

ИЗПОЛЗВАНЕ НА РАЗЛИЧНИ КОМПОНЕНТИ НА ПОЛЕТО НА СВРЪХДЪЛГИТЕ РАДИОВЪЛНИ СЪВМЕСТНО С ПОСТОЯННОТОКОВО ЕЛЕКТРОПРОФИЛИРАНЕ ЗА ИЗУЧАВАНЕ НА РАЗЛОМНИ СТРУКТУРИ В НЯКОИ ЗЛАТНИ И ПОЛИМЕТАЛНИ НАХОДИЩА НА БЪЛГАРИЯ

Александър Цветков

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София; atzvetkov@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. Разгледани са възможностите за картиране на разломни структури в находищата Розино от Източни Родопи, Говежда от Западния Балкан и рудопроявление Байлово в Западното Средногорие с използване на различни компоненти на полетата на далечни свръхдълговълнови радиостанции. За целта са анализирани резултати от проведените опитни работи с измерване на следните компоненти на радиополето: амплитудите на хоризонталната H_y и вертикалната H_z компоненти на магнитното поле, абсолютната стойност на отношението на H_z към H_y и фазовата разлика между тях, привидното електрично съпротивление на средата $\rho_{пр}$, определяно по отношението на едновременно измервани хоризонтални електрични и магнитни компоненти на свръхдълговълновото радиополе. Интерпретацията на данните от радиовълновия метод е извършена с използване на резултати от триелектродно постояннотокрово електропрофилиране. В условията на избраните златни и полиметални находища са изучавани аномалиите, предизвикани от разломни структури с различни геоелектрични и геометрични параметри и тяхната корелация в план.

FAULT STRUCTURE RESEARCH USING DIFFERENT VERY LOW FREQUENCY RADIO COMPONENTS AND DIRECT CURRENT PROFILING IN SOME BULGARIAN GOLD AND BASE METAL DEPOSITS

Alexander Tsvetkov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; atzvetkov@mgu.bg

ABSTRACT. Review of opportunities for mapping fault structures using different very low frequency (VLF) radio field amplitude and phase components in the following locations: Rozino (Eastern Rhodopes), Govejda (West Balkan) and Bailovo (West Srednogorie). Analysis of results of completed experimental studies measuring the following radio field components: the amplitude of magnetic horizontal H_y and vertical H_z components, modulus of ratio H_z/H_y , phase difference between H_z and H_y and apparent resistivity ρ_a for the underlying terrain, estimated by simultaneous measurement of VLF horizontal electric E_x and magnetic H_y components. The VLF data were interpreted using the results of triple-electrode direct current electrical profiling. In selected gold and base metal deposits are researched the anomalies caused by fault structures with different geoelectric and geometric parameters and their correlation.

Въведение

За изучаване възможностите на метода на свръхдългите вълни (Very Low Frequency electromagnetic method – VLF), са проведени изследвания в различни златни и полиметални находища в България. В настоящата разработка се представят резултати, получени в находищата Розино – Изт. Родопи, Говежда – Западен Балкан (Цветков и др., 1975) и рудопроявление Байлово – Западно Средногорие. Измервани са различни амплитудни и фазови компоненти на радиовълновото поле с няколко вида апаратури, което дава възможност да се съпостави тяхната ефективност при изучаване на тектонския строеж на обхванатите райони.

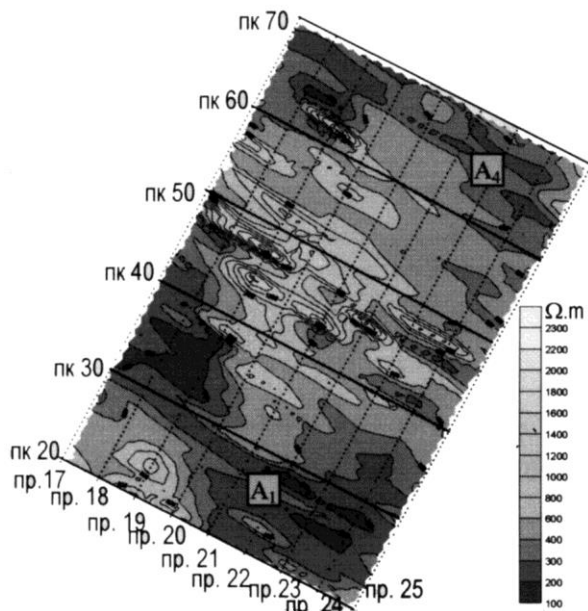
Радиовълновият метод е прилаган съвместно с триелектродно постояннотокрово профилиране по схемата на т.н. комбинирано електропрофилиране (КП). Това позволява да се направи съпоставяне възможностите на

двамата електрични метода за изучаване на разломните структури, свързани с процеса на рудообразуването в различни геоелектрични условия.

