

3. Смоленцев Н. К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MatLab / Н. К. Смоленцев. – М. : ДМК-Пресс, 2005. – 304 с.
4. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам / И. Добеши. – Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2001. – 464 с.

550.837.211

КАРТА СУММАРНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

К. С. Слепых, Н. С. Голубцова, П. Ю. Пушкарев

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Глубинные геоэлектрические исследования земной коры и верхней мантии дают уникальную информацию об их строении, о вещественном составе горных пород, флюидном и температурном режимах недр. Эти исследования позволили выявить в консолидированной земной коре проводящие аномалии, для объяснения природы которых привлекаются механизмы электронной проводимости (главным образом благодаря графиту) и ионной проводимости (вследствие флюидонасыщенности) [1-2]. В мантии Земли, на фоне постепенного понижения удельного сопротивления с глубиной, во многих регионах выделяется проводящий слой, связываемый с частичным плавлением горных пород (астеносфера) [3].

Основным методом глубинной геоэлектрики является метод магнитотеллурического зондирования. Начиная с 1950-х годов, он применялся во многих районах СССР. В работах принимали участие крупнейшие научно-производственные геологические объединения, академические институты и ведущие вузы страны. Это позволило получить представление о глубинном геоэлектрическом разрезе различных территорий северной части Евразии.

Возникла необходимость обобщить накопленный опыт и систематизировать полученные результаты по электропроводности коры. В связи с этим по инициативе ведущих ученых страны и по поручению Мингео СССР в ГКНТ (Госкомитете по науке и технике) была составлена рабочая программа: «Разработка модели распределения корового проводящего слоя на территории СССР по данным электромагнитных исследований». Головная организация – Геологический факультет МГУ, исполнители – ведущие вузы страны, крупнейшие научно-исследовательские институты Академии наук, а также научно-производственные объединения Мингео. Работу возглавлял Редсовет карты (председатель М. Н. Бердичевский, заместители – Л. Л. Ваньян, М. С. Жданов). В Редсовет вошли представители более 30 организаций-участников. Работа планировалась на 1986-1995 гг. и должна была завершиться составлением геоэлектрических моделей земной коры Восточной Европы и Северной и Центральной Азии, карт и схем глубинного геоэлектрического районирования.

К 1991 году были собраны первичные материалы и проведен анализ собранного материала по 11 регионам (Северо-запад ВЕП, Воронежский кристаллический массив, Уральский массив, Прикаспийская впадина, Украинский щит с Прикарпатьем и Крымом, Восточно-Сибирский регион, Казахстан, Центральная часть Средней Азии, Центральная часть Тянь-Шаня, Камчатка, Сахалин). Однако после распада СССР работа над картой коровой электропроводности была свернута из-за отсутствия ассигнований. Ее удалось возобновить лишь в 1993 году в ограниченном объеме благодаря финансовой поддержке НППП «Нефтегеофизика». К 1995 году на Геологическом факультете МГУ под руководством М.Н. Бердичевского был составлен макет карты глубинной электропроводности России и сопредельных территорий и создана пояснительная записка к макету карты, составленная авторами фрагментов карты.

В настоящее время нами разрабатывается геоинформационная система, включающая карту проводимости консолидированной земной коры Северной Евразии [4]. Помимо материалов, полученных в СССР [5], в систему вводятся результаты более поздних работ, в основном выполненных на геотраверсах и отдельных площадях, в том числе в слабо изученных ранее регионах Сибири, на Дальнем Востоке и Северо-Востоке России.

Карта собирается из фрагментов, которые были составлены по индивидуальным объектам в ходе региональных или поисково-разведочных изысканий. Почти все операции по созданию карты, разного рода интерполяции, оцифровка (векторизация) растровых карт проводились с помощью пакета программ ArcGIS, в рамках создания геоинформационной системы. Возможности ArcGIS позволяют создать послынную систему карт с возможностью отображать информацию в любой из координатных систем, таким образом проведение сравнение данных по площади становится гораздо проще.

Векторизация бумажных карт проводилась в комплексе программ ArcGIS. Первым шагом была привязка каждой из карт по координатам, это дает возможность трансформировать и отображать карту в любой системе координат. Для максимально точного переноса информации были оцифрованы сами изолинии, каждой из них было вручную присвоено значение.

Такая операция возможна в модуле ArcScan, он может работать только с двухцветными растрами. Если карта цветная, то используется один из слоев RGB (Red/Green/Blue). Эти слои двухцветны и отображают насыщенность своего цвета в разных областях изображения. Необходимо перевести изображение в состояние черный/белый, т. е. присвоить каждому пикселу и полутону серого один из двух цветов; эта операция производится автоматически. Вручную настраивается только уровень границы перехода от черного к белому. Для проведения векторизации необходимы непрерывные или имеющие короткие разрывы линии, черные на белом фоне или белые на черном фоне. После подготовки растра в модуле ArcCatalog создается файл (Shapefile) для хранения векторизованных линий (Polyline). С помощью операции Vectorization Trace в полуавтоматическом режиме создаются изолинии по изображению карты. Каждая новая линия записывается в Shapefile с присвоением вручную значения суммарной продольной проводимости.

