

C010

Fast-Decaying Induced Polarization of the Near-Surface Frozen Rocks of the Mirny Kimberlite Field

V.V. Olenchenko * (Chita State University), N.O. Kozhevnikov (Institute of petroleum geology & geophysics SO RAS) & V.A. Matrosov (Zianigp Cnigri Ak Alrosa)

SUMMARY

The paper discusses the results of investigation into fast-decaying induced polarization of frozen rocks forming the near-surface geology of the Mirny kimberlite field in Yakutiya, Russia. Time domain galvanic IP response was measured in the range from 0.1 to 12.8 ms in combined sounding and profiling mode with the pole-dipole array. The measurements were carried out along surveying lines going over and in the vicinity of a known kimberlite pipe embedded in carbonate rock. Measured data were transformed into apparent resistivity, chargeability, and the rate of decay of the IP response. As indicated by the survey results, frozen carbonate rocks exhibit high resistivity, chargeability and rate of the IP decay. Such combination of parameters is typical of frozen ion-conductive rocks containing no electron-conductive minerals. As for the known kimberlite pipe, in comparison with the host rock it is marked by low resistivity, chargeability and rate of the IP decay. The IP survey resulted in discovering two anomalous objects the parameters of which differ from those typical of carbonate rocks. The combinations of these parameters suggest that one of the above objects might be an unknown kimberlite body whereas the other presents an area with enhanced concentration of sulfide minerals.

БЫСТРО ПРОТЕКАЮЩАЯ ВЫЗВАННАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ МЕРЗЛЫХ ПОРОД ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА МИРНИНСКОГО КИМБЕРЛИТОВОГО ПОЛЯ

В.В. Оленченко¹, Н.О. Кожевников², В.А. Матросов³

¹*Читинский государственный университет*

²*Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН*

³*ЯНИГП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА»*

Обсуждаются результаты изучения быстро протекающей вызванной поляризации (БВП) верхней части разреза одного из эталонных участков в пределах Мирнинского кимберлитового поля (Западная Якутия). Анализ пространственного распределения кажущихся удельного электрического сопротивления и поляризуемости, а также скорости установления процессов БВП позволил не только дать геологическую интерпретацию аномалиям поляризуемости, но и высказать обоснованные предположения относительно природы БВП в мерзлых карбонатных породах и других объектах.

Введение

Начиная с 80-х г.г. прошлого столетия, в публикациях о результатах съемок методом переходных процессов в Якутии все чаще сообщается о регистрации переходных процессов с нарушением монотонности и изменением полярности. Эти искажения наблюдались в диапазоне от первых десятков до первых сотен мкс, т.е. на ранних временах, и первоначально рассматривались исключительно как помеха. Хотя довольно быстро было установлено, что причиной возникновения таких процессов является быстро устанавливающаяся вызванная поляризация, ее природа до сих пор не выяснена и остается предметом дискуссий. Как правило, в числе наиболее вероятных причин повсеместного проявления БВП в Западной Якутии рассматриваются, во-первых, сульфидная минерализация [2] и, во-вторых, тот факт, что ионно-проводящие породы верхней части разреза находятся здесь в мерзлом состоянии [4]. В этой связи большой интерес представляют результаты полевых работ, выполненных в 2007 г. методом ранней стадии вызванной поляризации (РСВП) на одном из эталонных участков Мирнинского кимберлитового поля. Хотя вследствие необходимости осуществлять заземления генераторной и приемной линии применение этого метода в Западной Якутии имеет сезонные ограничения, к его принципиальным преимуществам относится возможность по скорости спада переходной характеристики идентифицировать природу БВП [1,3].

Методика работ

Исследования методом РСВП мерзлых пород на одном из участков в пределах Мирнинского кимберлитового поля были проведены в модификации зондирований. Использовалась гальваническая осевая установка с разнесенными питающей и приемными линиями, благодаря чему емкость между линиями была незначительной и не оказывала влияния на результаты измерений. Длина питающей линии составляла 100 м, приемной – 20 м. Зондирование осуществлялось за счет увеличения расстояния между соседними электродами питающей и приемной линий путем пошагового удаления приемной линии по профилю относительно питающей, которая оставалась неподвижной. Точка записи относилась к электроду М приемной линии, ближайшему по отношению к генераторной линии. Расстояние между точками ВЭЗ на профилях составляло 50 м.

Для проведения съемок методом РСВП использовалась разработанная в ЗабНИИ аппаратура С-014 [1]. Возбуждение геологической среды осуществлялось однополярными импульсами тока, разделенными паузами. Длительность токовых импульсов и пауз составляла 15 мс. Переходные характеристики БВП измерялись на фиксированных временных задержках в диапазоне от 0.1 до 12.8 мс.

