

ПРОЯВЛЕНИЯ И УЧЕТ ИНДУЦИОННО-ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРИ ПОИСКАХ ТАЛИКОВЫХ ЗОН В РАЙОНЕ ПЯКЯХИНСКОГО НЕФТЕГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Николай Олегович Кожевников

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, 630090, г. Новосибирск, пр. ак. Коптюга, 3, главный научный сотрудник лаборатории геоэлектрики, тел. (383) 333-28-16, e-mail: KozhevnikovNO@ipgg.nsc.ru

Евгений Юрьевич Антонов

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, 630090, г. Новосибирск, пр. ак. Коптюга, 3, заведующий лабораторией геоэлектрики, тел. (383)333-28-16, e-mail: AntonovEY@ipgg.nsc.ru

Михаил Александрович Корсаков

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, 630090, г. Новосибирск, пр. ак. Коптюга, 3, аспирант лаборатории геоэлектрики, тел. (383)333-28-16, e-mail: KorsakovMA@ipgg.nsc.ru

Александр Кузьмич Захаркин

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья, 630091, г. Новосибирск, ул. Потанинская, ба, заведующий лабораторией обработки и интерпретации данных нестационарной электроразведки, тел. (383)222-13-26, e-mail: Zaharkin@ngs.ru

В статье описаны результаты зондирований методом переходных процессов при поисках таликовых зон в районе Пякяхинского нефтегазового месторождения, а также дана их интерпретация с учетом быстро протекающей индукционно-вызванной поляризации.

Ключевые слова: метод переходных процессов, многолетнемерзлые породы, талик, индукционно-вызванная поляризация, инверсия.

THE MANIFESTATION OF AND ALLOWING FOR THE INDUCTIVE INDUCED POLARIZATION IN SEARCH OF TALIKS IN THE VICINITY OF THE PYAKYAKHINSKOE OIL AND GAS FIELD

Nikolai O. Kozhevnikov

Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3 Prosp. Acad. Koptuyuga, Novosibirsk, 630090, general researcher, laboratory of geoelectrics, tel. (383)333-28-16, e-mail: KozhevnikovNO@ipgg.nsc.ru

Evgeny Yu. Antonov

Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3 Prosp. Acad. Koptuyuga, Novosibirsk, 630090, head of laboratory of geoelectrics, tel. (383)333-28-16, e-mail: AntonovEY@ipgg.nsc.ru

Mikhail A. Korsakov

Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3 Prosp. Acad. Koptuyuga, Novosibirsk, 630090, post-graduate, laboratory of geoelectrics, tel. (383)333-28-16, e-mail: KorsakovMA@ipgg.nsc.ru

Alexander K. Zakharkin

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, 630091, Novosibirsk, Potaninskaya st., 6a, head of laboratory of processing and interpretation of TEM-data, tel. (383)222-13-26, e-mail: Zaharkin@ngs.ru

The paper discusses TEM sounding data measured in search for taliks in the vicinity of the Pyakkyakhinskoe oil and gas field. The inversion of the TEM data was carried out with allowance for fast-decaying inductive polarization.

Key words: TEM sounding method, permafrost, talik, inductive induced polarization, inversion.

Нередко основным источником водоснабжения в северных районах являются водонасыщенные талые породы среди мерзлых, называемые таликами. При поисках и изучении таликов ведущая роль отводится электроразведке методами сопротивлений [Огильви, 1990]. Талики, связанные с крупными водотоками, отчетливо отражаются на региональных геоэлектрических разрезах, которые строятся по данным ВЭЗ с целью общего изучения мерзлотных толщ либо в связи со структурными исследованиями. Основным инструментом для поиска и картирования таликов является многоканальное профилирование. Этот метод является эффективным при относительно неглубоком залегании талых пород. К недостаткам методов сопротивлений относится необходимость осуществлять гальванический контакт электродов с землей, что затрудняет проведение измерений в условиях мерзлой ВЧР.

