

«Великая» дайка Побужья

**В. А. Ентин¹, О. Б. Гинтов², С. В. Мычак², В. Н. Бельский³, Ю. В. Гейко¹,
Е. Б. Поляченко², С. И. Гуськов¹, А. В. Марченко², 2019**

¹ГП «Украинская геологическая компания», Киев, Украина

²Институт геофизики им. С. И. Субботина НАН Украины, Киев, Украина

³Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н. П. Семеновко
НАН Украины, Киев, Украина

Поступила 23 апреля 2019 г.

Розглянуто нові дані геофізичного, геохімічного та петрологічного вивчення відомої витягнутої на 35 км лінійної геологічної структури передбачуваної розломно-дайкової природи у кристалічному фундаменті західної частини Побужького гірничорудного району (Середнє Побужжя, Український щит). За даними наземного магнітного знімання масштабу 1:50 000 структура яскраво виражена у магнітному полі лінійною, завширшки до 1,5 км, аномалією інтенсивністю понад 1000 нТл, але практично не проявлена у гравітаційному полі. Простягання структури (ПнС 69°) є січним до загального широтного і північно-західного напрямку геологічних утворень досліджуваного регіону. За тими самими даними північно-західний фланг зазначеної полоси магнітних максимумів на протязі понад 40 км супроводжується яскраво вираженим лінійним мінімумом, який відповідає осевій частині потужної міжблокової Маньківської зони розломів. За геофізичними ознаками, тектонофізичними вимірами, протяжністю та напрямком цей тектонічний лінеамент до останнього часу не мав аналогів у західній частині щита. Встановлено просторово-генетичний зв'язок досліджуваної структури та зони розлому. Геохімічним зніманням у корі вивітрювання і зоні дезінтеграції кристалічних порід досліджуваної структури встановлено три геохімічні аномалії золота. Це третина загальної кількості виявлених геохімічних аномалій золота в межах західної частини Побужького гірничорудного району. Золото зафіксовано в комплексі з висококонтрастними аномаліями мангану, берилію, фосфору, цирконію, хрому, нікелю, кобальту. Однак геохімічним зніманням (буріння з гідротранспортуванням керна без входу у свіжі кристалічні породи) геологічну природу досліджуваної геофізичної аномалії не було встановлено. Новітніми роботами в межах північно-західного екзоконтакту зазначеної структури у відслоненні серед гранітоїдів уманського і гайсинського комплексів виявлено дайку не відомих раніше в цьому районі кристалічних порід, яку за матеріалами мікроскопічного та мікрозондового дослідження, хімічних аналізів, магнітними і густинними властивостями ($\chi=(40-60)\times 10^{-3}$ од. СІ; $\sigma=2,84$ г/см³) визначено як лампрофір (спесартит). Вивчення вмісних гранітоїдів у зоні контакту з лампрофіром вказує на їх активне динамометаморфічне і, особливо, метасоматичне перетворення, внаслідок якого гранітоїди насичені феромагнетиками, що й зумовлює загальну підвищену намагніченість цих утворень. Рекомендується подальше вивчення дайки як у наукових, так і пошукових цілях.

Ключові слова: дайка, розломи, лампрофіри, діорити, магнітні властивості, Побужжя, Український щит, хімічний аналіз.

Даже на фоне структурного и амплитудного разнообразия аномального магнитного и гравитационного полей Украинского щита (УЩ) их характер в пределах Побужьского горнорудного района (ПГРР), в част-

ности листа М-35-XXXVI (Гайворон) масштаба 1:200000, отличается особой сложностью, что обусловлено крайней гетерогенностью структурно-тектонических особенностей строения этого геологического

региона и сильной вариативностью петрофизических свойств развитых здесь пород кристаллического фундамента [Нечаев и др., 2019]. В полной мере все эти сложные взаимосвязи были изучены и учтены в процессе подготовки геофизической и геохимической основы для геологического доизучения масштаба 1:200000 (ГДП-200) листа М-35-XXXVI [Ентин, Лукаш, 1998] и непосредственно в ходе последних работ [Кислюк и др., 2011].

Именно на первом этапе исполнителями было обращено внимание на полосу магнитных аномалий протяженностью 35 км от с.с. Маньковка—Чернятка на юго-западе до с.с. Шляховое—Терновка на северо-востоке. По данным проведенных здесь ранее наземных магнитных съемок масштаба 1:50 000 (по сети 500×100 м) [Барабанова, Цымбал, 1957; Сержин, Гончаренко, 1958], скорректированных с учетом результатов проведенной здесь позже аэромагниторазведки масштаба 1:25 000 [Дзидзинский, 1989], эта полоса аномальных значений магнитного поля состоит из набора вытянутых в одну линию сближенных, иногда несколько смещенных и развернутых относительно друг друга, локальных максимумов протяженностью от 1 до 3 км и амплитудой 500—800 нТл (рис. 1).

По данным современной гравиметрической съемки масштаба 1:50 000 [Кислюк и др., 2011] отмеченная полоса магнитных аномалий не находит четкого отражения в аномальном поле силы тяжести (рис. 2). Общее направление простирания этой полосы (аз. 69°) наиболее четко определяется по положению осевой линии сопряженной с ней с севера зоной относительных минимумов магнитного поля. Зона минимумов более прямолинейна в сравнении с полосой максимумов, чем подчеркивается ее соответствие осевой линии зоны разлома (названного Маньковским), протяженность которого превышает 40 км (см. рис. 1).

Необычайно большая протяженность и совершенно нехарактерное для ПГРР простирание позволили высказать предположение, что геологическая природа этой полосы магнитных аномалий может быть

обусловлена гранитизированной или среднего состава (неоднозначно проявляется в поле силы тяжести) дайкой уникальной для УЩ большой протяженности (соизмеримой с известной Звиздаль-Залесской дайкой), контролирующей здесь разрывное тектоническое нарушение. Кулисообразное смещение отдельных локальных аномалий (фрагментов дайки), наблюдаемое вдоль южного фланга этой вытянутой магнитной полосы, может быть следствием фрагментации и нарушения ее первоначального положения в процессе последующих подвижек, сопровождавших тектоническое нарушение левосдвигового типа.

В области юго-западного торца предполагаемой дайковой структуры, непосредственно в излучине правого берега р. Южный Буг, особое внимание привлекает изометричная, возможно даже кольцевой формы, локализованная магнитная аномалия (определение ее более точных контуров возможно лишь по результатам детальной площадной магнитной съемки). В отличие от основной полосы магнитных аномалий ей соответствует локальный максимум силы тяжести амплитудой 1,5 мГал (см. рис. 1, 2). Это, особенно если учитывать его приуроченность к водораздельной части земного рельефа, является весьма большой величиной.

На этом же этапе работ, с целью изучения геохимической специализации пород рассматриваемой полосы, она была пересечена несколькими профилями скважин КГК с гидротранспортировкой керна (рис. 1, 3, 4), вскрывших кору выветривания и зону дезинтеграции кристаллических пород. В результате в пределах полосы магнитных аномалий (как правило, в зоне дезинтеграции кристаллических пород) установлено наличие трех точек рудной минерализации золота (рис. 3, 4, аномалии 36, 37 и 54) в комплексе с высококонтрастными геохимическими аномалиями Mn, P, Zr, Sn, Zn, Cr, Ni, Co (ан. 37, 54) и второстепенными La, Ce, Y, Yb (ан. 36).

Всего в западной части ПГРР (восточная половина листа М-35-XXXVI) геохимической съемкой из общего количества 120

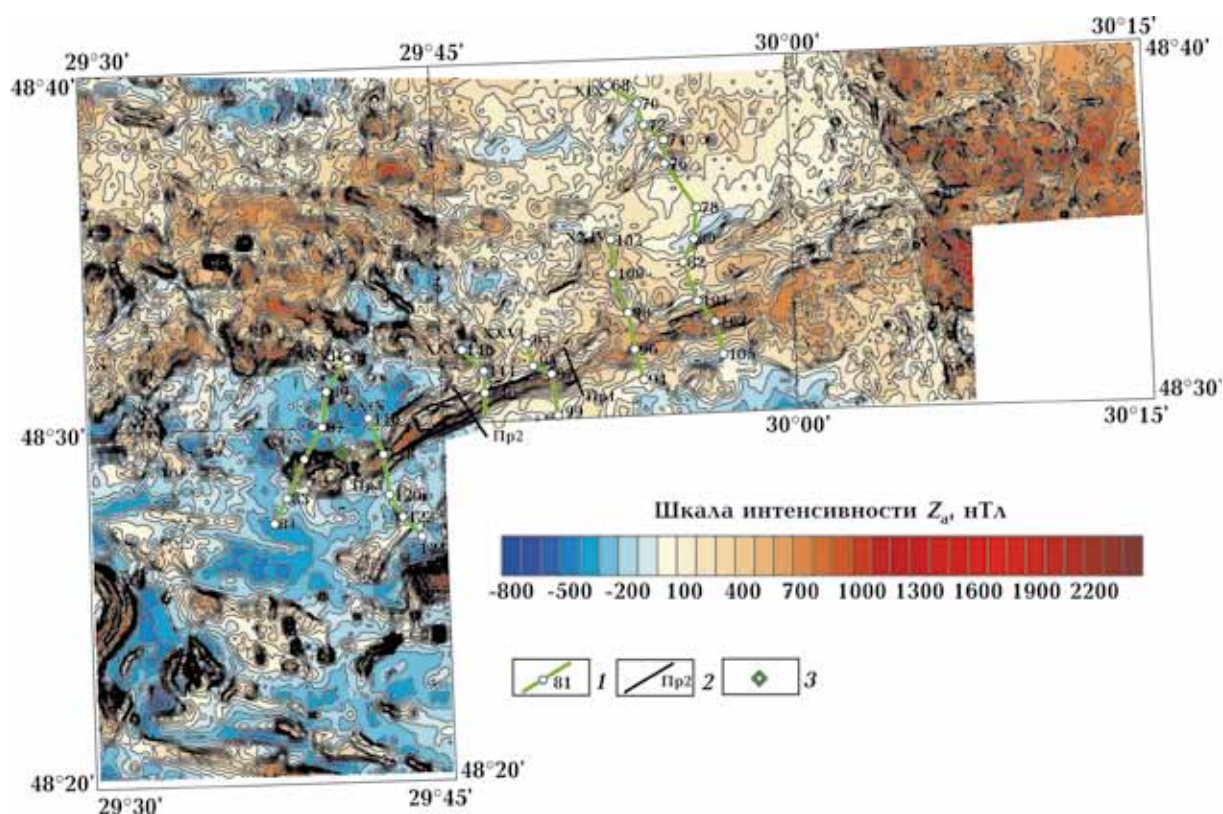


Рис. 1. Фрагмент карты аномального магнитного поля (Z_a) ПГРР, составленной по материалам наземной магнитной съемки масштаба 1:50 000 (1957—1958 гг.) с учетом данных аэромагнитной съемки масштаба 1:25 000 (1989 г.); 1 — профили буровых скважин ГКК, 2 — детализационные магнитные профили (2018 г.); 3 — заброшенный карьер, в котором отобраны образцы для магнитных и петрографических исследований.

