

3D магнитная модель Корсунь-Новомиргородского плутона и Новоукраинского массива и ее геологическая интерпретация

© И. К. Пашкевич, М. И. Бакаржиева, 2013

Институт геофизики НАН Украины, Киев, Украина
Поступила 12 апреля 2013 г.

Представлено членом редколлегии О. Б. Гинтовым

Побудовано тривимірну модель верхньої та середньої кори Корсунь-Новомиргородського плутону і Новоукраїнського масиву з використанням карт аномального магнітного поля масштабу 1:200 000, даних гравітаційного моделювання і ГСЗ. Характерна риса Корсунь-Новомиргородського плутону поряд з прямо намагніченими утвореннями габро-анортозитового комплексу — широкий розвиток порід цього комплексу з оберненою намагніченістю, що свідчить про багатофазне їх утворення. Виявлено асиметрію у розподілі магнітних утворень плутону та глибинної будови кори відносно трансрегіональної зони розсуву Херсон—Смоленськ. За даними детальних магнітних карт магнітну модель плутону доповнено напівкільцевими структурами, які підкреслюють індивідуальність розвитку кожного з масивів в його складі і які розглянуто як прототектонічні розломи, пов'язані з багатофазним формуванням плутону.

Новоукраїнський масив характеризується розвитком порід різної інтенсивності, намагнічених за напрямком сучасного магнітного поля. Формування масиву тісно пов'язане з великими глибинними зонами розломів і трансрегіональною зоною розсуву Херсон—Смоленськ, які утворюють вузол перетинання в основі кори.

Проаналізовано структурне положення великих дайкових поясів долеритів регіону. Показано, що вони формувались у період між становленням Новоукраїнського масиву і Корсунь-Новомиргородського плутону.

Three-dimensional model of the upper and middle crust of the Korsun-Novomirgorod pluton and the Novoukrainka massif has been constructed applying the maps of anomalous magnetic field of a scale 1: 200 000, the data of gravity modeling and DSS. A specific feature of the Korsun-Novomirgorod pluton together with directly magnetized formations of gabbro-anorthosite complex is widely distributed rocks of this complex with inverse magnetization that is an evidence of their multiphase origin. It has been also revealed an asymmetry in distribution of magnetic formations of the pluton and of the deep structure of the Earth's crust as to trans-regional separation zone of Kherson—Smolensk. According to the data of magnetic maps, magnetic model of the pluton has been supplemented by the distinguished semicircular structures that underline the individual character of development of each of the massifs in its limits and are considered as prototectonic faults related to multiphase formation of the pluton.

The Novoukrainka massif is characterized by the development of rocks with different intensity, magnetized in direction of contemporary magnetic field. Formation of the massif is strongly related to large deep fault zones and trans-regional separation zone Kherson-Smolensk, which form an intersection knot at the base of the crust.

Structural position of large dyke dolerite belts of the region has been analyzed showing that their formation occurred in the period between establishment of the Novoukrainka massif and the Korsun-Novomirgorod pluton.

Введение. Корсунь–Новомиргородский плутон (КНП) и Новоукраинский массив (НУМ) центральной части Ингульского мегаблока Украинского щита (УЩ) представляют интерес для решения ключевых вопросов истории развития УЩ, а также рудоносности и алмазно-

носности района. Несмотря на многолетнюю историю геолого-геофизического изучения региона, характер соотношения приповерхностных и глубинных структур остается дискуссионным. Общая характеристика глубинного строения земной коры, основанная на данных

ГСЗ и результатах 3D гравитационного моделирования, может быть существенно дополнена 3D магнитной моделью.

Задачами настоящего исследования являлось: построение 3D магнитной модели земной коры региона; оценка магнитной неоднородности верхней и средней коры; классификация магнитных источников по направлению вектора суммарной намагниченности; оценка роли шва Херсон—Смоленск в распределении магнитных образований коры; геологическая интерпретация магнитной модели; картирование кольцевых структур КНП.

Геологическая позиция района работ. Район исследования относится к центральной части Украинского щита (УЩ) — Ингульскому мегаблоку. Корсунь-Новомиргородский плутон (КНП) габбро-анортозитов и рапакивиподобных гранитов и Новоукраинский массив (НУМ) трахитоидных гранитов и монцонитов занимают осевую часть Ингульского мегаблока. Они образуют меридиональную цепь вдоль трансрегиональной зоны раздвига Херсон—Смоленск.

С запада и востока плутон и массив ограничивают широкие Звенигородско-Братская и Кировоградская зоны разломов.

КНП и НУМ интродуцируют архейские и палеопротерозойские метаморфизованные вулканогенно-осадочные породы бутской и ингуло-ингулецкой серий и раннепротерозойские автохтонные гранитоиды кировоградского и вознесенского комплексов [Щербак и др., 2008].

Корсунь-Новомиргородский плутон является сложным многофазным сооружением и представлен широким набором пород основного и кислого состава анортозит-рапакивигранитной формации.

Гранитоиды в пределах плутона образуют два крупных массива, разделенных широтной Смелянской зоной разломов, — Корсунь-Шевченковский, расположенный в северной части плутона, и Шполянский — в южной. Гранитоиды обоих массивов образуют пластиноподобные тела небольшой мощности, а также, возможно, слагают отдельные интрузивные тела с глубокими корнями [Болюбах, 1972; Ильченко, 2003; Митрохин, 2011 и др.], расположенные вблизи контактов с габбро-анортозитовыми массивами.

Породы основного состава представлены анортозитами, габбро-норитами, габбро, норитами, оливиновыми норитами, габбро-монцонитами. Они образуют в составе плутона

массивы площадью до 700 км² (Новомиргородский, Смелянский, Городищенский, Межиричанский) и более мелкие тела. При этом более половины выходов основных пород приходится на анортозиты и около четверти — на габбро-нориты.

Анортозиты в составе плутона образуют достаточно крупные тела, выдержанные по мощности и простираению, но различающиеся по составу. Среди анортозитов плутона выделяются как светло-серые андезиты, так и темно-серые анортозиты, чаще всего представленные габбро-норит-анортозитами. Городищенский и Новомиргородский массивы имеют «двухэтажное строение». Верхние части состоят из пластин анортозитов, а нижний этаж сложен расслоенной серией пород от анортозитов до полевошпатовых пироксенитов и перидотитов, мощность слоев которых изменяется от первых метров до десятков метров [Кононов, 1966].

Среди массивов выделяются [Кононов, 1985] автономные тела габбро-норитов с секущими контактами по отношению к вмещающим их анортозитам.

Новоукраинский массив большинство исследователей определяют как полифазный плутон интрузивно-купольного генезиса с горизонтальной расслоенностью, установленной по геофизическим данным. Собственно новоукраинский комплекс трахитоидных гранитов представлен Новоукраинским и Чигиринским массивами, причем в последнем гранитоиды новоукраинского комплекса составляют только часть массива наряду с кировоградскими. Массив ограничен с севера Субботско-Мошоринской зоной разломов, Бобринецкой — с юга, Звенигородско-Братской и Новоукраинской с запада и юго-запада и Кировоградской на востоке. На юго-востоке и юго-западе НУМ граничит с гранитоидами кировоградского комплекса, переход к которым определяется ограничивающими его зонами разломов.

