Depth structures of Madan orefield and their metallogenic importance

Dimcho Yosifov [1], Radi Radichev [2], Christian Tzankov [3]

[1] Scientific and Thechnical union of mining, geology and metallurgy, mdgm@fnts.bg
[2] Department of Applied Geophysics, University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", radirad@mgu.bg
[3] Department of Applied Geophysics, University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", ch.tzankvo@gmail.com

Keywords: geophysical fields, geophysical anomalies, deep faults, metallogeny

The present work is based on a new factual data, which involves gravimetric and geomagnetic maps of the Rhodopes massif, including North Greece as well as a profile line from Panichkovo to Thassos, representing velocity cross-section of Earth's crust estimated according to deep seismic data. Furthermore, materials from other researchers based on different geophysical methods are taken under account. As a result of an integrated interpretation approach, new data about the Earth's crust structure in the Madan orefield area are obtained. This orefield is characterized by high metallogenic productivity based on following:

a) data derived from deep seismic studies proved the existence of major lithospheric rupture located in the southern periphery of Madan orefield – the South Rhodopes deep fault;
b) a crossing between the South Rhodopes and the well-known Central Rhodopes deep faults was estimated. It forms a major tectonic knot called the Madan depth knot. This represents a huge area in the crust characterized by high fragmentation and permeability which had ensured the entrance of magmatic products, thermal energy, fluids and ore-bearing solutions towards the Earth's surface. That is the main reason for the significant metallogenic role of the outlined depth structures.

Дълбочинни структури в Маданското рудно поле и тяхното металогенно значение

Димчо Йосифов [1], Ради Радичев [2], Християн Цанков [3]

[1] НТС по минно дело, геология и металургия, mdgm@fnts.bg
[2] Катедра „Приложна геофизика", Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски", radirad@mgu.bg
[3] Катедра „Приложна геофизика", Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски", ch.tzankov@gmail.com

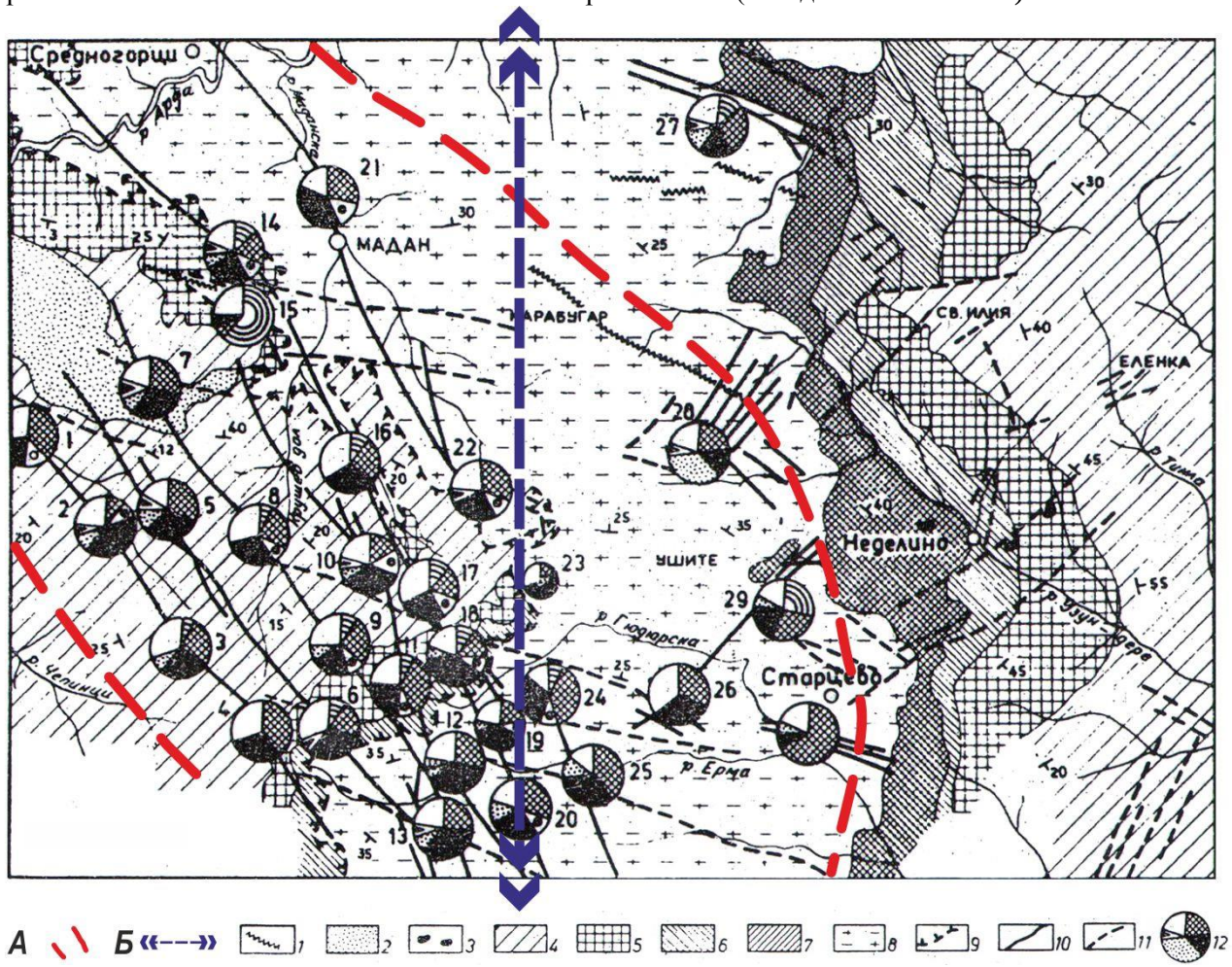
Ключови думи: геофизични полета, геофизични аномалии, дълбочинни разломи, металогения