Находище "Розино"

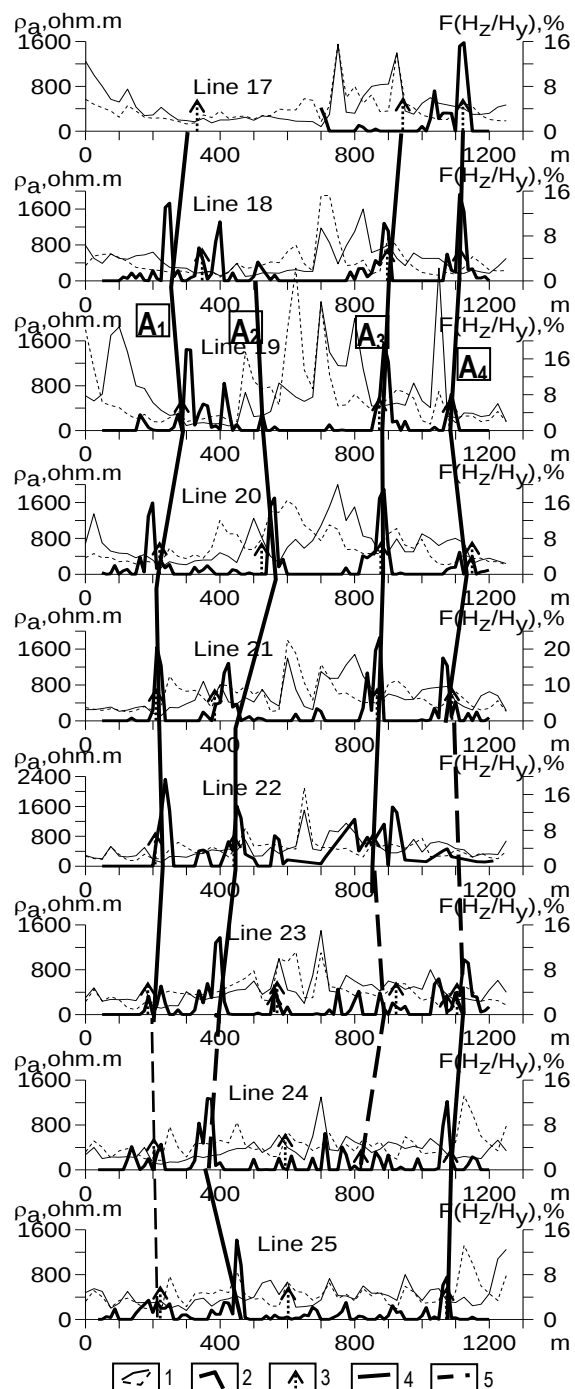
В участъка на землището на с. Розино през 1974 г. са проведени детайлни геофизични изследвания по мрежа 100×25 m с измерване на привидно съпротивление и предизвикана поляризация със схема КП при $AO=BO=75$ m, $MN=25$ m заедно с магнитометрия. Тук в бедрата на Белоречката синклинала, разположена непосредствено на юг от изграденото от протерозойски скали с пъстър състав Розинско подуване, са установени няколко разломни зони с дебелина 3-10 m. В резултат от проведените геофизични изследвания са набелязани няколко оси на проводимост и поляризуемост с азимут около $270-280^\circ$. От картата на $\rho_{пр}$ (фиг. 1) се вижда, че този параметър се изменя в диапазона от стотина до над 1500 Ωm . Открояват се две

зони с понижено електрично съпротивление (200-300 Ωm) с направление приблизително ЗСЗ-ИЮИ, в границите на които се отделят т.н. оси на проводимост. Едната попада в установена с канали стръмно наклонена разломна зона с прояви на импрегнация и брекчиране на гнайсите и наличие на сулфидна минерализация в дълбочина.



