

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ АНОМАЛИЙ МАГНИТНОГО
И ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЕЙ НА ВОРОНЕЖСКОМ
КРИСТАЛЛИЧЕСКОМ МАССИВЕ****Ю. В. Антонов, С. И. Березнева***Воронежский государственный университет**Поступила в редакцию 20 сентября 2010 г.*

Аннотация. В статье проанализирована морфология аномалий силы тяжести и магнитного поля, а также вертикального градиента силы тяжести на территории Воронежского кристаллического массива. Показано, что расширение комплекса традиционных гравимагнитных наблюдений измерениями градиента силы тяжести позволяет повысить надежность геологической интерпретации.

Ключевые слова: сила тяжести, магнитное поле, вертикальный градиент силы тяжести, Воронежский массив.

Abstract. The article under consideration deals with morphology anomaly of the to gravity and magnetic field, as well vertical gradient of to gravity on the territory of the Voronezh crystalline massif. It is shown that expansion of the complex traditional gravimagnetic observations by measurements of the gradient of gravity allows to raise reliability to geological interpretation.

Key words: power to gravity, magnetic field, vertical gradient of power to gravity, Voronezhs massif

Воронежский кристаллический массив (ВКМ) в магнитном и гравитационном полях находит свое четкое отражение. Для ВКМ и сопредельных территорий характерна система линейных аномалий, имеющих различное направление [1–5].

Геологическая граница ВКМ с северо-востока и юго-запада определяется наличием соответственно Пачелмского (Рязано-Саратовского) авлакогена и Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ). Что же касается северо-западной и юго-восточной границ массива, то они установлены не совсем однозначно. За юго-восточную границу можно принять борт Прикаспийской впадины, можно также считать за границу Доно-Медведицкий авлакоген. Последнее утверждение, наверное, следует считать более верным, если мы принимаем ДДВ и Пачелмский авлакоген за границы Воронежского массива. На северо-западе ВКМ ограничивается Оршанской впадиной.

Сам Воронежский массив в гравитационном поле [6] отмечается более низкими значениями силы тяжести в окружении крупных положительных линейных аномалий северо-западного и северо-восточного простираний (рис. 1). Рассмотрим прежде всего аномалию силы тяжести, связанную с северо-западной границей.

К северо-западной границе Воронежского массива приурочена линейная положительная аномалия силы тяжести, которая имеет северо-восточное направление по линии Москва–Брянск–Чернигов. Кстати, эта аномалия находится между двумя известными максимумами силы тяжести на Русской платформе: Черниговским и Московским. За Московским авлакогеном, который выделяется узкой отрицательной аномалией силы тяжести широтного простирания, севернее эту положительную аномалию силы тяжести можно протрассировать до Костромы и далее [6]. В нижней части этой линии положительная аномалия как бы простирается вдоль юго-восточной части Волынского-Полесского авлакогена, а на севере – вдоль Среднерусского авлакогена. Дело в том, что на широкие положительные аномалии наложены узкие отрицательные аномалии того же простирания, которые связаны с авлакогенами. В частности, на рис. 1 показаны аномалии от Пачелмского авлакогена и ДДВ. Если интерпретировать это с точки зрения геологии, вероятно, можно предположить, что в земной коре на валобразные структуры наложены приповерхностные прогибы, выполненные осадочными породами. Как правило, прогибы (горсты) образуются в сводовых частях положительных структур. По этому поводу име-