геохимических аномалий в 10 из них, в том числе в трех в пределах изучаемой полосы, установлено наличие Au.

С учетом имевшихся на то время геолого-геофизических материалов в центральной части этой полосы был намечен и рекомендован для детального геологического изучения как перспективный на поиски золота и редкометалльных руд Серединский участок (10 км^2) [Ентин, Лукаш, 1998], где Au отмечено в коре выветривания кварцевых сиенитов (скв. 96, рис. 4).

На этапе работ по ГДП-200 [Кислюк и др., 2011] сделанные ранее поисковые рекомендации по ряду сложившихся технико-экономических причин не были проверены бурением. Тем не менее исполнители ГДП-200 пришли к выводу, что отмеченная полоса магнитных аномалий контролирует Маньковскую зону разломов, разделяющую Уманский блок Ро-

синского мегаблока УЩ на Теплицкий и Джулинский блоки второго порядка. Такое деление подтверждается и геофизическими данными: к северо-западу от разлома наблюдается повышенный фон аномалий Буге, связанный с известным Гайсинским гравитационным максимумом, причем простирание зоны разлома согласуется с направлением изоаномал поля силы тяжести. К юго-востоку фиксируется известный Уманский гравитационный минимум. В аномальном магнитном поле к северо-западу от разлома преобладают исключительно широтные структуры, тогда как на юго-востоке наблюдаются структуры разных направлений — меридиональные, северо-западные и субширотные.

Придание Маньковскому разлому ранга межблокового тектонического линейамента подтверждает возможность его насыщения породами дайкового комплекса.

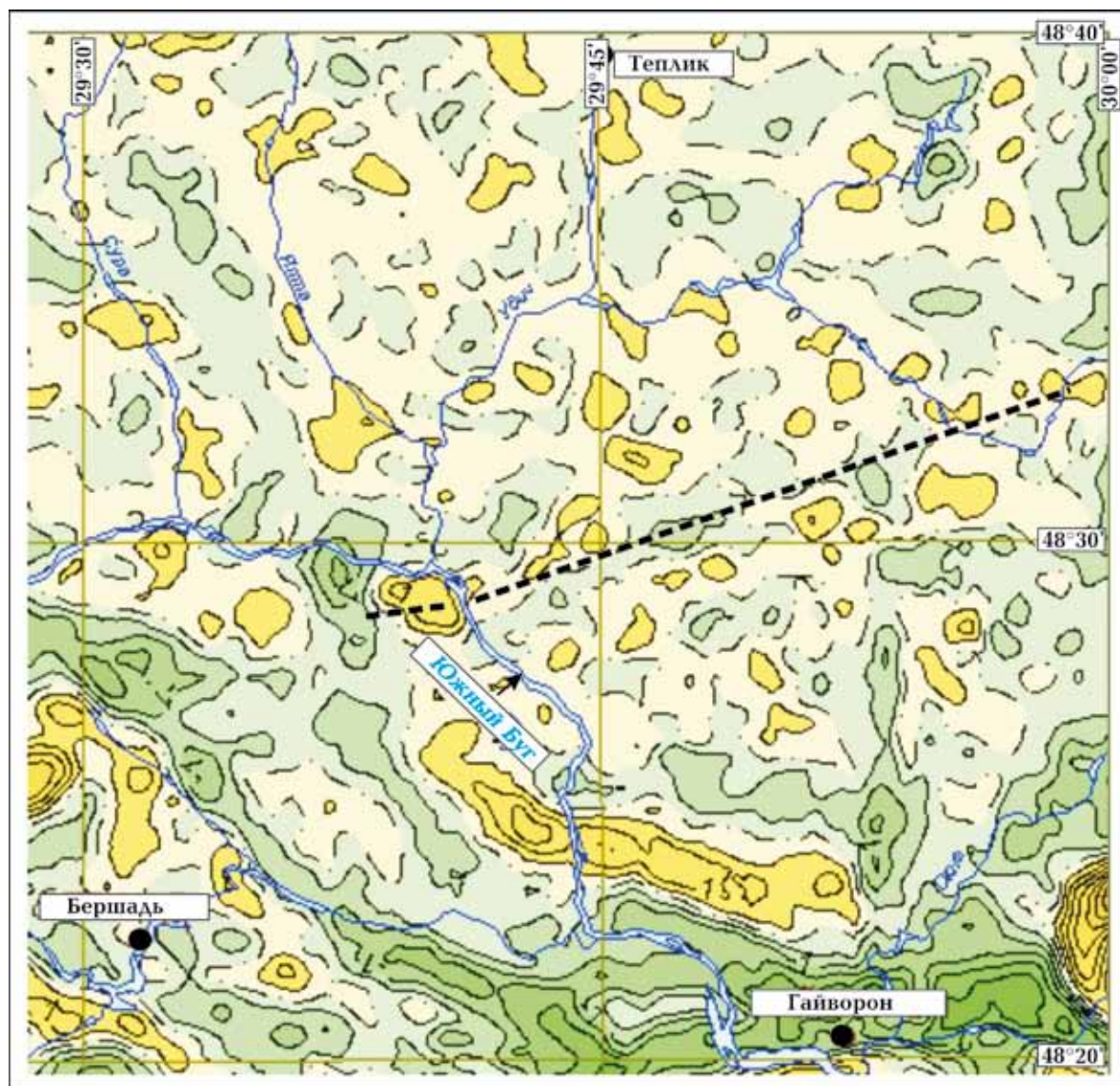


Рис. 2. Фрагмент карты локальных аномалий силы тяжести Δg_a (радиус осреднения $L=6$ км) листа М-36-XXXVI [Кислюк и др., 2011], на котором показана осевая линия обсуждаемой зоны разломов (черная пунктирная линия). Желтый цвет — положительные аномалии Δg_a , зеленый — отрицательные. Сечение изоаномал 0,5 мГал.

Предположение о дайковой природе образований Маньковской зоны разломов с приуроченным к ним комплексом рудогенных геохимических аномалий не только имеет прикладное поисковое значение, но и вызывает значительный научный интерес. Ранее в районе Среднего Побужья были описаны лишь маломощные дайки основных и ультраосновных пород, в том числе лампрофиرو- и лампроитоподобные в обнажениях по р. Южный Буг и его притокам, а также в скважинах картировочного бурения [Довгань и др., 2006; Павлюк и

др., 2008]. Дайковые образования в зонах столь большой и выдержанной протяженности, секущие общий структурный план кристаллического фундамента, не были известны. Поэтому было решено вернуться к дальнейшему изучению этого геолого-геофизического феномена в рамках работы по теме Института геофизики (ИГФ) НАН Украины «Геологическое строение Побужского горнорудного района по современным геофизическим и геологическим данным и оценка его перспектив на полезные ископаемые (2016—2020 гг.)».