Въведение

Оловно-цинковите находища на Маданското рудно поле са открити и проучени от Съветската комплексна геоложка експедиция с участието на български специалисти в периода 1949 – 1955 г. Тогава започва и тяхната експлоатация, която прекъсва през 1992 г. и е частично подновена през 2013 г. Геоложкият строеж на района - стратиграфия, литология, тектоника, минерален състав на рудите, рудовместващи и рудоконтролиращи структури са обект на десетки публикации, самостоятелни и колективни, сред които по своето значение се открояват тези на Б. Богданов, Р. Доков, Р. Димитров, Д. Димитров и Б. Маврудчиев. Доказаните значителни промишлени запаси на олово и на цинк – над 120 Mt. показват, че Маданското рудно поле се отнася към групата на големите находища по четиристепенната скала (малки, средни, големи и уникални). Интересът към последните две групи непрекъснато нараства след като се установи, че от тези находища се получава близо 90 % от световният добив на метали (Рундквист, Кравченко 1996). Освен това се доказа, че те се формират на дълбочини, които обхващат и нива на горната мантия. Ето защо изучаването на дълбочинния геоложки строеж и дълбочинните структури на големите и уникални ендогенни находища придобива все по-голяма актуалност и значение. В същото време възможностите на геофизичните методи, във връзка с напредъка в теоретичен, методичен и технически аспект, непрекъснато нарастват, а световната практика показва, че те имат доминираща роля.

Кратка геолого-геофизична характеристика

Районът на Маданското рудно поле е изграден предимно от архайски и протерозойски метаморфни и различни по възраст магмени скали. В локалните депресионни участъци несъгласно на докамбрийския фундамент се разполагат терциерни по възраст седиментни и вулканоседиментни образувания (Фиг. 1) (Богданов 1960). Основна регионална структура е Маданско-Давидковското подуване, а второстепенна – Южнородопската синклинала. В основата на докамбрийския метаморфен комплекс се разполагат архайски гранитогнайси и гранитизирани гнайси, отличаващи се с ниски плътности – 2,63 g/cm^3. Над тях се проследяват биотитови и амфиболитови гнайси и мрамори, чиято плътност варира от 2,65 до 2,70 g/cm^3. Плътността на докамбрийските скали зависи главно от степента и вида на техния метаморфизъм. С най-голяма плътност се отличават амфиболитите – 2,89 g/cm^3 и амфибол-биотитовите шисти – 2,84 g/cm^3 (Ташев, 1967). Архайските и протерозойските метаморфити притежават ниски стойности на магнитната възприемчивост (от 0 до 200-300.10^{-6} SI).



Фигура 1. Геоложка схема на Маданския тектонски възел и едноименното рудно поле.
А) Условна граница на Маданския дълбочинен тектонски възел; Б) Част от профила на сеизмичния скоростен разрез по линия „Паничково – о-в Тасос“.
1. Риолитови дайки; 2. Терциерни брекчо-конгломерати; 3. Щоковидни тела от серпентизирани перидотити; 4. Горна метаморфна задруга – инжекционни гнайси; 5. Графит-съдържащи биотитови гнайси; 6. Тънкоплочести биотитови гнайси; 7. Амфиболити и мрамори; 8. Долна метаморфна задруга (грантизириани гнайси и гранитогнайси); 9. Фронт на Маданския навлак; 10. Рудоносни разломи; 11. Безрудни разломи; 12. Оловно-цинкови находища: 1. Голям Палас; 2. Рибница; 3. Шахоница; 4. Белевица; 5. Остра чука; 6. Мързян; 7. Върба; 8. Крушов дол; 9. Бечовица; 10. Караалиев дол; 11. Петрочица; 12. Ерма; 13. Стратиев камък; 14. Шаренка; 15. Барам; 17. Конски дол; 17. Бориева; 18. Градище; 19. Пшеничище; 20. Метлище; 21. Сивлука; 22. Печинско; 23. Страшимир; 24. Лайков чукар; 25. Крушкова махала; 26. Барска падина; 27. Кривия габър; 27. Еньовче; 28. Шадийца; 29. Омаревско; 30. Страцево.

.

Терциерните отложения са представени от брекчо-конгломерати и мергели. Освен това в локалните депресии са проследени ефузивни скали – латити, риолити и по-рядко андезити. От изследването на физичните свойства на скалите на третичния комплекс и метаморфитите е установена съществена разлика в плътността от – 0,2 – 0,3 g/cm^3. От друга страна вулканските образувания притежават почти 10 пъти по-висока магнитна възприемчивост. Тази разлика във физичните параметри на скалите, изграждащи Маданското рудно поле е доста благоприятна за прилагане на регионални геофизични изследвания.

В строежа на Маданското рудно поле и неговата периферия съществена роля принадлежи на разломите, отличаващи се както по ранг, така и по направления. Районът се пресича почти в диагонал от Маданско-Михалковския разломен сноп. В южната му част е проследен Смилянския разлом. Освен тези по-крупни разломни нарушения в границите на рудното поле са проследени още две групи локални разкъсвания: а) запад-северозападни (290° – 300°) и б) север-северозападни (335° – 350°). В резултат на интерпретацията на гравитационното поле бе набелязана Централнородопската разломна зона (Велчев и др. 1970), която след това бе характеризирана по комплекс от геофизични данни и бе изяснено и нейното металогенно значение, като дълбочинна магмопроводяща, рудоконцентрирсща структура (Йосифов,1985,2007).