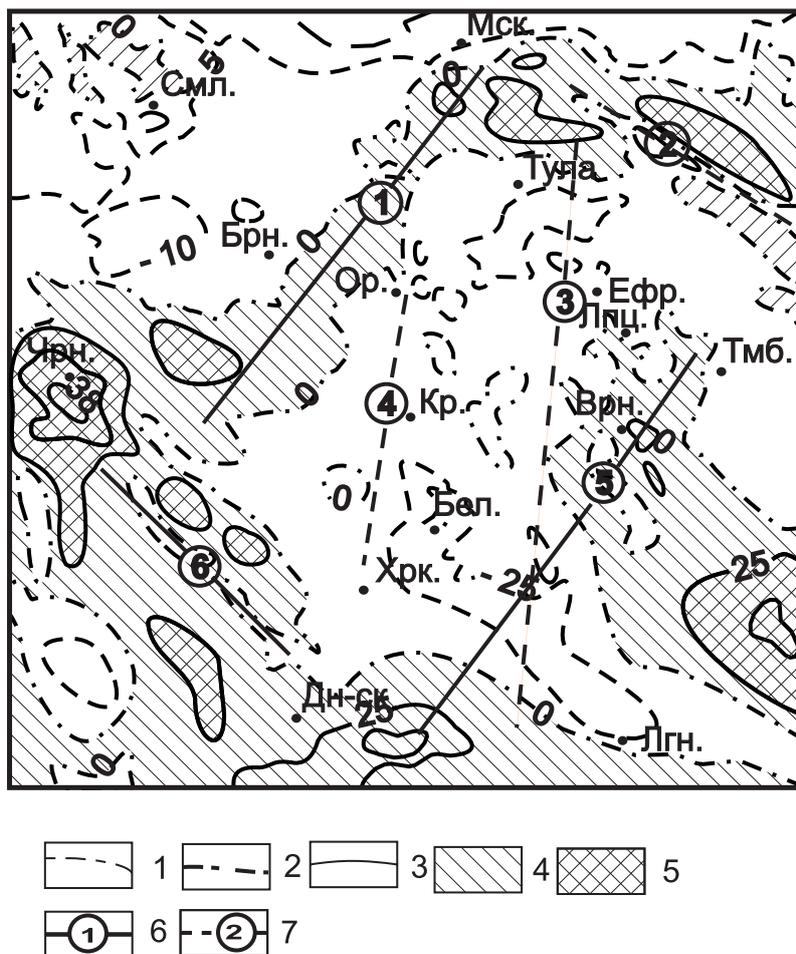


Рис. 1. Гравиметрическая карта Воронежского массива: 1 – изолинии отрицательных значений силы тяжести; 2 – нулевая изолиния; 3 – положительные изолинии; 4 – значения силы тяжести в интервале 0–10 мГал; 5 – значения силы тяжести более 10 мГал; 6 – оси положительных аномалий; 7 – оси отрицательных аномалий

ется масса исследований и публикаций, и, кстати, примером этому может служить гипотеза развития образования земной коры [7]. По крайней мере, если о существовании валообразных структур можно лишь предполагать, то о наличии авлакогенов можно говорить однозначно. Существование авлакогенов установлено по данным бурения и геофизики. Отрицательные избыточные плотности в прогибах установлены по прямым денситометрическим измерениям.

Положительной линейной аномалии между Москвой и Черниговом в геологической литературе уделено очень мало внимания. Длина аномалии составляет примерно 1000 км при ширине 100 км, амплитуда аномалии иногда достигает более 50 мГал. Источники аномалии находятся на глубине 30–50 км. Какой может быть геологическая интерпретация этой аномалии? Это, с одной стороны, может быть просто увеличение плотности в земной коре. Но с другой стороны, это некоторая

валообразная структура. Однозначного решения здесь быть не может. Для этого достаточно вспомнить рассмотренный В. Н. Страховым пример эквивалентности притяжений цилиндра и кривой Слюза [8]. Нам кажется, что вариант валообразной структуры более предпочтителен.

С юго-востока ВКМ ограничивается Доно-Медведицким авлакогеном северо-восточного простирания, который сочленяется с Пачелмским авлакогеном. Вообще для Русской платформы характерны крупные линейные положительные аномалии силы северо-восточного простирания. Они не всегда, может быть, четко обозначены из-за наложенных геологических процессов в отдельных регионах, нарушивших частично структуры северо-восточного направления. Но тем не менее указанные нарушенные части этих структур часто можно реставрировать по магнитному полю или вертикальному градиенту силы тяжести. Например, в центре ВКМ между Деснянской положи-

тельной аномалией и положительной аномалией, обрамляющей с северо-запада Доно-Медведицкий авлакоген, намечается также крупная положительная структура северо-восточного направления, которая выделяется по полю вертикального

градиента силы тяжести (рис. 2). Кстати, локальные аномалии силы тяжести к северу от Воронежа имеют северо-восточную ориентировку и далее за г. Пачелма, пересекая авлакоген с одноименным названием, продолжают на северо-восток [6].