Фиг.1. Карта на привидното съпротивление по данни от комбинирано електропрофилиране в находище „Розино“

По-късно в същия участък са извършени опитно методични изследвания по метода на свръхдългите вълни. В съответствие с направлението на установените разломни зони, свързани с полиметална минерализация, е избрана радиостанция, разположена в градчето Rugby, Великобритания, която излъчва на честота 16 kHz. Използван е приемник ПСДВ-1, разработен в МГУ, София. (Лозенски, Цветков, 1971). Измервани са хоризонталната H_x и вертикалната H_z компоненти на магнитното поле и ъгъла на наклона на пълния му вектор, по който е определян знакът на H_z при разстояние между точките 12.5 m. Получените данни са обработени допълнително с филтър, използващ седем последователни точки по профила (Karous, Hjelt, 1983), който преобразува аномалиите на измерваната компонента на радиовълновото поле в максимуми или минимуми. Подреждането на точките при диференцирането се подбира в съответствие с посоката на първичното поле. По този начин положителните аномалии на филтъра се свързват с добре проводящи обекти от типа на разломни зони, рудни тела и други. Резултатите от изчислението се привързват към средната точка и се означават като $F(H_z/H_y)$. На фиг. 2 са представени резултатите от измерванията във вид на карта (планшет) на графиките на отношението H_z/H_y и на положителните стойности на филтър-оператора F .

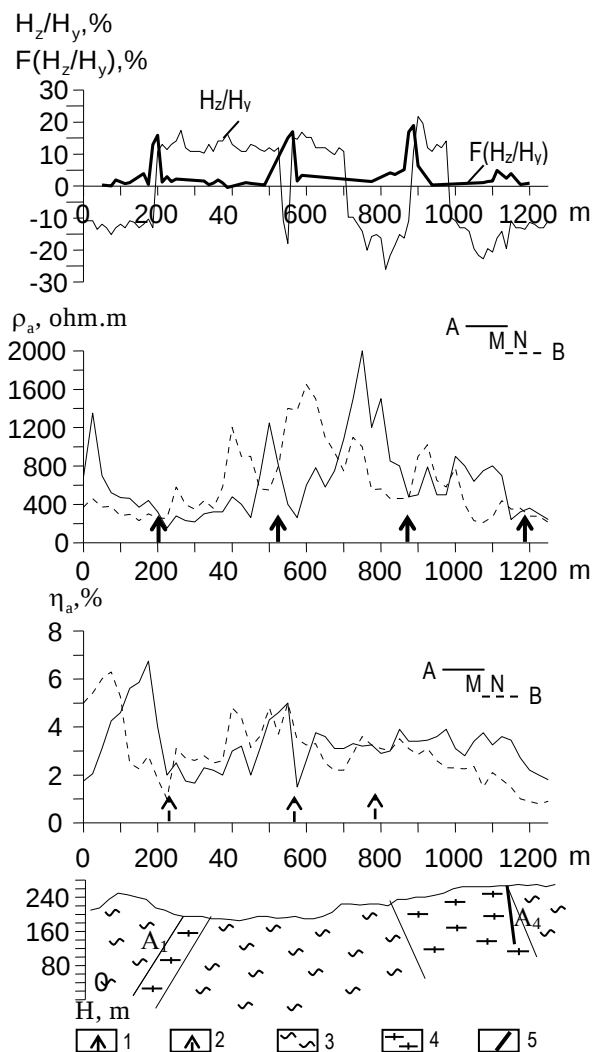


Фиг. 2. Карта на графиките на привидното електрично съпротивление ρ_a по комбинирано профилиране (КП) и филтър-оператора $F(H_z/H_y)$ по метода на свръхдългите вълни (VLF) в находище „Розино“: 1 – криви на привидното съпротивление по КП; 2 – криви на $F(H_z/H_y)$; 3 – “пресечки на проводимост” по КП; 4 – уверено проследени; 5 – предполагаеми

Вижда се, че осите на проводимост по КП попадат в добре изразени максимуми на $F(H_z/H_y)$. На представения геолого-геофизичен разрез по профил 20 (фиг. 3) може да

се види добрата корелация между резултати от три електрични метода – КП по електрично съпротивление и поляризуемост и VLF. Това се вижда в участъците, попадащи на 200, 550-600 и 800-900 m (фиг. 3), в които са фиксирани аномалии от линейно изтеглени добре проводящи структури.

Представените резултати показват, че в условията нах. “Розино” приложените детайлни електрични методи успешно картират нискоомни разломни зони сред високоомните метаморфити.