Аномальное магнитное поле (ΔT)_а. Аномальное магнитное поле (ΔT)_а Корсунь-Новомиргородского плутона и Новоукраинского массива (рис. 1, а) было получено в цифровом виде по материалам магнитных съемок различных масштабов [Кузьмин и др., 1982]. Почти на всей исследуемой территории магнитное поле имеет мозаичный характер и отрицательный знак и содержит, по крайней мере, две составляющие, которые связываются с распределением магнитных источников в различных этажах земной коры. Как показало

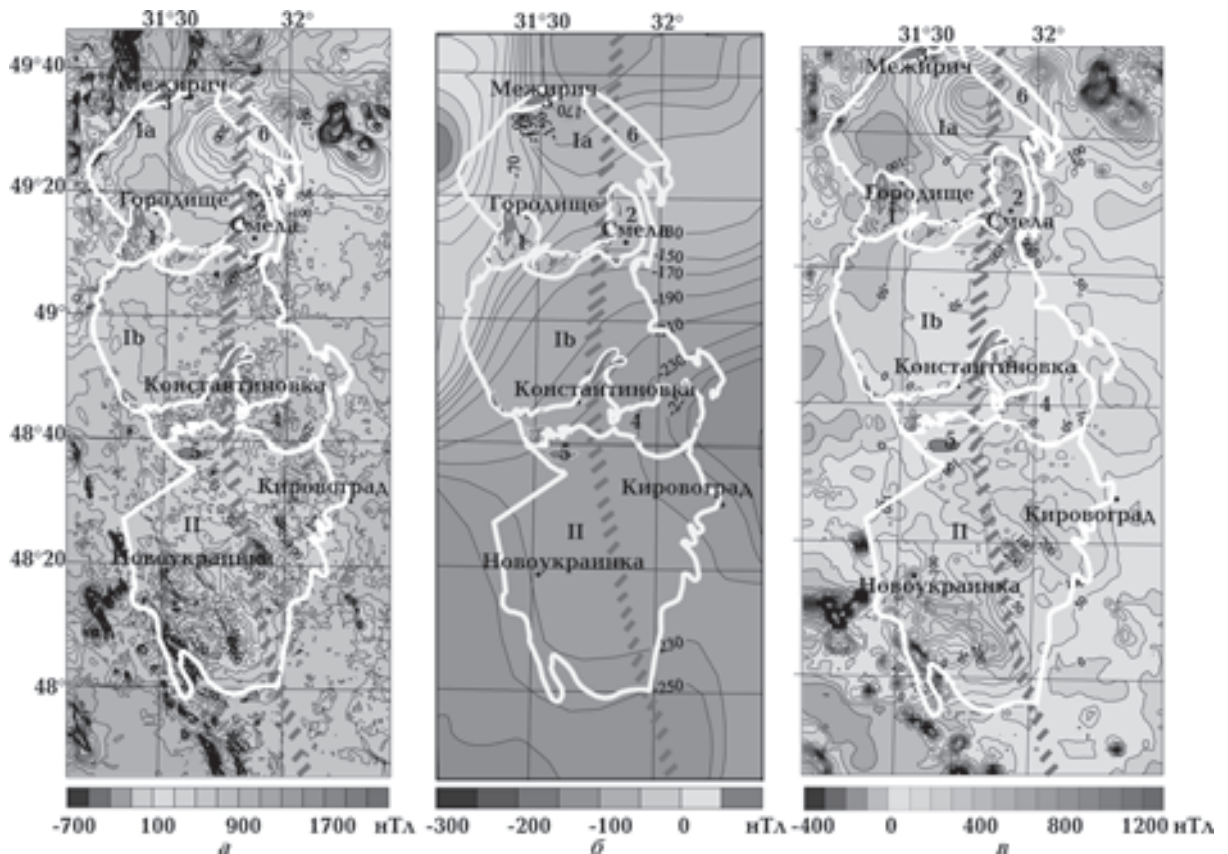


Рис. 1. Центральная часть Украинского щита: *а* — карта аномального магнитного поля (ΔT_a); *б* — карта регионального магнитного поля ($\Delta T_{\text{рег}}$) [Крутиховская и др., 1982]; *в* — карта локальных магнитных аномалий ($\Delta T_{\text{а,лок}} = (\Delta T_a) - (\Delta T_{\text{а,рег}})$). I — Корсунь-Новомиргородский плутон: Ia — Корсунь-Шевченковский массив, Ib — Шполянский массив; II — Новоукраинский массив; массивы габбро-анортозитов: 1 — Городищенский, 2 — Смелянский, 3 — Межириченский, 4 — Новомиргородский, 5 — Маловисковский, 6 — Русскополянский.

двух- и трехмерное магнитное моделирование, выполненное ранее [Крутиховская и др., 1982; Петромагнитная..., 1993; Клочков та ін., 2001], длинноволновая составляющая поля Ингульского мегаблока, полученная путем пересчета наблюдаемого поля на высоту 10 км, представлена региональным минимумом (рис. 1, б), являющимся суммой минимумов, сопряженных с положительными региональными магнитными аномалиями УЩ (Киевской, Гайсинской, Атаньевской на западе и Ингулецкой на востоке). Он характеризует практически немагнитную нижнюю земную кору. Поэтому исключением регионального минимума из исходного поля было получено остаточное поле, отражающее влияние пород средней и верхней коры (рис. 1, в), которое условно можно назвать локальной компонентой: $(\Delta T)_{\text{а,лок}} = (\Delta T_a) - (\Delta T_{\text{а,рег}}$. Анализируя интенсивность региональной компоненты в пределах КНП, можно отметить слабую дифференциацию поля с уменьшением интенсивности с запада на восток по субмеридиональному шву Херсон—Смоленск.

Полученное поле локальных аномалий имеет существенные различия в пределах КНП и НУМ. Прежде всего, поле КНП асимметрично относительно шва Херсон—Смоленск: на западе преобладают «самостоятельные» отрицательные аномалии, не сопряженные с положительными, интенсивностью от 0 до -120 нТл, на востоке поле преимущественно положительное, а его интенсивность изменяется от 0 до 350 нТл. Исключение составляют отрицательная аномалия над Смелянским габбро-анортозитовым массивом и слабая отрицательная аномалия над Новомиргородским массивом. В Корсунь-Шевченковском массиве отмечается существенно большая по сравнению со Шполянским массивом интенсивность и отрицательных, и положительных аномалий. Характерно, что отрицательная аномалия интенсивностью -120 нТл, аналогичная аномалии над обнаженным на поверхности фундаментом габбро-анортозитовым Городищенским массивом, отмечается к северу от последнего над полем развития гранитов рапакиви. Уникальная

для этого массива положительная аномалия на северо-востоке плутона интенсивностью более 350 нТл охватывает Русскополянскй массив редкометальных (субщелочных) гранитов и продолжается на юго-запад от него над гранитами рапакиви и на северо-восток — за пределы плутона. Над Шполянским массивом интенсивность и отрицательного, и положительного поля не превышает 70 нТл.

Аномальное магнитное поле Новоукраинского массива положительное, четко оконтуривает массив в виде своеобразного фона интенсивностью 50 нТл, на котором фиксируются две крупные аномалии общего северо-западного простирания. Их интенсивность составляет более 300 нТл. Анализ более детальных карт аномального магнитного поля массива показал, что оно состоит из серии слабоинтенсивных, но часто протяженных линейных аномалий преимущественно северо-западного простирания, секущих массив и трассирующихся на юго-восток в виде крупных протяженных роев даек [Bogdanova et al., 2013, Щербakov, 2005 и др.]