В Маданското рудно поле са проследени 6 основни рудоносни разломи, към които са привързани всички известни крупни находища. От запад на изток те са както следва: 1. Голям палас – Рибница – Шахоница – Белевица; 2. Остра чука – Мързян – Тънковица; 3. Върба – Крушов дол –Букавица – Стратиев камък; 4. Караалиев дол – Петровица – Ерма река; 5. Барем – Шаренка – Конски дол – Бориева – Градище – Гюдурска – Метливко; 6. Сполука – Печинско – Страшимир – Лайков чукар – Крушева махала. Находищата са представени главно от кварц-сулфидни или кварц-карбонатни-сулфидни жили. Тяхната дебелина варира от няколко сантиметра до 15 – 20 метра (най-често до няколко метра). Освен жилния тип са установени и метасоматични залежи, отличаващи се с по-висока концентрация на полезните компоненти. Основни първични рудни минерали са: сфалерит, галенит и пирит, а нерудни кварц, калцит, хлорит и др. Главни рудни елементи са оловото, цинкът и медта, а второстепенни – кадмий, сребро, бисмут, телур, кобалт, галий и индий. Основните геоложки особености показват, че оловно-цинковите находища в Маданското рудно поле (както и останалите в Централните Родопи) се отнасят към типично хидротермалните и главното – имат доказана парагенетична връзка с еоцен-олигоценовия колизионен магматизъм.

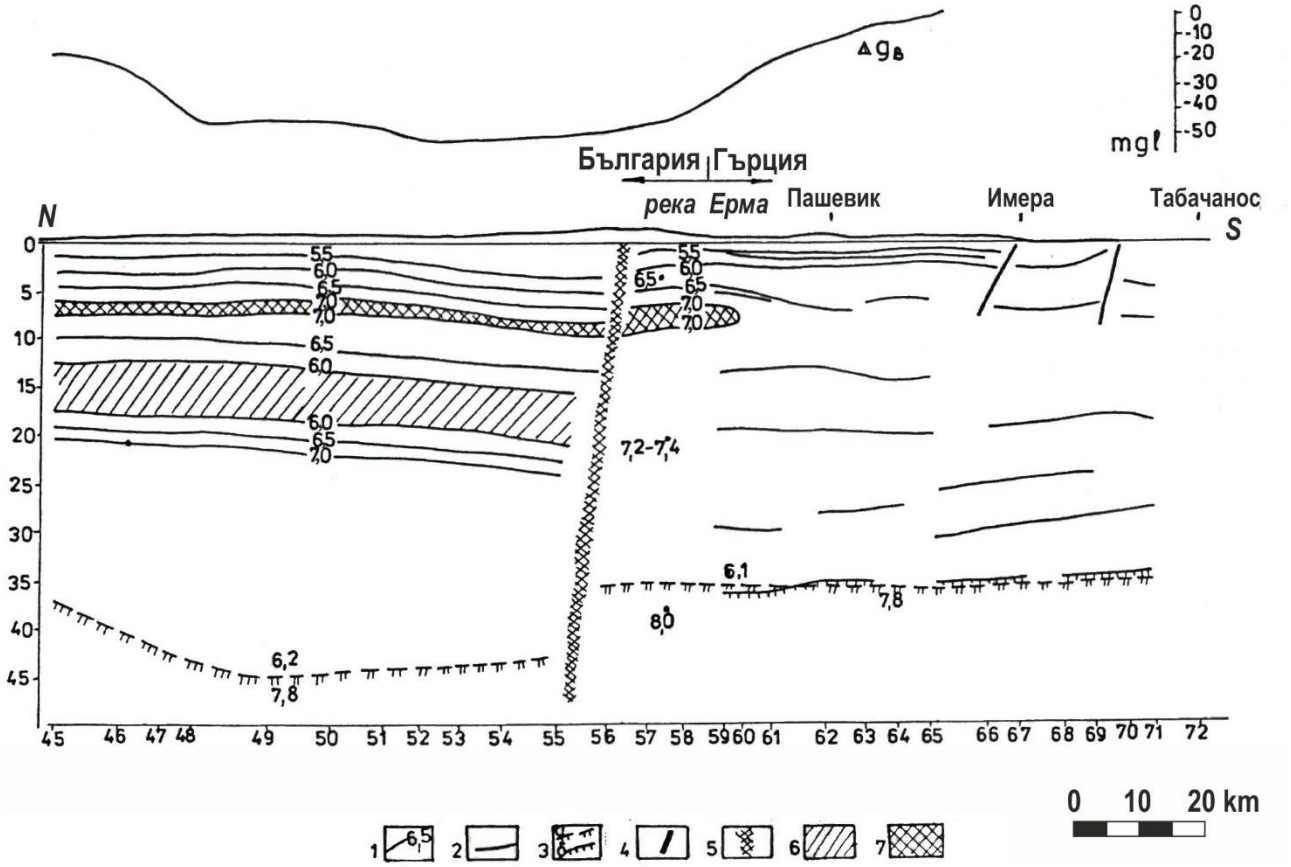
В светлината на геофизичните данни Маданското рудно поле се разполага в югоизточната част на регионалния минимум на полето на силата на тежестта (Фиг. 3) Неговата източна периферия е ограничена от Централнородопското гравитационно стъпало, а южната граница на рудното поле се определя също от регионален гравитационен преход – Южнородопски гравитационно стъпало. Последният е изявен след свързването на гравиметричните карти на България и Гърция, осъществено при сътрудничеството на геофизиците от двете страни. Магнитното поле се отличава с ниски стойности, но на този фон се откроява Маданската позитивна магнитна аномалия.