Фиг. 3. Резултати от свръхдълговълново (а) и комбинирано профилиране по електрично съпротивление ρ_a (б) и поляризуемост η_a (в) по профил 20 в нах. Розино с геоложки разрез по Близнаков, Василев (1979): 1 – аномална ос на обект с ниско съпротивление; 2 – аномална ос на обект с висока поляризуемост; 3 – биотитови и мусковитови гнайси; 4 – амфиболитови гнайси и амфиболити; 5 – разлом

Такива структури са перспективни за наличие на полиметално сулфидно орудяване по тяхното протежение. На практика всички набелязани зони на проводимост с метода КП се отбелязват с характерни аномалии на магнитните компоненти на полето в метода VLF, като максимумите на филтър оператора $F(H_z/H_y)$ следят осите,

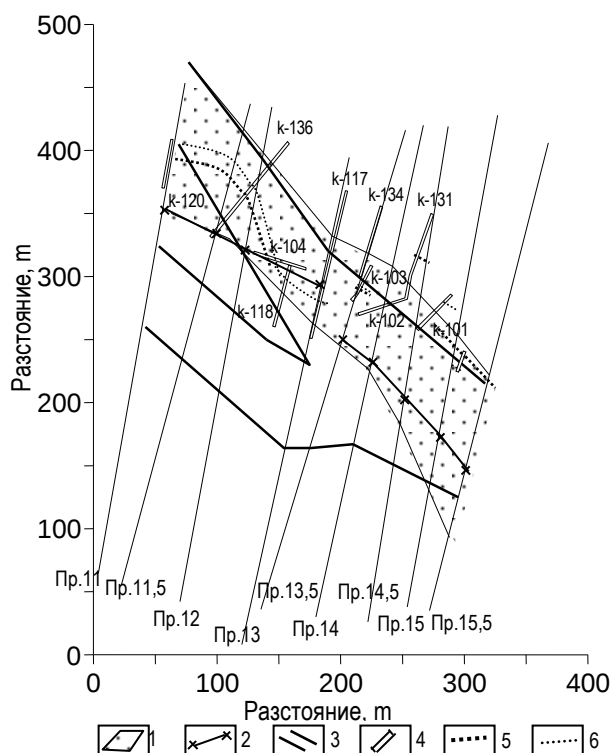
свързващи т.н. пресечки на проводимост от комбинираното профилиране. Като най-добре изразени аномалии на магнитните компоненти на радиополето се открояват две аномални зони – A_1 и A_4 с близко до северозападно направление, които се проследяват по всички измерени профили и представляват изява на понижено електрично съпротивление в обхвата на предполагаеми разломни зони. По някои добре изразени аномалии е направен опит за приблизително определяне дълбочината до горната граница на аномалния обект по разстоянието между екстремумите на отношението H_z/H_y . По профил 20 за зона A_1 тя е 13 m, по профил 21-17 m, а по профил 22-25 m.

Находище “Говежда”

В границите на златорудното находище “Говежда” са провеждани изследвания на привидно съпротивление и предизвикана поляризация със схема на КП и магнитометрия. Представените резултати са от геофизични изследвания по 9 профила с посока С-СИ и дължина 400 m в участък “Акациите”, разположен в непосредствена близост до с. Говежда (фиг. 4). Те са с подетайлен характер и са извършени със задача картиране на разломни зони и проверка на откритите кварц-сулфидни златоносни жили и участъци на интензивни хидротермални промени. Профилите са през 25 m, а стъпката на измерване – 10 m. Комбинираното профилиране е изпълнено със схема $AO=BO=25$ m, $MN=10$ m.

Най-широко разпространение тук имат шисти и филити от диабаз-филитоидната формация. В участъка с помощта на канали са разкрити няколко кварц-сулфидни жили и рудни зони с общо направление СЗ-ЮИ. Тектонските пукнатини, в които се намират жилите, са добре издържани на значителна дължина, докато рудните жили, изградени от кварц с включения на галенит, сфалерит, пирит и др., се проследяват на дължина от няколко метра до няколко стотици метра. В зависимост от количеството на сулфидите и кварца съпротивлението им се мени от 50-60 до 100-150 Ωm , като се наблюдава неравномерност в неговото разпределение по дължината на телата. Вместващите скали се характеризират с относително високи специфични съпротивления от 1500 до 3000 Ωm . С помощта на канали в участъка е проследена широка зона, изтеглена в северозападно направление, по която са установени кварцсулфидни жили и интензивни хидротермални промени от типа на пиритизация, хлоритизация, серицитизация и карбонитизация (фиг. 4).

