

поздних этапах происходило усложнение формы массивов в результате наложенных метаморфических и тектонических процессов [6, 7].

Вулканогенно-осадочные вещественно-петрофизические комплексы представлены образованиями базальт-андезит-дацитовой (S_2) и терригенно-вулканогенной (D_{2-3}) формациями. Они характеризуются полосчатой, линзовидной и реже ячеистой внутренней структурой локального магнитного поля (рис. 9). Линейность поля обусловлена чередованием слоев вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород разной степени намагниченности. Повышенной магнитностью обладают прослои базальтов, андезибазальтов и их туфов. Слабомагнитные и немагнитные прослои сложены кислыми эффузивами, песчаниками, сланцами, терригенно-карбонатными породами. На участках с плохо выраженной слоистостью преобладают линзовидная и ячеистая структуры поля. Контрастность локальных аномалий зависит как от контрастности петрофизических параметров прослоев, так и от мощности перекрывающих отложений, увеличение которой приводит к нивелировке локальных аномалий. Выраженная полосчатость толщ позволяет выявить их интенсивную дислоцированность: они смяты в складки и разбиты на блоки по системе разрывных нарушений.

Терригенные и карбонатные осадочные комплексы характеризуются невыразительной однородной структурой локального магнитного поля, что в определенной мере служит существенным признаком при их идентификации и картировании.

Материалы площадных аэрогеофизических работ позволяют получить цельную картину строения интрузивных массивов и блоков осадочных пород как выходящих на поверхность, так и в областях перекрытия более молодыми отложениями. По материалам аэрогеофизических съемок масштаба 1: 50 000 выявляются границы массивов и основные черты их внутренней структуры. Детальные аэрогеофизические съемки масштаба 1: 10 000 позволяют изучить детали внутреннего строения массивов и выявить участки возможной локализации рудных залежей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Западно-Сибирская. Лист Q-42. Салехард. Объяснительная записка. — СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014. — 396 с.
2. Гурская Л.И., Смелова Л.В. Платинометалльное минералообразование и строение массива Сыум-Кеу (Полярный Урал) // Геология рудных месторождений. — 2003. — Т. 45. — № 4. — С. 353–371.
3. Долгушин С.С., Садур О.Г., Шадрин А.Н., Островский Л.Я. Новая интерпретация строения Щучинской структуры Полярного Урала и перспективы ее алмазности // Руды и металлы. — 2002. — № 4. — С. 72–79.
4. Кузнецов Н.Б., Куликова К.В. Палеозойские комплексы и структуры Сыумкеу-Щучинского района Полярного Урала. Тектоническая структура // Бюлл. МОИП. Отд. геол. — 2008. — Т. 83. — Вып. 3. — С. 3–12.
5. Ленных В.И., Перфильев А.С., Пучков В.Н. Особенности внутренней структуры и метаморфизма альпидных офиолитовых массивов Урала // Геотектоника. — 1978. — № 4. — С. 3–22.
6. Уэйджер Л., Браун Г. Расслоенные изверженные породы. — М.: Мир, 1970. — 552 с.
7. Шарков Е.В. Формирование расслоенных интрузивов и связанно с ними оруденения. — М.: Научный мир, 2006. — 368 с.

© Калмыков Б.А., Трусов А.А., 2015

Калмыков Борис Александрович // kalmukov@aerogeo.ru
Трусов Алексей Андреевич // trusov@aerogeo.ru

Агеев С.Н., Лёвин Ф.Д. (АО «ГНПП «Аэрогеофизика»)

ЭЛЕМЕНТЫ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ЮГА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ПО АЭРОГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ ДАННЫМ

*В южной части Восточно-Европейской платформы поле силы тяжести осложнено влиянием глубокозалегающих горизонтов. По результатам моделирования показано, что кроме гравитационной границы «кора-мантия», в структуре гравитационного поля значительный вклад вносит переходная коромантийная зона (слой КМ). С помощью корреляционного метода интерпретации по аэрогеофизическим данным построены карты кровли и мощности слоя КМ. **Ключевые слова:** аэрогравиметрия, поверхность Мохо, слой КМ, корреляционный метод интерпретации.*