Вещественный состав и магнитные параметры источников аномалий. КНП сложен на 75—80 % гранитами рапакиви и рапакививидными гранитами, на 10—15 % — основными породами, на 3—5 % — монцонитами и другими образованиями.

Изучение магнитных параметров пород КНП [Болюбах, 1972; Михайлова и др., 1994; Крутиховская, Пашкевич, 1976; Крутиховская и др., 1982 и др.] показало, что граниты рапакиви слабомагнитны или практически немагнитны (0,0—0,3 А/м), основные породы характеризуются значительным изменением магнитной восприимчивости и намагниченности (0,0—0,6 А/м). По палеомагнитным данным [Михайлова и др. 1994; Elming et al., 2001 и др.], слагающие массивы основные породы могут иметь прямую (вектор намагниченности совпадает с направлением вектора современного поля) и обратную остаточную намагниченность. К такому же выводу пришел В. Г. Бахмутов с соавторами (устное сообщение). При этом оценка полярности представляет существенные трудности и результаты разных исследователей нередко различаются. Соотношение остаточной намагниченности и индуктивной также варьирует в широких пределах (от 1,08 до 10,0 в анортозитах Новомиргородского массива и от 0,49 до 2,70 в анортозитах Городищенского массива), что определяет, таким образом, направление суммарного вектора, необходи-

мое для истолкования магнитных аномалий и построения трехмерных магнитных моделей. При величине этого отношения $<1,0$ в породе преобладает индуктивная намагниченность, ориентированная по направлению современного поля, при отношении >1 направление суммарного вектора в большей мере определяется направлением вектора остаточной намагниченности.

Основная часть НУМ сложена трахитоидными гранитами и монцогранитами новоукраинского комплекса (гранатсодержащие гранитоиды и другие, распространены незначительно), телами основных пород субщелочного ряда (нориты, лейконориты, габбро-нориты), окруженными гибридными разновидностями (габбро-монцониты, монцониты, кварцевые монцониты и биотит-пироксеновые граниты). Изучение намагниченности главных разновидностей пород [Клочков и др., 2001] показало, что новоукраинские трахитоидные граниты характеризуются слабой намагниченностью в интервалах 0,0—0,15 А/м, монцониты — 0,1—0,2 А/м, нориты и габбро-нориты — средним значением намагниченности 0,62 А/м.

В отличие от основных пород КНП, вектор намагниченности габброидов и монцонитов направлен по вектору современного магнитного поля, в связи с чем обусловленные ими аномалии имеют положительный знак.

Трехмерная магнитная модель земной коры и ее геологическое истолкование. Как указывалось выше, аномальное магнитное поле, полученное путем исключения региональной компоненты, можно объяснить влиянием источников верхней («гранитного» слоя) и средней («диоритового» слоя) коры. Построение трехмерной магнитной модели базировалось на следующих основных положениях.

– Состав пород, обнажающихся на поверхности докембрийского фундамента КНП и НУМ, не всегда соответствует аномальному магнитному полю, полученному путем исключения региональной компоненты. В таком случае рассматривались источники, залегающие под немагнитными породами фундамента на небольших (100—200 м) глубинах.

– Направление вектора суммарной намагниченности для источников, создающих положительные аномалии, принято совпадающим с направлением вектора современного магнитного поля и обратным — для источников отрицательных аномалий.

– Крупные по размерам аномалии, как, например, над НУМ, рассматривались как влия-

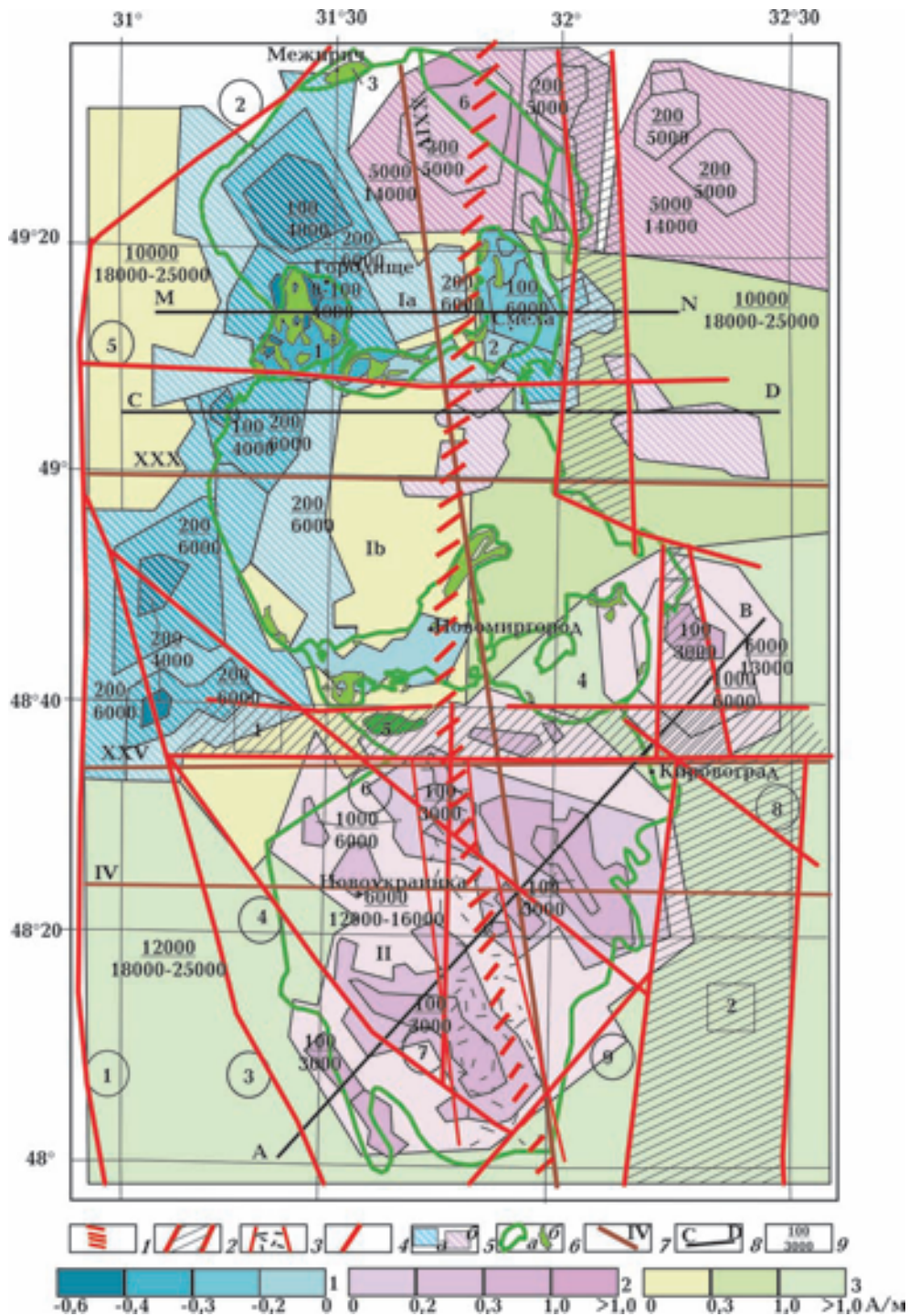


Рис. 2. Трехмерная магнитная модель земной коры КНП и НУМ: 1 — трансрегиональная зона раздвига Херсон—Смоленск; 2 — зоны разломов, цифры в квадратах (1 — Субботско-Мошоринская, 2 — Кировоградская); 3 — зона раздвига Херсон—Смоленск на глубине 20 км; 4 — осевые линии других зон разломов, цифры в кружках (1 — Первомайской, 2 — Тальновской, 3 — Звенигородско-Братской, 4 — Новоукраинской, 5 — Смелянской, 6 — Нерубаево-Лозоватской, 7 — Новокозантиновской, 8 — Лелековской, 9 — Марьевской); 5 — погребенные источники магнитных аномалий (а — с обратной, б — с прямой намагниченностью); 6 — контур Корсунь-Новомиргородского плутона и Новоукраинского массива (а), габброиды и габбро-анортозиты коростенского комплекса (б); 7 — сейсмический профиль и его номер; 8 — расположение профилей разрез АВ, CD, MN (см. рис. 3, 4); 9 — глубина залегания верхних (над чертой) и нижних (под чертой) кромок источников магнитных аномалий, м. Структуры: шкалы интенсивности в А/м: 1 — обратной намагниченности, 2 — прямой намагниченности, 3 — прямой намагниченности средней коры. Остальные условные обозначения см. на рис. 1.