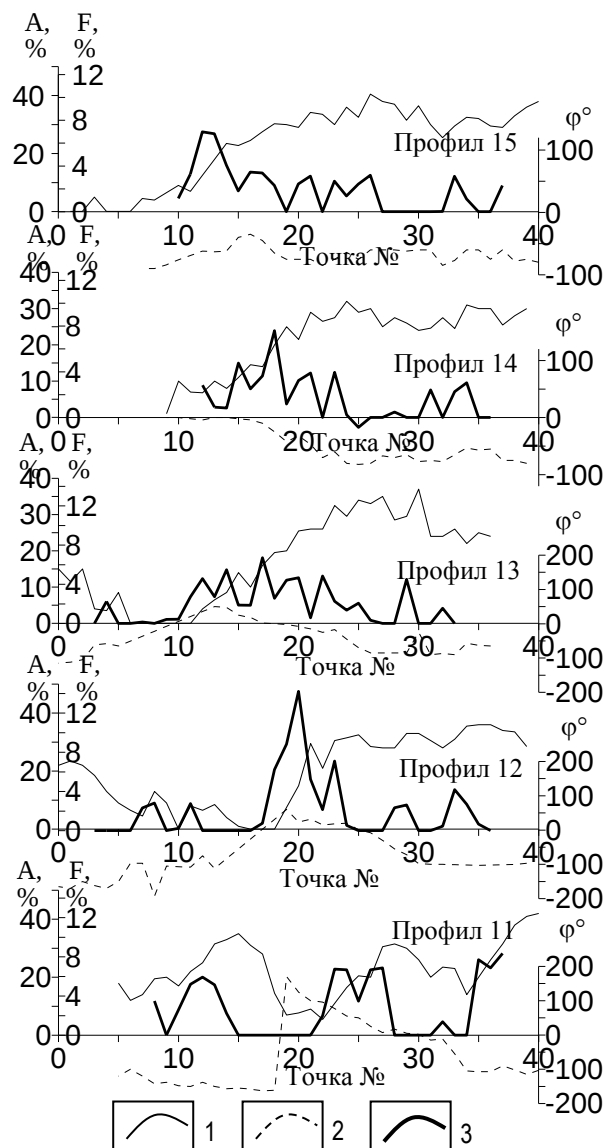
По всички профили е приложен методът VLF с използване на радиостанцията с честота 16 kHz, подходяща за изучаване на структури със северозападна посока. Измервано е с приемник АФРА-1 (Лозенски, Цветков, 1973), който позволява отчитането на амплитудата A и фазата ϕ на отношението на вертикалната към хоризонталната магнитни компоненти на радиостанцията. Апаратурата работи на фиксирани работни честоти и приема в два отделни канала магнитните компоненти на радиополето с помощта на неподвижно закрепени взаимно перпендикулярно ориентирани феритни антени.



Фиг. 4. Схема на геофизичните профили с елементи от интерпретацията на резултатите от методите на свръхдългите вълни (VLF) и комбинираното профилиране (КП) и геоложки данни от прокараните канали в участък "Акациите" от нах. Говежда: 1 – зона на понижено съпротивление по КП; 2 – ос на проводимост в границите на отделената зона; 3 – проводяща зона, отделена по максималните стойности на параметъра F , изчислен по амплитудата A на отношението (H_z/H_y) ; 4 – геоложки канали; 5 – разкрития на кварц-сулфидни жили; 6 – хидротермално променени скали

Приложените геофизични методи уверено проследяват широката зона с хидротермални промени. Тя се отделя с минимум на $\rho_{\text{пр}}$ със стойности от порядъка на 300 Ωm , при фон 800-900 Ωm . Аномалната зона е с ширина около 150 m и се проследява в интервала между 350-470 m на профил 11.5 и 100-250 m на най-източния профил 15.5. Приблизително в средата ѝ се отбелязват добре изразени аномалии, наричани в метода КП "пресечки на проводимост", които се следят по всички измерени профили. Не се забелязва добре изразена закономерност на привързване на тези аномалии с конкретни кварц-сулфидни рудни жили и тела.

