УДК 550.837

В.А.КУЛИКОВ, А.Г.ЯКОВЛЕВ
Московский государственный университет
В.П.ГРЕБНЕВ
ООО «Северо-Запад», Москва
А.И.КОРЯВКО
ГФУГП «Центральная геологическая экспедиция», Москва

ПРИМЕНЕНИЕ АМТЗ НА ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЕ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ НА УРАНОВЫЕ РУДЫ

Осенью 2002 г. – летом 2003 г. на Бобровском участке Воронежской области ГФУГП «Центральная геологическая экспедиция» и ООО «Северо-Запад» были выполнены работы методом аудиомагнитотеллурического зондирования (АМТЗ) с целью изучения строения верхней части фундамента и выявления ураново-рудных районов.

По результатам двумерной инверсии данных АМТЗ были построены карты электрического сопротивления пород фундамента, которые по уровню сопротивления разделились на два блока: западный – высокоомный (Лосевский блок) и восточный – более низкоомный (Калач-Эртильский блок). Разделение двух мегаблоков происходит по Лосево-Мамонской проводящей зоне меридионального простирания. Низкие сопротивления пород в районе Лосево-Мамонского регионального разлома связаны, вероятно, с высокой степенью графитизации вдоль ослабленной зоны. Для уточнения строения Лосево-Мамонской проводящей зоны по четырем профилям была решена обратная двумерная задача по программе Новожинского.

Audio-frequency magnetotelluric (AMT) soundings were performed at the Bobrovsky area of Voronezh region by «Central Geological Expedition» state enterprise and «North-West» company in 2002-2003. The survey was aimed at the study of the upper part of metamorphic basement in order to reveal uranium-perspective zones.

Resistivity maps of the basement were constructed as the result of 2D smoothed-structure AMT data inversion along several profiles. Two main blocks were revealed: highly resistive western (Losevsky block) and less resistive eastern (Kalach-Ertilsky block). They are separated by a quasi-meridional Losevo-Mamonskaya conductive fractured zone. Its low resistivity is probably connected with a high graphite content in this weakened zone. Inversion of AMT data in class of 2D piecewise-uniform models has allowed to obtain detailed resistivity cross-sections of Losevo-Mamonskaya zone along four profiles.

Обобщение геологических материалов по Воронежской антеклизе, проведенное в 90-х годах прошлого столетия, позволило обосновать принципиальную возможность обнаружения в юго-восточной ее части месторождений урана двух геолого-промышленных типов, имеющих в настоящее время наибольшую промышленную ценность: 1) крупных месторождений с богатыми рудами вблизи региональных несогласий между архей-раннепротерозойским основанием и позднепротерозойским платформенным чехлом; 2) инфильтрационных месторождений в породах чехла платформы, пригодных для отработки способом скважинного подземного выщелачивания. Наибольший интерес вызывает восточная часть Воронежского кристаллического массива. Геологические этапы развития этого региона сходны с двумя ураново-рудными районами Канадского и Австралийского щитов (Атабаски и Пайн-Крик) [1, 2].

Из известных в юго-восточной части Воронежского кристаллического массива полей развития воронежской свиты на сегодняшний день наиболее доступным для изучения представляется Бобровский участок. Породы воронежской свиты образуют здесь депрессионную структуру общего близмеридионального направления площадью около 100 км^2. Депрессия располагается в зоне сочленения плагиомигматизированного и гранитизированного Лосевского блока с Калач-Эртильским, выполненным относительно слабо метаморфизованными флишоидными образованиями воронцовской серии, контактирующими по глубинному Ливенскому разлому. Зажатая между ним и образующим ее с востока региональным Лосево-Мамонским разломом депрессионная структура разбита многочисленными разрывами северо-восточного и северо-западного близширотного простирания. В подстилающих депрессию образованиях воронцовской свиты отмечаются прослои и пачки углеродсодержащих пород.

Сопротивление пород осадочного чехла в данном районе колеблется от первых ом на метр до 100 Ом·м, а пород фундамента – от тысячи до десятков тысяч ом на метр. Однако некоторые зоны фундамента могут обладать повышенной электропроводностью. Такие зоны могут быть связаны с наличием в породах фундамента минералов, обладающих электронной проводимостью. Применительно к Бобровской площади зоны Ливинского и Лосево-Мамонского разломов могут иметь пониженное сопротивление по отношению к породам фундамента при условии, что в настоящее время породы в этих зонах обладают повышенной трещиноватостью. На схематической геологической карте докембрийского фундамента в породах воронцовской свиты указано наличие прослоев углеродистых сланцев. Исходя из уровня метаморфизма, характерного для раннего протерозоя, следует ожидать, что углерод в этих породах, по всей видимости, находится в виде графита. Таким образом, мы получаем важнейший индикатор, позволяющий отличить породы воронцовской серии от других пород фундамента.