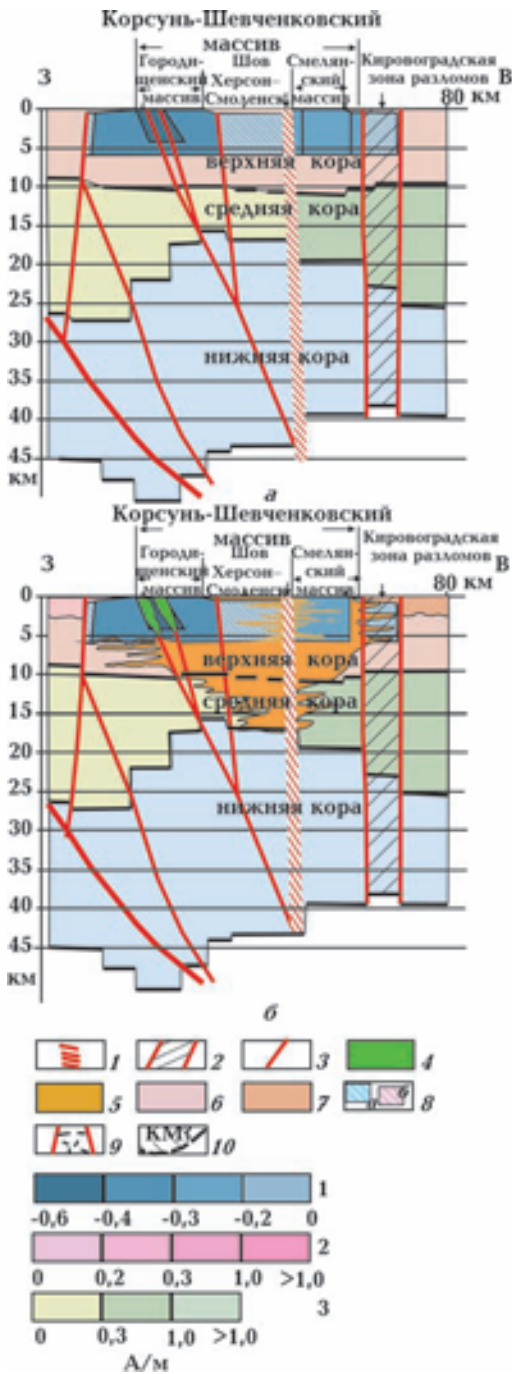


Рис. 3. Магнитная модель земной коры вдоль профиля MN (а) и ее геологическая интерпретация (б): 1 — трансрегиональная зона раздвига Херсон—Смоленск; 2 — Кировоградская зона разломов; 3 — главные разломы; 4 — габброиды и габбро-анортозиты коростенского комплекса; 5 — граниты рапакиви коростенского комплекса; 6 — метаосадочные и метавулканические породы бугской, ингуло-ингулецкой серий и кировоградского комплекса; 7 — метаосадочные и метавулканические породы ингуло-ингулецкой серии и кировоградского комплекса; 8 — погребенные источники магнитных аномалий (а — с обратной, б — с прямой намагниченностью); 9 — глубинная часть зоны раздвига Херсон—Смоленск; 10 — коромантийная смесь. Шкалы интенсивности в А/м: 1 — обратной намагниченности, 2 — прямой намагниченности, 3 — прямой намагниченности средней коры.

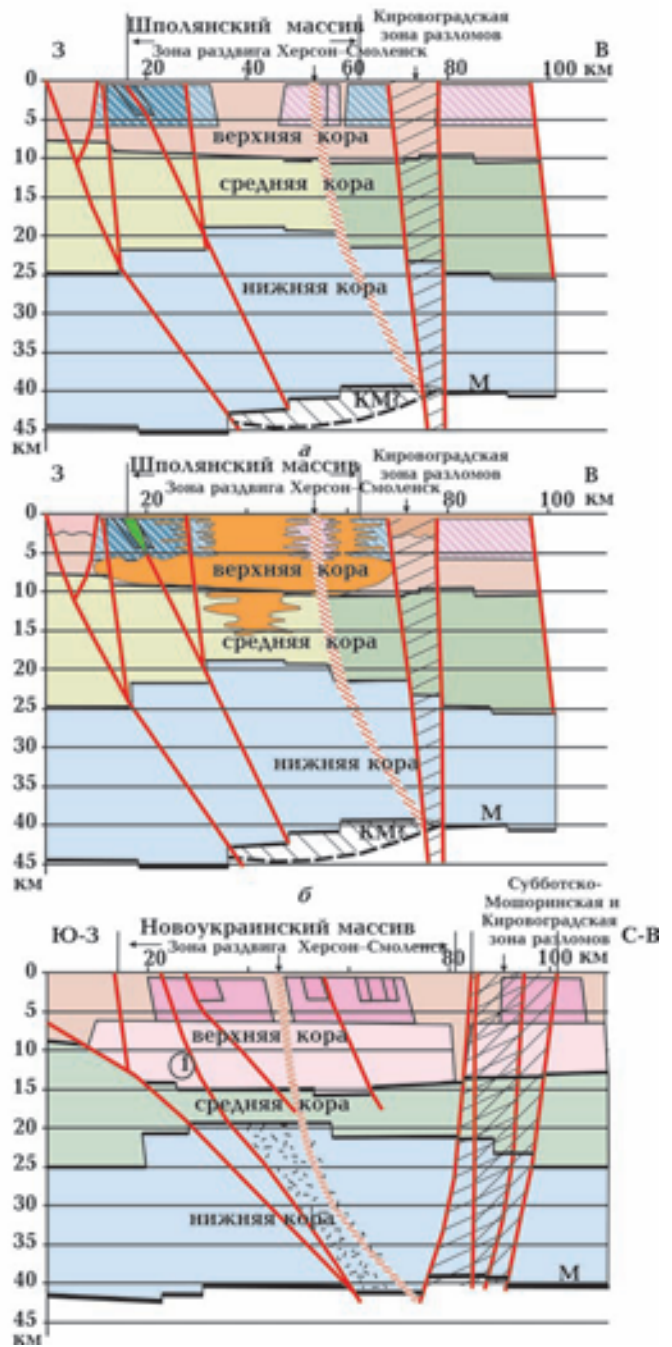


Рис. 4. Магнитная модель земной коры (а) и геологическая интерпретация (б) вдоль расчетного профиля CD. Магнитная модель земной коры вдоль профиля АВ (в). Условные обозначения см. на рис. 3.