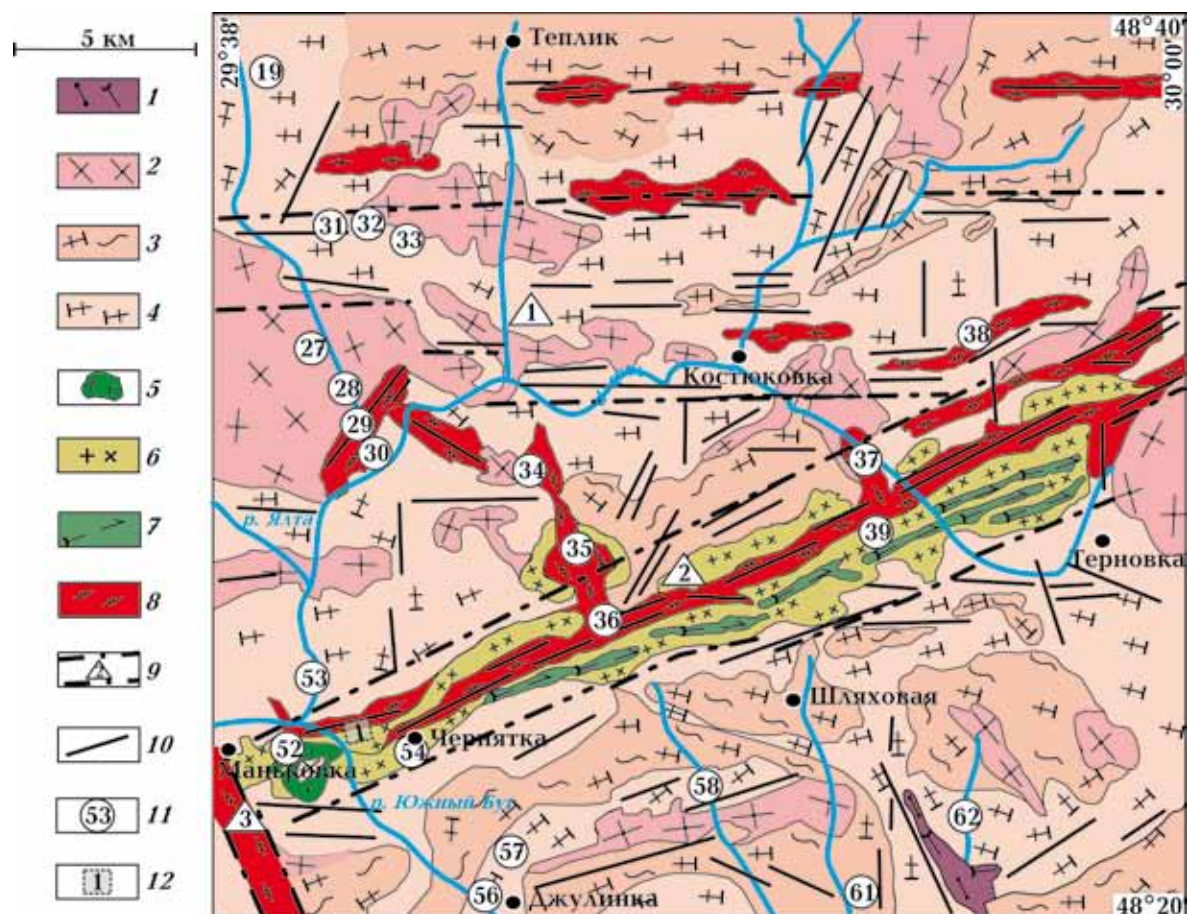


Рис. 3. Схематическая геологическая карта северной части Гайворон-Завальевского района ПГРР: 1 — гранат-биотитовые, пироксен-гранат-биотитовые гнейсы и кристаллосланцы днестровско-бугской серии; 2 — граниты и мигматиты биотитовые, иногда с амфиболом, плагиограниты и плагиомигматиты биотитовые, часто с амфиболом, иногда с клинопироксеном гайсинского комплекса (событы); 3 — граниты лейкократовые пегматоидные, биотитовые равномернозернистые уманского комплекса и их мигматиты; 4 — граниты биотитовые средне-крупнозернистые до порфиroidных уманского комплекса; 5 — интрузивные породы основного состава (предполагаемая структура зонально-концентрического строения); 6 — диориты, гранодиориты, динамометаморфизованные с возможными роевыми или одиночными включениями даек щелочного состава относительно более молодого возраста; 7 — пироксен-амфиболовые кристаллосланцы, предположительно образованные по основным—ультраосновным интрузивным породам дайкового комплекса; 8 — тектониты, развитые по породам кристаллического фундамента, выраженные динамометаморфической полосчатостью, сланцеватостью, гнейсификацией и мигматизацией, милонит- и бластомилонитизацией; 9 — зоны разломов и их номера (1 — Костюковская, 2 — Маньковская, 3 — Красносельская); 10 — эшелонированные сколы, составляющие зоны разломов и зоны скалывания, преимущественно милонитовые и бластомилонитовые швы; 11 — точки минерализации с геохимическими аномалиями, основными и дополнительными (в скобках) [Ентин, Лукаш, 1998]: № 19 — Mn, Ti (Cr, Co, Ni, V, Zn), № 27 — Mn (Sn, Sc, Nb, La, Ge), № 28 — Mn, P (Cr, Co, Ni, V), № 29 — Mn (Ba, P), № 30 — P, Mn, № 31 — Mn, Cr (Ni, Co, V), № 32 — Zr (Y, Yb), Au, № 33 — Ba (P, Sr), № 34 — Mn, P, № 35 — P, Mn, № 36 — Mn, P, Zr, Au (La, Ce, Y, Yb), № 37 — Au, Sn, Zn, № 38 — Zr (Y, Yb), № 39 — Zr, P, Be (La, Ce, Y, Yb), № 52 — Mn, № 53 — Mn, № 54 — Cr, Co, Ni, Au, № 56 — Zr, Y, La, № 57 — La, Ge, Y, Yb, Sc, № 58 — La, Ge, P, Th, № 61 — Zr (Ti), № 62 — La, Ge; 12 — место отбора образцов горных пород № 1—4 для магнитометрического и петрохимического анализов.

Работа выполняется в сотрудничестве со специалистами Государственного предприятия «Украинская геологическая компания» (ГП УГК) и Института геохимии,

минералогии и рудообразования (ИГМР) НАН Украины.

На первом этапе было принято решение уточнить истинное положение централь-

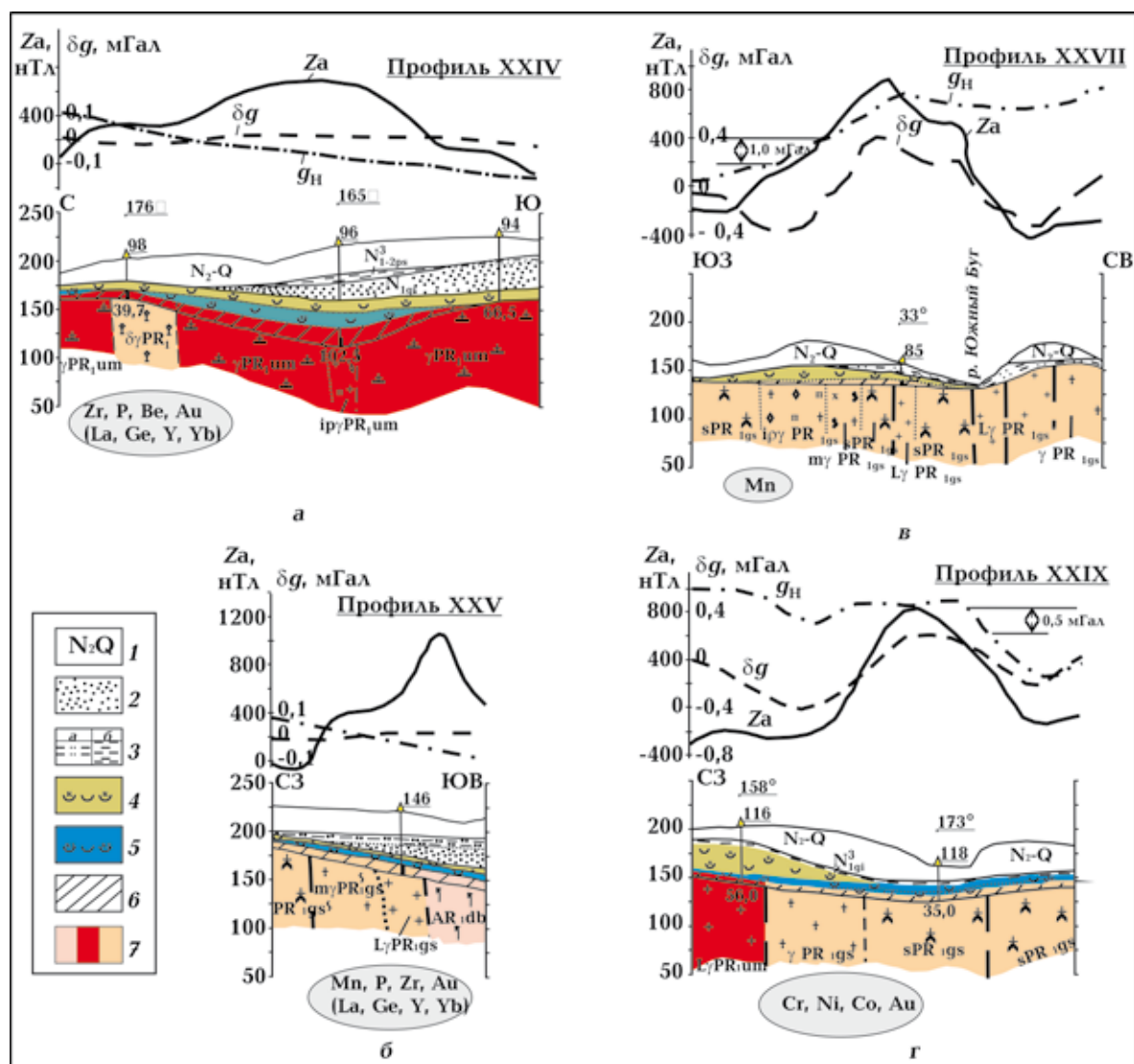


Рис. 4. Геологические разрезы вдоль профилей XXIV, XXV, XXVII, XXIX, по [Ентин, Лукаш, 1998]: 1 — нерасчлененные поздненеогеновые и четвертичные отложения; 2 — пески; 3 — супеси, суглинки (а), глины (б); 4, 5 — кора выветривания (4 — каолиновая, 5 — гидрослюдистая); 6 — зона дезинтеграции; 7 — кристаллический фундамент.

ной части магнитной полосы на местности путем проведения здесь профильной магниторазведки с шагом наблюдений 20 м и параллельно детально обследовать все обнажения кристаллических пород в зоне магнитной аномалии, чтобы попытаться обнаружить эти аномалиеобразующие магнитные породы в естественном залегании.

Результаты профильных наблюдений (рис. 5) в сопоставлении с данными старых площадных съемок, несмотря на редкую и неоптимальную (широтную) сеть наблюдений последних, свидетельствуют

об их хорошей сходимости. Подтверждена сложная внутренняя структура строения магнитной полосы, которая в поперечном сечении характеризуется наличием одного основного и 2-3 сопутствующих ему менее интенсивных максимумов. Амплитуда основного максимума может достигать и даже превышать 1000—1500 нТл.

