

РЕЗЮМЕТА НА НАУЧНИТЕ ТРУДОВЕ

на доц. д-р Камен Петков Попов

за участие в конкурс за професор по Професионално направление 5.8. „Проучване, добив и обработка на полезни изкопаеми“, научна специалност „Геология и проучване на полезни изкопаеми“ (Търсене, проучване и геостатистическа оценка на полезни изкопаеми), обявен в Държавен вестник, брой № 17 от 21.02.2023 г.

МОНОГРАФИЯ

ВЗ.35 Попов, П., К. Попов. 2022. *Металогения на България*. Изд. „БМГК КОМЕРС“ ЕООД, София, 426 стр.

Popov, P., K. Popov. 2022. *Metallogeny of Bulgaria*. Publ. BMGK Commerce EOOD, Sofia, pp. 426.

РЕЗЮМЕ

Монографията „Металогения на България“, заедно с приложенияте „Металогенна карта на България в М 1:500 000“ и „Каталог на рудните находища и рудопроявления“, разглежда рудните находища в територията на Република България, образувани в съответните пространствени и темпорални геоложки условия. Тя е разработена въз основа на многобройни научни монографии, научни публикации и фондови геологопроучвателни доклади, отразяващи съвременните данни за геоложкия строеж на изучаваната територия и за рудните находища и проявления, като постиженията на отделните автори са цитирани в съответните раздели на книгата. Монографията отразява изследването на металогенните процеси на базата на палеотектонски принципи, като са разграничени скалите, тектонските структури и асоцииращите рудни прояви, формирани през отделните епохи и стадии в геотектонската еволюция.

Представената Металогенна карта на България в М 1:500 000 е съставена върху геоложка основа от използваната дигитализирана версия на Геоложката карта на България М 1:500 000 с редактори Чешитев, Кънчев (1989), като са направени редица необходими корекции, отразяващи основните съвременни данни. Металогенната карта е придружена от каталог на показаните находища, отбелязващ тяхната големина (икономическо значение), промишлен и генетичен тип, главни и второстепенни елементи, географска позиция и принадлежност към рудно поле и руден район. В текста на монографията, картата и каталогът се цитират като приложение 1 и приложение 2.

В монографията „Металогения на България“ се разграничават и характеризират основните структурни етажи, включващи седиментните, магмените и метаморфните скални комплекси, формирани през определените стадии от геотектонската еволюция, в съответната тектонска и палеогеографска обстановка. На базата на металогенен анализ се определят особеностите на геоложките комплекси, контролиращи рудообразуващите процеси, позицията и състава на минералните находища. Рудните находища и рудопроявления са систематизирани и характеризирани, като се определят техните генетични типове, връзките с рудогенериращите и рудовместващите скални комплекси и

тектонски структури, възрастта, структурните, минераложките и морфоложките особености на рудните тела. Посочените комплекси се обособяват в отделни рудни полета и по-крупни металогенни единици (рудни райони, металогенни зони и др.), формирани в рамките на единни геоложки процеси. Въз основа на разграничаването на структурните етажи и техните особености са дефинирани Неопротерозойско-херцинска и Алпийска геотектонски и металогенни епохи, като в тях се отделят съответните тектоно-металогенни стадии, като океански, субдукционни, рифтогенни, колизионни, постколизионни и т.н.

Монографията е придружена от разширено резюме на английски език, а текстовете на фигурите са на български и английски. Металогенната карта и Каталогът на находищата и рудопроявленията също са налични както на български, така и на английски език.

На Металогенната карта са показани 768 броя рудни находища и проявления. Същевременно, в текста и фигурите на монографията са включени общо 1274 броя рудни обекти, като голяма част от тях са описани накратко. За отделните находища и рудопроявления са представени данни за геоложката позиция, възрастта и характера на вместващите скали и структури, морфологията и минералния състав на рудните тела. Монографията е съставена основно на базата на 1636 бр. литературни източници и 308 бр. фондови доклади. С това, настоящата работа в голяма степен характеризира рудния потенциал на страната, без да се дават числови данни за ресурси и запаси.