Ageev S.N., Levin F.D. (Aerogeophysics)

THE ELEMENTS OF DEEP STRUCTURE OF THE SOUTHERN PART OF THE EAST-EUROPEAN PLATFORM ACCORDING TO AIRBORNE GRAVITY DATA

*The gravity field in the Southern part of the East European platform is complicated by the influence of deep horizons. The results of modeling show that besides density contrast «crust-mantle», the crust-mantle transition zone (CM layer) also influences gravity field structure greatly. Mapping of top and thickness of crust-mantle layer has been done with the help of correlation technique of airborne geophysical data interpretation. **Key words:** airborne gravimetry, the Moho discontinuity, crust-mantle layer, correlation technique of interpretation.*

Морфология глубинных субгоризонтальных границ, таких как поверхность Мохо, зона перехода кора-мантия (слой КМ) вносит существенный вклад в структуру гравитационного поля, вследствие чего их изучение является необходимым условием для корректной интерпретации гравитационного поля. Для уточнения характера этого вклада была предпринята попытка физико-математического моделирования по профилям глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ).

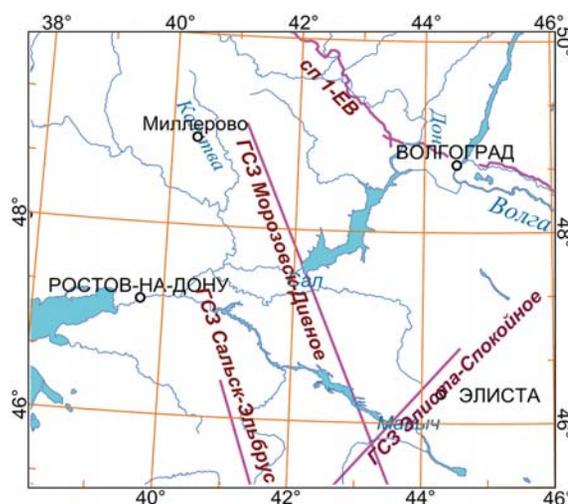


Рис. 1. Схема расположения профилей ГСЗ

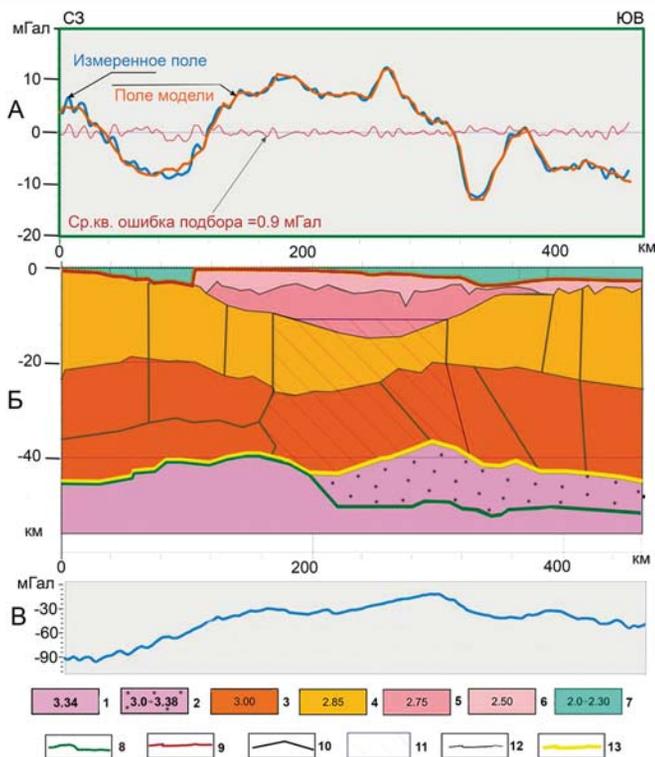


Рис. 2. Плотностная модель по профилю ГСЗ Морозовск–Дивное: А — графики гравитационных полей вдоль профиля; Б — плотностная модель (1 — мантия, 2 — коро-мантийная смесь, 3 — нижняя кора, 4 — кристаллический фундамент, 5–6 — рифей-палеозойский складчатый комплекс, 7 — мезокайнозойский складчатый чехол, 8 — граница Мохо по данным ГСЗ, 9 — подошва недислоцированного складчатого комплекса по данным сейсморазведки МОВ, ОГТ, КМПВ, 10 — границы блоков по данным