Анализ на геофизичната информация

Геофизичното изучаване на дълбочинните структури по своята същност е регионална задача, тъй като те се отличават със значителни размери и могат да заемат в план хиляди квадратни километри, а в дълбочина корените им да достигат горната мантия. Към тях се отнасят различни по ранг и посока дълбокопроникващи в земната кора разкъсвания и навличания, блокови структури и дълбокоразположени геоложки и геофизични граници и др. Изучаването на тези структури предполага сравнително добра регионална геофизична изученост: наличието на дребно и средномащабни карти на потенциалните полета, на разпределението на температурата и топлинния поток, на земетресенията и геофизични разрези в това число и от дълбочинно сеизмичното сондиране и магнито-телуричните изследвания, както и на данни от дистанционните измервания. Сложността на геофизичното изучаване изисква да се ползва представителна информация за физичните параметри на скалите и главно материали и резултати от широк кръг методи и тяхната комплексна интерпретация.

Най-представителна информация за дълбочинния строеж на Маданското рудно поле е получена по сеизмичния профил Русе – Мадан – о-в Тасос (Фиг. 1 и 2). Той е отработен въз основа на договор между Комитета по геология на България и Министерството на геологията на бившия СССР, към който по-късно се присъединява и Гърция. Поради разпадането на СССР договорът е прекъснат, а изпълнителят

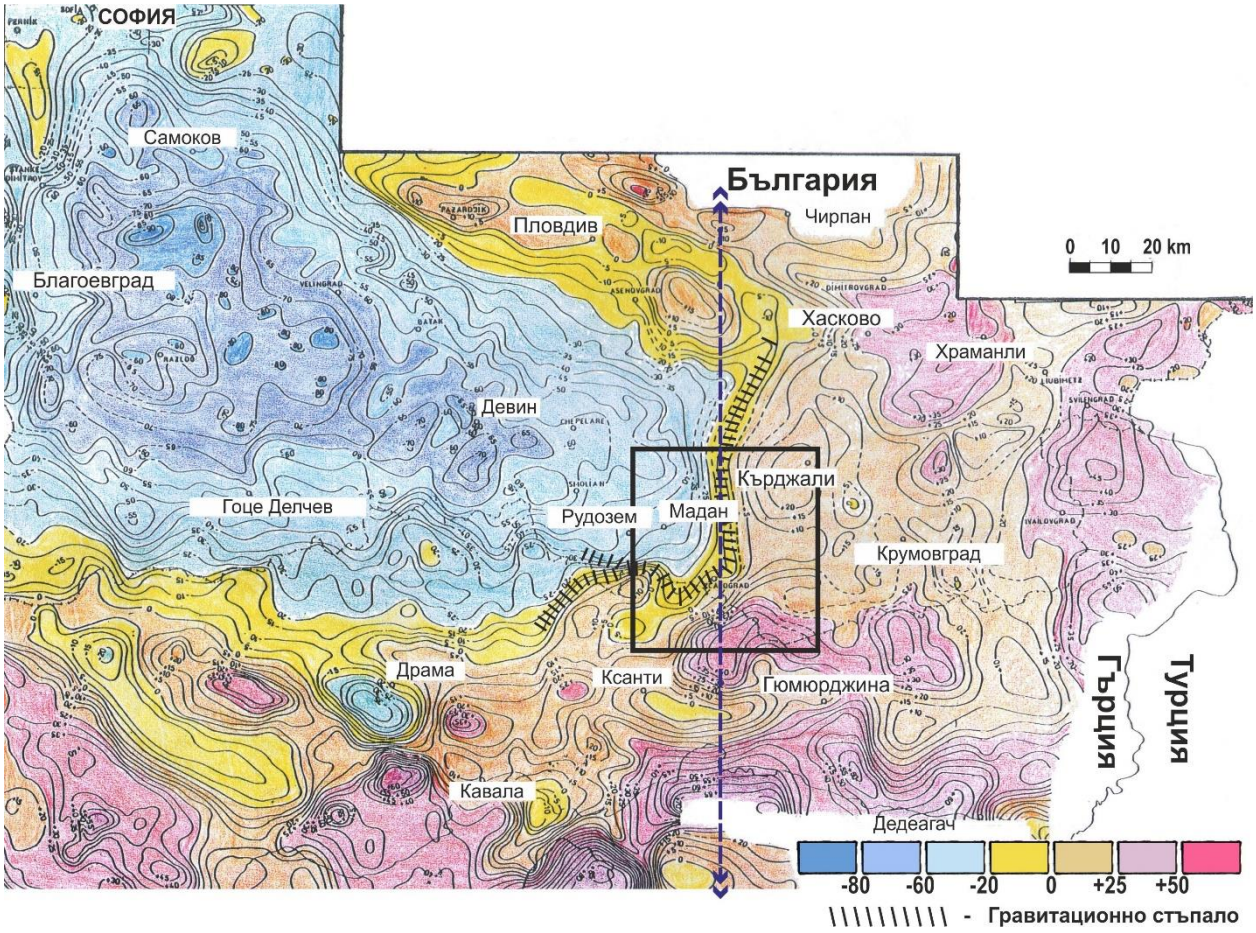
е представил само предварителен доклад и скоростен разрез, част от който в интервала Паничково – Мадан – о-в Тасос е представен за първи път на Фиг. 2 (разрезът е любезно предоставен от гръцкия геофизик Ж. Сидерис на Д. Йосифов). Неговият анализ показва наличието на съществена скоростна диференциация на разреза на земната кора. В този аспект се открояват съществени различия по профила с граница Ерма река (границата с Гърция), представляваща крупно разломно разкъсване от повърхността до горната мантия. Неговата амплитуда по повърхността на Мохо е над 12 – 14 km, а скоростните различия свидетелстват за структурна дисхармония на северната (българска територия) и южната (Гърция) части на земната кора. Освен това, от двете страни на дълбочинния разлом, наречен от нас Южнородопски, по различни нива се проследяват слоеве на високи и съответно на понижени скорости. Различен е и броят на установените сеизмични граници в земекоровите блокове, разделени от дълбочинния разлом. Важно е да се отбележи, че Южнородопският разлом съвпада с интензивно гравитационно стъпало. Много добре се проследява и дълбочинната депресия по повърхността на „Мохо", разположено по съвременното морфоструктурно ядро на Родопа планина.