ние нижней части «гранитного» слоя, а различная так называемая фоновая интенсивность поля предположительно связывалась с магнитной дифференцированностью средней коры.

— Первое приближение трехмерной магнитной модели верхней и средней коры строилось на основе данных о геологическом и глубин-

ном строении региона, обобщенных данных о магнитных параметрах докембрийских пород, а также на распределении плотности в разрезе земной коры, полученном в результате гравитационного моделирования [Куприенко и др., 2007] и данных ГСЗ по профилям XXIV, XXV, XXX (см. рис. 2).

– В окончательном виде трехмерная магнитная модель была получена путем подбора магнитных параметров и глубин залегания верхних и нижних кромок источников для максимального приближения ее эффекта к исходному полю. При построении модели были использованы 87 источников с глубиной залегания в верхней коре в интервале глубин 100–6000 м, в средней — 6000–27000 (для КНП) и 100–16000, 9000–25000 м (для НУМ). При оценке глубин залегания источников было учтено распределение плотности в разрезе коры по результатам гравитационного моделирования. Нижняя часть «гранитного» слоя принята немагнитной. Суммарный эффект модельных тел рассчитывался с использованием программного обеспечения для решения прямой задачи магниторазведки [Коваленко-Завойский, Иващенко, 2006].

На рис. 2 приведена трехмерная магнитная модель в виде проекций источников верхней и средней земной коры на земную поверхность с указанием глубин залегания их верхних и нижних кромок. Распределение источников в разрезе коры и их возможная геологическая интерпретация показаны на рис. 3 и 4. При составлении разрезов использованы мощности слоев коры, оцененные по гравитационному моделированию [Куприенко и др., 2007], а их границы при магнитном моделировании были аппроксимированы горизонтальными отрезками. Кроме источников, обнажающихся на кристаллическом фундаменте (массивы габбро-анортозитов, монцонитов, габбро-монцонитов и гибридных пород), показаны как погребенные тела источники, не имеющие отражения в вещественном составе пород фундамента.

Главная особенность магнитной неоднородности коры КНП — наличие источников с обратной намагниченностью пород, что характерно для пород габбро-анортозитового состава. Наблюдается своеобразная асимметрия в распределении источников относительно трансрегиональной зоны раздвига Херсон—Смоленск. К западу от нее преобладают источники с обратной намагниченностью, картирующиеся на юго-западе за пределами плутона как погребенные тела. К востоку ис-

точники имеют и прямую, и обратную намагниченность. Намагниченность верхней коры Шполянского и Корсунь-Шевченковского массивов дифференцирована в разной степени. Зона Херсон—Смоленск разделяет также среднюю кору на слабомагнитную (0,27 А/м) западную часть и более магнитную (0,37 А/м) к востоку от нее. При этом средняя кора обладает прямой намагниченностью.

Независимо от направления вектора суммарной намагниченности отмечается существенно более высокая средняя намагниченность верхней коры Корсунь-Шевченковского массива относительно Шполянского.

При сравнении поведения границ раздела и мощностей основных слоев коры с распределением магнитных источников в ней (рис. 3, 4) можно отметить, что зона раздвига разделяет не только среднюю кору (по намагниченности), но и весь разрез коры, о чем свидетельствуют разрезы по линиям CD и MN.

В пределах Шполянского массива рельеф всех границ раздела менее дифференцирован по сравнению с рельефом Корсунь-Шевченковского массива. В западной части разреза обоих массивов существенно увеличена мощность «базальтового» слоя и коры в целом. Подошва земной коры погружается с востока на запад от 38–40 до 45–48 км. В Шполянском массиве мощность нижней коры изменяется в пределах 22–25 км на западе и 15–18 км на востоке. В Корсунь-Шевченковском массиве мощность «базальтового» слоя более дифференцирована, чем в Шполянском, и изменяется от 18–30 км на западе до 15–20 км на востоке. В центре массивов кровля «базальтового» поднята до глубины 16–18 км, ее рельеф асимметричен и как бы «сдвинут» к западу относительно рельефа раздела М. Менее выражены описанные особенности поведения границ раздела коры в Шполянском массиве, однако тенденция увеличения «основности» коры западной части обоих массивов сохраняется.

При анализе рельефа раздела М вдоль профилей CD и ГСЗ XXV, западнее зоны раздвига Херсон—Смоленск под разделом М выделена коромантийная смесь, обнаруживается большое сходство морфологии рельефа подошвы коры и глубин ее залегания, что позволяет предположить наличие коромантийной смеси и на профиле CD.

Средняя кора КНП утонена до 10 км в центре обоих массивов, при этом максимальная мощность слоя отмечается под западным кра-

ем плутона и составляет около 18 км. Подошва верхней коры практически горизонтальна.

Установленный факт многофазного характера становления основных пород плутона, и прежде всего анортозитов и габбро-анортозитов, а также гранитов рапакиви [Щербаков, 2005], и их неоднородный состав обусловили широкий диапазон изменения магнитных параметров. Поэтому построенная магнитная модель КНП представляет «идеализированное» распределение источников в земной коре, так как характеризует средние значения суммарной намагниченности источников, аппроксимированных геометрическими телами. Кроме того, как уже указывалось, весь КНП характеризуется расслоенной структурой.

Учитывая предполагаемую последовательность внедрения пород, описанную в обобщающей работе И. Б. Щербакова [Щербаков, 2005], а именно: двухфазные анортозиты, перекрытые гранитами рапакиви, — автономные тела норитов, секущие серые анортозиты, — монзониты, секущие анортозиты и, в свою очередь, рассекаемые гранитами рапакиви, предлагается следующая геологическая интерпретация полученной модели по профилю MN для Корсунь-Шевченковского массива (рис. 3) и CD для Шполянского массива (рис. 4). Прежде всего, отметим, что в источниках верхней коры с обратной намагниченностью наблюдается зональное распределение намагниченности по горизонтали (см. рис. 2) с уменьшением интенсивности намагниченности от центра источника к периферии, что хорошо видно на примере Городищенского массива. Такую зональность можно объяснить увеличением прослоев гранитов рапакиви в краевых частях источника, соответствующего, например, хорошо изученному Городищенскому массиву. Вместе с тем широкий диапазон изменения магнитной восприимчивости и отношений I_n/I_i в габбро-анортозитовых массивах, опробованных в этом аспекте, надо сказать, еще недостаточно детально, позволяет предположить уменьшение суммарной намагниченности вследствие меньшего вклада в нее остаточной намагниченности.