ABSTRACT

The monograph "Metallogeny of Bulgaria", together with the attached "Metallogenic Map of Bulgaria in Scale 1:500 000" and the "Catalogue of the Ore Deposits and Occurrences", describes the ore deposits in the territory of Republic of Bulgaria, formed in the respective spatial and temporal geological conditions. It has been developed on the basis of numerous scientific monographs, scientific publications and geological research reports, representing the current data on the geological structure of the examined territory and on the ore deposits and occurrences, as the achievements of the individual authors are cited in the relevant sections of the book. The monograph represents the study of metallogenic processes based on paleotectonic principles, distinguishing the rocks, tectonic structures and associated ore manifestations formed during different epochs and stages in the geotectonic evolution.

The attached Metallogenic Map of Bulgaria in Scale 1:500 000 is compiled on a geological basis from the used digitalized version of the Geological Map of Bulgaria in Scale 1:500 000 (Cheshitev, Kanchev (eds.), 1989), as many necessary adjustments have been made to reflect the main current data. The Metallogenic map is accompanied by Catalogue of the shown deposits, noting their size (economic importance), economic and genetic type, major and minor elements, geographical position and affiliation to the ore field and ore region. The Map and the Catalogue are cited as Appendix 1 and Appendix 2 in the text of the book.

The monograph "Metallogeny of Bulgaria" distinguishes and characterizes the main structural stages, including sedimentary, magmatic and metamorphic rock complexes formed during the certain stages of geotectonic evolution, in the corresponding tectonic and paleogeographic environment. Based on metallogenic analysis, the features of the geological complexes which control the ore-forming processes, the position and the composition of the mineral deposits are determined. The ore deposits and ore occurrences are systematized and characterized by determining their genetic types, relationships with the ore-generating and ore-hosting rock complexes and tectonic structures, the age, structural, mineralogical and morphological features of the ore bodies. The noted complexes are differentiated into separate ore fields and larger metallogenic units (ore regions, metallogenic zones, etc.), formed by the

same geological processes. Based on the distinction of the structural stages and their characteristics are defined the Neoproterozoic – Hercynian and Alpine Geotectonic and Metallogenic Epochs, in which the respective tectonic-metallogenic stages are distinguished, such as ocean, subduction, rifting, collision, etc.

The book is written in Bulgarian, with extended English resume. The texts to the figures are in both languages. The Metallogenic Map and the Catalogue of the ore deposits and occurrences are also available in Bulgarian and English.

A total of 768 deposits and ore occurrences are shown on the Metallogenic map. Besides, the text and figures of the monograph include a total of 1274 ore manifestations, most of which are briefly described. Data for the geological position, age and character of the host rocks and structures, the morphology and mineral composition of the ore bodies are presented for the individual ore deposits and occurrences. The monograph is compiled mainly on the basis of 1636 literature sources and 308 National Geofund reports. Thus, the present book characterizes to a great extent the ore potential of the country, without mentioning numerical data on ore resources and reserves.

НАУЧНИ ПУБЛИКАЦИИ В ИЗДАНИЯ, КОИТО СА РЕФЕРИРАНИ И ИНДЕКСИРАНИ В СВЕТОВНОИЗВЕСТНИ БАЗИ ДАННИ С НАУЧНА ИНФОРМАЦИЯ

G7.36 Попов, К., D. Bakardjiev. 2014. Identification of Hydrothermal Alteration Areas in the Panagyurishte Ore Region by Satellite ASTER Spectral Data. *Comp. rend. l'Acad. bulg. Sci.*, 67, 11, 1547-1554.

Попов, К., Д. Бакърджиев. 2014. Идентифициране на площи с хидротермални изменения в Панагюрския руден район по спектрални данни от сателита ASTER. *Доклади БАН*, 67, 11, 1547-1554.

