состава горных пород, основанный на возможности образования открытых резонаторов в местах существования естественных неоднородностей на поверхности Земли: ущелий, долин, и пр.

Известно, что горные породы и входящие в них минералы имеют различную электропроводность. Это обстоятельство может быть использовано для разработки геофизических методов поиска минерального сырья. На практике такие методы поиска основаны, в частности, на измерении коэффициента отражения радиоволн от различных минералов (метод радиокип). Однако, необходимо отметить, что коэффициент отражения электромагнитной волны сильно зависит от мощности отложений, от времени года, от метеоусловий (сухая или влажная местность), от наличия растительного покрова и пр.

Цель настоящего сообщения – обратить внимание специалистов на возможность использования радиоволн для поиска минерального сырья в другом качестве: по усилению электрического поля в открытом резонаторе природного происхождения.

Сделать это можно дистанционно и лишь в том случае, когда поиск осуществляется в горной местности, где много ущелий, долин и других неоднородностей на поверхности Земли.

Сущность рассматриваемого метода состоит в следующем. Известно [1], что открытый резонатор представляет собой устройство, имеющее две металлические или диэлектрические стенки (в оптике их называют зеркалами), между которыми многократно отражается волна типа ТЕМ. Другими словами, в отличие от традиционного полого резонатора открытый резонатор не имеет боковых проводящих стенок, то есть состоит всего из двух стенок. По этой причине потери в нём определяются лишь поглощением поверхностей, от которых отражается волна, а также частичным излучением через открытые боковые поверхности за счёт дифракции волны.

Условие резонанса в подобной системе определяется соотношением $l = n \cdot \lambda / 2$, где $n = 1, 2, 3 \dots$, где l – расстояние между отражающими стенками, а $\lambda / 2$ – полуволна в резонаторе. Другими словами, резонанс в открытом резонаторе достигается лишь в том случае, если между отражающими стенками укладывается целое число полуволн. В случае, когда поперечные раз-