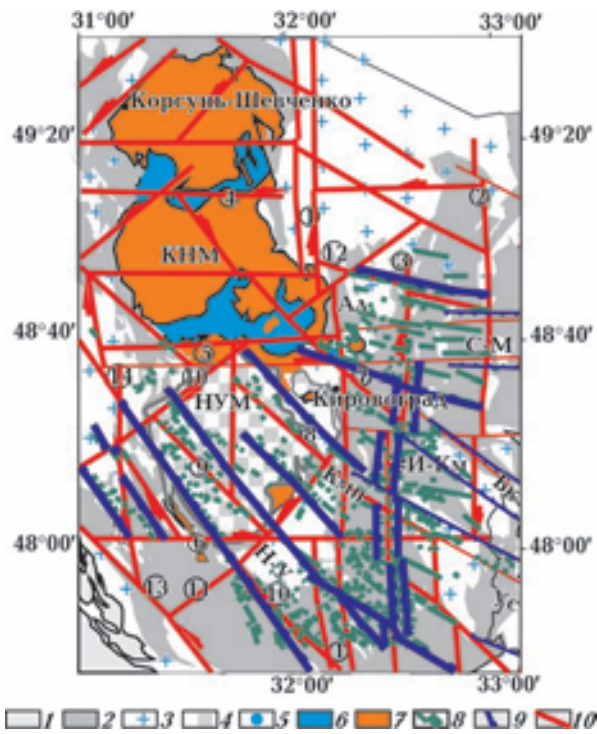
Немагнитная часть «гранитного» слоя КНП отождествляется с максимальным развитием в ней практически немагнитных гранитов рапакиви. Их магматический источник многие исследователи относят к глубинам порядка 20 км. А. В. Митрохин [Митрохин, 2011] предполагает внедрение гранитов рапакиви в закристаллизованные анортозиты или смешивание бази-

товых и кислых расплавов. Имеются данные и о более ранних разновидностях гранитов рапакиви относительно базитов. Не рискуя оперировать гранитами рапакиви разных фаз внедрения, отметим, что все описанное не противоречит нашей интерпретации магнитной модели плутона (см. рис. 3, 4).

Поступление магмы основного состава по сквозькоровым разломам связывается с очагами в нижней коре и, возможно, выплавками из подкоровой мантии [Митрохин, 2011]. В сочетании с высокой дифференцированностью рельефа подошвы средней коры и всей коры в целом, а также с аномально большой мощностью нижней коры большая насыщенность магнитными образованиями Корсунь-Шевченковского массива может связываться с большим масштабом основного магматизма по сравнению с Шполянским массивом. В Шполянском же массиве более спокойный рельеф границ раздела и меньшая мощность «базальтового» слоя может отражать меньшую интенсивность основного магматизма и большую степень «проработки» коры гранитами рапакиви.

Как видно, большая часть источников верхней коры плутона характеризуется обратной намагниченностью. Исключение составляет источник положительной магнитной аномалии на северо-востоке Корсунь-Шевченковского массива с прямой намагниченностью и интенсивностью 1,2 А/м (см. рис. 4). Он частично соответствует обнаженной части Русскополянского массива редкометалльных гранитов, в южной части которого расположен одноименный массив габбро-анортозитов и анортозитов. Источник, однако, выходит за пределы массива и может характеризовать его часть, погребенную под граниты рапакиви. При неясном генезисе массива [Щербаков, 2005], вероятнее всего может рассматриваться вариант образования его из самостоятельных очагов магмы. На это косвенно может указывать прямая намагниченность слагающих его пород.

Породы НУМ, в отличие от пород КНП, характеризуются дифференцированной намагниченностью, направленной по вектору современного магнитного поля, и создают, соответственно, положительные аномалии разного класса. При построении магнитной модели рассмотрены источники двух классов: расположенные в верхней и нижней частях «гранитного» слоя (см. рис. 2, 4). При этом интенсивность намагниченности средней коры составляет 1,0 А/м. Источники аномалий свя-



заны с породами основного состава и их гибридными разновидностями, что обусловило зональное распределение намагниченности в плане и разрезе. Нижняя часть верхней коры, вероятнее всего, представлена монцонитами и габбро-монцонитами с намагниченностью, не превышающей 0,2 А/м. Центральная часть массива располагается над подъемом кровли нижней коры, к которому приурочены зона повышенной плотности в глубинной части зоны

⇐ Рис. 5. Рои мафических даек Ингульского мегаблока [Bogdanova et al., 2013]: 1 — архейские породы; 2 — палеопротерозойские супракрупальные породы (ингулоингулецкой серии и др.); 3 — гранитоиды и мигматиты; 4 — монцониты и гранитоиды; 5 — кимберлиты; 6 — лейкогаббро и анортозиты; 7 — монцониты и гранитоиды рапакиви; 8 — мафические дайки, в том числе по магнитным аномалиям; 9 — предполагаемые рои даек; 10 — главные зоны разломов (цифры в кружках: 1 — Центрально-Кировоградская, 2 — Западно-Ингулецкая, 3 — Ингуло-Каменская, 4 — Смелянская, 5 — Субботско-Мошоринская, 6 — Бобринецкая, 7 — Лелековская, 8 — Нерубаевская, 9 — Новоукраинская, 10 — Глодосская, 11 — Марьевская, 12 — Цибулевская, 13 — Первомайская, 14 — Звенигородско-Братская); *пояса даек*: Ал — Александрийский, С-М — Субботско-Мошоринский, Бк — Бокоевский, Ус — Устиновский, Кмп — Кампанеевский, Н-У — Новоукраинский, И-К — Ингуло-Каменский; КНП — Корсунь-Новомиргородский плутон, НУМ — Новоукраинский массив.

раздвиги Херсон—Смоленск и утонение средней коры. В целом массив может связываться с большой нарушенностью земной коры, в низах которой находится узел крупнейших зон разломов и трансрегиональной зоны раздвиги Херсон—Смоленск. С этой зоной связана выделенная по гравитационному моделированию полоса уплотнения в пределах нижней коры, которая может быть признаком подводящего канала основной магмы.

Анализируя магнитную модель в целом, можно отметить, что в результате моделирования получены также источники, характеризующие магнитную неоднородность коры к западу и востоку от КНП и НУМ. В частности, источники с обратной намагниченностью рас-

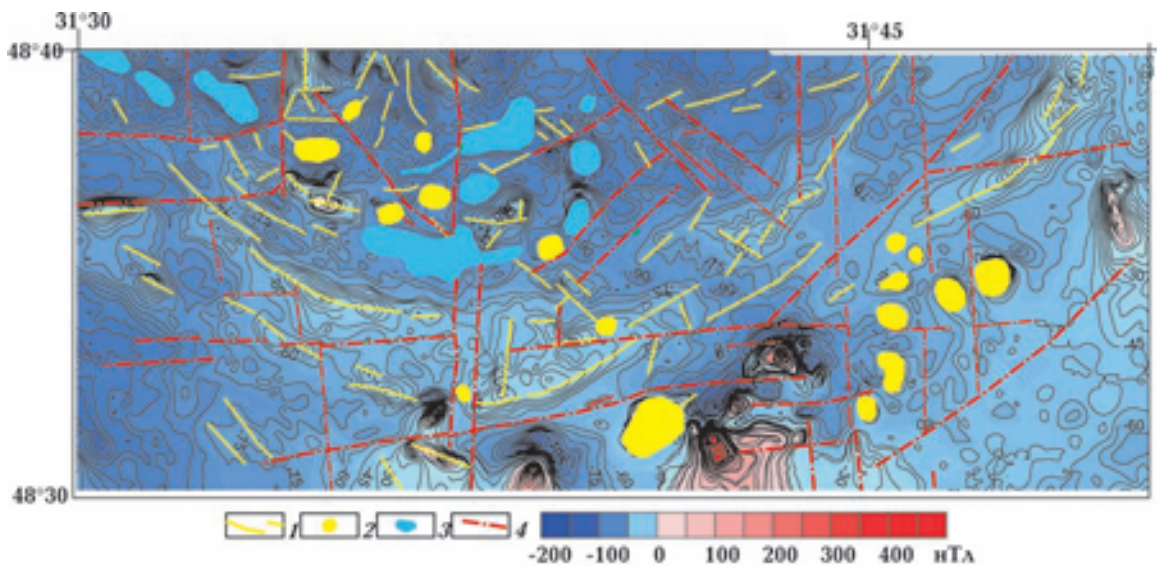


Рис. 6. Пример детального анализа проявления кольцевых структур в аномальном магнитном поле (положение площади см. на рис. 6): 1 — оси положительных магнитных аномалий; 2 — изометричные положительные аномалии; 3 — изометричные отрицательные аномалии; 4 — предполагаемые разрывные нарушения.

