

СУММАРНАЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ КОНСОЛИДИРОВАННОЙ ЧАСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ ВКМ

В. Н. Груздев

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 14 сентября 2011 г.

Аннотация. По данным глубинных электромагнитных методов определены величина и распределение суммарной электропроводности консолидированной части земной коры свода и северо-восточного склона ВКМ. На схеме суммарной электропроводности выделены региональные и локальные проводящие зоны в земной коре и дана их количественная характеристика.

Ключевые слова: электромагнитные методы, суммарная электропроводность, земная кора, глубинные проводящие зоны, сопротивление пород фундамента, нормальный градиентный разрез, Воронежский кристаллический массив.

Abstract. According to the underlying electromagnetic methods the size and distribution of the total electrical conductivity of consolidating part of the Earth's crust and the North-East slope of the VKM are defined. The summary diagram of electrical conductivity shows regional and local conducting zones in the Earth's crust and gives their quantitative characteristic.

Key words: electromagnetic methods, electrical conductivity, the Earth's crust, deep conductive resistance zone, basement rocks, normal gradient incision, Voronezh crystalline massif

Целью данной работы является определение суммарной электропроводности консолидированной части земной коры в пределах Воронежского кристаллического массива (ВКМ) и его сочленения с Рязано-Саратовским прогибом (РСП). Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- анализ характера распределения в пределах указанных структур экспериментального и модельного электрических полей;
- определение пространственного распределения и параметров локальных проводящих зон в верхней части фундамента;
- оценка нормальной электропроводности земной коры в пределах ВКМ;
- определение параметров глубинных проводящих зон, выявленных по магнитовариационным данным.

По современному состоянию изученности территории Воронежского кристаллического массива (ВКМ) и сопредельных структур комплексом глубинных электромагнитных методов (рис. 1) представляется возможным определить величину и распределение суммарной электропроводности консолидированной части земной коры $S_k(x,y)$ [1].

Решение данных задач заключается в выделении глубинных проводящих зон в кристаллической части земной коры, определении характера распре-

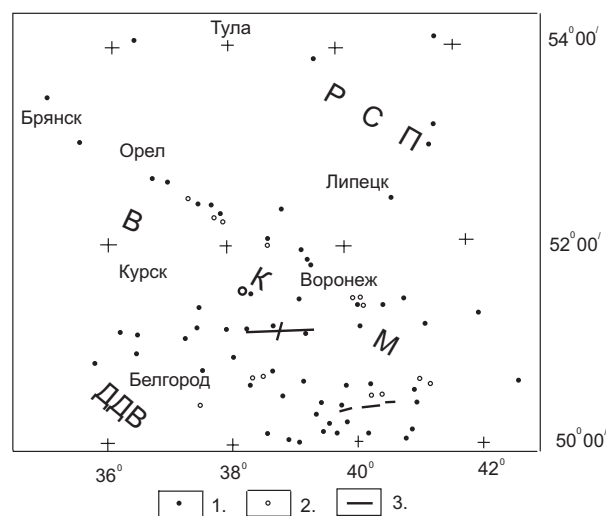


Рис. 1. Схема изученности методами МВИ и МТЗ. Условные обозначения: 1 – пункт наблюдения геомагнитного поля методом МВИ и его номер; 2 – пункт МТЗ с аналоговой станцией и его номер; 3 – профиль детальных МТЗ с цифровой станцией. Сокращенные обозначения: ВКМ – Воронежский кристаллический массив; РСП – Рязано-Саратовский прогиб; ДДВ – Днепро-Донецкая впадина

деления их аномальной суммарной продольной проводимости (S_a), оценке нормальной суммарной продольной проводимости земной коры $S_0(x,y)$ [2, 3].

Для построения схемы суммарной электропроводности консолидированной части ВКМ исполь-

зовались следующие данные: распределение электрического сопротивления пород поверхности докембрийского фундамента (ρ_{ϕ}), сведения о мощности земной коры по данным глубинных сейсмических зондирований (ГСЗ); гипсометрия поверхности фундамента; результаты глубинных электромагнитных исследований методами магнитовариационных исследований (МВИ), магнитотеллурического зондирования (МТЗ), методом теллурических токов (ТТ); данные численного пленочного моделирования электромагнитного поля от проводящих осадков; геолого-геофизические сведения о характере вертикального распределения и глубине простираения комплексов пород повышенной проводимости, выявленных на поверхности фундамента [4, 5].