При обследовании местности, в зоне северного экзоконтакта юго-западного окончания полосовой магнитной аномалии (см. рис. 1), в стенке заброшенного карьера, среди вмещающих гранитоидов С. В. Мы-

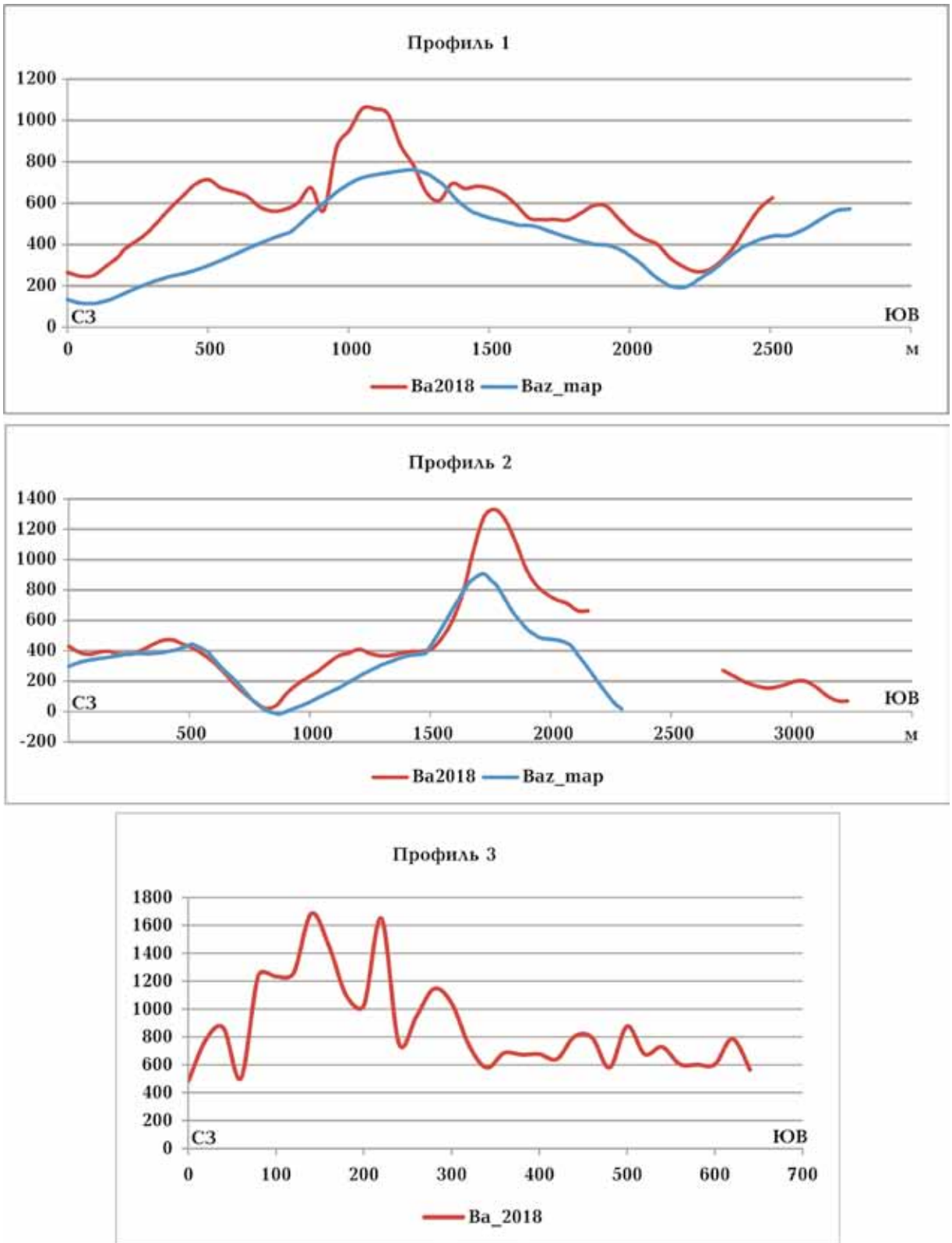


Рис. 5. Результаты контрольно-детализационных наземных магнитных (ΔT_a) наблюдений в районе изучаемой полосы магнитных аномалий, выполненных в 2018 г.: 1 — аномалии ΔT_a 2018 г., 2 — аномалии Z_a по результатам прежних съемок. Положение профилей 1—3 показано на рис. 1. Наблюдения на профиле 3 из-за близости железной дороги не были продолжены на северо-запад до выхода в нормальное поле.

чаком и Е. Б. Поляченко было обнаружено приуроченное к открытой трещине обнажение магнитной породы, визуально соответствующее *структуре и типу дайковых образований* (рис. 6). Отобранные образцы из этого обнажения были изучены в ИГФ, ИГМРНАН Украины и ГП «УГК». Еще в одном обнажении, расположенном в 100 м южнее, но также в пределах изучаемой аномалии, вскрывается контакт серых и розовых гранитов соответственно уманского и гайсинского комплексов [Мичак та ін., 2018; Muchak et al., 2018].

Отобранные образцы породы дайкового типа обладают относительно высокой степенью индуктивного намагничивания ($\chi = (40 \div 60) \cdot 10^{-3}$ ед. СИ) и плотностью ($\sigma = 2,84$ г/см³). Изучение пространственного положения эллипсоида анизотропии магнитной восприимчивости (АМС) показывает (рис. 7), что его длинная ось ориентирована диагонально и относительно горизонта (наклон 35°), и относительно простирания изучаемой магнитной аномалии (азимут ориентации эллипсоида 97°), а коэффициент анизотропии $P_{1,3}$ составляет 1,3—1,5 [Звіт..., 2018]. Это позволяет сделать вывод, что изученный образец магнитоактивной породы перемещался в пространстве относительно своего первоначального положения в теле материнской магнитоактивной полосы и по его элементам залегания невозможно точно определить элементы залегания этой полосы. Такие обстоятельства могут быть следствием нескольких причин. Не исключено, что отобранный из обнажения образец является фрагментом дайкового тела трещинного типа, лишь оперяющего главную тектоническую структуру, и по этой причине не способного характеризовать положение последней. Возможно, что предполагаемая дайка через некоторое время после своего внедрения подверглась воздействию тектонических процессов, в результате чего была выведена из своего автохтонного положения и разбита на отдельные фрагменты.

Тектонофизические исследования сводились к измерению элементов залегания

трещиноватости кристаллических горных пород в пределах аномалии, так как все породы, вскрытые в обоих обнажениях, характеризуются в большинстве случаев массивной текстурой. Стереограммы трещиноватости приведены на рис. 8.

Учитывая, что простирание изучаемой магнитной аномалии и Маньковской зоны разломов 69°, основная масса трещин в обоих обнажениях образует систему L'- и L-сколов, перпендикулярных и параллельных зоне разлома (азимуты и углы падения L' — 230÷250/85°, L — 153/55÷68° и L — 340/85°). Наиболее ярко выражена система L'-сколов, представленная трещинами высотой до 8—10 м. Еще одна система трещин, наблюдаемая в обоих обнажениях, имеет элементы залегания 290/85°, т. е. ориентирована под углом 47° к простиранию зоны разлома.

Поскольку элементы залегания изученной трещиноватости прямо связаны с простиранием Маньковской зоны разломов, можно предполагать эту связь и генетической, т. е. обусловленной процессом разломообразования. Кинематическая интерпретация показывает, что главные оси сжатия и растяжения σ_1 и σ_3 могут занимать как минимум два альтернативных положения (верхняя полусфера).

Вариант 1: L' — 230÷250/85°, L — 340/85°. а) σ_1 — 15/00°, σ_3 — 285/10°; б) σ_1 — 25/00°, σ_3 — 295/10°; средние значения: σ_1 — 20/00°, σ_3 — 290/10°.

Вариант 2: L' — 230÷250/85° (среднее 240/85°), L — 153/55÷68° (среднее 153/62°); σ_1 — 200/23°, σ_3 — 103/12°.

Как видим, оба варианта интерпретации по разным системам трещин дают, на первый взгляд, альтернативные, однако кинематически близкие поля напряжений: северо-восточное — юго-западное сжатие и северо-западное — юго-восточное растяжение. Различие только в наклоне главных осей, но в любом случае они субгоризонтальны. Положение оси сжатия относительно направления разлома указывает на его левосдвиговый тип, что подтверждается и разворотом отдельных участков изучаемой магнитной аномалии по типу



Рис. 6. Обнажение горных пород в заброшенном карьере у с. Чернятка (координаты 48°29'9,456"N, 29°41'2"E): а — контакт магнитоактивной породы дайкового типа (на переднем плане) с гранитоидами гайсинского комплекса, б — отобранный образец магнитоактивной породы. Фото С. В. Мычка.

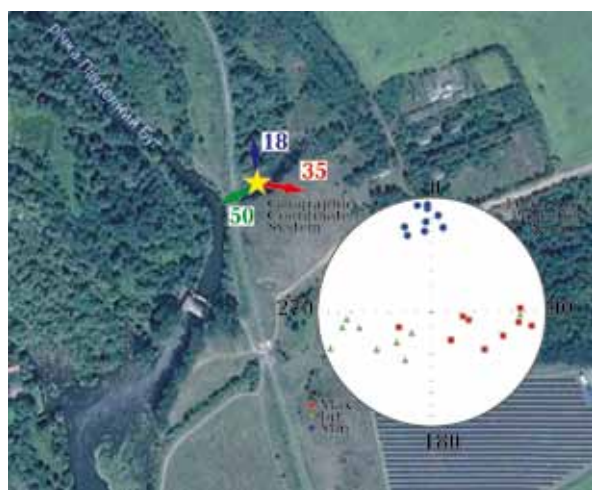


Рис. 7. Результаты определения эллипсоида анизотропии магнитной восприимчивости (АМС) магнитоактивной породы из заброшенного карьера вблизи с. Чернятка. Красной стрелкой на карте и красными точками на стереограмме показана ориентация длинной оси эллипсоида АМС, зелеными — средней и синими — короткой.

структур подворота. Система трещин 290/85° ориентирована субперпендикулярно оси растяжения σ_3 , поэтому может быть отнесена к трещинам отрыва.

В ИГМР НАН Украины были переданы для изучения образцы, отобранные как непосредственно из магнитоактивной породы, так и вмещающих гранитоидов. Пет-

рографическое исследование и описание шлифов осуществлялось В. Н. Бельским с помощью оптического поляризационного микроскопа ECLIPSELV100POL (Nikon) в сквозном и отраженном свете. Микрозондовое изучение аншлифов выполнено в рентгеновском микроанализаторе JXA-733. Режим измерения: EDS (энергодисперсионный спектрометр), ускоряющее напряжение 20 кВ, сила тока 20 нА, локальность зонда 1—3 мкм, погрешность измерения 0,02 %.