ГСЗ, 11 — блок с повышенной плотностью пород, относительно средней плотности пород в слое до 0,1 г/см³, 12 — основные плотностные границы по результатам моделирования, 13 — наиболее контрастные гравиактивные границы со скачком плотности не менее 0,3 г/см³); В — график поля силы тяжести, за вычетом влияния осадочного чехла

Структурные этажи и их плотностные характеристики

№пп	Этаж	Плотность г/см ³	Дефицит плотности г/см ³
1	MZ-KZ	2,3	-0,6
2	Соль	2,15	-0,75
3	R-PZ	2,75	-0,15
4	AR-PR	2,85	0
5	Нижняя кора	3,00	
6	Слой КМ	3,00 ÷ 3,38	
7	Мантия	3,34	

На юге Европейской платформы в разные годы было отработано значительное количество профилей ГСЗ. В связи с тем, что обработка и интерпретация сейсмических материалов по профилям ГСЗ выполнялась разными организациями в разное время, геолого-геофизические построения зачастую противоречат друг другу. По нашему мнению, наиболее корректно была выполнена переобработка данных ГСЗ по профилям Морозовск–Дивное, Элиста–Спокойное и Сальск–Эльбрус (рис. 1) в Центре «ГЕОН» им. В.В. Федынского в 1980–1990-е годы [3].

По профилю ГСЗ Морозовск–Дивное было выполнено 2D моделирование гравитационного поля, полученного в результате комплексной аэрогеофизической съемки (рис. 2). Границы блоков модели задавались на основе результатов интерпретации данных сейсморазведки, подбор плотностных характеристик выполнялся в интерактивном режиме. Интерпретация полученной модели позволила выделить в разрезе земной коры слой КМ с плотностью более 3,0 г/см³. Граница скачка плотности в 0,3–0,38 г/см³ является одной из наиболее гравиактивных границ в разрезе. Эта граница (рис. 2 Б — показана желтым цветом) хорошо согласуется с региональной составляющей поля силы тяжести, полученной путем редуцирования (рис. 2 В).