Поэтому при поисках таликовых зон привлекают внимание индукционные зондирования методом переходных процессов (ЗМПП). Наряду с отсутствием заземлений к достоинствам этого метода относятся высокая локальность исследований, а также чувствительность по отношению к проводникам, перекрытых высокоомными экранами. Поскольку талые породы по сравнению с мерзлыми являются хорошо проводящими, возможности метода переходных процессов при поисках таликов оцениваются как высокие.

Однако при использовании ЗМПП в условиях криолитозоны существует проблема, связанная эффектами быстро устанавливающейся индукционно-вызванной поляризации – ВПИ, проявляющейся в нарушении монотонности (вплоть до изменения полярности) переходных характеристик.

В статье рассматриваются результаты применения зондирований методом переходных процессов (ЗМПП) для поисков таликов в районе Пякяхинского нефтегазового месторождения с целью решения проблем водоснабжения.

Для инверсии данных ЗМПП была использована программа TEM-IP [Антонов и др., 2010], позволяющая решать прямые и обратные задачи ЗМПП в классе моделей горизонтально-слоистой проводящей и *поляризующейся* среды. Учет ВПИ осуществляется путем использования комплексной, зависящей от частоты удельной электропроводности $\sigma^*(\omega)$, задаваемой формулой Коул-Коул:

$$\sigma^*(\omega) = \sigma_0 \frac{1 + (j\omega\tau)^c}{1 + (1 - \eta)(j\omega\tau)^c},$$

где $j = \sqrt{-1}$, σ_0 – удельная электропроводность на постоянном токе, См/м; η – поляризуемость, ($0 \leq \eta \leq 1$), c – показатель степени; τ – время релаксации, с.

Работы в окрестностях Пякяхинского месторождения проведены А.К. Захаркиным в марте-апреле 2011 г. с аппаратурой «ЦИКЛ-7» производства фирмы «Цикл-гео» (Новосибирск). Поисковые маршруты прошли по двум профилям – речному и озерному. Измерения на речном профиле были выполнены вдоль р. Индикьяха. Озерный профиль меридионального направления пересек оз. Нгаркато. Основной объем профильных работ выполнен с шагом 100 м выносной установкой: генераторная петля 35м x 35м, индукционный приемный датчик с эффективной площадью 400м² или 2500м² располагался на удалении 45 м от центра генераторной петли.

Поисковым работам предшествовали опытно-методические (всего 6 зондирований) на одном из водораздельных участков, где талики заведомо отсутствуют. Здесь для возбуждения и регистрации переходных процессов использовалась симметричная (соосная) установка с генераторной петлей 35 м x 35 м, в центре которой располагался приемный датчик.

Инверсия переходных характеристик с учетом ВПИ дает представление о геоэлектрической модели водораздельного участка. Во всех случаях была подобрана трехслойная модель с поляризующимся верхним слоем (рис. 1 а). Параметры слоя ($\rho_1=10^3$ Ом·м, $\eta_1=0.6$, $\tau_1=150$ мкс, $c_1=1$) являются типичными для мерзлых осадочных пород. Поскольку ρ_1 велико, это, скорее всего, крупнозернистые породы типа песков.