Изучены четыре образца: образец № 1 — магнитоактивная порода дайкового облика, образцы № 2—4 — вмещающие гранитоиды (также магнитоактивные) на расстоянии от контакта, 0,1, 1,5 и 4 м соответственно.

Микрозондовый анализ позволил четко разделить минералогические особенности предполагаемой дайки и вмещающих пород. По пороодообразующим минералам дайка выделяется присутствием роговой обманки и полным отсутствием КПШ и кварца. Состав плагиоклаза изменяется от полностью андезинового в дайке к преимущественно анортитовому во вмещающих гранитоидах (табл. 1, 2).

Роговая обманка по содержанию кремнезема и соотношению железа и магния

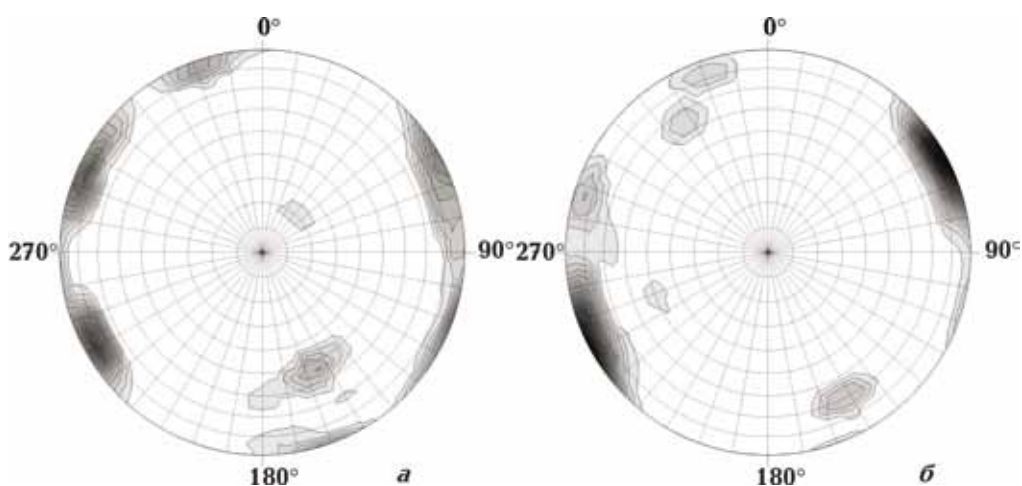


Рис. 8. Стереогаммы азимутов падения трещиноватости гранитоидов уманского и гайсинского комплексов, залегающих совместно (перемежающихся) в пределах изучаемой полосы магнитных аномалий: *а* — обнажение 1 (гранитоиды уманского и гайсинского комплексов), *б* — обнажение 2 (гранитоиды с включением магнитоактивной породы дайкового типа).

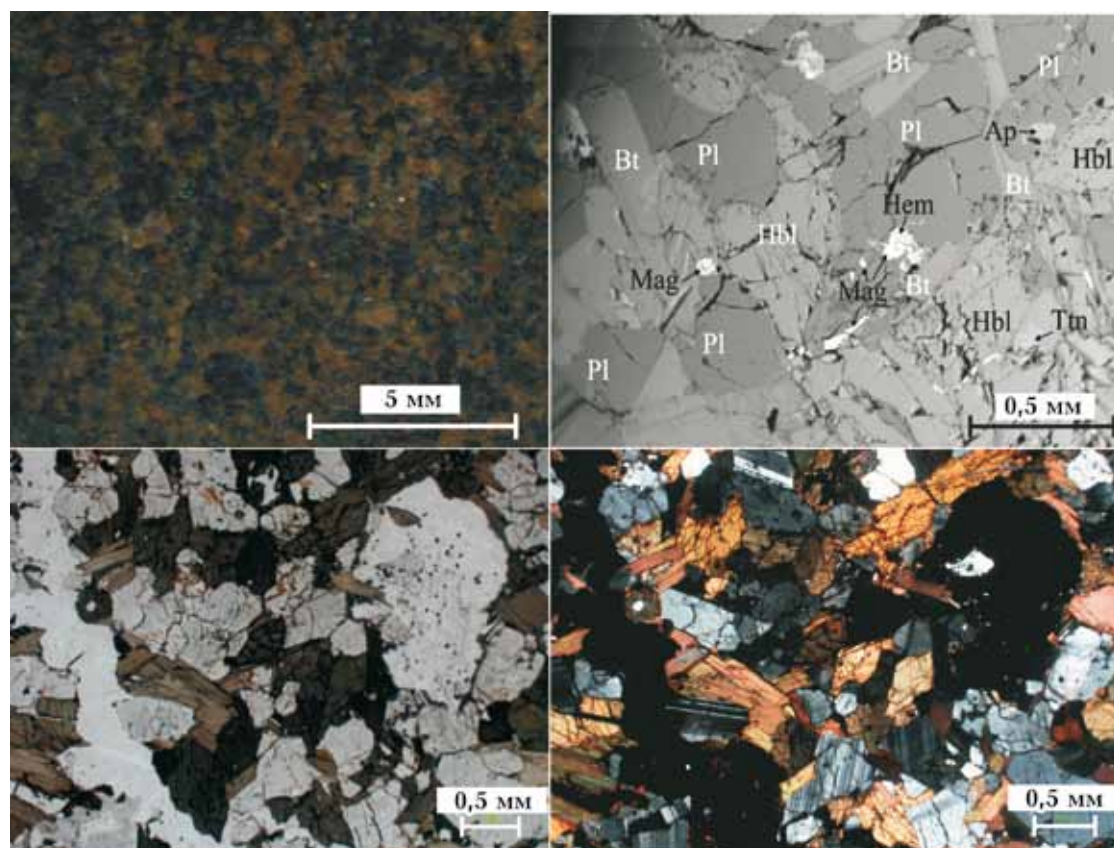


Рис. 9. Аншлиф в естественном свете и отраженных электронах и шлиф образца № 1. Фото В. Н. Бельского. Аншлиф: текстура — массивная, структура — микрозернистая. Цвет светлых минералов — оливково-зеленый с рыжим оттенком. Распределение окраски — пятнистое. Шлиф: текстура — массивная, структура — призматически-зернистая. Содержание: Pl — 40—45 %, Bt — 20—25 %, Hbl — 30—35 %, рудные и акцессорные: апатит, титанит (сфен) — 3—5 %. Дополнительные данные: плагиоклаз — зерна преимущественно неправильной формы, двойники узкие и клиновидные, зональности нет; роговая обманка — габитус короткотаблитчатый, часто зерна неправильной формы, цвет — бледно-зеленый; биотит — габитус таблитчатый, цвет светло-коричневый. Намагниченность породы вызвана наличием в ее составе магнетита и гематита

Т а б л и ц а 1. Химический состав плагиоклазов изученных пород

Содержание	Образец 1					Образец 2				Образец 3	Образец 4			
	2	3	4	5	Средний	31	44	49	Средний		53	61	67	71
Na ₂ O	6,56	6,17	5,63	6,59	6,24	8,6	6,8	7,71	7,70	7,83	6,44	9,36	8,65	8,15
MgO	0,25	0,21	0,28	0,27	0,25	1,4	0,11	0,22	0,58	0,17	0,18	1,23	1,21	1,22
Al ₂ O ₃	27,9	27,81	28,58	27,93	28,06	25,97	27,18	26,88	26,68	26,08	26,23	25,36	25,53	25,71
SiO ₂	56,73	57,36	57,21	56,39	56,92	57,47	60,98	58,32	58,92	58,39	60,06	57,56	58,18	58,60
P ₂ O ₅	0,52	0,19	0,44	0,38	0,38	0,35	0	0,2	0,18	0,33	0,31	0	0	0,10
K ₂ O	0,23	0,16	0,13	0,21	0,18	0,19	0,52	0,33	0,35	0,21	0,42	0,21	0,23	0,29
CaO	7,63	7,75	8,18	8,06	7,91	5,7	5,5	5,98	5,73	6,1	6,27	5,53	5,35	5,72
TiO ₂	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0,00	0,05	0,03	0	0	0,01
FeO	0,18	0,35	0,13	0,17	0,21	0,02	0,03	0,36	0,14	0,07	0,07	0,16	0	0,08
MnO	0	0	0	0	0,00	0,11	0	0	0,04	0,13	0	0	0	0,00
Суммарно	100	100	100,58	100	100,15	99,81	101,12	100	10,32	99,36	100,01	99,41	99,15	99,88

Т а б л и ц а 2. Соотношение количества окислов калия-натрия и железа-магния в плагиоклазах

Образец 1		Образец 2		Образец 3		Образец 4	
K ₂ O/Na ₂ O ?10	FeO/MgO	K ₂ O/Na ₂ O ?10	FeO/MgO	K ₂ O/Na ₂ O ?10	FeO/MgO	K ₂ O/Na ₂ O ?10	FeO/MgO
0,29	0,84	0,45	0,24	0,27	0,41	0,36	0,07

попадает в область чермакита (рис. 10).

Биотит из всех проб на первый взгляд существенно не различается по химическому составу. Однако после вынесения результатов анализов на классификационную диаграмму (рис. 11) удалось зафиксировать небольшую разницу по соотношению Fe к Mg. Также минералы образца № 1 образовали скопления слева (темные точки обведены штриховой линией), а минералы из вмещающих пород расположились справа (светлые точки обведены пунктирной линией).

Рудные вкрапления оксидов железа в породе образца № 1 равномерно распределены и четко разделены на две фазы — гематит и магнетит. Во вмещающих гранитоидах оксиды железа образуют на

порядок большие по размерам скопления в ассоциации с ильменитом (см. рис. 9). Очень редко в оксидах железа встречаются вкрапления пирита, однако такие явления зафиксированы во всех пробах.

Из аксессуарных минералов в породе образца № 1 встречается титанит, а во вмещающих породах — циркон. Апатит — единственный минерал, который равномерно распространен во всех отобранных пробах.

Полученные результаты микроскопического и микрозондового исследования образцов породы дайкового типа и вмещающих образований позволили сделать следующие предварительные выводы.

