

## **РАЗРАБОТКА ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РИФОВЫХ КОМПЛЕКСОВ В ПРЕДЕЛАХ ВОСТОЧНОГО БОРТА КУРЕЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ ПО ДАННЫМ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ**

*Анна Васильевна Мамаева*

ООО ГП «Сибгеотех», 630099, Россия, г. Новосибирск, а/я 283, ведущий геофизик отделения нефти и газа, тел. (383)222-82-32, e-mail: mamaeva@sibgeotech.ru

*Елена Николаевна Махнач*

ООО ГП «Сибгеотех», 630099, Россия, г. Новосибирск, а/я 283, главный геофизик отделения нефти и газа, тел. (383)222-82-32, e-mail: machnach@sibgeotech.ru

В работе описан подход к обработке и интерпретации данных магнитотеллурических зондирований (МТЗ) при изучении геологического строения вендских и нижнесреднекембрийских рифогенных образований в пределах восточного борта Курейской синеклизы на Сибирской платформе. Отработанная сеть профилей МТЗ позволила наметить границы и проследить рифогенный барьер на протяжении около 120 км при ширине центральной (ядерной) части 10-15 км. В северной части площади установлены разобщенные высокоомные объекты, отвечающие средневерхнекембрийским органогенным постройкам. По распределению сопротивления оконтурена зона выклинивания отложений ванаварской свиты венда, выполнена оценка качества покрышек, перекрывающих поисковые объекты. Дан прогноз перспектив площади на обнаружение углеводородов.

**Ключевые слова:** магнитотеллурические зондирования, геоэлектрическая модель, электрическое сопротивление, проводимость, анализ МТ-данных, рифогенный барьер, кембрий, Курейская синеклиза.

## **PROCESSING AND INTERPRETATION TECHNIQUE OF MAGNETOTELLURIC SOUNDING DURING THE STUDY OF REEFOGENIC BUILDUP WITHIN THE EASTERN LIMIT OF KUREI SINECLISE**

*Anna V. Mamaeva*

«Sibgeotech» Ltd, 630099, Russia, Novosibirsk, post office box 283, Senior geophysicist, tel. (383)222-82-32, e-mail: mamaeva@sibgeotech.ru

*Elena N. Makhnach*

«Sibgeotech» Ltd, 630099, Russia, Novosibirsk, post office box 283, Chief geophysicist, tel. (383)222-82-32, e-mail: machnach@sibgeotech.ru

The work describes an approach to processing and interpretation of magnetotelluric sounding data during the study of geological structure of Vendian and middle-lower-Cambrian reefogenic formations within the eastern limit of Kurei sineclise on Siberian Platform. Completed MT-sounding profile network allows to outline and to trace reefogenic buildup up to 120 kilometers in length while width of the central part is 10-15 km. In the northern part of the area, dissociated high-resistivity objects have been discovered. These objects respond to middle-upper-Cambrian organogenous structures. Distribution of resistivity allowed to delineate Vendian Vanavara group of sediment attenuation zones; to assess the quality of overlying seals that overlap the prospects. Also, the hydrocarbon potential of exploration area is given.

**Key words:** magnetotelluric sounding, geoelectric model, electric resistance, conductivity, MT-data analysis, reefogenic buildup, Cambrian, Kurei sineclise.

С целью изучения геологического строения вендских и нижнесреднекембрийских рифогенных образований в пределах восточного борта Курейской синеклизы было отработано 500 погонных км электроразведочных работ методом МТЗ с применением электроразведочных станций MTU производства канадской фирмы «Phoenix Geophysics». Регистрация МТ-поля осуществлялась 24-х разрядным АЦП в частотном диапазоне 400-0,0006 Гц с шагом 1000 м. Длительность записи на каждом пункте наблюдения составляла не менее 14 часов. Методика обработки и интерпретации данных магнитотеллурических зондирований включала: построение частотных зависимостей компонент тензора импеданса (сплайнов), кривых кажущегося сопротивления в направлениях установки датчиков поля, качественном анализе МТ-данных, выборе направления, по которому будут строиться разрезы, составлении априорной геолого-геофизической модели и построении геоэлектрических разрезов по результатам 1D, 2D-интерпретации данных МТЗ.