Фигура 2 Сеизмичен разрез „Паничково – о-в Тасос"
1. Скорости на сеизмичните вълни; 2. Сеизмични граници; 3. Повърхност „Мохо"; 4. Корови разломи; 5. Южнородопски литосферен разлом; 6. Нискоскоростен слой (вълновод); 7. Висикоскоростен слой.

Информативно е и гравитационното поле, което в случая е представено от съответна карта в М 1:500 000 , в която е включена и част от територията на Гърция, без която изследването нямаше да бъде възможно (Фиг. 3). Полето на силата на тежестта Δg се отличава с доста сложен характер в което намират отражение различни по площ, интензитет и знак регионални и локални аномалии, както и различни по интензитет и дължина хоризонтални градиенти Δg. Регионалните по площ аномалии са обусловени от плътностни нееднородности, маркиращи различни геоложки структури – най-често блокови издигания и пропадания на фундамента и други плътностни нееднородности. Чрез различни трансформации на гравитационното поле (предимно аритметични усреднявания и др.) от изследователите - геофизици са обособени две области: Източни и Западни Родопи представени от контрастни регионални аномалии – положителни в първата и отрицателни във втората област. На тази

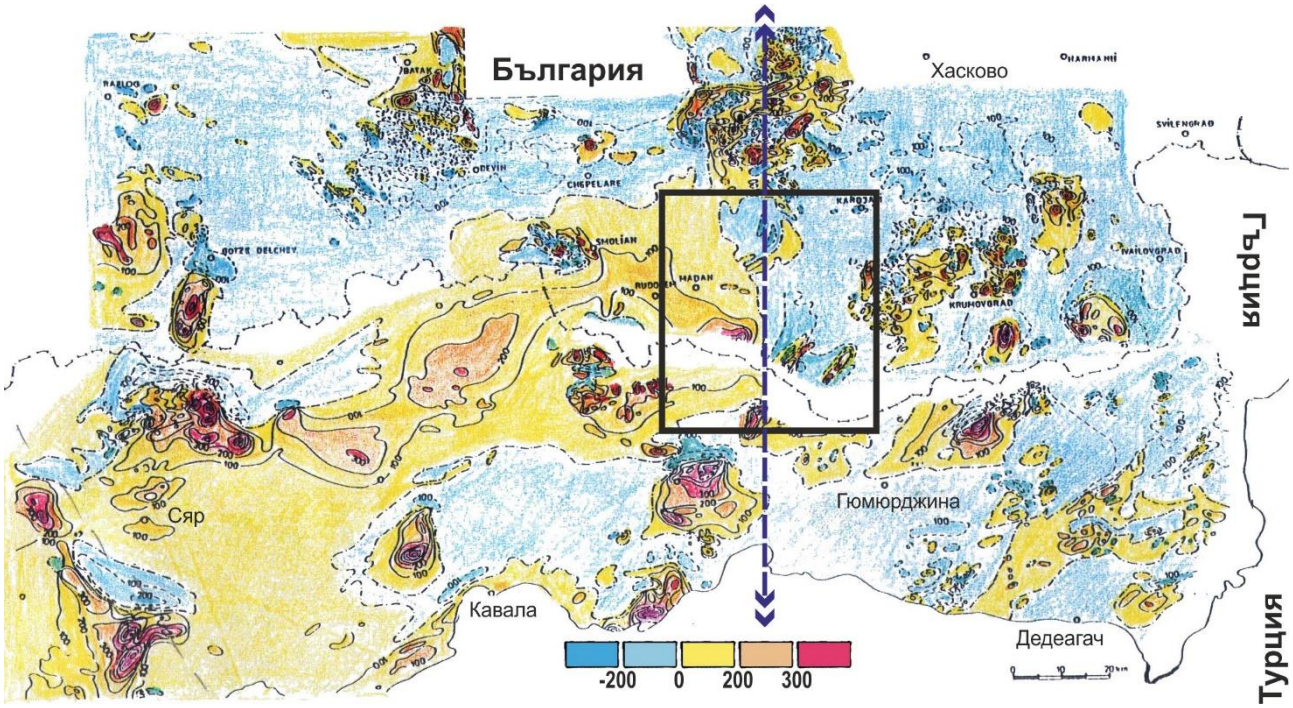
основа Родопския масив е поделен на два литосферни блока: Източнородопски и Западнородопски (Дачев, 1988, Добрев, 1974).



Фигура 3. Гравиметрична карта на Родопския масив.