- В соответствии с составом плагиоклаза и роговой обманки в образце № 1 *PT*-условия формирования горной по-



Рис. 10. График распределения роговой обманки в зависимости от химического состава, по [Метаморфизм..., 2001].

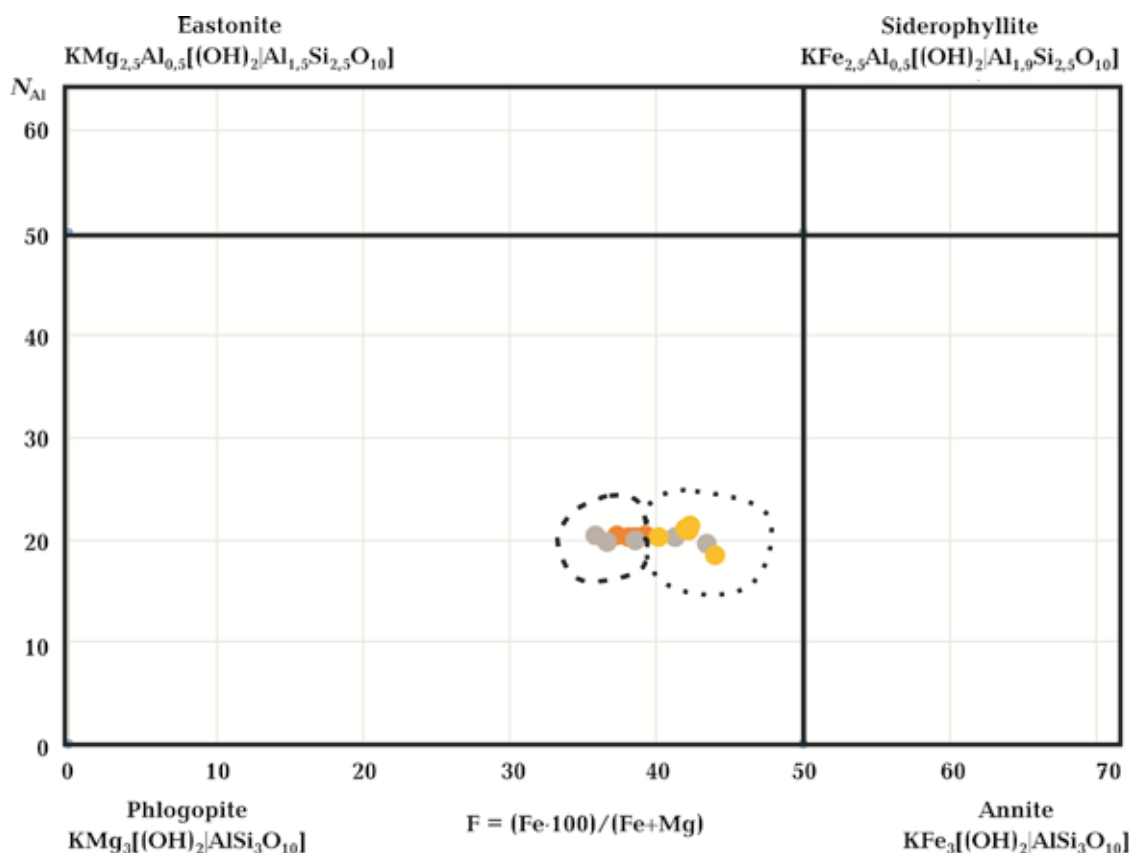


Рис. 11. Химический состав биотита на классификационной диаграмме для слюд [Rieder et al., 1998] (по-яснение в тексте).

роды составляли: $T = 817$ °C [Blundy, Holland, 1990], $P = 510 \div 670$ МПа (расчеты давления выполнены методами

[Hammarstromand, Zen, 1986; Hollister et al., 1987; Johnsonand Rutherford, 1989; Schmidt, 1992]). Роговообманково-био-

титовый термометр указывает на температуру формирования 713 °С [Wu et al., 2002]. Используя метод вычисления температуры формирования биотита, описанный в работе [Henry, 2002], получаем температуру 744,4 °С. Основываясь на приведенных результатах, можно сделать вывод, что температура формирования предполагаемой дайки была в диапазоне 713—817 °С, а давление составляло 510—670 МПа.

- Состав плагиоклаза изменяется от контакта с дайкой в сторону увеличения альбитового компонента в гранитах.
- В соответствии с установленным минеральным составом и другими признаками для образца № 1 в данном случае мы имеем дело с небольшой дайкой, представленной породами основного состава. Наиболее распространенные породы основного состава для Среднего Побужья — габброиды. Однако, как будет показано в дальнейшем, полное отсутствие в этом шлифе пироксена и признаков вторичной амфиболизации, специфический характер состава амфибола не дают основания отнести эту породу к габброидам. По всем признакам это свежая, не измененная вторичными процессами порода основного состава, кристаллизация которой протекала в неглубоких условиях по типу диабазов.

Изучение образцов № 2—4 показало, что все они относятся к гранитоидам: № 2 (0,1 м от образца № 1) — гранит биотитовый массивной текстуры и среднезернистой, гипидиоморфозернистой структуры; № 3 (1,5 м) — гранит биотитовый массивной текстуры и гипидиоморфозернистой структуры, частично катаклазированный; № 4 (4 м) — плагиогранит биотитовый массивной текстуры, кристаллической структуры, иногда напоминает мигматит.

- В образцах биотитового гранита № 2 и 3, отобранных в 0,1 и 1,5 м от дайки, присутствуют плохо дифференцированные смеси оксидов железа и титана, что является признаком быстрого остывания расплава.

- Присутствие пертитов, мирмекитов и антипертитов, неоднородное погасание кварца и плохо дифференцированная смесь оксидов железа в гранитах образцов № 2 и 3 указывает на прохождение метасоматических процессов в приконтактной зоне дайки. Высокое содержание акцессорного апатита позволяет допустить, что метасоматические процессы проходили в условиях обогащения P_2O_5 .
- Трещиноватость крупных зерен и гранобластовая структура кварца в образце № 4, неоднородное «облачное» погасание кварца в образцах № 3 и 4 являются признаком деформационных процессов (катаклаза, тектонобластеза), имевших место как при формировании дайки, так и при перемещениях по зафиксированной здесь зоне разлома.

Следует отметить, что выводы относительно образования породы дайкового типа, преимущественно роговообманкового состава, в условиях высоких PT -значений в сочетании с быстрым остыванием внедрившейся дайки могут быть непротиворечивыми только в том случае, если эту температуру и давление связывать не с глубоким современным эрозионным срезом, а с термодинамикой процессов, происходивших при внедрении дайки и одновременных сдвиговых перемещениях по разлому на относительно небольшой глубине. Другими словами, выводы о глубинности процессов на основании PT -условий минералообразования практически всегда дают завышенные глубины, так как не учитывают кинематические факторы (см., например, [Гинтов и др., 2016]).

Учитывая, что полученные данные представляют для региона Среднего Побужья определенную новизну, главным геологом Центра региональных геологических исследований Ю. В. Гейко было принято решение выполнить дополнительный просмотр проанализированных выше шлифов в ГП «УГК», результаты которого представлены ниже.

Шлиф № 1. Минеральный состав: роговая обманка (35—40 %), биотит (8—10 %),

плаггиоклаз (50—55 %). Структура панидиоморфнозернистая, лампрофировая. Роговая обманка темно-зеленого цвета с плеохроизмом до желто-зеленого образует отдельные удлиненные фенокристаллы размером до 2—2,5 мм и более, а также мелкие зерна неправильной формы. Между ними расположены таблитчатые зерна плаггиоклаза величиной от 0,3—0,4 до 0,6—0,8 мм с четко выраженными тонкими двойниками. Биотит темно-коричневый с характерным плеохроизмом, развивается по роговой обманке или образует отдельные пластинки в межзерновом пространстве. Акцессории — апатит, рудный.

По минеральному составу и структуре породы можно назвать спессартитом (лампрофир диоритового состава). По данным определения физических свойств плотность (σ) образца 2,84 г/см³; магнитная восприимчивость (χ) $550 \cdot 10^{-5}$.

Шлиф № 2. Минеральный состав: преобладает плаггиоклаз (75—80 %), кварц в межзерновом пространстве (не более 5%), биотит (15—20 %), реликты роговой обманки (ед.з.). Акцессории — рудный, апатит. По минеральному составу это ультраметаморфическая диоритоподобная порода ($\sigma=2,65$ г/см³; $\chi=3900 \cdot 10^{-5}$).

Шлиф № 3. Катаклазированный гранит с примерно равным содержанием микроклина и плаггиоклаза, 25—30 % кварца и 2—3 % биотита. ($\sigma=2,64$ г/см³; $\chi=1370 \cdot 10^{-5}$).

Шлиф № 4. Катаклазированный гранит с несколько большим (5—10 %) содержанием биотита и единичными зернами микроклина ($\sigma=2,63$ г/см³; $\chi=665 \cdot 10^{-5}$).