По данным вертикальных электрических зондирования и МТЗ, породы в верхней части докембрийского фундамента обладают большими значениями величин сопротивления ρ_{ϕ} (1000–3000 Ом·м), на фоне которых выделяются участки пониженных значений ρ_{ϕ} (50–100 Ом·м), а местами $\rho_{\phi} = 1–10$ Ом·м. По низким значениям ρ_{ϕ} в плане выделены поверхностные коровые проводящие зоны. Глубина распространения этих зон оценивается от 5 до 15 км (в среднем 9–10 км) [5, 6]. Суммарная продольная проводимость (S_a) поверхностных проводящих зон определялась в виде:

$$S_a = (9000 - h)/\rho_{\phi}, \quad (1)$$

где: h – глубина залегания докембрийского фундамента (в метрах).

Проводящие зоны в верхней части кристаллического фундамента находят отражение в распределении напряженности электрического поля (E_s), полученного по данным ТТ [4]. Был выполнен сравнительный анализ его региональной составляющей (E_s) с расчетным электрическим полем (E_m) по данным численного пленочного моделирования [5]. При этом отмечается практическое совпадение наблюдаемого и модельного полей по величине и по конфигурации изолиний в пределах Рязано-Саратовского прогиба (РСП) и северо-восточного склона ВКМ. Следовательно, распределение региональной части E_s на данной территории объясняется влиянием только осадочного чехла [5]. На своде ВКМ величина напряженности наблюдаемого электрического поля значительно меньше напряженности модельного поля и отличается по конфигурации изолиний, что обусловлено влиянием проводящих образований в верхней части кристаллического фундамента. Это и позволяет оценить

характер распределения электропроводности кристаллической части земной коры по полю ТТ. Величина разностного электрического поля, определялась в виде:

$$E_p(x, y) = E_s(x, y) - E_m(x, y). \quad (2)$$

По распределению величины разностного электрического поля (E_p) и минимальных значений ρ_{ϕ} определялось положение зон повышенной электропроводности в верхней части кристаллического фундамента. При этом приводится только качественных анализ характера изменения разностного поля на своде и склонов ВКМ, так наблюдаемое электрическое поле по данным ТТ рассматривается для периода 90 с, а модельное электрическое поле для периода – 900 [5].

Ранее на территории ВКМ и сопредельных структур были выполнены магнитовариационных исследований в 62 пунктах (рис. 1). В результате были выделены и изучены Тамбовская ($S_a = 2600$ См), Обоянская ($S_a > 1000$ См) и Орловская ($S_a \approx 1000$ См) коровые проводящие зоны (рис. 2) [2, 5, 6].

Для определения распределения нормального значения суммарной электропроводности земной коры $S_0(x, y)$, соответствующей наиболее высокоомным породам, на глубинах от 9–10 км до подошвы земной коры принят нормальный градиентный геоэлектрический разрез, характерный для Русской платформы. Данный нормальный градиентный разрез был аппроксимирован трехслойным разрезом. Сведения о глубине залегания подошвы земной коры принимались по данным [7–9], а там, где они отсутствовали, использовалось среднее значение для региона равное 42.5 км [9]. Нормальная электропроводность для кристаллической части земной коры определялась в виде совокупности суммарных электропроводностей каждого слоя. Нормальный фон составил 5 См, а изменение глубины залегания подошвы земной коры на территории ВКМ и РСП от 37 до 47.5 км вызывает вариации $S_0(x, y)$ пределах 2.3 См. Учитывая рельеф кристаллического фундамента и предполагая сохранение наблюдаемых высоких значений ρ_{ϕ} до глубин 9–10 км, можно определить вклад высокоомного приповерхностного слоя фундамента в распределение нормального значения суммарной электропроводности. Полученные значения $S_0(x, y)$ меняются от 18 См (в местах наибольшего подъема фундамента при $\rho_{\phi} = 500$ Ом) до 1.3 См (в прогибах фундамента при $\rho_{\phi} = 3000$ Ом) [5]. Полученное нормальное распределение суммарной элект-

