

А. А. БОРИСОВ, Г. И. КРУГЛЯКОВА, Д. Б. ФИРСОВА

ТЕМПЕРАТУРА ВЕРХОВ МАНТИИ В СВЕТЕ АНАЛИЗА ГЕОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ

(Представлено академиком А. В. Пейве 9 VIII 1971)

Выполнены исследования структуры аномального магнитного поля $(\Delta T)_a$. К оценке предельных глубин распределения магнитоактивных источников мы шли несколькими путями.

Для выделения аномалий от наиболее глубоких источников исходное аномальное магнитное поле территории СССР ⁽¹⁾ пересчитано на разные уровни в верхнее полупространство, вплоть до 200 км ⁽²⁻⁶⁾. На уровнях пересчета от первых и до 50 км общая картина аномального поля примерно выдерживается, т. е. она отображает особенности тектонического строения коры. Она существенно меняется лишь на уровне 100 км, а далее, до 200 км, сохраняется почти неизменной. На высотах 100 км и больше выделяются положительные и отрицательные аномалии интенсивностью до $\pm 100 \div 200 \gamma$, характеризующиеся площадями до 1–2 млн км². Они соответствуют аномалиям минимума спектра полного поля ⁽⁷⁾ и др.). Аномалии, выделяющиеся на этих высотах и характеризующиеся указанными параметрами, мы называем зональными — $(\Delta T)_{зон}$ ⁽⁵⁾. Их анализ включал сопоставления с результатами исследования другими геофизическими методами и данными геотектоники и свидетельствует о том, что $\Delta T_{зон}$ соответствует не отдельным геологическим (тектоническим) объектам — телам и структурам, а фиксирует какие-то другие, более общие глубинные факторы, по-видимому прежде всего неравенство мощности магнитоактивной толщи. Глубины до ее подошвы были вычислены Г. И. Кругляковой методом подбора, и по полученным результатам она составила схему изоглубин указанной поверхности (рис. 1).

Для использования привлеченного ею метода расчета требовалось задаться, во-первых, исходным средним значением мощности магнитоактивной толщи при нулевых значениях $(\Delta T)_{зон}$ и, во-вторых, средними значениями интенсивности намагничивания слагающих ее пород. Среднее значение мощности магнитоактивной толщи было определено методом автокорреляционного анализа ⁽⁸⁾ и оказалось равным около 65 км.

Среднее значение намагничивания этой толщи было оценено тремя независимыми путями:

1) исходя из ее петрографического и минерального состава ⁽⁹⁾ и значений магнитной восприимчивости слагающих ее пород, принятых по данным ⁽¹⁰⁻¹³⁾;

2) исходя из среднего содержания магнитных минералов ⁽⁹⁾ и значений их магнитной восприимчивости ⁽¹⁴⁾;

3) исходя из результатов непосредственных измерений магнитной восприимчивости различных комплексов горных пород ^(10, 11).

Результаты всех этих определений оказались практически одинаковыми и дали среднее значение магнитной восприимчивости около $4000 \cdot 10^{-6}$ CGSM, которое и было принято при расчете мощности магнитоактивной толщи верхней оболочки Земли. Полученные в результате этих расчетов мощности варьируют (за исключением отдельных случайных отклонений) в пределах от 50 до 100 км. Значения мощностей магнитоактивной толщи, т. е. глубины до ее подошвы, рассматриваются нами по ряду косвенных

признаков как глубины до поверхности Кюри (H_c); во всяком случае, они не могут ее превышать.

Элементарный подсчет показывает, что региональное отклонение истинных средних значений намагниченности по сравнению с принятыми даже до $1000 \cdot 10^{-6}$ CGSM приведет к изменениям экстремальных глубин до подошвы этой толщи примерно лишь на 10 км.