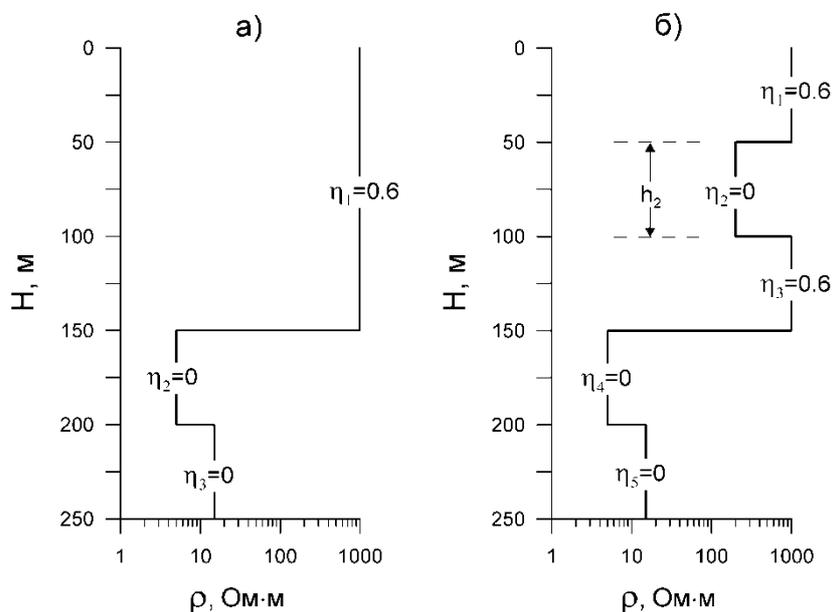


Рис. 1. Геоэлектрические модели: а – референтная (без талика), б – с таликом в верхней части разреза

Второй слой характеризуется низкими – порядка единиц Ом·м – значениями сопротивления. Его средняя мощность составляет 50м, продольная проводимость – около 10 См. Вероятно, он представлен глинами, вода в

которых даже при отрицательных температурах не замерзает. Сопротивление основания в среднем составляет около 15 Ом·м. Возможно, это тоже глины. Трехслойная геоэлектрическая модель с указанными выше параметрами показана (см. рис. 1а) может быть использована в качестве референтной при оценке эффектов, создаваемых за счет присутствия талика в верхнем слое.

При появлении талика в верхней части разреза трехслойная модель трансформируется в пятислойную (рис. 1б). Талик мощностью h_2 характеризуется пониженным (на рис. 1а $\rho_2=200$ Ом·м) сопротивлением и нулевой поляризуемостью. Однако – как показало специально проведенное моделирование – влияние талика на переходную характеристику недостаточно для надежного определения его параметров в качестве отдельного слоя. Тем не менее, в рамках трехслойной модели появление талика приводит к значимому изменению обобщенных или эквивалентных параметров верхнего слоя (который на самом деле образован тремя). Так, при появлении талика, который является неполяризуемым и более проводящим по сравнению с вмещающими мерзлыми породами, можно ожидать понижения удельного сопротивления и поляризуемости верхнего «обобщенного» слоя. Исходя из этих соображений инверсия переходных характеристик, измеренных на речном и озерном профилях, проводилась в рамках трехслойной модели с поляризующимся верхним слоем (см. рис. 1а).

На рис. 2 показаны результаты инверсии данных ЗМПП по озерному маршруту, представленные в виде графиков профилирования. Хотя параметры верхнего эквивалентного слоя характеризуются значительной «локальной» изменчивостью, в региональном плане графики со всей очевидностью отражают закономерные изменения параметров по профилю (рис. 2). Мощность h_1 верхнего слоя изменяется от 72 м до 270 м, максимальные значения отмечаются на северном фланге профиля (ПК 260 – 280). Удельное электрическое сопротивление ρ_1 верхнего слоя изменяется в диапазоне от 43 до 4300 Ом·м, т.е. на три порядка. Максимальные значения УЭС отмечаются на флангах профиля, минимальные – в его центральной части. Поляризуемость η_1 составляет 0.12 – 0.78. Минимальные значения η_1 отмечаются в центральной части профиля, максимальные – на флангах. Постоянная времени τ_1 поляризационного процесса изменяется в диапазоне 35 мкс – 290 мкс. Среднее значение составляет 80 мкс. В целом южный фланг профиля характеризуется более высокими значениями τ_1 по сравнению с северным. Локальные аномалии τ_1 на профиле не просматриваются. Что касается c_1 – показателя степени в формуле Коул-Коул, то этот параметр во всех случаях оказался равным единице.

Найденный в результате инверсии набор параметров верхнего слоя является типичным для мерзлых осадочных пород [Kozhevnikov, Antonov, 2006]. С точки зрения локализации возможных таликов наибольший интерес представляет центральный отрезок профиля протяженностью около 2 км (ПК 230 – 250). Здесь наблюдаются самые низкие значения удельного электрического сопротивления ρ_1 и поляризуемости η_1 верхнего слоя. Это

позволяет с большой долей вероятности предполагать здесь наличие протяженного талика.