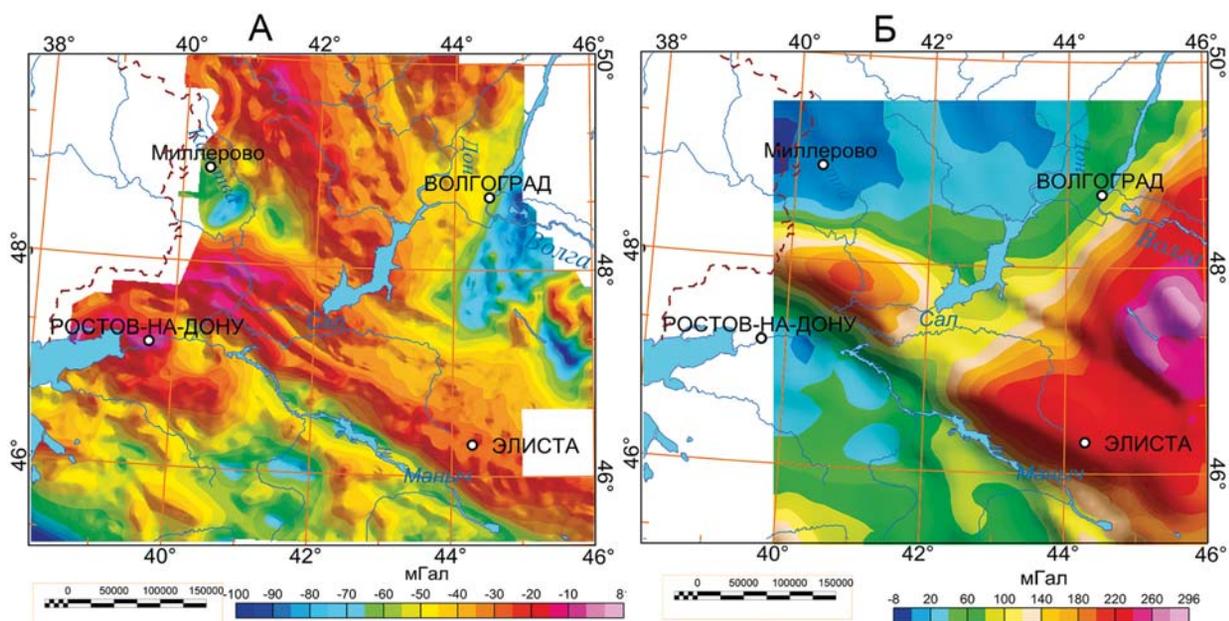


Рис. 3. Результаты редуцирования верхней части разреза: А — исходное поле силы тяжести; Б — региональная составляющая гравитационного поля

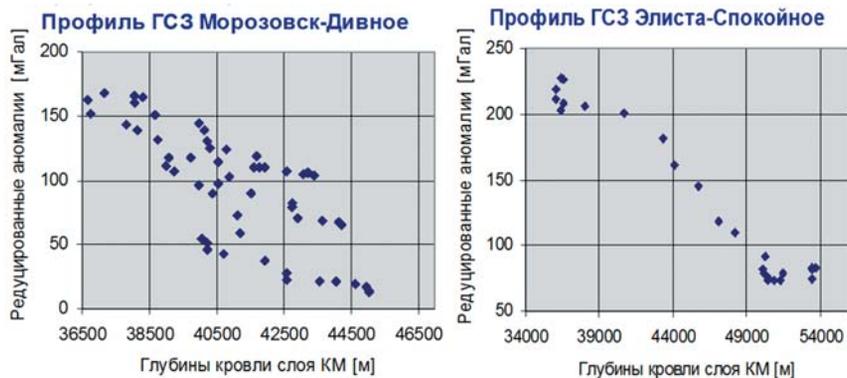


Рис. 4. Корреляционные диаграммы. Зависимость поля силы тяжести, редуцированного за влияние верхней части разреза, от глубин слоя КМ по данным ГСЗ

Таким образом, моделирование по профилям ГСЗ показало принципиальную возможность использования аэрогравиметрических данных для оценки морфологии глубокозалегающих границ (Мохо и КМ) путем геологического редуцирования (последовательного исключения) из исходного гравитационного поля влияния образований верхней части разреза.

Для аналогичного выделения региональной составляющей из площадных аэрогравиметрических данных, полученных на территории Южного федерального округа, выполнялось вычисление прямой задачи для субгоризонтально слоистой модели до кайнозоя (таблица). Избыточная плотность каждого слоя принималась постоянной. Морфология границы раздела между мезо-кайнозойскими и рифей-палеозойскими образованиями была задана по априорным данным (сейсморазведка). За кровлю архей-протерозойского комплекса была принята главная магнитоактивная поверхность, полученная с использованием технологии ROMGAS, которая основана на изучении глубин (альтитуд) особых точек функций, описывающих потенциальные поля [1]. В результате выполненного трехмерного моделирования было получено

поле силы тяжести, в котором влияние образований в верхней части земной коры (слой 0–25 км) сведено к минимуму (рис. 3). Это поле также характеризуется устойчивой линейной зависимостью с глубинами кровли слоя КМ, полученным по данным ГСЗ (рис. 4).

Построение поверхности, связанной со скачком плотности и приуроченной к границе Мохо и кровле КМ выполнялось с применением многомерного корреляционного анализа по методу КОМП [4]. Метод позволяет выделять из нескольких геофизических признаков такую информативную часть, которая связана с изучаемым геологическим параметром

зависимостью, максимально близкой клинейной. Данный подход позволяет (при соблюдении определенных условий) прогнозировать геологический параметр во всей области определения геофизических признаков, опираясь лишь на ограниченное число точек, в которых этот параметр известен — эталонных точек. Метод реализован в программе KORPRO (А.А. Трусов).