Как видно, дополнительно проведенными исследованиями были подтверждены дайковая природа породы шлифа № 1 и прямые признаки тектогенеза (катаклаза) во вмещающих гранитоидах этой тектонической зоны. Вместе с тем, в связи с появившимися новыми нюансами при описании шлифа № 1, в частности с отмеченными специфическими фенокристалловыми формами роговой обманки, возникла некоторая неоднозначность в определении названия этой породы, которая могла бы разрешиться при наличии ее полного химиче-

ского анализа. В связи с этим в ИГМР был проведен рентген-флуоресцентный анализ (РФА) всех четырех отобранных образцов, результаты которого приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3. Результаты РФА образцов № 1—4 и данные силикатного (химического) анализа образцов № 1 и 2 (в знаменателе)

Элемент	Номер образца			
	2	3	4	5
Na ₂ O	$\frac{2,81}{3,52}$	$\frac{4,02}{4,14}$	3,3	2,95
MgO	$\frac{7,67}{6,10}$	2,74	2,01	2,06
Al ₂ O ₃	$\frac{18,72}{18,40}$	17,53	16,42	17,25
SiO ₂	$\frac{43,65}{46,00}$	$\frac{62,05}{63,35}$	65,24	64,39
P ₂ O ₅	0,82	0,35	0,18	0,26
SO ₃	0,64	0,12	0,02	0,04
K ₂ O	$\frac{2,37}{1,80}$	$\frac{1,74}{1,25}$	3,92	4,91
CaO	$\frac{7,84}{9,63}$	4,93	3,05	2,68
TiO ₂	$\frac{1,16}{1,09}$	0,48	0,65	0,70
V ₂ O ₅	0,06	0,01	0,01	0,02
MnO	0,16	0,07	0,04	0,03
Fe ₂ O ₃	$\frac{13,48}{12,4}$	5,65	4,85	3,81
CuO	0,02	0,02	0,01	0,01
ZnO	0,01	0,01	0,01	0,01
Rb ₂ O ₃	0,01	0,01	0,01	0,02
S ₂ O	0,19	0,08	0,08	0,08
ZrO ₂	0,03	0,02	0,02	0,01
BaO	0,25	0,07	0,15	0,18
La ₂ O ₃	<0,007	0,02	<0,001	<0,001
CeO ₂	0,03	0,04	<0,001	<0,009
Pr ₆ O ₁₁	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Nd ₂ O ₃	<0,005	0,01	<0,001	<0,005

ки подтверждают материалы старых магнитных съемок масштаба 1:50 000, свидетельствующие о существовании линейной полосы магнитных аномалий (аз. 69°) повышенной напряженности и сложного внутреннего строения, занимающей секущее положение относительно общего простирания породных комплексов района, что свидетельствует о ее приразломной природе.

– Результаты микроскопического изучения шлифов гранитоидных пород, отобранных непосредственно в зоне северного экзоконтакта протяженной Маньковской структуры, позволили однозначно подтвердить ее тектонический характер.

– Тектонофизическими исследованиями установлен кинематический тип Маньковской зоны разломов как субгоризонтального левого сдвига возрастом менее 2,05 млрд лет.

– В юго-западном окончании Маньковской полосы магнитных максимумов по результатам переинтерпретации данных площадных гравиразведки и магниторазведки установлена неординарная изометричная структура предполагаемого магматического очага, требующая дальнейшего более детального геолого-геофизического изучения.

– Обнаруженное в обнажении вблизи с. Чернятка небольшое тело первичного интрузивного облика является, вероятно, фрагментом, оторванным от первичной дайковой структуры и развернутым в результате активизации тектонической деятельности в этом регионе, либо автохтонным трещинным дайковым телом самостоятельного генезиса, структурно и генетически связанным с основным тектоническим линеamentом.

– Полученные результаты петрографо-минералогического анализа и лабораторного изучения химического состава образца породы дайкового типа не дают возможности с полной уверенностью говорить о составе и генезисе данной породы, но, без сомнения, она относится к нетипичным для этого региона дайковым субщелочным образованиям (лампрофирам типа спессар-

тита ?) и требует дальнейшего изучения.

– Определенные по результатам петрографического изучения вмещающие предполагаемую дайку породы как гранитоиды нормального или диоритоподобного типа по результатам химического анализа попадают в поле субщелочных пород — субщелочных кварцевых диоритов и субщелочных гранитов.

– Комплексный анализ геофизических и петрографо-минералогических материалов позволяет рассматривать все южное крыло Маньковской зоны разломов, представленное полосой магнитного поля повышенной напряженности, секущей общий структурный план пород кристаллического фундамента, как результат тектонической переработки пород гранитгранодиоритового состава гайсинского комплекса и воздействия на них сопутствующих вторичных метасоматических процессов. Отмеченные в этих образованиях скопления магнетитовых зерен, которые и обуславливают их повышенную намагниченность, могут формироваться за счет перераспределения железа из более древних останцов пород базит-ультрабазитового состава, либо за счет поступления железа с флюидами Маньковской разломной зоны. Насыщение последней дайковыми образованиями различного состава, в том числе по типу образца № 1, происходило на более позднем этапе ее тектонической активизации.

– Сделано предположение о возможном внедрении вдоль всего контакта двух блоков земной коры ПГРР серии (роев) даек, представленных субщелочными образованиями среднего и основного состава, которые, несмотря на свою повышенную намагниченность, на фоне сильномагнитных гранитоидов (собитов) могут не проявляться в магнитном поле.

– Уточненные данные о геологической природе Маньковской полосы магнитных аномалий нашли отражение в составленной схематической геологической карте района.

– Задачей последующего этапа геолого-геофизического изучения района Мань-

ковской полосы магнитных аномалий должно стать установление возможной генетической и пространственной связи известных здесь высококонтрастных геохимических аномалий золота (Au), редких металлов и редких земель (Be, Sn, Zn, Mn, P, Zr), а также хрома, никеля и кобальта с установленными дайковыми породами субщелочного состава или другими образованиями, находящимися непосредственно в зоне этого тектонического линеамента.

– Учитывая новизну полученных геолого-геофизических данных по зоне Маньковской полосы магнитных аномалий, их научное значение и поисковые перспективы, считаем целесообразным обратиться к Госгеолслужбе Украины об изыскании возможностей проведения здесь целевого бурения для получения перекрытого разреза и отбора образцов кристаллических пород в коренном залегании.

– Бурению на выбранном локальном

участке должны предшествовать площадные детальные магниторазведочные работы для построения достоверной схемы морфокинематических придайковых дислокаций и точного определения направления падения горных пород.

Благодарности. Авторы выражают благодарность заведующему отделом геомагнетизма ИГФ НАН Украины, д-ру геол. наук М. И. Орлюку и канд. геол. наук М. И. Бакаржиевой и В. В. Друкаренко за организацию магнитометрических наблюдений в пределах рассмотренной полосы магнитных аномалий и лабораторный анализ магнитных свойств отобранных образцов; зав. отделом петромагнетизма и морской геофизики д-ру геол. наук В. Г. Бахмутову за организацию петромагнитных исследований в пределах полосы магнитных аномалий; начальнику лаборатории ГП «УГК» Д. Р. Спектору за содействие в проведении силикатных (химических) анализов отобранных образцов горных пород.

Список литературы

- Барабанова А. П., Цымбал П. Н. Отчет Винницкой геофизической партии за 1956 г. Киев: Геолфонды, 1957, 183 с.
- Гинтов О. Б., Ентин В. А., Мычак С. В., Павлюк В. Н., Зюльцле В. В. Структурно-петрофизическая и тектонофизическая основа геологической карты кристаллического фундамента центральной части Голованевской шовной зоны Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2016. Т. 38. № 3. С. 3–28. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v38i3.2016.107777>.
- Дзидзинский А. А. Результаты аэромагнитной съемки масштаба 1:25 000 и 1:50 000 территории Украинского Приднестровья. Отчет аэрогеофизической партии за 1986–1989 гг. Киев: Фонды ДНВП «Геоинформ», 1989, 140 с.
- Довгань Р. Н., Ентин В. А., Павлюк В. Н. Бандуровская палеовулканическая структура и связанные с ней перспективы алмазонасности. *Минеральные ресурсы Украины.* 2006. № 4. С. 22–28.
- Ентин В. А., Лукаш В. В. Отчет о результатах по подготовке геофизической и геохимической основы для ГДП-200 платформенного чехла и ГК-200 кристаллического основания листа М-35-XXXVI (Гайворон). Киев: Геолфонды, 1998, 265 с.
- Звіт Інституту геофізики НАН України про науково-дослідну роботу «Геологічна будова Побузького гірськорудного району за сучасними геофізичними і геологічними даними та оцінка його перспектив на корисні копалини». III етап. Київ, 2018.
- Кислюк В. В., Зюльцле В. В., Нікіташ Л. П. Геологічна будова та корисні копалини вододілу річок Південний Буг і Дністер. Звіт про ГДП-200 території аркуша М-35-XXXVI (Гайворон). Київ: Геолфонди, 2011, 460 с.
- Метаморфизм и тектоника: Учебное пособие. Под ред. Е. В. Склярова. Москва: Интермет Инжиниринг, 2001. 216 с.
- Михайлов Н. Д., Лапцевич А. Г., Владыкин Н. В. Щелочные лампрофиры палеозойского маг-