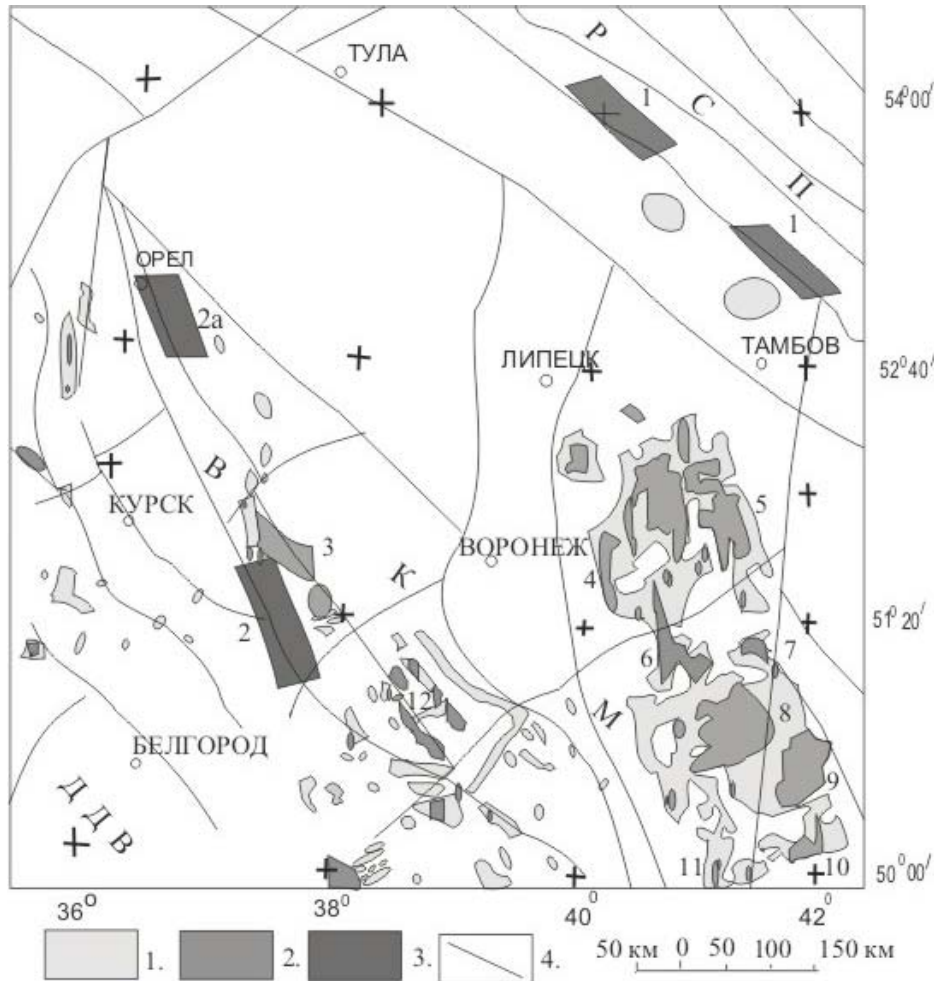


Рис. 2. Схема суммарной электропроводности консолидированной части земной коры (S_k). Условные обозначения: 1 – $S_k > 18$ См; 2 – локальные проводящие зоны, выделенные по распределению ρ_ϕ поверхности фундамента, обозначены арабскими цифрами 3–12; 3 – проводящие зоны по геомагнитным данным, обозначены арабскими цифрами 1, 2, 2а; 4 – границы структур 1 и 2 порядков

ропроводности служит фоном, на котором выделяются проводящие зоны в земной коре.

Полная суммарная электропроводность кристаллической части земной коры определяется в виде:

$$S_k(x,y) = S_0(x,y) + S_a(x,y). \quad (3)$$

Распределение $S_k(x,y)$ на территории ВКМ и сопредельных структур представлено на рис. 2. На схеме суммарной электропроводности консолидированной части земной коры выделены участки с $S_k(x,y) < 18$ См и аномально высоких значений. Зоны аномально высоких значений $S_k(x,y)$ выделены на схеме под номерами от 1 до 12.

Проводящая зона 1 (Тамбовская глубинная проводящая зона) имеет двумерный характер распределения с параметрами: $h = 6 - 3$ км (положение верхней кромки); $H = 32 - 34$ км (положение нижней кромки); $\rho_a = 10$ Омм (аномальное удельное сопро-

тивление); $S_a = 2600$ См (суммарная продольная проводимость); $G_a = 2 \cdot 10^8$ См·м (суммарное поперечное сопротивление).

Проводящие зоны 2 и 2а (Обоянская и Орловская проводящие зоны) имеют квазитрехмерный вид с параметрами: $h = 8$ км; $H = 18$ км; $S_a > 1000$ См; $\rho_a = 10$ Омм.

Проводящая зона 3 (Тим-Ястребовская аномалия низких значений ρ_ϕ) простирается в северо-западном направлении на 50 км при ширине 3–8 км. Параметры зоны: $S_a = 90$ См; $G_a = 4.5 \cdot 10^5$ См·м. Местами значения S_a достигают 900 См,

Проводящая зона 4 (Красно-Логовская аномалия низких значений ρ_ϕ) имеет меридиональное простираение на 50 км при ширине 5 км. Параметра зоны: $S_a = 180$ См; $G_a = 4.5 \cdot 10^5$ См·м.