В качестве геофизических признаков в данной работе использовались матрицы исходного поля силы тяжести в редукации Буге, поля силы тяжести после редуцирования влияния верхней части разреза и их трансформанты (локальные составляющие, полученные линейной фильтрацией). В качестве эталонных точек использовались данные ГСЗ по профилям Морозовск–Дивное, Элиста–Спокойное и Сальск–Эльбрус. Дополнительно были использованы данные по опорному сейсмическому профилю 1-ЕВ [2]. Данные по другим профилям ГСЗ в пределах площади работ не использовались, поскольку они отработаны в 1960–1970-е годы и не обладают необходимой достоверностью.

В результате была получена цифровая модель альтитуд кровли КМ. Используя в качестве поверхности Мохо

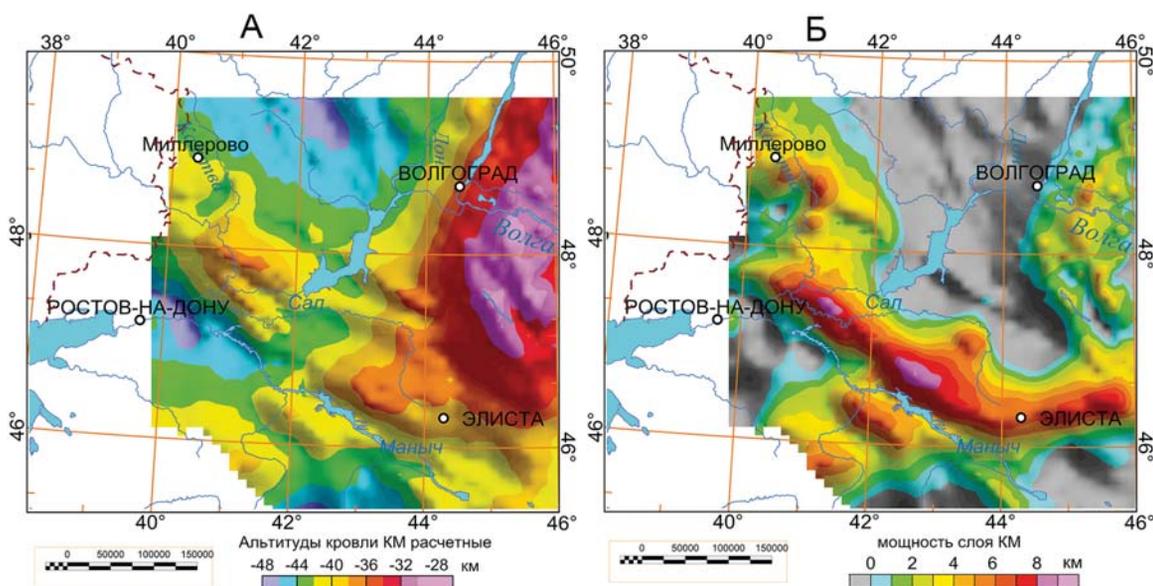


Рис. 5. А — Карта альтитуд поверхности скачка плотности (Мохо-КМ) и Б — карта изопакит слоя КМ на границе раздела коры-мантия

карту, построенную в Центре «ГЕОН» [5], была дополнительно построена карта изопахит слоя КМ (рис. 5).

Таким образом, по аэрогеофизическим данным с использованием априорной информации были построены карты кровли и мощности слоя КМ (коро-мантийная смесь) для южной части Восточно-Европейской платформы и показаны границы распространения этого слоя.