Определение границ геоэлектрических структур и их размерность проводилось с помощью параметров  $N$  (магнитотеллурический параметр неоднородности),  $skew\beta$  (параметр асимметрии Бара),  $skews$  (параметр асимметрии Свифта). По сочетанию этих параметров оконтуривались горизонтально-однородные и горизонтально-неоднородные области. Они оценивались по отношению к пороговым значениям  $\delta$ , характеризующим уровень измерительных погрешностей. Значения  $\delta$  обычно выбираются в интервале 0.05-0.15 [1]. Сделан вывод о возможности одномерных оценок для западной части площади, для остальной территории модель двумерная с локальными 3D-неоднородностями, присутствующими в верхней части разреза. Эти заключения подтверждают полярные диаграммы, построенные на периодах 0,1, 1, 10, 100 и 1000 секунд, являющиеся надежным индикатором размерности геоэлектрических структур.

Области пониженных и повышенных значений МТ-параметров, выделяемые на высокочастотных картах, сохраняют свою конфигурацию практически на всех картах, претерпевая небольшие деформации, подтверждая, таким образом, слабую зависимость параметров от частоты. Это дает основание связать искажения низкочастотного магнитотеллурического поля в большей степени с гальваническим влиянием приповерхностных неоднородностей, которые в значительной мере устраняются нормализацией кривых МТЗ. В данном случае использовалась «статистическая» нормализация по левой части кривой (высокочастотной). Сначала выбирался период нормализации, при этом соответствующая часть разреза приводилась к однородной или слабо меняющейся по горизонтали среде. Таким образом строилась некоторая сглаженная кривая по выбранному периоду для всего профиля, и затем умножением на коэффициент на нее сажали кривые.

В ходе обработки данных кривые кажущегося сопротивления были развернуты в направлениях, близких к направлениям геологических структур, и далее широтные и меридиональные кривые рассматривались как поперечные  $\rho_{\perp}$  и продольные  $\rho_{\parallel}$  по отношению к ним соответственно. Выполненный анализ

свидетельствует, что поперечные кривые в сильной мере искажены эффектом «S». Продольные кривые менее затронуты искажающим эффектом от трехмерных неоднородностей. Они использовались в качестве основных для изучения глубинной электропроводности.

Целенаправленного изучения рифовых объектов на исследуемой площади по данным электроразведки не проводилось, однако анализ каротажа КС по скважинам на соседних площадях (Кумахская, Синская, Баппагайская и др.) показывает, что по данным электроразведки есть возможность картирования рифогенных образований. Это связано с различным внутренним строением рифовых комплексов, которое находит отображение в геофизических полях [2-4]. Собственно, рифовая зона характеризуется карбонатным разрезом сложного строения, чередованием плотных известняков с продуктами их разрушения. Доломитизированные известняки, имея высокую скорость, плотность, обладают и повышенным сопротивлением. В случае их кавернозности и трещиноватости будут изменяться их петрофизические характеристики (в частности, понижение плотности и сопротивления), что дает возможность их выделения в разрезе. На рис. 1 приведены разрезы по скважинам в пределах Вилуйской синеклизы, вскрывшие рифовую зону.