С целью проверки полученных результатов наряду с интерпретацией $(\Delta T)_{\text{зон}}$ методом подбора были опробованы и иные приемы определения

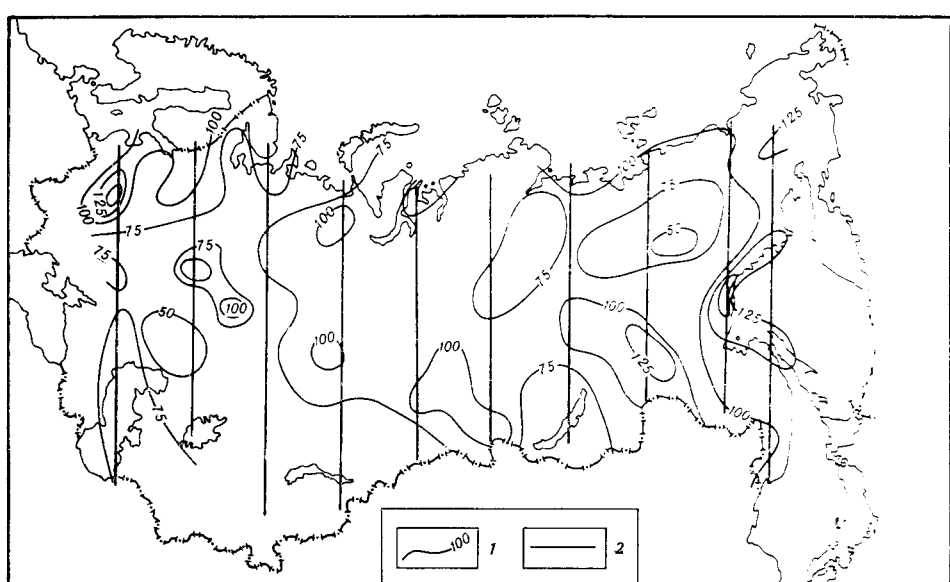


Рис. 1. Схема изоглубин до подошвы магнитоактивной толщи (до поверхности Кюри) по Г. И. Кругляковой. 1 — изолинии $H_{т.с}$, 2 — расчетные профили со значениями $H_{т.с}$.

максимальных глубин распределения в недрах магнитоактивных масс. При этом, как и многими нашими предшественниками⁽¹⁵⁾, было получено, что магнитоактивные массы в каждом данном регионе тяготеют к нескольким примерно выдерживающимся уровням. Так, для юго-востока Русской платформы и для Скифско-Туранской плиты, по нашим данным⁽¹⁶⁾, можно указать три глубоких уровня преимущественной концентрации нижних кромок магнитоактивных масс — около 20, 40 и 40–60 км (Северо-Каспийский максимум 40–60 км, Южно-Эмбенский максимум до 60 км. Красноводско-Махачкалинская полоса аномалий до 80–90 км, т. е. заведомо ниже поверхности Мохоровичича примерно до 20–40 км⁽¹⁶⁾).

Близкие результаты по распределению источников магнитных аномалий (моды на глубинах порядка 20; 40; 55 и 85 км) были получены нами также методом автокорреляционного анализа, выполненного Д. Б. Фирсовой и введенного по ряду весьма протяженных профилей, пересекающих почти всю территорию СССР от побережья Северного Ледовитого океана до подножья горно-складчатых сооружений юга и юго-востока нашей страны (см. рис. 1), а также вдоль 44° в. д. и по трассе Ленинград — Астрахань. При этом вычислялись как автокорреляционная функция, так и энергетический спектр. Проверка на моделях показала, что характеристика магнитоактивных толщ, получаемая этим методом, отвечает заданному распределению тел. Это послужило убедительным подтверждением правомерности применения указанной методики к анализу экспериментального материала, в частности для выявления наиболее глубоких источников аномалий.

Выборка значений $(\Delta T)_a$ для этих расчетов производилась с шагом от 5 до 25 км с карт наблюдаемых магнитных аномалий и с шагом 25 км