Осенью 2002 г. – летом 2003 г. на Бобровском участке Воронежской области ГФУГП «Центральная геологическая экспедиция» и ООО «Северо-Запад» были выполнены работы методом аудиомагнитотеллурического зондирования (АМТЗ) с целью изучения строения верхней части фундамента и выявления ураново-рудных районов. Работы выполнялись с аппаратурой АКФ (завод «Геологоразведка», Санкт-Петербург) и аппаратурой MTU-5A («Phoenix», Канада). Общий объем работ составил 725 точек АМТЗ.

После обработки данных были построены пространственно-частотные разрезы, карты изолиний кажущегося сопротивления и фазы импеданса на нескольких периодах [4]. На рис.1 приведены карты кажущихся сопротивлений по меридиональной компоненте на периодах 0,04 и 0,0625 с. Выбранные периоды отвечают восходящей ветви на кривых ρ_T, а следовательно, верхним частям фундамента. Анализ карт показывает, что по значениям кажущихся сопротивлений ρ_T и φ_T вся исследуемая площадь делится на два участка: юго-западный высокоомный, ассоциируемый с Лосевским блоком, и северо-восточный, низкоомный, ассоциируемый с Калач-Эртильским блоком фундамента. Разделение этих двух блоков происходит по линейной проводящей зоне север-северо-западного простирания, предположительно Лосево-Мамонскому разлому. Если на юге планшета это узкая линейная зона пониженных значений ρ_T и φ_T, то на севере ее мощность существенно возрастает. Юго-восточный участок на высоких частотах по характеру сопротивлений относится к Калач-Эртильскому блоку, а на низких к более высокоомному, Лосевскому.

Для получения общей картины геоэлектрического разреза Бобровской площади по результатам двумерной инверсии данных АМТЗ были построены карты электрическо-