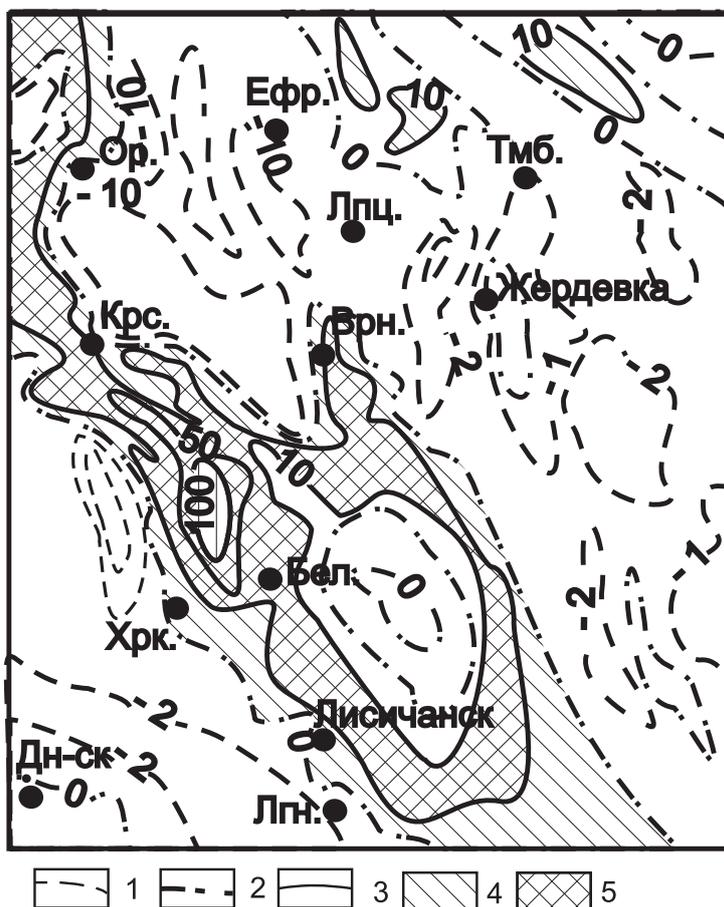


Рис. 2. Магнитная карта Центральной части ВКМ: 1 – изолинии отрицательных значений магнитного поля; 2 – нулевая изолиния; 3 – положительные изолинии; 4 – значения магнитного поля в интервале 0–10 тыс. нТл; 5 – значения магнитного поля более 10 тыс. нТл

Учитывая размеры аномалий силы тяжести северо-восточного простирания, глубину залегания аномальных масс (30–50 км), создающих эти аномалии, можно предположить, что формирование таких структур происходило на заре формирования земной коры на месте нынешней Русской платформы. Действительно, на раннем этапе развития Земли установился своеобразный тектонический режим, характеризующийся высоким тепловым потоком и общей подвижностью земной коры, когда магматические процессы протекали глобально без сколько-нибудь заметной дифференциации в пространстве. Этот режим начальной стадии развития земной коры

получил название пермобильного или эогеосинклинального. По-видимому, в эти циклы вещественная дифференциация и перенос тепловой энергии осуществлялись со всей поверхности мантии. Направленные и конвекционные течения отсутствовали. Астеносферный слой еще не сформировался. Однако стадийность в процессах глобального расхода, затем постепенного накопления энергии устанавливается со всей определенностью. Так, состав формаций и их последовательность размещения во времени позволяют наметить три тектонических этапа с формированием соответствующих структурно-формационных этажей.

1. Раннеархейский этап, характеризующийся накоплением преимущественно продуктов перетотложения кор выветривания с периодическим выносом огромных масс кремнезема и железа, которые были затем преобразованы в формации высокоглиноземистых гнейсов, кристаллических сланцев и магнетитовых кварцитов [9].

2. Среднеархейский этап, судя по амфиболитовому (метабазитовому) и мраморно-амфиболитовому составу формаций, отражающий глобальную вспышку эффузивного основного и в меньшей степени ультраосновного магматизма. Появление на поздней стадии осадочных карбонатных пород свидетельствует о резком уменьшении в составе атмосферы и гидросферы углекислоты и ее переходе в связанное состояние.

3. Позднеархейский этап, отмечающийся общим ослаблением вулканической и гидротермальной деятельности с накоплением преимущественно высокоглиноземистых продуктов кор выветривания, но при слабом выносе кремнезема и железа.

Ранее в [4] было высказано мнение о том, что структуры северо-восточного направления связаны с архейским временем. Несколько позже [5] на территории КМА была установлена связь между синклинальными структурами древнеархейских отложений и аномалиями вертикального градиента, имеющими и в том и другом случае северо-восточное направление. Таким образом, можно предположить, что формирование структур происходило в среднем архее. Не исключено, что положительные аномалии северо-западного простирания возникли в то же самое время. Причин образования ортогональной системы положительных аномалий может быть много. Например, они могли образоваться за счет вращения Земли и появления так называемой планетарной трещиноватости [10], которая может определять местоположение и ориентировку тектонических дислокаций.

