

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-

меры отражающих стенок и расстояние между ними значительно превышают рабочую длину волны λ , в открытом резонаторе создаются условия накопления энергии радиоволны.

Отношение энергии, запасённой в резонаторе, к энергии потерь за период колебаний принято называть добротностью системы. Из определения добротности следует, что чем меньше потери в отражающих стенках, тем больше величина энергии накопленной в резонаторе. Сопротивление единицы поверхности стенок $R_{\text{пов.}} = 1/\sigma_{\text{ст}}\delta$, где $\sigma_{\text{ст}}$ – удельная проводимость стенок, измеренная на постоянном токе, а δ – глубина проникновения поля в стенку.

Рассмотрим, насколько реально образование открытого резонатора в природных условиях. В качестве примера выберем долину Хессдален, которая находится в средней части Норвегии [2]. Длина долины 12 км, максимальная ширина 5 км, по ней протекает небольшая речка. Высота гор, окружающих долину, примерно 1000 м над уровнем моря. С 1981 г. жители близ лежащих домов эпизодически наблюдали сильное свечение в тёмное время суток. Изучение явления Хессдален даёт основание полагать, что на отдельных участках долина представляет собой открытый резонатор, в котором за счёт накопления энергии природного электромагнитного излучения происходит свечение воздуха [3].

По различной величине добротности рассматриваемой системы можно прежде всего определить, с какими породами мы имеем дело на какой-то определённой территории: с коренными скальными или рыхлыми отложениями. В первом случае добротность резонатора будет велика, а во втором – на один-два порядка ниже, что обусловлено более сильным поглощением электромагнитных волн в рыхлых отложениях.

Применимость предлагаемого метода зависит также от площади распространения горных пород и практически не зависит от мощности их отложения. Площадь распространения пород должна в несколько раз превосходить длину волны, на которой возможно появление открытого резонатора. То же самое относится и к месторождениям жильного типа (кварцу, сульфидным телам и пр.). Однако в этом случае зависимость добротности от состава горных пород будет более сложной, чем в первом более простом случае, в частности, расстояние между соседними жилами должно быть меньше длины волны.

Эксперименты с электромагнитными волнами в 10-ти сантиметровом диапазоне длин волн показывают, что отражения от боковых стенок открытого резонатора становятся заметными (а следовательно, получается и более высокая добротность), когда крутизна стенок превышает 60° .

Что касается боковых врезов в стенках ущелий, то они оказывают слабое влияние на характер колебаний в открытом резонаторе, если максимальная ширина таких врезов меньше четверти длины волны колебаний, возникающих в резонаторе.

Теория возбуждения волн в открытом резонаторе природного происхождения и его характеристики рассмотрены в предыдущей работе автора [3].

Выше отмечалось, что величина запасённой энергии определяется потерями в стенках резонатора. Обратимся к таблице, в которой представлена электропроводность ряда распространённых горных пород (гранит, диабаз) и минералов (кварц, флюорит), измеренная при $t = 20^\circ\text{C}$.

Из таблицы следует, что потери в открытом резонаторе будут сильно зависеть от состава горных пород, образующих отражающие стенки резонатора. (Строго говоря, здесь необходимо ещё учитывать и глубину проникновения поля в породу. Однако в данном рассмотрении можно считать, что $\delta \cong \text{const}$). Различная добротность горных пород может быть использована для определения их состава. При этом самая высокая добротность резонатора будет, когда его стенки состоят преимущественно из гранита (см. таблицу, самая высокая электропроводность), а низкая добротность будет у резонатора со стенками, содержащими жилы кварца (см. также таблицу). В какой-то мере характер и места свечения в долине Хессдален подтверждают это обстоятельство.

Необходимую для реализации метода зондирующую электромагнитную волну можно обеспечить двумя способами. Во-первых, за счёт естественной генерации природного электромагнитного поля в местах расположения геологических разломов (по другой терминологии, в энергоактивных зонах). Однако вероятность выполнения условия резонанса для открытого резонатора здесь мала и долина Хессдален является лишь редким исключением из общего правила. Во-вторых, за счёт зондирования исследуемой местности генератором с перестраиваемой частотой излучения. В этом случае можно легко получить резонанс в системе и по от-

Минерал, порода	Электропроводность, $\sigma, \text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$	Источник информации
Гранит	$5,4 \cdot 10^{-10} \div 5,5 \cdot 10^{-9}$	[4]
Кварц, содерж. порфир	$4,2 \cdot 10^{-14}$	[4]
Флюорит	$4,5 \cdot 10^{-11}$	[5]
Диабаз	$8,9 \cdot 10^{-10}$	[4]

клику в ней осуществить предварительный анализ состава горных пород, образующих отражающие стенки объёмного резонатора.

Для повышения эффективности метода маломощный передатчик (излучатель) радиоволн можно разместить на летательном аппарате (вертолёте, самолёте и пр.). В этом случае за короткое время можно произвести картирование местности. Эффективность метода окажется наиболее высокой в труднодоступной местности, поскольку можно будет частично отказаться от дорогостоящих экспедиций.

Рассматриваемый метод нуждается в доработке, которая может быть обеспечена лишь с учётом опыта его реализации на практике. В частности, в дальнейшем для облегчения работы желательным было бы разработать таблицы усиления электромагнитного сигнала в зависимости от состава горных пород, площади их распространения, площади и формы месторождений жильного типа, времени года и пр.

Автор выражает благодарность профессору И.В.Кучеренко за обсуждение содержания рукописи и критические замечания, высказанные им в процессе её окончательного редактирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. – М.: Высшая школа, 1970. – 440 с.
2. Protasevich E. T. Gas discharge in humid air and plasma formation in the atmosphere. – Tomsk: TPU-Publ., 1995. – 104 p.
3. Протасевич Е.Т. Электромагнитные излучения в окружающей среде и возможность их локализации. – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2000. – 60 с.
4. Воробьёв А.А., Сальников В.Н., Коровкин М.В. Наблюдение радиоимпульсов при нагревании кристаллов и минералов в вакууме // Изв. вузов. Сер. Физика. – 1975. - № 7. – С. 59 – 64.
5. Сальников В.Н., Коровкин М.В. К вопросу о механизме изменения проводимости калийсодержащих горных пород и минералов в течение геологического времени // Изв. ТПИ. – 1976. – Т. 260. – С. 90-97.

OPEN RESONATOR METHOD AND PERSPECTIVES OF ITS APPLICATION IN ORDER TO DETERMINATE COMPOSITION OF ROCKS

E.T. Protasevich

Method based upon ability of rocks to form open resonators has been proposed for preliminary determination of composition of these rocks

УДК 541.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА КИНЕТИЧЕСКОЙ КРИВОЙ И УСТАНОВЛЕНИЕ ДАВНОСТИ СОБЫТИЯ МЕТОДОМ ТРЕХ ТОЧЕК

М.А. Шустов, И.В. Кучеренко

Приведен метод определения давности события с использованием уравнения типа Ерофеева-Колмогорова. Для этого по трем точкам в произвольные моменты времени t_1 , t_2 и t_3 определяют степень превращения (преобразования) объекта исследования. Задача вычисления входящих в состав уравне-