По результатам измерений рассчитывались кажущееся удельное электрическое сопротивление ρ_k и кажущаяся поляризуемость η_k среды (на временной задержке 0.1 мс). Форма переходной характеристики БВП оценивалась с помощью интегрального параметра S приведенной скорости спада, рассчитываемой по формуле [1, 3]:

$$S(\text{мс}^{-1}) = \frac{\Delta U_{\text{ВП}}^{0,1} - \Delta U_{\text{ВП}}^{0,2}}{\Delta U_{\text{ВП}}^{12,8} \cdot \Delta t},$$

где $\Delta U_{\text{ВП}}^{0,1}$ и $\Delta U_{\text{ВП}}^{0,2}$ – разность потенциалов БВП на временных задержках 0.1 мс и 0.2 мс, соответственно; $\Delta U_{\text{ВП}}^{12,8}$ – разность потенциалов БВП в конце паузы; Δt – временной интервал, в котором определяется S (в рассматриваемом случае от 0.1 до 0.2 мс).

Результаты и их обсуждение

Результаты измерений в виде разрезов вычисляемых параметров приведены на рис. 1. Из рисунка 1а следует, что мерзлая толща карбонатных отложений характеризуется высокими значениями ρ_k в диапазоне от 300 до 1400 Ом·м. В верхней части разреза пониженные (< 200 Ом·м) сопротивления соответствуют сезонно-талому слою; в средней части пониженными значениями ρ_k отмечается кимберлитовое тело. Низкое по отношению к вмещающим породам сопротивление мерзлых кимберлитов обусловлено их общей дезинтеграцией и большим количеством глинистого заполнителя по трещинам.

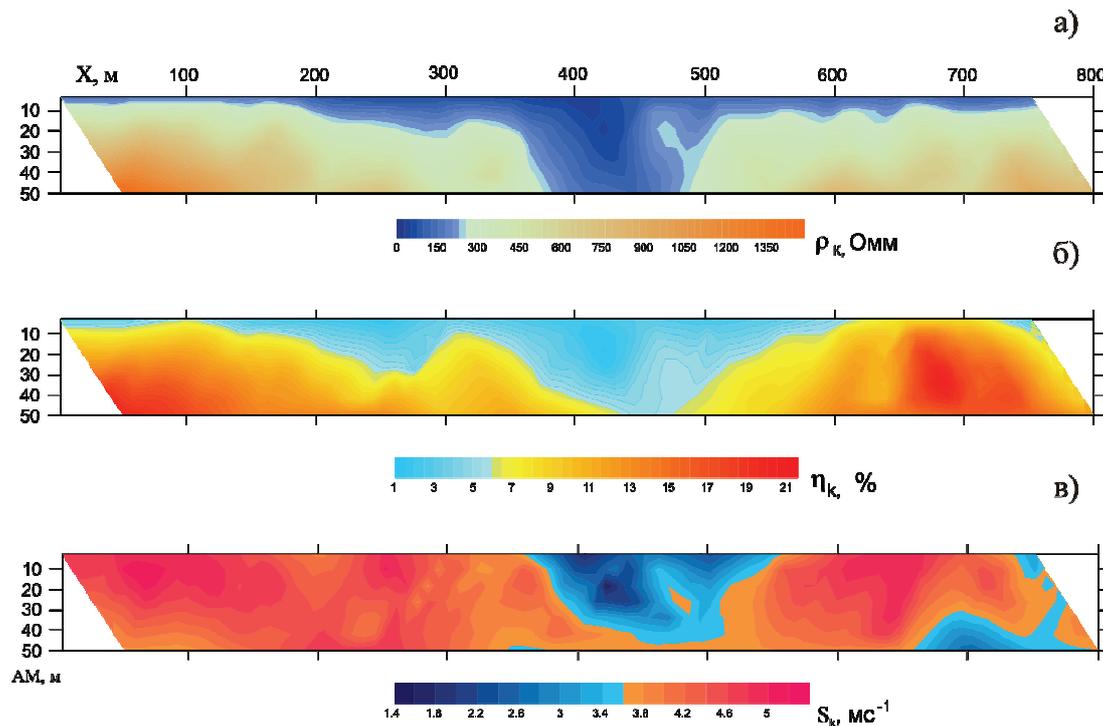


Рис. 1. Разрезы кажущихся параметров: удельного электрического сопротивления (а), поляризуемости (б) и приведенной скорости спада БВП (в).