Показано, что:

распространение слоя КМ в основном приурочено к Днепровско-Донецкому рифту и очевидно связано с его развитием;

возможно распространение слоя КМ в пределах Прикаспийской впадины;

при наличии в нижней части земной коры слоя КМ кровля этого слоя представляет собой наиболее отчетливо выраженную гравиактивную границу, отраженную в региональном поле силы тяжести. При отсутствии этого слоя, наиболее выраженной гравиактивной границей, отраженной в региональной составляющей поля силы тяжести, является граница Мохо.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Трусов А.А. Изучение рельефа поверхности кристаллического фундамента по данным магниторазведки // Геофизика. — 2003. — № 4. — С. 37–40.
2. Минц М.В., Сулейманов А.К., Бабаянц П.С. и др. Глубинное строение, эволюция и полезные ископаемые раннедокембрийского фундамента Восточно-Европейской платформы: интерпретация материалов по опорному профилю 1-ЕВ, профилям 4В и Татсейс. / Под ред. А.Ф. Морозова, Н.В. Межеловского. Т. 2. — М.: Роснедра, РАН, ГЕОКАРТ, 2010. — 400 с.
3. Костюченко С.Л., Морозов А.Ф. и др. Глубинное строение и геодинамические аспекты эволюции Европейского юга России // Разведка и охрана недр. — 2004. — № 4. — С. 4–9.
4. Шрайбман В.И., Жданов М.С., Витвицкий О.В. Корреляционные методы преобразования и интерпретации геофизических аномалий. — М.: Недра, 1977. — 237 с.
5. Kostyuchenko S.L., Morozov A.F., Stephenson R.A., Solodilov L.N., Vedrentsev A.G., Popolitov K.E., Aleshina A.F., Vishnevskaya V.S., Yegorova T.P. The evolution of the southern margin of the East European Craton based on seismic and potential field data // Tectonophysics. — 2004. — V. 381. — P. 101–118.

© Агеев С.Н., Лёвин Ф.Д., 2015

Агеев Сергей Николаевич // ageevsn@aerogeo.ru
Лёвин Фёдор Дмитриевич // fedorl@aerogeo.ru

УДК 550.83:550.8.052

Скловский С.А., Панарин А.А. (ООО «Геолого-Геофизическая Компания»)

ДИСТАНЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА ТРУБОПРОВОДОВ ПО МАТЕРИАЛАМ ТЕПЛОЙ ИНФРАКРАСНОЙ АЭРОСЪЕМКИ

Тепловая инфракрасная аэросъемка (ТИКАС) позволяет решать целый ряд целевых задач картирования и контроля состояния техногенных и природных объектов. Прежде всего — это задача картирования продуктопроводов, в том числе тепловых сетей. Она наиболее актуальна для городских территорий, для которых ТИКАС позволяет составлять масштабные схемы тепловых сетей с результатами их дистанционной диагностики, оперативно выявлять аварийно-опасные и аварийные участки тепловых сетей. Все получаемые материалы интегрируются в це-

левые и муниципальные геоинформационные системы (ГИС). **Ключевые слова:** тепловой, инфракрасный, аэросъемка, сети, дистанционный, диагностика, картирование, геоинформационный.

Sklovskiy S.A., Panarin A.A. (Geology-Geophysical Company)

REMOTE DIAGNOSTICS OF PIPELINES BY THERMAL INFRARED AIRBORNE SURVEYS DATA

*Thermal infrared airborne survey allows you to solve some of targets for mapping and monitoring natural and technological objects. The first one is the mapping of pipelines, primarily thermal networks, the most relevant for urban areas, for which thermal infrared survey allows you to make large-scale schemes of thermal networks with their remote diagnostics to quickly identify dangerous and damaged sections of thermal networks. All received data are integrated into the target and municipal geoinformational systems. **Key words:** thermal, infrared, survey, networks, remote, diagnostic, mapping, monitoring, geoinformational*

Среди широкого круга задач, решаемых тепловой инфракрасной аэросъемкой (ТИКАС), наиболее востребованными являются задачи картирования и дистанционной диагностики состояния продуктопроводов — тепловых сетей, а также магистральных нефте- и газопроводов. Выполняемая с помощью специализированной авиационной тепловизионной системы высокого разрешения «ИКАР-002М» (рис. 1) ТИКАС позволяет в спектральном диапазоне 8–14 мкм с высоты 350 м получать координатно-привязанные тепловые инфракрасные (ИК) изображения в оптическом угле 120° с пространственным разрешением 0,2 м и с температурной чувствительностью 0,05° (при температуре фона 20 °С).



Рис. 1. Тепловизор ИКАР-002М на борту вертолета Robinson R-44