Создание поверхности выполнено с помощью операции Spline (ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Interpolation), она позволяет создать гладкую поверхность физического параметра. Такая операция работает только с точечными данными, поэтому изолинии (Lines) были экспортированы в точечный формат. Для полученного грида была выполнена привязка к системе координат, соответствующей исходной карте.

В случае если имелось несколько (больше одной) карт по одной и той же территории, предпочтение отдавалось в первую очередь более подробным картам, во вторую – более поздним данным. Если между двумя картами пространство без данных было сравнительно малым (относительно масштаба и размера объектов), то проводилась интерполяция по соседней области, с целью получения наиболее целостной картины.

Для Европейской части России был создан вариант карты с использованием карт, составленных по двум слоям: 1) карта суммарной продольной проводимости осадочного чехла и верхней части консолидированной земной коры; 2) карта суммарной продольной проводимости глубоких горизонтов консолидированной земной коры [6]. Для получения информации непосредственно о слое консолидированной земной коры (которая входит в состав карты) была произведена подробная оцифровка обеих карт, полученные гриды просуммированы, таким образом была получена карта проводимости, включающая в себя информацию о глубинном строении, и об осадочном чехле. Для исключения влияния осадочных отложений была использована карта суммарной продольной проводимости осадочного чехла Европейской части России и сопредельных территорий [7]. Карта также была оцифрована, полученный грид был вычтен из суммы двух предыдущих.

Полученная карта неоднородна, с разной степенью точности в зависимости от расстояния, но, несмотря на это, она дает информацию о положении коровых проводников, на основе

которой можно сделать выводы об их природе. Структура электронной версии карты не составляет сложности карту дополнить или внести уточнения. В дальнейшем планируется добавлять и информацию по новым районам и детализировать уже имеющуюся информацию на основании новых данных.

Работа на первом этапе велась при поддержке РФФИ, проект 11-05-00496.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Жамалетдинов А. А.* Графит в земной коре и аномалии электропроводности // *Физика Земли*. – 1996. – № 4. – С. 12-29.
2. *Ваньян Л. Л., Хайдман Р. Д.* О природе электропроводности консолидированной коры // *Физика Земли*. – 1996. – № 4. – С. 5-11.
3. *Adam A.* Relation of mantle conductivity to physical conditions in the asthenosphere // *Geophysical Surveys*. – 1980. – № 4. – P. 43-55.
4. *Golubtsova N., Pushkarev P., Slepikh K.* Creation of crustal conductivity anomaly map of Northern Eurasia. Abstracts of the 12-th Scientific Assembly of the International Association of Geomagnetism and Aeronomy. – Mexico, Merida, 2013. – P. 109.
5. *Голубцова Н. С., Пушкарев П. Ю.* Обзор материалов для построения карты аномалий электропроводности консолидированной земной коры Северной Евразии // *Геологическая среда, минерагенические и сеймотектонические процессы : Материалы XVIII Международной научно-практической конференции*. – Воронеж, 2012.
6. *Фельдман И. С., Окулесский Б. А., Сараев Ю. А.* Карты геоэлектрических параметров (Электронный ресурс). – 2003, <http://emgeo.ru/art/105/>.
7. *Шейнкман А. Л., Нарский Н. В.* Карта суммарной электропроводности осадочного чехла территории России : Материалы IV Всероссийской школы-семинара по электромагнитным зондированиям Земли. – М. : ИФЗ РАН, 2009. – С. 45-46.

ISSN 550.837.211

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ СЕВЕРНОГО ПРИЛАДОЖЬЯ ПО МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИМ И ГРАВИМАГНИТНЫМ ДАННЫМ

Е. Ю. Соколова¹, Н. С. Голубцова², М. В. Коснырева³, М. В. Минц⁴, П. Ю. Пушкарев²,
Я. В. Таран², А. Г. Яковлев^{2,5}

¹ *Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия;*

² *Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия;*

³ *Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия;*

⁴ *Геологический институт РАН, г. Москва, Россия;* ⁵ *ООО «Северо-Запад», г. Москва, Россия*

Ладожская коровая аномалия электропроводности была выявлена в конце 1970-х годов в результате применявшегося тогда метода магнитовариационного профилирования (МВП) [1] и затем исследована с помощью магнитотеллурических зондирований (МТЗ) [2]. В последние годы возросли возможности измерительной аппаратуры и методов обработки, анализа и интерпретации МТ данных, что позволило вернуться к задаче изучения Ладожской аномалии на новом уровне.

Аномалия располагается на юго-востоке Балтийского щита. По результатам выполненных ранее исследований, предполагалось, что она является протяжённой проводящей зоной северо-западного простирания, которая «выныривает» из-под осадочного чехла Русской плиты, проходит под Ладожским озером и далее вглубь территории Финляндии вдоль Ладого-Балтийской зоны. Сопоставление с тектоническими схемами позволило предположить, что