На разрезе кажущейся поляризуемости (рис. 1б) мерзлые карбонатные породы отмечаются высокими (7-20 %) значениями η_k , в то время как кимберлитовое тело имеет низкую (1-6%) поляризуемость. Пониженная по отношению к вмещающим породам поляризуемость кимберлитов объясняется большим содержанием связанной незамерзшей воды в порах глинистого заполнителя. Слева от основного кимберлитового тела пониженной поляризуемостью выделяется еще один объект,

вероятнее всего представляющий жилу кимберлитов или еще одну трубку меньших размеров. Отметим, что на разрезе ρ_k этот объект практически не выделяется.

Поляризация мерзлых карбонатных пород является быстро устанавливающимся процессом, о чем свидетельствует относительно высокие значения приведенной скорости спада БВП, которая для этих пород изменяется в пределах $3.6-5.4 \text{ мс}^{-1}$ (рис. 1в). В кимберлитовом теле отмечается замедление процессов БВП. Вероятно, медленный спад БВП в кимберлитах обусловлен большим количеством присутствующего в них глинистого материала. Локальный объект, хорошо видимый на разрезе поляризуемости слева, по параметру S не выделяется. Этот факт может быть объяснен двумя возможными причинами. Первая – известная кимберлитовая трубка и апофиза имеют разный вещественный (литологический) состав. Вторая, наиболее вероятная причина, заключается в том, что профиль наблюдения пересекает апофизу в краевой части, для которой характерны повышенные значения параметра S .

Особого внимания заслуживает аномалия, расположенная на глубине, в правой части разреза ($X = 700 \text{ м}$). Она выделяется высокими значениями ρ_k и η_k в сочетании с низкой приведенной скоростью спада S_k . Напомним, что вмещающие карбонатные породы характеризуются высокими сопротивлением, поляризуемостью и скоростью спада БВП, а известное кимберлитовое тело обладает пониженным сопротивлением, малой поляризуемостью и низкой скоростью спада БВП. Поэтому указанный набор параметров не типичен для изучаемого разреза.

Как известно, помимо мерзлых пород аномальной быстро устанавливающейся поляризуемостью обладают геологические среды, содержащие электропроводящие минералы, в частности сульфиды. Для геологического разреза Западной Якутии наличие сульфидной минерализации в карбонатных породах отмечается довольно часто. По одной из гипотез, сероводород, поступающий глубин по разломам, способен восстанавливать гидроокислы железа, присутствующие в карбонатных породах, до кристаллического пирита [2]. Участки пиритизированных пород, по всей видимости, имеют локальное распространение и приурочены к тектонически ослабленным зонам. Вероятно, выделенная область с высокой поляризуемостью и низкой приведенной скоростью спада представляет собой подобную зону с повышенной концентрацией сульфидных минералов. Нередко процессы восстановления гидроокислов железа сопровождаются кальцитизацией, что является вероятной причиной повышения сопротивления. Вкрапленный пирит обеспечивает высокую поляризуемость, а его электрохимические особенности объясняют пониженную скорость спада переходной характеристики БВП.

На рис. 2 показаны нормированные переходные характеристики спада быстрых процессов ВП [1, 2] измеренные на соответствующих разносах установки над кимберлитовым телом (1), мерзлыми карбонатными породами (2) зоной предполагаемой пиритизации (3). В целях повышения достоверности анализа для мерзлых пород и кимберлитов приведено по три переходных характеристики, измеренных при разных разносах, и две кривые, характеризующие зону сульфидизации.