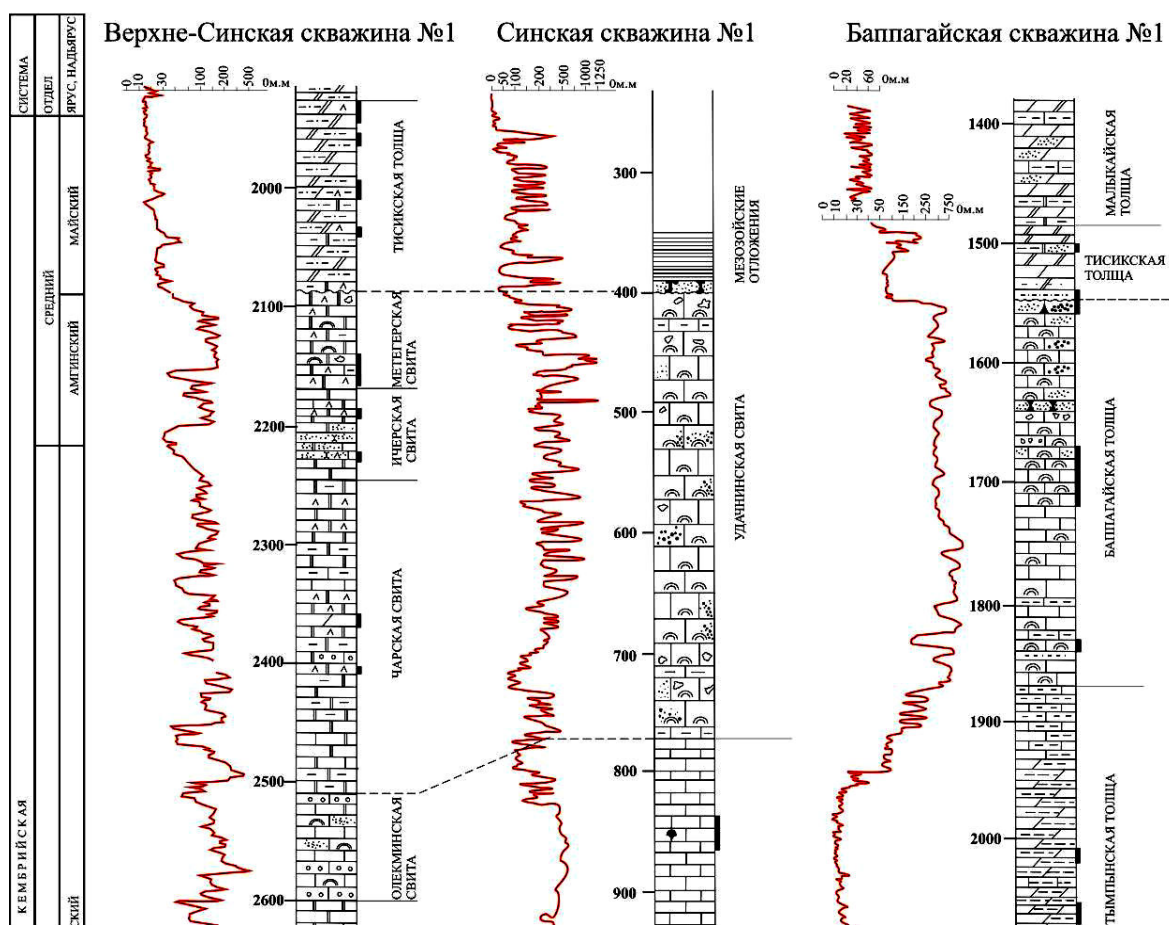


Рис. 1. Отображение рифовых комплексов в данных каротажа КС

Рифовым телам в разрезе соответствует повышение сопротивления до 750-1000 и выше Ом.м. на фоне первых десятков Ом.м. в случае их присутствия в толще, представленной карбонатно-глинистыми отложениями. Такая ситуация наблюдается по скважине Баппагайская-1, которая вскрыла рифовые постройки танхайско-устьмильского комплекса, прошла толщу заполнения майского века и низезалегающие маломощные осадки ленско-амгинского возраста (куонамская, иниканская свиты). Сверху рифовые постройки перекрыты верхоленской свитой верхнего кембрия (ее аналоги), отложения которой обладают пониженным сопротивлением (первые десятки Ом.м.) и являются высокопроводящими. Выделение рифовых построек на фоне карбонатного разреза менее контрастно, но и здесь есть некоторая закономерность: наибольшим сопротивлением будут отмечаться ядра рифовых построек и участки, сложенные плотными известняками, наименьшими – сложенные слабосцементированными обломочными породами пространства между ядрами построек и на их флангах (скв. Верхне-Синская-1, Синская-1).

Четко выраженная фациальная зональность кембрийских рифовых комплексов позволила разработать геоэлектрическую модель, которая была взята за основу при интерпретации данных МТЗ (рис. 2). Границы геоэлектрических комплексов пород закреплялись по сейсмической модели (соответствуют ОГ R0, V, Б, Нк, Н1 и Э1). Выше границы Э1 подбор выполнен по данным МТЗ.