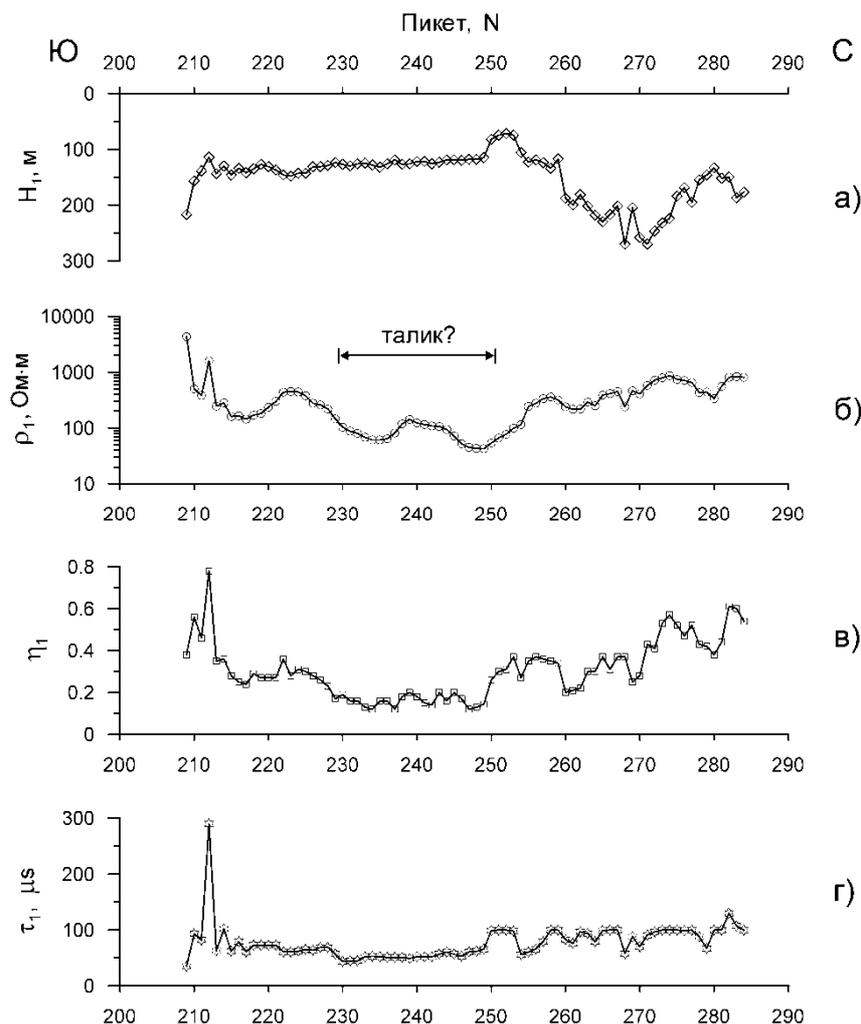


Рис. 2. Графики мощности H_1 (а), удельного электрического сопротивления ρ_1 (б), поляризуемости η_1 (в) и постоянной времени τ_1 (г) по озерному профилю.

Расстояние между соседними пикетами 100 м. Горизонтальной линией со стрелками отмечена зона, где отмечаются низкие значения сопротивления и поляризуемости

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонов Е.Ю. «ТЕМ-IP» – Система для интерпретации данных индукционных импульсных зондирований поляризующихся сред [Электронный ресурс] / Е.Ю. Антонов, Н.О. Кожевников, М.А. Корсаков // Первая международная научно-практическая конференция по электромагнитным методам исследования «ГЕОБАЙКАЛ-2010», Иркутск, 2010. – 2с.
2. Огильви А.А. Основы инженерной геофизики: Учеб. для вузов / Под ред. В.А. Богословского – М.: Недра, 1990. – 501 с.
3. Kozhevnikov, N.O., and Antonov, E.Y., Fast-decaying IP in frozen unconsolidated rocks and potentialities for its use in permafrost-related TEM studies // Geophysical Prospecting, 2006, 54, 383 – 397.