Предимно на територията на съседна Гърция е набелязан трети литосферен блок – Боздагски отличаващ се с относително най-високо ниво на Буге аномалиите (Йосифов Д.).
Градиентните зони – важен елемент на полето на Δg, са отражение на вертикални и субвертикални плътностни граници, разделящи геоложкото пространство на блокове. Блоковете са изградени от скали с различна плътност или са получени при скъсване на пластове или геоложки тела с определена вертикална амплитуда. Като правило тези граници представляват различни по ранг разкъсвания на земната кора, определящи нейния блоков строеж. Най-значителни по дължина са градиентните зони които разделят съответно Западнородопския (Централнородопското стъпало на Δg) от Източнородопския блок, както и това, разграничаващо Западнородопския от Боздагския блок (Южнородопското гравитационно стъпало). Централнородопската градиентна зона е тълкувана като отражение на дълбочинен разлом (Велчев и др. 1970), а по-късно обоснована с геоложки данни и характеризирана в металогенно отношение (Йосифов 1986, 2007). Важно е да се отбележи, че Южнородопската градиентна зона се набелязва за първи път, а освен това тя се корелира много добре с разкъсването на земната кора, установено по сеизмични данни (Фиг. 2).
Проследеният Централнородопски дълбочинен разлом със субмеридионална посока и Южнородопския дълбочинен разлом с екваториална ориентация се пресичат югоизточно от Мадан. Така те формират крупен тектонски възел който се лансира за пръв път по интерпретация на данни от комплексни геофизични изследвания. За наличието на този тектонски възел са получени и данни от дешифриране на самолетните снимки на Родопския масив (Спиридонов, Риверо, 1978). Според тези автори, разглеждания феномен намира отражение в характерна кръгова морфоструктура. Практиката на дистанционните изследвания показва, че тектонските възли често се проявяват именно по такъв начин.

Характерът на гравитационното поле дава основание за продължение на Централнородопския дълбочинен разлом на юг от Ерма река, но с друга геофизична характеристика както и на още едно разкъсване на земната кора. То се бележи от градиент на Δg, от Златоград с югоизточна посока (120°). Най-вероятно се касае за коров тип разлом, а такъв тип тектонски нарушения са проследени и в сеизмичния разрез на територията на Гърция.
Анализът на магнитното поле (аеромагнитна карта в М 1:500 000), показва, че то също, се отличава със сложен характер и е представено от обширни по площ предимно отрицателни магнитни аномалии на територията на България и положителна такава заемаща площ – ивица широка над 30 km. от Мадан до Серес в Гърция (Фиг. 4). Това разпределение на магнитното поле показва, че и то до голяма степен съвпада с възприетото по гравитационни данни райониране на изследваната територия. Все пак различията в магнитното поле на Западните и Източните Родопи не са така контрастно подчертани. Боздагският блок се характеризира с обширна по площ положителна магнитна аномалия с максимална стойност над 300 nT (ΔT). Много добре с пъстра и контрастна картина от ансамбли, представени от знакопроменливи магнитни аномалии се обособяват в пределите на големите палеогенски депресии: Брацигово-Доспатска, Смолянска, Боровишка, Момчилградска, и др. запълнени предимно със седиментно-вулкански образования.



Фигура 4. Аеромагнитна карта на Родопския масив.

От гледна точка на целите на настоящата публикация от съществено значение е характера на разпределение на магнитното поле на площ от 2500 km^2 включваща Маданското рудно поле и неговата периферия (квадрата на Фиг. 3 и Фиг. 4). Тук в Ерморечието е проследена положителна магнитна аномалия с интензитет над 250 nT. Тази аномалия съвпада с Южнородопската зона на гравитационни преходи, отражение на едноименния дълбочинен разлом. Важно е да се отбележи, че разглежданата магнитна аномалия попада в ареала на Ерморечанския геотермален басейн, с който се корелира аномалия на топлинния поток. Възможната причина за магнитната и топлинната аномалии е наличието на вторична камера, изградена от тяло, принадлежащо на палеогенския колизионен магматизъм. Очевидно това тяло е проникнало в земната кора в тектонски ослабена неина част което се свързва с пресичането на Централнородопския с Южнородопския дълбочинен разлом.
Важно значение за изясняването на дълбочинния строеж и металогенията на района има и информацията за естественото топлинно поле, чиито параметри подпомагат обяснението на много геоложки процеси и явления с които е свързана еволюцията на земната кора и литосферата, а така също и на образуването на различни полезни изкопаеми (Смирнов, 1978). Конкретните данни показват, че в района на Маданското рудно поле са установени най-високите стойности на топлинния поток на

територията на страната (над 150 W/m^2.s) (Велинов, Бояджиева, 1981). Интересно е и разпределението на температурите на различните дълбочинни нива, направено в резултат на обработка и интерпретация на данните от измерванията на температурата в сондажите (Бояджиева, Гашаров, 2001). В съставения от тях каталог, Маданското рудно поле попада в зона на относително по-висока температура, както на 500 m, така и на по-големи дълбочини. Аномално високи стойности на температурата са изчислени и за дълбоките граници на земната кора – на Конрад и „Мохо“ (Добрев и др. 2005). Няма съмнение, че тези топлинни аномалии се намират в пряка връзка с разпространението на младия палеогенски колизионен магматизъм. Неговото проникване в горните части на земната кора и на повърхността е осъществено по дълбокопроникващи разломи и разломни зони, безусловно достигащи до горната мантия.