Границите на широката зона с ниско съпротивление по данни от КП се фиксират ясно на кривите на амплитудата на отношението на магнитните компоненти с минимум откъм южната страна на профилите и максимум от северната им страна и с резки и характерни промени на фазата φ , вкл. смяна на знака. Аномалията на магнитните компоненти е с относително по-големи размери в южна посока, което вероятно се дължи на сравнително по-голямата дълбочина на изследване с метода VLF в сравнение с електричното профилиране, извършено с къса захранваща линия.



Фиг. 5. Карта на графиките на магнитните компоненти на свръхдълговълновото радиополе в участък "Акациите" – нах. "Говежда": 1, 2 – амплитуда A и фаза φ на отношението на вертикалната H_z към хоризонталната H_y компоненти на магнитното поле; 3 – филтър-оператор F на амплитудата A , изчислен по формулата на Karous and Hjelt

Наред с тези две компоненти, на фиг. 5 са представени и графиките на филтър-оператора $F(H_z/H_y)$, изчислен по данни за амплитудата A . По неговите максимуми много добре се корелира широка зона с високи стойности на параметъра F . Очевидно тук се наблюдава висока концентрация на индуцираните токове в проводящата среда, обусловена от установените интензивни хидротермални промени. Само в отделни участъци тя съвпада с установени кварц-сулфидни орудявания. Липсата на еднозначна връзка на аномалиите на радиополето с рудните жили се дължи на нееднородността на електричната проводимост по тяхното протежение, вследствие изветрителни и други процеси. По същата причина те не се отбиват еднозначно и върху графиките на съпротивлението от метода КП.

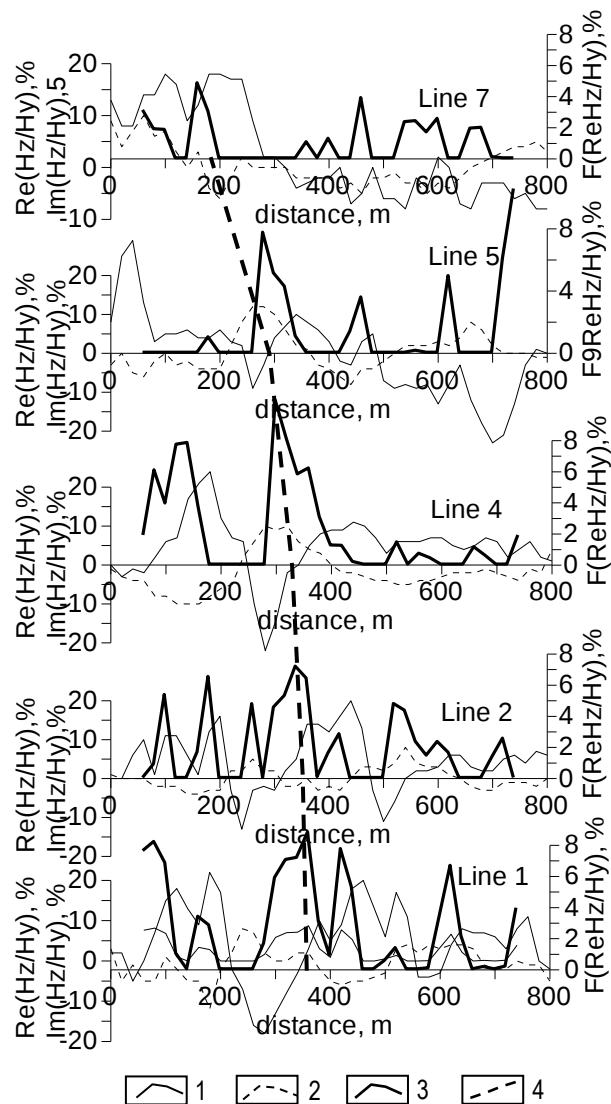
Проведените геофизични изследвания в участък "Акациите" на златорудното находище "Говежда" позволяват да се изследва тяхната ефективност при изучаване на тектонски зони с голяма ширина от порядъка на 150 m с интензивни промени, водещи до контрастно намаляване на специфичното съпротивление на средата. Анализът на приведените резултати от съвместното прилагане на един постояннотоков съпротивителен и един електромагнитен метод показва, че те позволяват да се откриват еднозначно и да се оконтурват приблизително границите на такива структури. По-контрастни в случая са аномалиите от метода КП, докато радиовълновият метод е по-ефикасен при изучаване на линейни проводници с относително по-малки напречни размери. Поради липса на контрастна разлика в електричното съпротивление, в много случаи кварц-сулфидните жили не се изявяват добре.