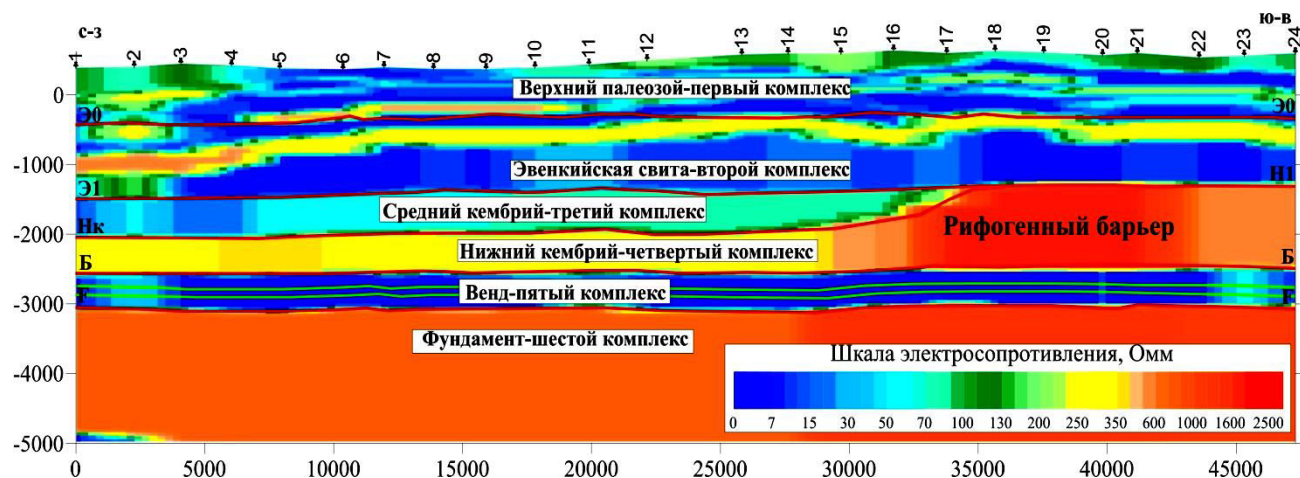


Рис. 2. Выделение и стратиграфическая привязка геоэлектрических комплексов пород по данным электроразведки МТЗ

Представленный на рис. 2 профиль расположен в зоне относительно неглубокого залегания образований барьера, вскрытых скважинами Танхайская 708 и Сохсолохская 706. При приближении к рифовому барьеру (с юго-востока на северо-запад), где из разреза соли выпадают, сопротивление составляет 400-500 Ом. м, характеризую нижнекембрийский разрез как преимущественно карбонатный. В зоне рифового барьера, в местах развития массивных карбонатных образований, сопротивление существенно увеличивается до тысяч

Ом. м. В сторону площади распространения бассейновых отложений сопротивление резко понижается до значений первых сотен Ом. м, характерных для толщи заполнения. Следующий, располагающийся стратиграфически выше, рифогенный комплекс характеризуется иными условиями залегания и особенностями строения, что имеет отображение на геоэлектрическом разрезе. На фоне относительно низкого сопротивления выделяются локальные объекты повышенного сопротивления (до сотен Ом. м), объединяющиеся в зоны, которые интерпретируются как купола и крупные органогенно-обломочные массивы. Сверху нижнекембрийские отложения и косослоистый комплекс среднего-верхнего кембрия перекрывают терригенные отложения эвенкийской свиты и ее аналогов, сопротивлением первые десятки Ом. м. Уменьшение сопротивления (особенно в нижней части эвенкийской свиты) связывается с увеличением доли глинистого материала в осадках, что может характеризовать качество покрышек для ниже залегающих перспективных объектов.

Проведенные исследования показывают широкие возможности электро-разведки МТЗ при картировании и изучении глубокозалегающих геологических структур и объектов различной природы. По результатам глубинного моделирования МТ-поля закартирована поверхность кристаллического фундамента, являющегося опорным высокоомным горизонтом, уточнена линия выклинивания отложений терригенного венда, прослежен рифогенный барьер, приуроченный к зоне флексурного перегиба. В северной части площади в пределах толщи компенсации (красноцветные отложениями среднего-верхнего кембрия) установлены локальные аномалии повышенного сопротивления, которые интерпретируются как разобщенные органогенные постройки. По данным электроразведки выполнена оценка качества покрышек в перекрывающей отложения нижнего и среднего кембрия эвенкийской свите.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Модели и методы магнитотеллурики. - М.: Научный мир, 2009. - 680 с.
2. Вальчак В.И., Горюнов Н.А., Евграфов А.А. Новые данные о развитии нижне - среднекембрийского рифогенного комплекса в восточной части Курейской синеклизы. Научно-практическая конференция «Нефтегазогеологический прогноз и перспективы развития нефтегазового комплекса востока России» 22-26 ноября 2010 г., ФГУП «ВНИГРИ». - Санкт-Петербург, 2010. - С. 125-130.
3. Евграфов А.А., Шайдаков В.А. Строение рифогенного барьера нижнего-среднего кембрия и обоснование глубокого бурения на восточном борту Курейской синеклизы для определения перспектив его нефтегазоносности. (материалы второй научно-практической конференции 21-24 апреля 2015 г.). - Новосибирск: СНИИГГиМС, 2015.
4. Сухов С.С. Фациально-стратиграфическая модель Далдыно-Мархинской банки – иллюстрация закономерностей карбонатакопления на Сибирской платформе. – Литология и нефтегазоносность карбонатных отложений // Материалы второго Всероссийского симпозиума по ископаемым кораллам и рифам. - Сыктывкар: Геопринт, 2001. - С. 237-239.

© А. В. Мамаева, Е. Н. Махнач, 2016