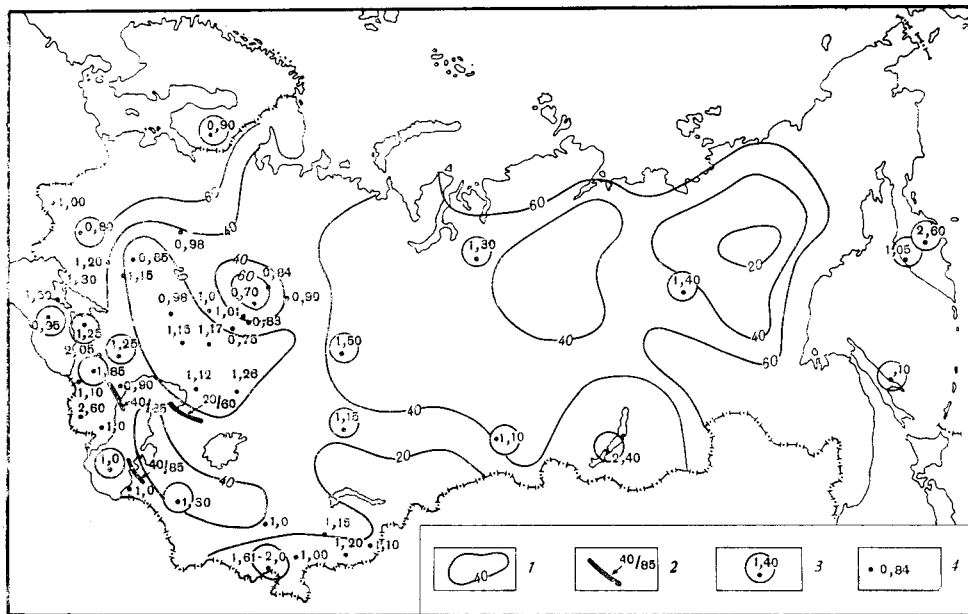


Рис. 2. Схема изомощности магнитоактивной толщи верхней мантии ($\Delta h_{\text{м.т.в.м.}}$). 1 — изолинии $\Delta h_{\text{м.т.в.м.}}$; 2 — оси некоторых региональных (ΔT)_a (под чертой — глубина до нижней кромки источника, над чертой — разность между ними и глубинами до поверхности Мохоровичича); 3 — значения теплового потока по единичным определениям или его средние значения для небольших площадей; 4 — средние значения теплового потока для крупных регионов (по ⁽¹⁹⁾)

с карт магнитных аномалий, пересчитанных на высоты 20 и 50 км. На всех кривых энергетического спектра выделяется ряд максимумов. Их больше всего на кривых, соответствующих выборке с шагом 5 км. При этом число максимумов закономерно уменьшается за счет затухания относительно высокочастотной составляющей поля, соответствующей аномалиям, связанным с неглубоко залегающими источниками. В противоположность этому низкочастотная составляющая мало зависит от шага выборки и высоты пересчета.

В результате анализа выяснено, что:

- 1) магнитоактивные источники располагаются во всех горизонтах земной коры и верхах мантии;
- 2) они распределены по разрезу неравномерно, их значительно большая часть сосредоточена в гранитном слое и несравненно меньшая — в базальтовом и верхней мантии;
- 3) они более или менее повсеместно группируются примерно на одних и тех же гипсометрических и структурных уровнях, в том числе на глубинах около 30; 50 км, а наиболее низкие уровни варьируют от 60 до 100 км.

Таким образом, на основании независимых расчетов, выполненных тремя вышеуказанными разными способами, оказалось, что мощность магнитоактивной толщи, т. е. предположительные глубины до поверхности Кюри, варьируют на территории СССР в широких пределах, в основном от 50 до 100 км. Отсюда следует, что поверхность Кюри (H_c) практически повсеместно в областях континентальных равнин располагается ниже поверхности Мохо (H_m), т. е. наблюдается ситуация, аналогичная областям с корой океанического и морского (переходного) типов.

Значения мощности магнитной толщи верхней мантии ($\Delta h_{\text{м.т.в.м.}}$) получены как разность между H_c и H_m (^(16, 17)). Они определялись в равномерно расположенных точках, соответствующих углам координатной сетки

листов миллионной разграфки. Мощность этой толщи варьирует в пределах от 0 до более 60 км (рис. 2). При этом ее максимальные значения тяготеют к западным (Украинский массив, Балтийский щит), северным (прибрежье Ледовитого океана), восточным (прибрежье Тихого океана, Алданский массив) областям, а минимальные — к широтной зоне, прослеживающейся с перерывами от Украинского и Воронежского массивов через Северный Прикаспий в пределы Центрально-Казахстанского массива, а также в областях Памира и Тянь-Шаня. Распределение глубин до поверхности Кюри и соответственно значения мощностей магнитоактивной толщи верхней мантии хорошо согласуются с выборочно определенными максимальными глубинами до нижних кромок источников магнитных аномалий, например в Махачкала-Красноводской полосе максимумов (ΔT)_a и зоне Южно-Эмбенского максимума (ΔT)_a (см. рис. 2).