Изометрические проводящие зоны, выделенные под номерами 5, 6, 7, 8, 9, 10, имеют небольшие размеры и значения S_a около 90 См.

Проводящая зона 11 (Подколдновская аномалия низких значений ρ_{ϕ}) состоит из двух тел изометрической формы с размерами в поперечнике до 5 км. Параметры зоны: $S_a = 1800$ См; $G_a = 9 \cdot 10^6$ См·м.

Проводящая зона 12 (Волотовская аномалия низких значений ρ_{ϕ}) представлена двумя вытянутыми телами в северо-западном направлении шириной 3 км. Параметры зоны: $S_a = 900$ См; $G_a = 2.7 \cdot 10^6$ См·м.

Полученная схема суммарной электропроводности позволяет районировать территорию свода ВКМ по характеру распределения зон глубинной электропроводности, связанных либо с присутствием электронно-проводящих минералов (при неглубоком их залегании), либо с наличием гидротермальных растворов (Тамбовская, Обоянская и Орловская проводящие зоны).

Тамбовская проводящая зона (1) приурочена к сочленению северо-восточного склона ВКМ и Рязано-Саратовскому прогибу, пространственно совпадает с простираемостью структур РСП и региональной положительной аномалией магнитного поля.

Обоянская и Орловская проводящие зоны (2, 2а) приурочены к сочленению структур 2 порядка мегаблока КМА и хорошо коррелируется с локальными аномалиями магнитного поля.

Мозаичный характер распределения локальных проводящих зон в восточной части ВКМ (4–11) приурочен к Воронцовской серии, сложенной в верхней части неоднородными по электропроводности породами, включающими графитовые и сульфидные образования.

Локальные и региональные аномальные проводящие зоны в сводовой части ВКМ (3, 12), совпадают с простираемостью структур 2–3 порядков, и обусловлены графитизированными сланцами в верхней части фундамента

Воронежский государственный университет
В. Н. Груздев, доцент кафедры геофизики, кандидат физико-математических наук
Тел. 8 (473) 230-57-29, 8 (473) 275-48-95
grumerr@rambler.ru

ЛИТЕРАТУРА

1. Жамалетдинов А. А. Модель глубинного электрического разреза щитов и древних платформ / А. А. Жамалетдинов // Коровые аномалии электропроводности. – Л., 1984. – С. 21–27.
2. Максимов В. М. Обоянская аномалия геомагнитных вариаций и ее взаимосвязь с основными геолого-геофизическими особенностями строения КМА / В. М. Максимов, В. Н. Груздев // Геофизические исследования на КМА. – Воронеж, 1984. – С. 21–29.
3. Рокитянский И. И. Площадные магнитовариационные исследования в центральной части Русской платформы / И. И. Рокитянский [и др.] // – Изв. АН СССР, Физика Земли, 1977. – № 9. – С. 107–112.
4. Рогозов Е. Г. Характеристика теллурического поля на Воронежском кристаллическом массиве и его склонах / Е. Г. Рогозов, И. Ф. Сопко // Геофизический журнал. – 1983. – Т. V, № 4. – С. 85–90.
5. Груздев В. Н. Геоэлектрическая модель Воронежского кристаллического массива / В. Н. Груздев // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей : тез. докл. международной конференции, г. Воронеж. – 1996. – С. 72–73.
6. Жаворонкин В. И. Структура литосферы Воронежского массива вдоль профиля Брянск – Павловск по данным глубинных электромагнитных исследований / В. И. Жаворонкин, В. Н. Груздев // Вестник Воронеж. ун-та. Серия: Геология. – 1996. – № 2 – С. 190–194.
7. Надежка Л. И. Результаты глубинных исследований на Воронежском кристаллическом массиве / Л. И. Надежка [и др.] // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей : тез. докл. междунар. конференции. – Воронеж, 1996. – С. 117–118.
8. Гелионенко Г. Б. Глубинное геологическое строение северо-восточного склона Воронежского массива и Пачелмского прогиба (по материалам ГСЗ) / Г. Б. Гелионенко [и др.] // Геотектоника. – 1973. – № 2. – С. 26–31.
9. Дубянский А. И. Глубинное строение Воронежского кристаллического массива по данным взрывной сейсмологии : автореф. дис. ... на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / А. И. Дубянский – Воронеж, 1984. – 21 с.

Voronezh State University
V. N. Gruzdev, Assistant Professor of Geophysics,
Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Tel. 8 (473) 302-57-29, 8 (473) 275-48-95
grumerr@rambler.ru