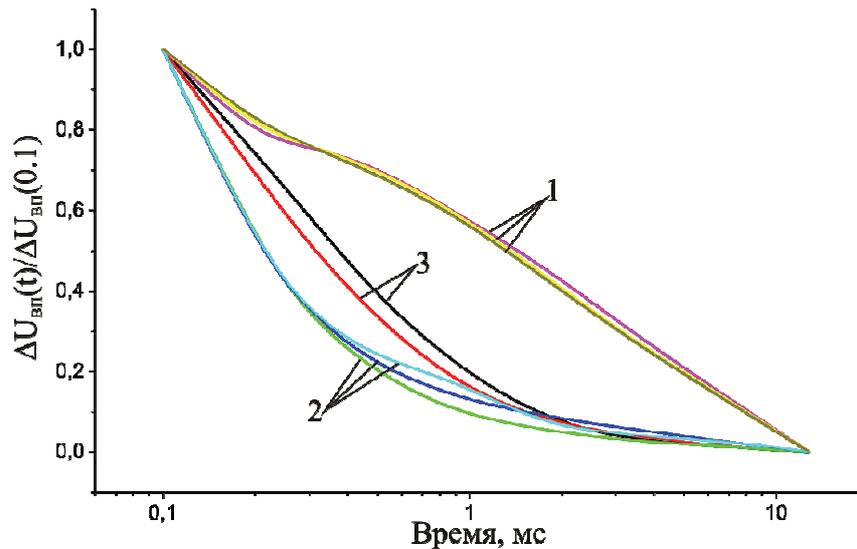


Рис. 2. Переходные характеристики БВП, характерные для кимберлитов (1), карбонатных вмещающих пород (2) и зоны пиритизации (3).

Форма переходной характеристики БВП зависит от вещественного состава поляризуемого объекта [1]. Как видно из рисунка, форма кривых спада БВП мерзлых карбонатов и кимберлитов различна. Кимберлиты, несмотря на мерзлое состояние, характеризуются плавно спадающими переходными характеристиками, с явно выраженной точкой перегиба кривой. Мерзлые карбонаты, напротив, имеют быстро спадающие переходные характеристики большой крутизны. Временные характеристики зоны сульфидизации занимают промежуточное положение. Следует отметить, что переходные характеристики выделяемой нами пиритизированной зоны абсолютно типичны для этого вида минералов и по форме схожи с временными характеристиками непродуктивных пиритов раннего этапа рудогенеза месторождений Забайкалья.

Окончательный вариант геологической интерпретации зондирований методом РСВП по профилю, пересекающему эталонный объект, представлен на рис. 3.

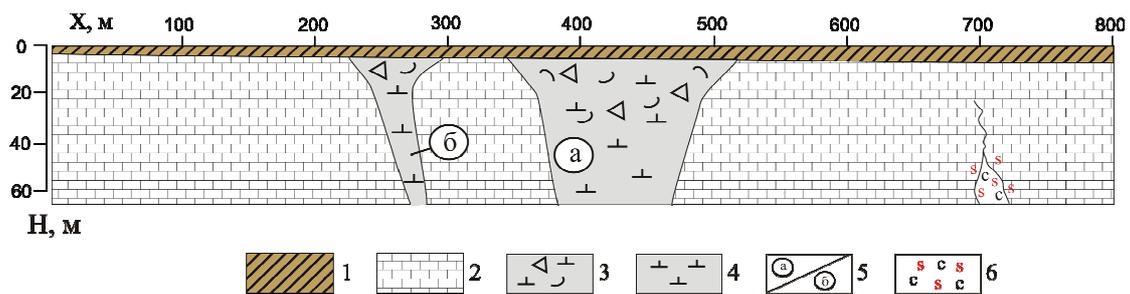


Рис. 3. Геологический разрез, построенный по данным РСВП: 1- четвертичные отложения (суглинки, супеси); 2- карбонаты; 3- мелкообломочный кимберлитовый туф; 4- среднеобломочный кимберлитовый туф; 5- известное (а) и предполагаемое (б) кимберлитовые тела; 6- предполагаемая область пиритизации и кальцитизации.

Выводы

Мерзлые карбонатные породы характеризуются высокими значениями удельного сопротивления, поляризуемости и скорости спада ВП. Такое сочетание

параметров является типичным для мерзлых ионопроводящих пород, не содержащих минералов с электронной проводимостью.

Известная кимберлитовая трубка на фоне вмещающих карбонатных пород отмечается пониженным сопротивлением, поляризуемостью и скоростью спада ВП.

По сочетанию параметров поляризации можно предположить, что одна из аномалий, выделенных в разрезе, связана с неизвестным кимберлитовым телом, тогда как другая – с локальной зоной сульфидной минерализации, представленной пиритом.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ: грант № 07-05-00305.

Литература

1. *Карасев А.П., Птицын А.Б., Юдицких Е.Ю.* Быстрые переходные процессы вызванной поляризации. – Новосибирск: Наука, 2005, 291 с.
2. *Митюхин С.И.* О геологической природе знакопеременных переходных процессов в Западной Якутии. – Геология и геофизика. – 1985. – N 1. – С. 103-106.
3. *Шестернев Д.М., Карасев А.П., Оленченко В.В.* Исследование криолитозоны методом РСВП. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003, 238 с.
4. *Kozhevnikov, N.O., and Antonov, E.Y.,* 2006, Fast-decaying IP in frozen unconsolidated rocks and potentialities for its use in permafrost-related TEM studies, *Geophysical Prospecting*, 54, 383 – 397.