Заслужаваща внимание да се анализира също така е и наличната информация от палеомагнитните методи. Тя има косвено отношение към проблема „дълбочинни структури” тъй като изучаването на палеомагнитните характеристики на младите магматити (интрузии и вулканити) позволява да се установи дълбочината и температурата на тяхното образуване във „вторичните магмени камери”. В редица публикации на П. Ножаров и Н. Петков се привеждат конкретни данни за дълбочините на които се разполагат магмените камери в Централните Родопи. Те са с палеогенска възраст а дълбочините на които се разполагат са в интервала от 12 до 18 km. Освен това, тези изследователи утвърждават, че интрузиите от вторичните магмени огнища не са изчерпали своя топлинен потенциал. Това становище се потвърждава и от изследване на температурите в сондажи и в други части на Родопския масив, както и от наличието на такива в границите на изследваното рудно поле.

Приведената характеристика на геофизичните полета, главно в района на Маданското рудно поле, свидетелства, че е получена нова информация, представена от гравиметрична и аеромагнитна карти в М 1:500 000, включително и за северна Гърция. Но най-съществен нов резултат е получен от дълбочинното сеизмично изследване по профила Паничково – о-в. Тасос. Той се състои в установяването на дълбоко проникващ, достигащо горната мантия разкъсване (Южнородопски дълбочинен разлом). Този нов резултат позволи по-обосновано и убедително да се тълкуват някои от основните елементи на гравитационното поле и преди всичко неговите регионални градиентни зони в изследвания район. Вече не подлежи на съмнение, че Централнородопското гравитационно стъпало е отражение на дълбочинна разломна структура.

Направеният анализ на геофизичната информация с която се разполага в настояще време определено свидетелства, че е налице съдържателен и надежден фактологичен материал за регионални изследвания, една част от които е нов (предимно сеизмичен и гравитационен). Той има основополагащо значение за изучаване на дълбочинните структури в района на Маданското рудно поле. Наред със съществуващата геоложка информация и публикуваните геофизични резултати, комплексната обработка на съществуващия материал и преди всичко неговата комплексна интерпретация позволяват да се изяснят нови съществени елементи на дълбочинния строеж на изследваната територия.

Дълбочинни структури

Към този клас геоложки структури се отнасят множество различни по характер предимно тектонски нарушения, които се разполагат на дълбочини под достъпното геоложко пространство (над 5-8 km). В зависимост от пространственото им положение те биват: а) квазихоризонтални, типични представители на които са горнището на консолидираната земна кора, кристалическия фундамент на платформите и повърхността на „Мохо”; б) вертикални граници представляващи разкъсвания на земната кора с различен дълбочинен обхват – корови, корово-мантийни и мантийни; в) наклонени, каквито са дълбочинните навличания (те са и най-трудни за геофизично проучване) и др.

В общ план най-представителна и най-значителна по обем информация за дълбочинния строеж е получена от международния профил „Русе – о-в Тасос, която частично бе разгледана при неговото описание. Конкретния анализ на наличната геофизична информация е основание за следните съждения:

а/ Квазихоризонтални граници. Всред тях по своята изява се откроява границата „Мохо”. Това е граница (с планетарно значение) на която става рязко изменение на физичните параметри при прехода от земната кора в горната мантия. Нейното най-характерно свойство е удивителното постоянство на скоростите на сеизмичните вълни, които са в интервала 8,0 +- 0,30 km/s. В случая по разглеждания профил скоростта се изменя от 7,8 до 8,0 km/s. Дълбочината на която се разполага е също променлива

от 45 km северно от гр. Мадан до 32 – 33 km на юг към о-в Тасос. В този аспект на територията на страната по тази повърхност се оформя известна депресия, характерна за Родопския масив. Най-съществената и главна особеност в поведението на повърхността на Мохо" е голямото и разкъсване по Южнородопския разлом в района на Ерма река, чиято амплитуда достига почти 14 km. Освен това северно от дълбочинния разлом са отбелязани два интервала (слоеве) отличаващи се рязко с различни скорости на сеизмичните вълни. Първият, от тях – високоскоростен (от 6,5 до 7,0 км/s се разполага в дълбочинния интервал от 5,5 до 8 км. Вторият интервал се бележи от понижени скорости от 6,5 до 6,0 km/s и обхваща слой разположен на дълбочина от 12,5 до близо 17 km (в случая се касае за инверсия в скоростта на сеизмичните вълни). Геоложката природа на тези два слоя е неясна, но те са ограничени от добре изразени сеизмични граници.

б/ Квазивертикални граници. Една от първите за страната структура разкъсваща земната кора е установената по гравиметрични данни Централнородопската субмеридионална дълбочинна дислокация (Велчев и др. 1970). Тя е обект на изучаване от редица изследователи (Добрев и Щукин 1978; Дачев, 1988; Йосифов 1977,1985, 1986, 2007), в резултат на което в значителна степен са изяснени неините главни особености и характеристики. Всред основните геоложки критерии за нейното наличие следва да се отбележат преди всичко съществените различия в строежа на Централнородопския и Източнородопския блокове, които тя разделя, както и серията от пукнатинни интрузии, установени по нейната дължина. Тя се проследява по морфоструктурни данни и интензивна геохимична аномалия на олово, цинк и мед, проследена от Ерма река до Югово на север. В неиния ареал са концентрирани основните оловно-цинкови находища в Централните Родопи – индикатор за наличието на разкъсване на земната кора.