Участък "Байлово"

Геофизичните изследвания са проведени в непосредствена близост до с. Байлово. В тази част от Западното Средногорие се разкриват основно вулкански продукти с андезитов състав от Челопешката свита и отчасти пясъчници с кредна възраст (Кацков, Илиев, 1993). В участъка между селата Голяма Раковица и Байлово са установени фрагменти от т.н. Бърдска морфоструктура (Желев и др., 2003), оформена под влияние на две посоки на линеаментиране – Твърдишката и Берковската. Втората е с направление СЗ-ЮИ, като ориентировката на геофизичните профили и използваната свръхдълговълнова радиостанция с честота 16 kHz са подбрани с оглед изучаването на нейните прояви в изследвания участък.

На фиг. 6 са представени резултати по метода VLF в участък от 5 профила през 200 m с направление север-юг. Стъпката на измерване е 12.5 m. Използвана е апаратурата шведско производство EM-16R, която измерва реалната $Re(H_z/H_y)$ и имагинерната $Im(H_z/H_y)$ компоненти на отношението на вертикалната към хоризонталната съставляща на магнитното поле. Тя позволява да се определя и привидното съпротивление на средата ρ_a чрез измерване на електричния импеданс по две взаимно перпендикулярни компоненти на полето – E_x и H_y .

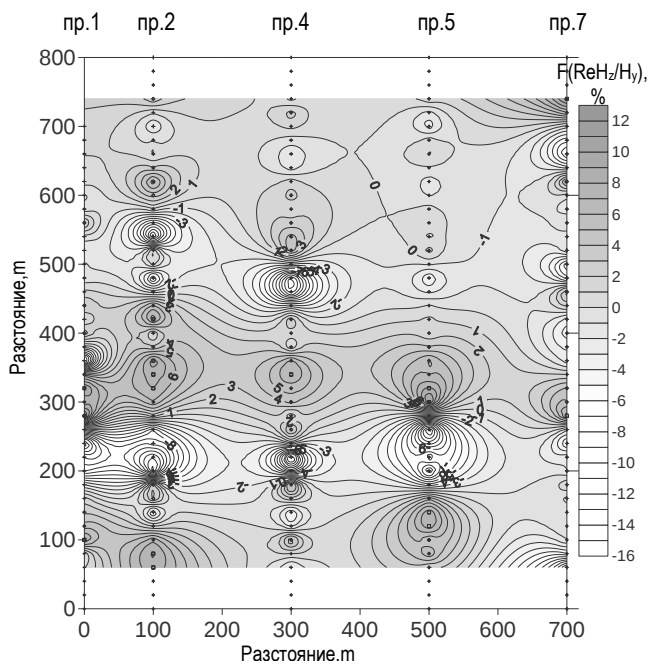
Представена е и карта на разпределението на филтър-оператора F (фиг. 7). На нея добре се откроява зона с високи стойности на този параметър с направление З-И до ЗСЗ-ИСИ, която се следи добре и на графиките на магнитните компоненти по всички профили, показани на фиг. 6. Може да се счита, че радиовълновите аномалии са предизвикани от тектонска структура със същата посока. Трябва да отбележим, че в нейните граници по повечето от профилите на максимумите на реалната компонента отговарят минимума на имагинерната магнитна компонента, което е характерно за висока проводимост на обекта. Структурата се бележи и с аномалии на магнитното поле ΔT , измерено по същата мрежа.



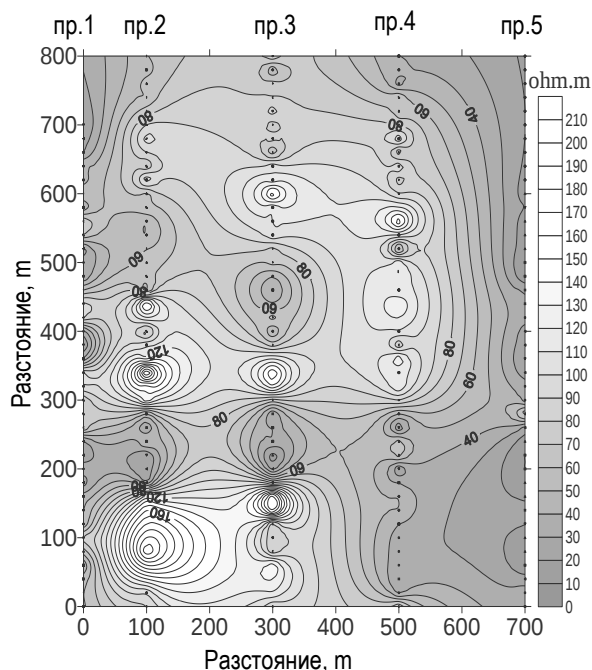
Фиг. 6. Графики на компонентите на магнитното поле и положителните стойности на изчисления по формулата на Kargous and Hjelst филтър-оператор F по данните за реалната компонента в участък "Байлово, Западното Средногорие: 1 – $Re(H_z/H_y)$; 2 – $Im(H_z/H_y)$; 3 – $F(ReH_z/H_y)$; 4 – корелационна ос на проводящ обект по данни от метода на свръхдългите вълни