- матического комплекса Беларуси: *Труды X Международного семинара «Глубинный магматизм, его источники и плюмы», Судак, 14—18 сентября, 2010 г.* Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2010, С. 212—224.
- Мичак С. В., Муровська Г. В., Поляченко Є. Б., Бельський В. Н. Напружено-деформований стан земної кори Побузького гірничорудного району на ділянці Гайворон—Завалля. *Геофиз. журн.* 2018. Т. 40. № 2. С. 95—107. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i2.2018.128933>.
- Нечаев С. В., Гинтов О. Б., Мычак С. В. Связь редкометалльно-редкоземельного и золотого оруденения с разломно-блоковой тектоникой Украинского щита. 2. *Геофиз. журн.* 2019. Т. 41. № 2. С. 58—83. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i2.2019.164450>.
- Павлюк В. М., Бобров О. Б., Висоцький Б. Л., Довгань Р. М., Жовинський Е. Я., Костенко М. М., Ликов Л. І., Цимбал С. М. Звіт за темою «Геологія, петрологія, геохімія, вік та рудоносність мафіт-ультрамафітових асоціацій західної частини УЩ». Книги 1-6. Фонд ГП «Українська геологічна компанія». Київ, 2008. 683 с.
- Сержин В. И., Гончаренко К. И. Отчет Побужской геофизической партии за 1957 г. Киев: Геолфонды, 1958, 204 с.
- Blundy, J., & Holland, T. (1990). Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 104(2), 208—224. [10.1007/BF00306444](https://doi.org/10.1007/BF00306444).
- Hammarstrom, J., & Zen, E. (1986). Aluminum in hornblende: An empirical igneous geobarometer. *American Mineralogist*, 71(11-12), 1297—1313.
- Henry, D. J., & Guidotti, C. V. (2002) Titanium in biotite from metapelitic rocks: Temperature effects, crystal-chemical controls and petrologic applications. *American Mineralogist*, 87(4), 375—382.
- Hollister, L. S., Grissom, G. C., Peters, E. K., Stowell, H. H., & Sisson, V. B. (1987). Confirmation of the empirical correlation of Al in hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons. *American Mineralogist*, 72(3-4), 231—239.
- Johnson, M. C., & Rutherford, M. J. (1989). Experimental calibration of the aluminum-in-hornblende geobarometer with application to Long Valley caldera (California). *Geology*, 17(9), 837—841. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1989\)017<0837:ECOTAI>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1989)017<0837:ECOTAI>2.3.CO;2).
- Mychak, S. V., Cherkes, S. I., Farfuliak, L. V., Poliachenko, I. B., & Murovskaya, A. V. (2018). The ratio of deformation structures and magnetic textures of rocks Pobuzhsky ore mining district: *17th International Conference on Geoinformatics — Theoretical and Applied Aspects, 14—17 May 2018, Kiev, Ukraine*. doi: 10.3997/2214-4609.201801851.
- Rieder, M., Cavazzini, G., D'yakonov, Yu. S., Frank-Kamenetskii, V. A., Gottardi, G., Guggenheim, S., Koval', P. V., Müller, G., Neiva, A. M. R., Radoslovich, E. W., Robert, J.-L., Sassi, F. P., Takeda, H., Weiss, Z. & Wones, D. R. (1998). Nomenclature of the micas. *Mineralogical Magazine*, 63(2), 267—296. <https://doi.org/10.1180/002646199548385>.
- Schmidt, M. W. (1992) Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: An experimental calibration of the Al-in-hornblende barometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 110(2-3), 304—310. <https://doi.org/10.1007/BF00310745>.
- Wu, C. M., Pan, Y., Wang, K., & Zhang, J. (2002). A report on a biotite-calcic hornblende geothermometer. *Acta Geologica Sinica*, 76(1), 126—131.

«The Great» dyke of the Bug area

**V. A. Entin, O. B. Gintov, S. V. Mychak, V. N. Belskyi, Yu. V. Geyko,
E. B. Polyachenko, S. I. Guskov, A. V. Marchenko, 2019**

New data of geophysical, geochemical and petrologic studies of the well-known elongated 35km long linear geological structure of predictable fault-dyke nature in crystal-

line basement of the west part of the Bug mining area (Middle Bug area, the Ukrainian shield) have been considered. According to the data of surface magnetic mapping of the scale 1:50 000 the structure is clearly marked in magnetic field by the linear anomaly, up to 1,5 km wide, and intensity not more than 1000 nT, but practically not pronounced in gravity field. The strike of the structure (NE 69°) is cross-cutting to general latitudinal and northwestern direction of geological formations of the studied region. According to the same data, the northwestern flank of the mentioned band of magnetic maxima is accompanied by more than 40 km long clearly pronounced linear minimum corresponding to axial part of the thick inter-block Mankivska fault zone. According to geophysical features, tectonophysical dimensions, extension and direction this tectonic lineament did not have any analogues in the western part of the USh up to now. Spatial-genetic relation of the studied structure and fault zone has been ascertained. Three geochemical Au anomalies have been ascertained in the weathering crust and zone of disintegration of crystalline rocks of the studied structure by geochemical mapping. It is one third of the total number of Au geochemical anomalies revealed by this mapping within the western part of the Bug mining area. Au was observed in complex with highly contrasting anomalies of Mn, Be, P, Zr, Cr, Ni, Co. However geological nature of the studied geochemical anomaly has not been ascertained by geochemical mapping (drilling with core hydro-transportation without entrance into fresh crystalline rocks). Modern works within the northwestern exocontact of this structure a dyke of the unknown in this area crystalline rocks has been found in an exposure among granitoids of the Uman and Gaysyn complexes which could be determined according to the data of microscopic and microprobe studies, chemical analyses, magnetic and density properties ($\chi=(40-60)\times 10^{-3}$ SI units; $s=2,84$ g/sm³) as lamprophyres (spessartite). The studies of enclosing granitoids in contact zone with lamprophyres indicates their active dynamometamorphic and, especially, metasomatic transformation, resulted in their saturation with ferromagnetic, stipulating totally increased magnetization of these formations. Further studies of this structure are recommended both in scientific and exploration purposes.

Key words: dyke, faults, lamprophyres, diorites, magnetic properties, Bug area, the Ukrainian shield, chemical analysis.

References

- Barabanov, A. P., & Tsymal, P. N. (1957). *Report of the Vinnitsa Geophysical Party for 1956*. Kiev: Geolfondy, 183 p. (in Russian).
- Gintov, O. B., Entin, V. A., Mychak, S. V., Pavlyuk, V. N., & Zyltsle, V. V. (2016). Structural-petrophysical and tectonophysical base of geological map of crystalline basement of the central part of Golovanevsk suture zone of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskiy zhurnal*, 38(3), 3—28. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v38i3.2016.107777> (in Russian).
- Dzidzinsky, A. A. (1989). *Results of aeromagnetic survey of 1:25 000 and 1:50 000 scales of the territory of Ukrainian Transdnistria. Report of the Aerogeophysical Party for 1986—1989*. Kiev: Geoinform, 140 p. (in Russian).
- Dovgan, R. N., Entin, V. A., & Pavlyuk, V. N. (2006). Bandurovskaya paleovolcanic structure and the associated prospects for diamondiferous-ness. *Mineralnyye resursy Ukrainy*, (4), 22—28 (in Russian).
- Entin, V. A., & Lukash, V. V. (1998). *Report on the results of the preparation of the geophysical and geochemical basis for the GDP-200 platform cover and GGK-200 of the crystalline base of the sheet M-35-XXXVI (Gaivoron)*. Kiev: Geolfondy, 265 p. (in Russian).
- Report of the Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine on the research work «Geological structure of the Pobuzhsky mining region on the basis of modern geophysical and geological data and assessment of its prospects for mineral resources». (2018). Stage III. Kiev (in Ukrainian).
- Kisliuk, V. V., Zyltsle, V., & Nikitash, L. P. (2011). *Geological structure and mineral resources of the Southern Bug and Dniester watersheds. Report on the DDP-200 of the territory of sheet M-*

- 35-XXXVI (Gayvoron). Kiev: Geolfondy, 460 p. (in Ukrainian).
- Mikhailov, N. D., Laptsevich, A. G., & Vladyskin, N. V. (2010). Alkaline lamprophors of the Paleozoic magmatic complex of Belarus: *Proc. of the 10th International Seminar «Deep Magmatism, Its Sources and Plumes»*, Sudak, September 14—18, 2010 (pp. 212—224). Irkutsk: Publ. house of the Institute of Geography SB RAS (in Russian).
- Mychak, S. V., Murovska, G. V., Poliachenko, E. B., & Belsky, V. N. (2018). Stress-deformed state of the Earth's crust of the Bug mining area in the section Gayvoron-Zavalaye. *Geofizicheskiy zhurnal*, 40(2), 95—107. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i2.2018.128933> (in Ukrainian).
- Nechaev, S. V., Gintov, O. B., & Mychak, S. V. (2019). On a link of rare earth-rare metal and gold-ore mineralization with fault-block tectonics of the Ukrainian Shield. 2. *Geofizicheskiy zhurnal*, 41(2), 58—83. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i2.2019.164450> (in Russian).
- Pavlyuk, V. M., Bobrov, O. B., Vysotskiy, B. L., Dovhan, R. M., Zhovynskyy, E. Ya., Kostenko, M. M., Lykov, L. I., & Tsymbal, S. M. (2008). Report on the topic «Geology, petrology, geochemistry, age and ore content of mafic-ultramafic associations of the western part of the Ush». Books 1-6. State Enterprise Fund «Ukrainian Geological Company». Kyev, 683 p. (in Ukrainian).
- Serzhin, V. I., & Goncharenko, K. I. (1958). *Report of the Pobuzhsky Geophysical Party for 1957*. Kiev: Geolfondy, 204 p. (in Russian).
- Blundy, J., & Holland, T. (1990). Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 104(2), 208—224. 10.1007/BF00306444.
- Hammarstrom, J., & Zen, E. (1986). Aluminum in hornblende: An empirical igneous geobarometer. *American Mineralogist*, 71(11-12), 1297—1313.
- Henry, D. J., & Guidotti, C. V. (2002) Titanium in biotite from metapelitic rocks: Temperature effects, crystal-chemical controls and petrologic applications. *American Mineralogist*, 87(4), 375—382.
- Hollister, L. S., Grissom, G. C., Peters, E. K., Stowell, H. H., & Sisson, V. B. (1987). Confirmation of the empirical correlation of Al in hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons. *American Mineralogist*, 72(3-4), 231—239.
- Johnson, M. C., & Rutherford, M. J. (1989). Experimental calibration of the aluminum-in-hornblende geobarometer with application to Long Valley caldera (California). *Geology*, 17(9), 837—841. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1989\)017<0837:ECOTAI>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1989)017<0837:ECOTAI>2.3.CO;2).
- Mychak, S. V., Cherkes, S. I., Farfuliak, L. V., Poliachenko, I. B., & Murovska, A. V. (2018). The ratio of deformation structures and magnetic textures of rocks Pobuzhsky ore mining district: *17th International Conference on Geoinformatics — Theoretical and Applied Aspects, 14—17 May 2018, Kiev, Ukraine*. doi: 10.3997/2214-4609.201801851.
- Schmidt, M. W. (1992) Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: An experimental calibration of the Al-in-hornblende barometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 110(2-3), 304—310. <https://doi.org/10.1007/BF00310745>.
- Sklyarov, E. V. (Ed.). (2001). *Metamorphism and Tectonics: A Training Manual*. Moscow: Intermet Engineering, 216 p. (in Russian).
- Wu, C. M., Pan, Y., Wang, K., & Zhang, J. (2002). A report on a biotite-calcic hornblende geothermometer. *Acta Geologica Sinica*, 76(1), 126—131.