положены к юго-западу от западного контакта Шполянского массива и как бы продолжают серию аналогичных источников под западной частью плутона. Природа их неясна, но можно констатировать, что для пород, вмещающих плутон, не типична обратная намагненность. Не выяснена и природа источника с интенсивной прямой намагненностью, расположенного к северо-востоку от Русскополянского массива в районе г. Черкассы. Аналогичный источник положительной магнитной аномалии с прямой намагненностью находится к востоку от Новомиргородского габбро-анортозитового массива, где на поверхности фундамента закартирован небольшой массив гранитов рапакиви, что не исключает наличия в нем пород габбро-анортозитового комплекса. Сложное поле (ΔT)_a к северо-западу от Корсунь-Шевченковского массива в районе перехода

от Тальновской к Ядлов-Трактемировской зоне разломов (см. рис. 1, в) не моделировалось, так как хорошо известна его обусловленность полосами пироксен-плагиоклазовых гнейсов и кристаллосланцев, развитых в этих зонах.

Описание магнитной модели региона было бы неполным без упоминания о широко развитых здесь мафических даек (рис. 5), в подавляющих случаях также являющихся магнитными источниками, которые четко фиксируются в магнитном поле узкими положительными часто слабоинтенсивными линейными аномалиями. Поэтому они не могли быть предметом мелкомасштабного магнитного моделирования, обсуждаемого здесь. Как видно, из семи роев даек четыре имеют северо-западное простирание, Субботско-Мошоринский и Александрийский — субширотное, а Ингуло-Каменский — меридиональное.

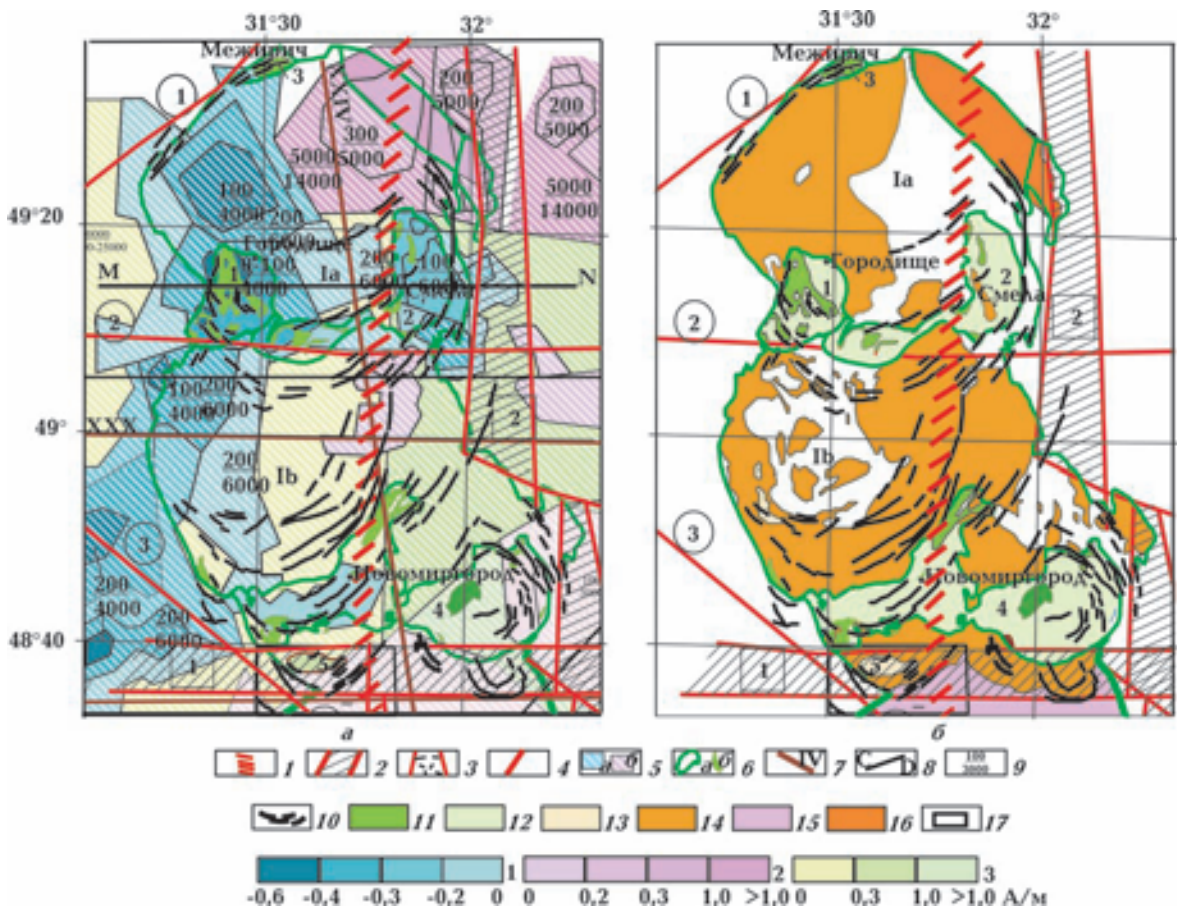


Рис. 7. Кольцевые структуры Корсунь-Новомиргородского плутона в сопоставлении с трехмерной магнитной моделью (а) и геологическим строением массива [Кузьмин и др., 1982] (б). Условные обозначения 1—9 — см. на рис. 2; 10 — кольцевые структуры, выделенные по осям аномалий магнитного поля (см. рис. 2); 11 — габброиды и габбро-анортозиты коростенского комплекса; 12 — габбро-анортозиты коростенского комплекса; 13 — граниты рапакиви коростенского комплекса; 14 — граниты рапакививидные коростенского комплекса; 15 — граниты новоукраинские; 16 — граниты щелочные; 17 — контур площади детального анализа проявления кольцевых структур в аномальном магнитном поле. Шкалы интенсивности в А/м: 1 — обратной намагненности, 2 — прямой намагненности, 3 — прямой намагненности средней коры.

Два крупных роя, Компанеевский и Новоукраинский, секут Новоукраинский массив и не прослеживаются севернее Субботско-Мошоринской зоны разломов. Характерна смена северо-западных простираний с востока на запад вдоль Кировоградской зоны разломов, вероятно, фиксирующая изменение режимов напряжений по обе стороны от нее. Субботско-Мошоринский и Александрийский субширотные пояса трассируются до Шполянского массива, не пересекая его. Внедрение даек, таким образом, происходило в возрастном интервале между завершением формирования НУМ и внедрением КНП.

Другим дополнением к магнитной модели региона могут быть кольцевые структуры (рис. 6) в пределах КНП, полученные на основе анализа детального высокоточного аномально магнитного поля [Кузьмин и др., 1982]. Данные структуры прослежены как фрагменты разрывных нарушений и как узкие положительные аномалии «дайкового» типа. Пример проявления таких структур КНП в районе Маловисковского массива приведен на рис. 7. Наряду с дугообразными осями положительных магнитных аномалий и согласными с ними предполагаемыми разрывными нарушениями здесь четко выделяется серия изометричных положительных и отрицательных аномалий, подчеркивающих дугообразную структуру и соответствующих прямо и обратно намагниченным породам габбро-анортозитового комплекса. Такие изометричные аномалии типичны для штокообразных тел в магматических областях.