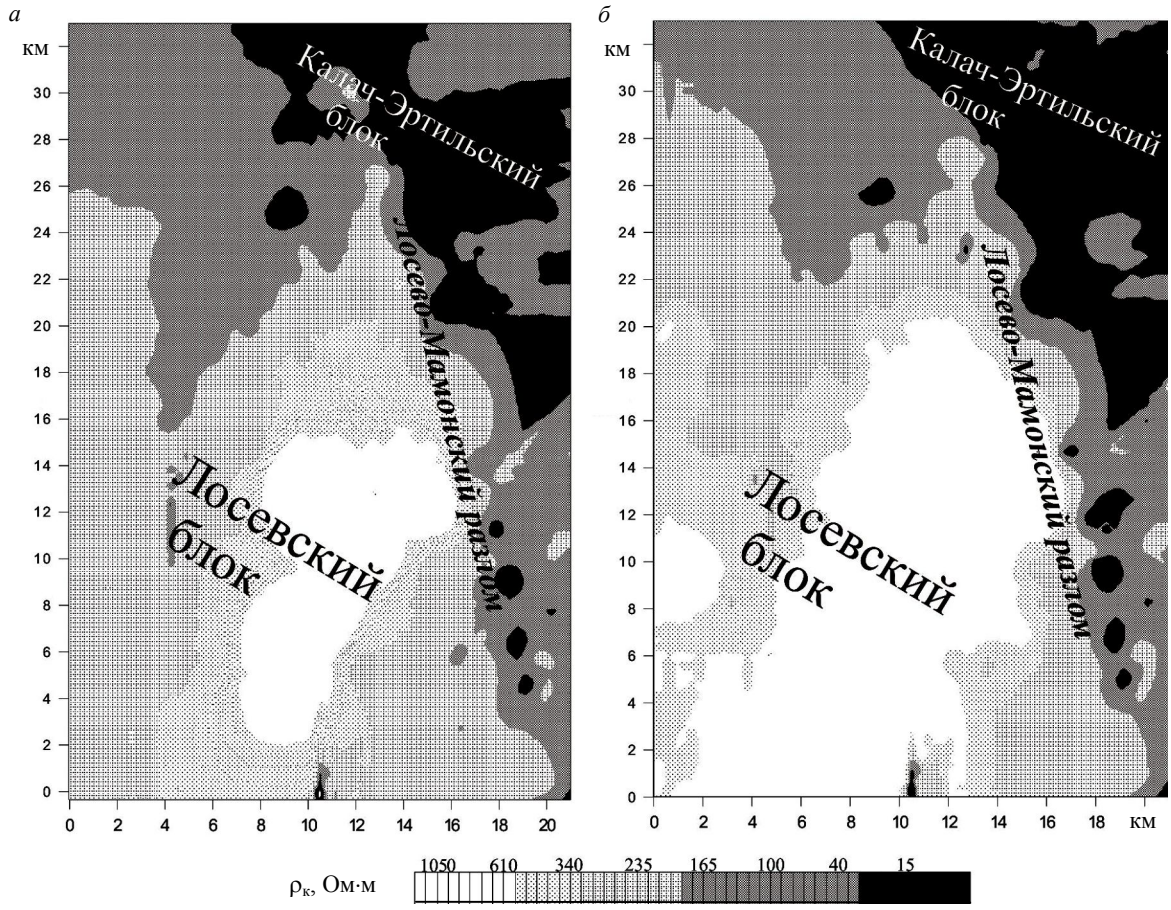


Рис.1. Бобровский участок. Карты кажущегося сопротивления на периодах 0,04 с (*а*) и 0,0625 с (*б*)

го сопротивления пород фундамента на глубинах 250 и 500 м (рис.2). В основе комплекса двумерной инверсии лежат программы Р.Макки (США, компания GSY-USA и Массачусетский технологический институт) и К.Новожинского (Институт геофизики Польской академии наук) [3, 5]. В качестве продольных были выбраны меридиональные, а в качестве поперечных широтные кривые АМТЗ. Инвертированы продольные и поперечные кривые в 608 пунктах АМТЗ по 14 профилям. По уровню сопротивления породы протерозойского фундамента разделяются на два блока: западный высокоомный (Лосевский блок) и восточный более низкоомный (Калач-Эртильский блок). Разделение двух мегаблоков происходит по Лосево-Мамонской проводящей зоне меридионального простирания. Низкие сопротивления пород в районе Лосево-Мамонского регионального разлома связаны, вероятно, с высокой степенью графитизации вдоль ослабленной зоны.

Из результатов двумерной инверсии установлено, что хорошо проводящие породы Лосево-Мамонского разлома перекрыты сверху небольшой по мощности (150-300 м) пачкой высокоомных пород. Отсутствие гальванической связи с проводящим осадочным чехлом подтверждает поведение меридиональных и широтных кривых АМТЗ при пересечении Лосево-Мамонского разлома. Сопротивление пород, слагающих Лосево-Мамонский разлом, по результатам одномерной интерпретации составляет единицы – первые десятки ом на метр.

Еще одна зона пониженных сопротивлений протерозойского фундамента наблюдается к западу от воронежской серии. Здесь