Едновременно с магнитните компоненти на радиополето, в рудопроявление "Байлово" с апаратурата EM-16R на честота 16 kHz са извършени и измервания на привидното съпротивление на средата, през която се разпространяват свръхдългите радиовълни. Електричната компонента E_x е отчитана с помощта на електричен дипол с дължина 5 m. Както се вижда от фиг. 8 отделената зона се следи с линейно изтеглени минимума на привидното съпротивление.

Както методът VLF, така и комбинираното профилиране могат да бъдат използвани много успешно за картиране на разломни нарушения, свързани със златни и полиметаллни минерализации, вследствие оформянето в техния обхват на среди с понижено електрично съпротивление. При наличие на зони на тектонска промяна със значителна ширина (от порядъка на 150 m и повече) радиовълновият метод фиксира с характерни аномалии двете им граници, но данните от електричното профилиране са по-подходящи за изучаване на този тип геоложки структури.



Фиг. 7. Карта на филтър-оператора F , изчислен по формулата на Karous and Hjelt по данни от реалната компонента на отношението на вертикалната към хоризонталната магнитна съставляща на радиовълновото поле



Фиг. 8. Карта на привидното електрично съпротивление в участък "Байлово" по данни от измервания по метода на свръхдългите вълни (VLF)

Сравняването на изпробваните компоненти в метода VLF показва, че най-големи възможности предоставят реалната и имагинерната съставляща на отношението на магнитните компоненти H_z/H_y , както и самата H_z , която теоретически е чисто аномална. Във всички случаи ефективността на интерпретацията нараства при преобразуване на данните с помощта на т.н. филтър-оператори.

От представените примери се вижда, че резултатите от двата приложени метода са аналогични и тъй като методът VLF е много по-бърз и евтин, той следва да се предпочита при изучаване на елементи на разломната тектоника.

Заклучение

Резултатите от проведените изследвания дават възможност да се направят следните по-важни изводи.

Литература

- Близнаков, Л., Р. Василев. 1979. Доклад за резултатите от геоложкото картиране, геофизичните и литохимичните изследвания в М 1:5000, извършени през 1975 г. в района на рудопр. "Розино". Нац. геофонд, I-949.
- Желев, В., Л. Никова, Д. Круми, Ф. Митрова. 2003. Характеристика на Бърдската кръгова морфоструктура (България). – Год. МГУ "Св. Иван Рилски", 46, св. I, Геол. геофиз., 83-88.
- Кацков, Н., К. Илиев. 1993. Обяснителна записка към геоложката карта на България в М 1:100000 (к.л. Ихтиман). С., КГМР, Геология и геофизика-АД, 63 с.
- Лозенски, И., А. Цветков. 1971. Приемник за свръхдълги вълни, предназначен за геофизични изследвания. – Радио телевизия електроника, 4, 103-105.
- Лозенски, И., А. Цветков. 1973. Апаратура за амплитудно-фазови измервания на радиополето, предназначена за геофизични изследвания. – Сб. доклади "20 год. ВМГИ", 4, 40-46.
- Цветков, А., Е. Христов, В. Недев, В. Янев, Д. Дойчев. 1975. Ефективност и разделителни възможности на метода радиокип на свръхдълги вълни в условията на нах. Говежда и Източнородопското понижение. Фонд ГИ БАН, 66 с.
- Karous, M., E. H. Hjelt. 1983. Linear filtering of VLF dip-angle measurements. – Geophysical Prospecting, 31, 782-794.

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Приложна геофизика", ГПФ