На рис. 7 показаны дуговые структуры Корсунь-Шевченковского и Шполянского массивов, подковообразно огибающие их с юго-востока и, по-видимому, связанные с габбро-анортозитовыми массивами — Новомиргородским, Маловисковским и в меньшей мере Городищенским. Кольцевые структуры плутона обсуждаются во многих работах. Так, в работе [Кривдик та ін., 1988] описано подковообразное обрамление плутона телами сиенитов, монцосиенитов и монцонитов, не связанных с анортозитами, а залегающих среди гранитов. По мнению авторов [Кривдик та ін., 1988], они приурочены к системе прототектонических разломов. Сиениты описаны также в зонах, примыкающих к анортозитам. Действительно, при сопоставлении полученных дугообразных структур с геологической картой (рис. 6, б) обнаруживается, что они распространяются в виде широкой зоны и в поле гранитов рапакиви Шполянского

массива. Полукольцевая структура Корсунь-Шевченковского массива имеет меньшую ширину, не имеет четкой связи с гранитоидами и перекрывает северную часть Шполянского массива. Характерно, что северных замыкающих кольцевых структур не обнаруживается. Такая морфология и положение описанных полукольцевых структур могут указывать на самостоятельность развития каждого массива.

Заключение. Построенная магнитная модель исследуемого региона свидетельствует о существенном различии магнитной характеристики верхней и средней коры КНП и НУМ. Обнаружена асимметрия в распределении магнитных образований плутона и глубинной структуры земной коры относительно трансрегиональной зоны раздвига Херсон—Смоленск, что можно связывать с формированием КНП на контакте разных типов коры.

Характерная черта магнитной модели верхней коры — широкое развитие обратно намагниченных образований габбро-анортозитового комплекса, часто погребенных под гранитами рапакиви преимущественно в западной части плутона. Прямая намагниченность обнаружена только в Русскополянском массиве гранитов и габбро-анортозитов и погребенных его частях на северо-востоке плутона.

Отмечается большая насыщенность верхней коры магнитными образованиями Корсунь-Шевченковского массива по сравнению со Шполянским, что свидетельствует о большей его основности.

Магнитная модель плутона дополнена выделенными полукольцевыми структурами в южных обрамлениях массивов, которые подчеркивают индивидуальность развития каждого и рассматриваются как разломы, связанные с многофазным формированием плутона и, в частности, формированием габбро-анортозитовых массивов.

В отличие от КНП, НУМ характеризуется развитием пород, намагниченных по направлению современного магнитного поля разной интенсивности, распределенных во всем разрезе верхней коры («гранитном» слое). Формирование массива тесно связано с крупными зонами разломов и трансрегиональной зоной раздвига Херсон—Смоленск, образующими узел в основании коры.

Положение крупных дайковых роев северо-западного простирания региона показывает, что формирование их происходило в период между становлением НУМ и КНП.

Список литературы

- Болюбах К. А. Глибинна будова центральних районів Українського щита. — Київ: Наук. думка, 1972. — 96 с.
- Ильченко Т. В. Строение земной коры и верхов мантии Кировоградского блока Украинского щита по данным ГСЗ (профили Бабанка–Пятихатки и Черкассы–Новый Буг) // Геофиз. журн. — 2003. — 25, № 6. — С. 30–42.
- Клочков В. М., Білінська Я. П., Шевченко О. М. Державна геологічна карта України м-бу 1:200 000. Аркуш М-36-XXXII (Новоукраїнка). — Київ, 2001. — 120 с.
- Коваленко-Завойський В. М., Іващенко І. М. Математичне забезпечення інтерпретації поля ΔB_a регіональних магнітних аномалій // Геофиз. журн. — 2006. — 28, № 5. — С. 18–30.
- Кононов Ю. В. Габрові масиви Українського щита. — Киев: Наук. думка, 1966.
- Кононов Ю. В. Металлоносность габброидных пород Украинского щита. — Киев: Наук. думка, 1985. — 100 с.
- Кривдик С. Г., Орса В. И., Брянский В. П. Фаялит-геденбергитовые сиениты юго-восточной части Корсунь-Новомиргородского плутона // Геол. журн. — 1988. — 48, № 6. — С. 43–53.
- Крутиховская З. А., Пашкевич И. К. Физические свойства горных пород Украинского щита // Глубинное строение рудоносных районов Украинского щита (по геолого-геофизическим данным). — Киев: Наук. думка, 1976. — С. 62–80.
- Крутиховская З. А., Пашкевич И. К., Силина И. М. Магнитная модель и структура земной коры Украинского щита. — Киев: Наук. думка, 1982. — 216 с.
- Кузьмин А. В., Крюченко В. А., Анисимов В. А. Составление геолого-прогнозной карты на уран масштаба 1:200 000 по центральной части Кировоградского блока на площадь 25000 км² на основе комплексного изучения месторождений, использования материалов высокоточной аэромагнитной съемки, сейсмических данных ГСЗ, МОВ, дешифрирования космических и высокоточных аэрофотосъемок совместно ВИМС, ВСЕГЕИ, ИГН АН УССР, Невским ПГО и полевыми партиями и экспедициями Кировского ПГО по единой программе. Геологическое задание 52–11. — Киев: Фонд КП «Кировгеология», 1982. — Инв. № 11355. — 315 с.
- Куприенко П. Я., Макаренко И. Б., Старостенко В. И., Легостаева О. В. Трехмерная плотностная модель земной коры и верхней мантии Ингульского мегаблока Украинского щита // Геофиз. журн. — 2007. — 29, № 2. — С. 17–41.
- Митрохин А. В. Анортозит-рапакивігранітна формація Українського щита (геологія, речовинний склад та умови формування): Дис. ... д-ра геол. наук / Київ. нац. ун-т. — Київ, 2011. — 346 с.
- Михайлова Н. П., Кравченко С. Н., Глевасская А. М. Палеомагнетизм анортозитов. — Киев: Наук. думка, 1994. — 212 с.
- Петромагнитная модель литосферы / Отв. ред. Д. М. Печерский. — Киев: Наук. думка, 1993. — 175 с.
- Щербак Н. П., Артеменко Г. В., Лесная И. М., Пономаренко А. Н. Геохронология раннего докембрия Украинского щита (протерозой). — Киев: Наук. думка, 2008. — 240 с.
- Щербаков И. Б. Петрология Украинского щита. — Львов: ЗУГЦ, 2005. — 366 с.
- Bogdanova S. V., Gintov O. B., Kurlovich D. K., Lubni-na N. V., Nilsson M., Orlyuk M. I., Pashkevich I. K., Shumlyansky L. V., Starostenko V. I. Late Palaeoproterozoic mafic dyking in the Ukrainian Shield of Volgo-Sarmatia caused by rotations during the assembly of supercontinent Columbia (Nuna). — Lithos. — 2013. — 174. — P. 196–216. — Doi: 10.1016/S0024-4937(12)00439-2.
- Elming S.-A., Mikhailova N. P., Kravchenko S. Palaeomagnetism of Proterozoic rocks from the Ukrainian Shield: new tectonic reconstructions of the Ukrainian and Fennoscandian shields // Tectonophysics. — 2001. — 339. — P. 19–38. — Doi: 10.1016/S0040-1951(01)00032-4.