Наблюдается также определенная согласованность между значениями теплового потока (^{18, 19}) и мощностью магнитоактивной толщи. В частности, хорошо согласуются низкие значения теплового потока Украинского массива, Балтийского щита и Волго-Уральской антеклизы с очень большой здесь мощностью магнитоактивной толщи верхней мантии, превышающей 60 км. Подобные соотношения наблюдаются и на территории Терско-Каспийской и Прибалханской депрессий, т. е. вдоль пояса разломов, разграничивающих эпигерцинскую плиту и альпийскую геосинклинальную область юга СССР. Однако для территории Западно-Сибирской и Скифско-Туранской плит довольно большие мощности $\Delta h_{м.т.в.м}$ (≥ 40 км) соответствуют высоким значениям теплового потока. Таким образом, верхние слои мантии в областях континентальных равнин практически повсеместно магнитны, а средние (преобладающие) здесь мощности этой толщи (20–40 км), по-видимому, примерно те же, что и на морских и сопредельных океанических площадях.

Из соотношения глубин до поверхностей Кюри и Мохоровичича и значений температур на поверхности фундамента (¹⁹) нами были оценены значения T на поверхности Мохо: они составляют порядка 200–300° на щитах, 300–500° на плитах и 400–600° и более в горно-складчатых областях (кроме межгорных и краевых впадин, где они много ниже). Нельзя не отметить, что наряду с некоторым соответствием поведения мощностей магнитоактивной толщи верхней мантии тектоническим элементам наблюдается и более общая «сквозьструктурная» зональность. Она заключается в чередовании субширотных зон повышенных и пониженных значений $\Delta h_{м.т.в.м}$.

Поступило
15 VI 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Т. Н. Симоненко, В сборн. Складчатые области Евразии, «Наука», 1964.
- ² Г. И. Круглякова, Геомagnetизм и аэрономия, № 5, 3 (1965). ³ Г. И. Круглякова, Трансформации потенциальных полей для решения региональных геологических задач, Всесоюз. н.-и. инст. геофиз. методов разведки, ротапринт, 1967.
- ⁴ Г. И. Круглякова, Морская геология и геофизика, № 1 (1970). ⁵ А. А. Борисов, Г. И. Круглякова, Сов. геол., № 1 (1967). ⁶ Н. А. Беляевский, А. А. Борисов, Г. И. Круглякова, В сборн. Проблемы строения земной коры и верхней мантии, «Наука», 1970. ⁷ Е. Н. Розе, Автореф. кандидатской диссертации, МГУ, 1970. ⁸ В. Н. Луговенко, Автореф. кандидатской диссертации, МГУ, 1967. ⁹ А. Б. Ронов, А. А. Ярошевский, Геохимия, № 11 (1967). ¹⁰ Н. Б. Дортман, Физические свойства горных пород и полезные ископаемые СССР, 1964.
- ¹¹ Н. Б. Дортман, В сборн. Методика, техника и результаты геофизической разведки, 1967. ¹² Б. М. Яновский, Земной магнетизм, «Наука», 1966. ¹³ А. А. Логачев, Курс магниторазведки, 1962. ¹⁴ Г. И. Круглякова, Минералогич. сборн., № 8, Львов, 1954. ¹⁵ Н. Н. Михайлов, Сов. геол., № 4 (1960). ¹⁶ А. А. Борисов, Глубинная структура территории СССР по геофизическим данным, 1967.
- ¹⁷ Н. А. Беляевский, А. А. Борисов, И. С. Вольвовский, Сов. геол., № 11 (1967). ¹⁸ Ф. А. Макаренко и др., XXIII сессия Международн. геол. конгр., докл. советских геологов, «Наука», 1968. ¹⁹ Тепловой режим недр СССР, Ф. А. Макаренко, Б. Г. Поляк, ред., Тр. Геол. инст., в. 218, «Наука», 1970.