Следующая активизация тектонических процессов, видимо, начинается в конце верхнего архея. К ней, скорее всего, приурочено образование структур меридионального направления, которые частично рассмотрены в [1; 2]. Например, по аномалиям силы тяжести четко прослеживается синклинальная структура по линии Тула–Ефремов–Ст. Оскол. Вторая синклинальная зона трассируется по линии Орел–Харьков. Характерно, что в геологическом отношении линии Орел–Харьков соответствует Михайловско-Жигаевская полоса

железистых кварцитов, которая пересекается с северо-восточной (условно Тим-Ястребовской) полосой железистых кварцитов под углом почти в 45° в районе г. Орла. Меридиональное простирание имеет также Рыльско-Крупецкая полоса железистых кварцитов. Кстати, все магнитные аномалии Криворожья (значит, пласты железистых кварцитов) имеют меридиональное простирание. На наличие меридиональных структур косвенно указывают также результаты неотектонических исследований [6].

Кроме того, нижние кромки пластов железистых кварцитов на Михайловском участке находятся на глубинах более 5 км [3], что дает основание предполагать об интенсивной тектонической деятельности при сжатии железистых кварцитов. Там же [3] сделан вывод о том, что под железистыми кварцитами находится мощная толща метабазитов, которые, не исключено, имеют верхнеархейский возраст.

Наиболее активным тектоническим периодом оказался протерозойский, характеризовавшийся очень сильной складчатостью, излиянием эффузивов. На территории ВКМ существовала некоторая замкнутая структура, которая хорошо проявляется в магнитном поле (см. рис. 2). Пространственно эта структура занимает территорию от Орла до Луганска. Видно, что эта структура пересекает ДДВ и возле г. Лисичанска имеет четкое замыкание по магнитным аномалиям.

Аналогичное замыкание наблюдается по значениям вертикального градиента силы тяжести, вычисленным по гравиметрической карте. Вы скажем несколько замечаний относительно карты вертикального градиента. Карта выполнена путем трансформации карты силы тяжести масштаба 1 : 200 000. Шаг дискретизации 2 км, что позволяет в значительной степени отфильтровать высокие частоты, чтобы подчеркнуть региональную составляющую. Кроме того, вертикальный градиент вычислен на глубине 1 км. Суть этого вычисления заключается в том, чтобы более четко оконтурить замыкание протерозойской складчатой структуры на территории ДДВ, где глубина до фундамента превышает 5–6 км. Поставленная задача оконтуривания исходя из полученных результатов (рис. 3) выполнена. Тем не менее необходимо напомнить, что полученный путем вычисления вертикальный градиент [11] является лишь трансформантой или некоторым численным аналогом градиента.