Друга важна структура в строежа на Маданското рудно поле е новоустановения по сеизмични данни Южнородопски дълбочинен разлом, достигащ горната мантия. Негова забележителна характеристика е голямата денивелация по повърхността на „Мохо", достигаща повече от 12-14 km. В съответствие с разпределението на гравитационното поле разломът се простира на запад от сеизмичния профил (Ерма река) в територията на Гърция, като се разделя на две части – северна и южна. Северната съвпада с установената по геоложки данни Смилянска дислокация, а южната представлява границата между Западноропския и Бождагския блокове. Ондулациите с които се отличават гравитационните стъпала бележещи Южнородопския дълбочинен разлом са доказателство за неиния сложен строеж. Най-вероятно той се състои от няколко сателитни разкъсвания на кората, а освен това негови отделни части са разместени от хоризонтални движения, обусловени от придвижването на север на Африканската плоча.

Пространственият анализ на двете основни дълбочинни структури – Централнородопската и Южнородопската показва, че източно от Ерма река те се пресичат. Така се формира крупен тектонски възел, наречен Маданси, в строежа на който участват и редица други тектонски нарушеня,. Освен „кръстосването" на големите дълбочинни разломи тук се съчленяват трите разнородни земекорни блокове – Западнородопски, Източнородопски и Бождагски, образувайки дълбокопроникващо, силно нарушено и проницаемо пространство. Това пространство е арена на проникване и придвижване към повърхността на вещества и енергия – на магмени продукти и минерализирани потоци – флуиди и рудоносни разтвори. Те са обусловили образуването на големите оловно-цинкови находища в рудното поле. Налице са всички основания да се утвърждава, че Маданския дълбочинен тектонски възел е съсредоточие на тектонска, магмена и хидротермална дейност т.е. представлява център на значителна ендогенна активност. Той е основна дълбочинна структура която е фиксирана и при дешифрирането на самолетни снимки на Родопския масив (Спиридонов, Риверо 1978). Тектонският възел намира отражение и в разпределението на аномалното геохимично поле, като се изявява в най-интензивния геохимичен възел в страната (Панайотов, Йосифов 1985).

Емперичните металогенни данни свидетелстват, че оловно-цинковите находища в Маданското рудно поле са привързани към серия от рудовместващи разломи със северозападна посока, образувайки площна ивица с дължина над 20 km. Съпоставяйки пространствено находищата с дълбочинния тектонски възел е видно, че те се намират в неговия северозападен сегмент. С това се потвърждава известния тезис, че ендогенните рудни находища се разполагат в сателитни на главните дълбочинни разломи зони, където са налице по-благоприятни физико-химични условия за тяхната локализация. В този аспект Маданския дълбочинен тектонски възел е изпълнявал ролята на огромен „канал" позволяващ да се изявяват за продължителен период активните процеси на диференциация на

магменото вещество, съпровождани с отделянето на топлинна енергия, флуиди и рудоносни разтвори. В това се заключава значителната металогенна роля на набелязаните дълбочинни структури.

Литература

Богданов, Б. 1960. Геоложки строеж и структура на Маданския руден район. Год. МГУ, 6.1., 3-43 с.

Бояджиева, К., С, Гашаров 2001. Геотермичен каталог на България. Изд. къща „Горекс прес“, С. 163 с.

Велинов, Т., К. Бояджиева 1981. Геотермични изследвания в България. С. Техника, 154 с.

Велчев, Ц., Хр. Дачев, И. Петков, Й. Теодосиев 1970. Геофизична характеристика на някои от главните разломни структури в България. Юб. Сб. „Проучв. геофизика“, С. Техника, 227-332 с.

Вольовскии, И., Хр. Дачев, О. Попова, и др. 1985. Строение земной коры территории Болгарии по профилю ГСЗ-МОВЗ Петрич – Никопол. Бюл. Московского общества исполнителю природы, 60, 4, 38-45 с.

Дачев, Хр. 1988. Строеж на земната кора в България. Изд. Техника, 314 с.

Добрев Т., Д. Йосифов, С. Димовски 2005. О распределении температур на границе „М“ и „К“ на территории Болгарии. Геофизический журнал, 5. НАН Украина, 730-737 с.

Добрев Т., Ю. Щукин 1974. О связи рудных районов с элементами глубинных структур геофизических полей и сейсмичности. Результаты комплексных геофиз. исслед. в сеismоактивных зонах. М., Наука, 204-221 с.

Йосифов Д. 1985. О корреляции свинцово-цинкового орудения в Центральных Родопах с некоторыми элементами геофизических полей, Сб. Межд. Геофизический симпозиум, Москва, 85-105 с.

Йосифов Д. 1986. Роль глубинных структур в размещении познеалпийских эндогенных месторождений Родопского массива и Средногорья. Сб. Достижения болгарской геологии. Междун. Геол. Конгресс (Москва), С., Техника, 183-192 с.

Йосифов Д., 2007. Рудоконтролиращи структури в България. Геол.ия и минерални ресурси, 6,12-15 с.

Панайотов А., Д. Йосифов 1985. Линейные и блоковые структуры Родопского массива и Средногоья и их геохимическая специализация. Geol. Balc. 15, 1. 11-28 с.

Рундквист Д., С. Кравченко 1996. Промышленные суперконцернтрации металлов в литосфере. Геология рудных месторождений, т. 38; 3. 298-303 с.

Спиридонов Х., Ф. Риверо 1978. Дешифрирование кольцевых морфоструктур на самолетных снимках Родопского массива. Проблеми на географията, т.2. 56-61 с.

Смирнов В. 1978. Эндогенная металлогения. В кн. Тектоносфера Земли. М. Наука. 121-169 с.

Ташев Н., 1967. Физические свойства горных пород Родопского массива. Геол. и разв. 2,126-133 с.