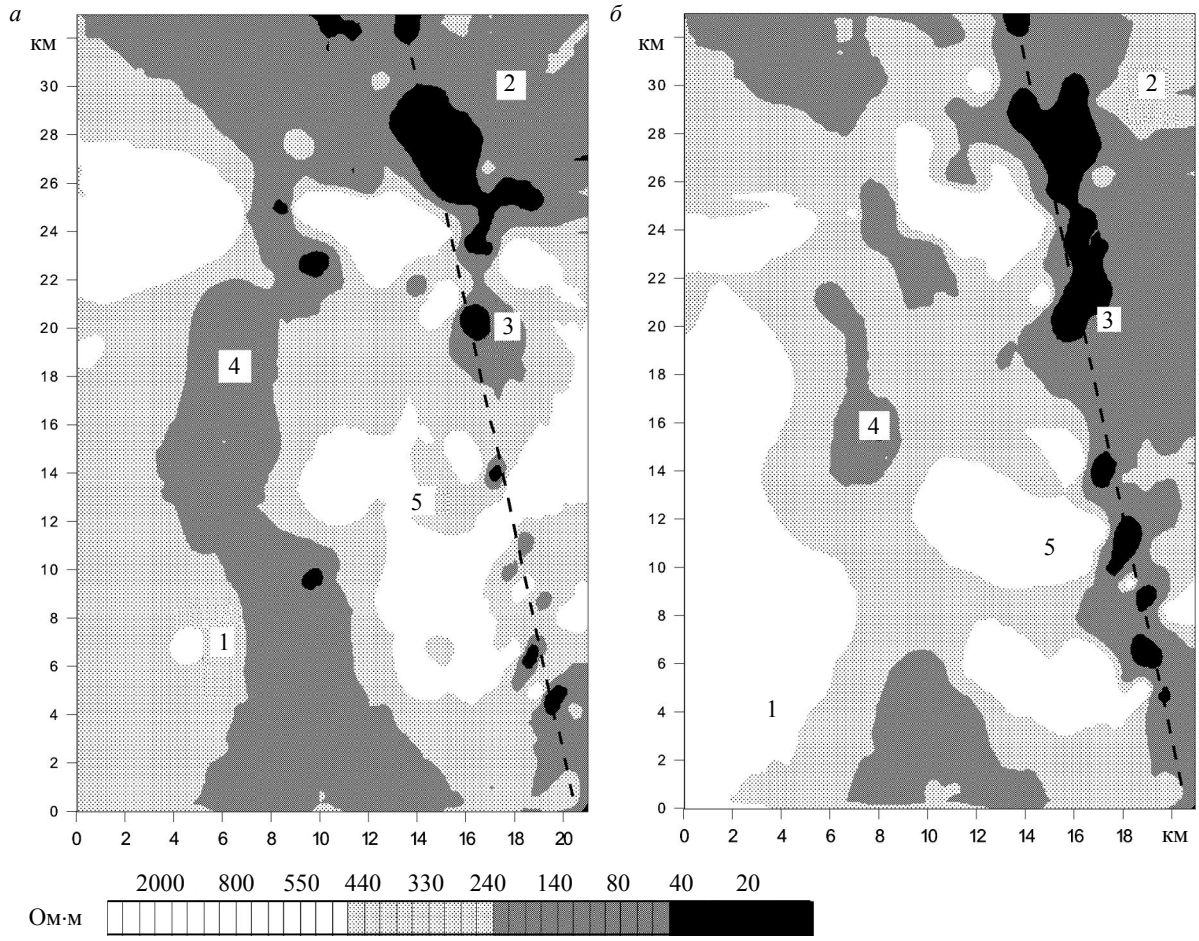


Рис.2. Бобровский участок. Карты удельного сопротивления пород на глубине 250 м (*а*) и 500 м (*б*)
1 – Лосевский блок; 2 – Калач-Эртильский блок; 3 – Лосево-Мамонский разлом; 4 – Ливенский разлом; 5 – воронежская свита

сопротивление пород первые сотни ом на метр. Возможно, эта зона связана с выходом воронцовской серии или оконтуривает Ливенский разлом.

Породы воронежской свиты проявляются на картах сопротивлений как узкий высокоомный блок, вытянутый в меридиональном направлении. По значениям сопротивлений породы воронежской свиты близки к породам Лосевского блока. С востока они ограничены Лосево-Мамонским разломом, а с запада их распространение ограничивает проводящая зона субмеридионального простирания, которая может быть связана как с Ливинским глубинным разломом, так и с выходами графитизированных пород воронцовской серии.

Для уточнения строения Лосево-Мамонской проводящей зоны по четырем профилям (2а, 3, 4, 8) была решена обратная двумерная задача по программе Новожинского. В качестве стартовой была выбрана двухслойная модель. Верхний слой – осадочный чехол с сопротивлением 20 Ом·м, нижний слой – кристаллический фундамент с сопротивлением 1000 Ом·м. В аномальной зоне сопротивление фундамента было задано до глубины 6 км по сетке 10×10 ячеек. По результатам подбора Лосево-Мамонский разлом представляет собой узкую проводящую зону, достаточно полого падающую на восток до глубин 2-3 км. Сопротивление пород фундамента в зоне опускается до нескольких ом на метр. Точность подбора

продольных и поперечных кривых составила 8-10 %. Аналогичная модель была получена и по магнитным данным по профилям 2а, 4 и 8.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Афанасьев Г.А.* Предпосылки рудоносности Восточно-Воронежского геоблока Русской платформы / Г.А.Афанасьев, Н.К.Клюев // Разведка и охрана недр. 2000. № 3-4. С.12-17.

2. *Лаверов Н.П.* Условия образования крупных месторождений урана // Итоги науки и техники. Серия «Рудные месторождения». М., 1988. Т.21. С.107-111.

3. *Новожинский К.* Анализ эффективности программ для двумерной инверсии магнитотеллурических данных / К.Новожинский, П.Ю.Пушкарев // Изв. АН СССР. Физика Земли. 2001. № 6. С.72-85.

4. *Berdichevsky Mark N.* Magnetotellurics in the context of the theory of ill-posed problems / Mark N. Berdichevsky, Vladimir I. Dmitriev // Society of Exploration Geophysicists. Tulsa. Oklahoma. USA. 2000. P.1-5.

5. *Rodi W.* Nonlinear conjugate gradients algorithm for 2-D magnetotelluric inversion / W.Rodi, R.L.Mackie // Geophysics. 2001. 66. P.174-187.