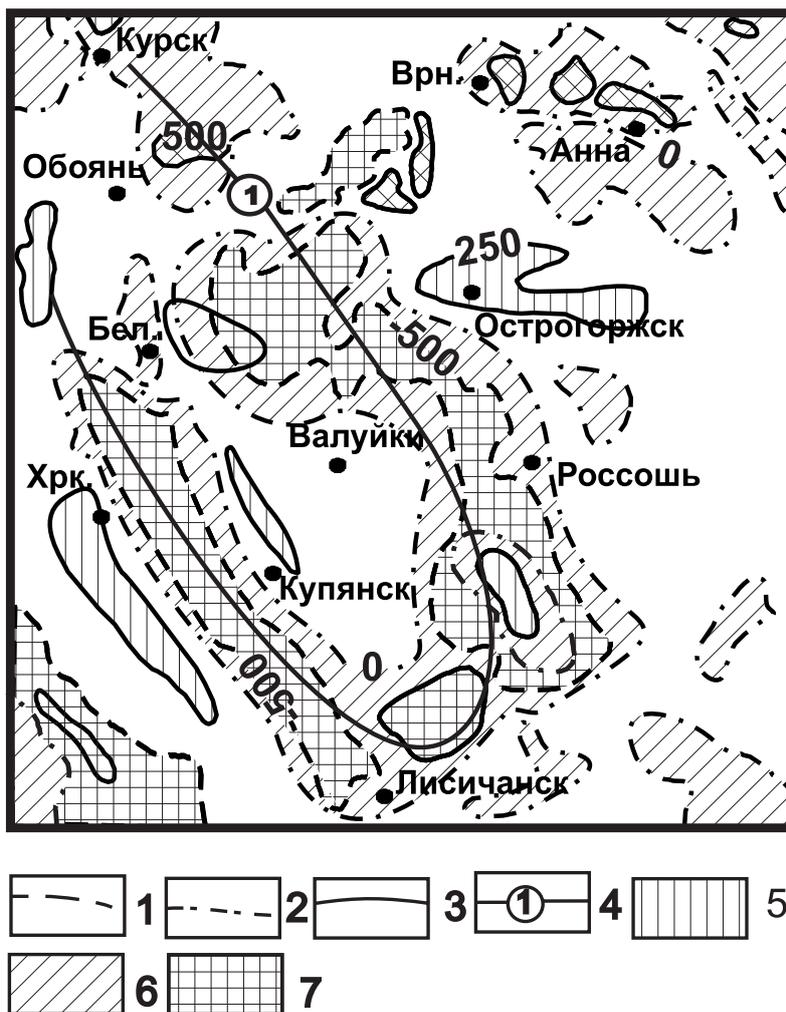


Рис. 3. Карта вертикального градиента силы тяжести: 1 – изолинии отрицательных значений вертикального градиента; 2 – нулевая изолиния; 3 – положительные изолинии; 4 – контур предполагаемой складчатой протерозойской области; 5 – значения градиента более 250 E; 6 – значения градиента от 0 до –500 E; 7 – значения градиента менее –500 E

В отличие от простираения протерозойских структур ДДВ имеет более западное простираение. Заложение ДДВ, скорее всего, произошло в верхнем протерозое. То же самое можно сказать и о Пачелмском авлакогене.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов Ю. В. Оценка возможностей градиентных измерений в комплексе гравимагнитных исследований и некоторые детали тектонического строения южной части Воронежского кристаллического массива / Ю. В. Антонов, С. И. Березнева // Геофизика. – 2008. – № 4.
2. Антонов Ю. В. О линейных аномалиях силы тяжести и ее вертикального градиента юго-восточной части Воронежского массива / Ю. В. Антонов, С. И. Березнева // Вестник ВГУ. Серия: Геология. – 2008. – Вып 1. – С. 134–137.

3. Антонов Ю. В. Применение экстраполяции аномалий силы тяжести в рудной геофизике / Ю. В. Антонов, С. И. Березнева // Разведочная геофизика. – 1978. – Вып. 83. – С. 91–97.
4. Антонов Ю. В. Карта вертикального градиента силы тяжести центральной части Воронежского массива / Ю. В. Антонов, К. Ю. Силкин, К. С. Черников // Геофизика. – 2006. – № 3. – С. 53–56.
5. Антонов Ю. В. Результаты геолого-геофизических исследований на Малоархангельском участке КМА / Ю. В. Антонов, П. В. Холин // Геофизика. – 2010. – № 3. – С. 46–52.
6. Гравиметрическая карта СССР. Редукция Буге ($\sigma = 2,67 \text{ г/см}^3$). Масштаб 1 : 2 500 000. – 2-е изд. – М., 1990.
7. Веселов К. Е. Концепция релятивистской геодинамики / К. Е. Веселов // Геофизика. – 1998. – № 2. – С. 52–57.

8. *Страхов В. Н.* К вопросу неоднозначности решения обратной задачи гравиметрии / В. Н. Страхов // Прикладная геофизика. – М. : Недра, 1972. – Вып. 69. – С. 115–139.

9. *Валеев Р. Н.* Авлакогены восточно-европейской платформы / Р. Н. Валеев. – М. : Недра, 1978. – 153 с.

10. *Шульц С. С.* Планетарная трещиноватость (основные положения) / С. С. Шульц // Планетарная трещиноватость. – Л., 1973. – С. 5–37.

11. *Антонов Ю. В.* Измеренные и вычисленные значения силы тяжести и ее производных / Ю. В. Антонов // Изв. вузов. Геология и разведка. – 2005. – № 4. – С. 53–57.

*Воронежский государственный университет
Ю. В. Антонов, профессор кафедры геофизики
yuriyantov@yandex.ru
Тел. 8 (473) 220-83-85*

*Voronezh State University
Y. V. Antonov, professor of Chair of Geophisic
yuriyantov@yandex.ru
Tel. 8 (473) 220-83-85*

*С. И. Березнева, научный сотрудник
kogteva@geol.vsu.ru
Тел. 8 (473) 220-83-85*

*S. I. Berezneva, Scientist
kogteva@geol.vsu.ru
Tel. 8 (473) 220-83-85*