ABSTRACT

The aim of this study is to test the applicability and reliability of hydrothermal alteration areas identification by ASTER images in humid and intensively vegetated areas. The Panagyurishte Ore Region is chosen as test area because it is well studied, and it contains numerous porphyry copper and epithermal deposits related to Upper Cretaceous magmatic activity. A group of hydrothermal alterations and ore minerals described in field studies were used in this research. Mineral detection approach was used as the spectral features of image pixels were compared to the laboratory measured spectra. The image analysis was based on Spectral Angle Mapper method determining the angular similarity between pixel and laboratory spectra as very close vectors and small angles mean very good similarity and high possibility of presence for given mineral in the pixel. The areas with highest presence probabilities for studied minerals were mapped and interpreted. The open pits of Elatsite, Asarel, Medet, Vlaykov Vruh and Tsar Asen porphyry copper deposits are excellently identified, as well as outcropped areas with highest presence probability of hydrothermal and ore minerals. Despite being the products of human activities, the tailing ponds and waste dumps are also well identified on the ASTER image since their composition is similar to the deposit's host rocks. Some epithermal deposits like Krasen, Radka and Petelovo are also identified, but to a lesser extent due to their lesser surface exposure. Several smaller areas with possible presence of the studied minerals are determined within urban areas, dam lake coasts and along some roads, but they are interpreted as probable "false anomalies" due to the spectral and spatial limitations of the satellite instrument.

РЕЗЮМЕ

Целта на настоящето изследване е да оцени приложимостта и достоверността на разпознаването чрез ASTER изображения на участъците с хидротермални промени в хумидни райони с интензивна растителност. За тестов район бе избран Панагюрският руден район, поради добрата си изученост и наличието на множество меднопорфирни и епитермални находища, свързани с горнокредния магматизъм. В това изследване е използвана съвкупност от хидротермални изменения и рудни минерали, описвани в полевите изследвания. Използван е подход за идентифициране на минералите, като спектралните характеристики на пикселите от изображението са сравнявани със спектри, измерени в лабораторни условия. Анализът на изображението е базиран на метода Spectral Angle Mapper, чрез който се определя ъгловото сходство между пикселите и лабораторните спектри, като близостта на векторите и малките ъгли между тях означават добро сходство и голяма вероятност дадения минерал да присъства в пиксела. Интерпретирани и очертани са участъците с най-висока вероятност на присъствие на избраните минерали. Ясно се отличават кариерите на меднопорфирните находища Елаците, Асарел, Медет, Влайков връх и Цар Асен, както и разкрити участъци с най-висока вероятност за присъствие на хидротермални промени и рудни минерали. Въпреки, че са продукти на човешка дейност, на ASTER изображенията добре се идентифицират също и хвостохранилищата, тъй като техният състав е сходен със скалите в находищата. Участъците на някои епитермални находища, като Красен, Радка и Петелово, също са идентифицирани, но в по-ограничена степен поради тяхното ограничено разкритие на повърхността. Някои по-малки участъци с вероятно наличие на изучаваните минерали се идентифицират в населени места, брегове на язовири и по протежение на някои пътища, но те са интерпретирани като „фалшиви аномалии“, дължащи се на ограничените спектрални и пространствени разрешителни способности на сателитната апаратура.

G7.37 Bakardjiev, D., K. Popov. 2015. ASTER spectral band ratios for detection of hydrothermal alterations and ore deposits in the Panagyurishte Ore Region, Central Srednogorie, Bulgaria. *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, vol. 76, 1, 79-88.

Бакърджиев, Д., К. Попов. 2015. Приложение на отношенията между спектралните канали на ASTER за разпознаване на участъците с хидротермални изменения и рудни находища в Панагюрския руден район, Централно Средногорие, България. *Спис. БГД*, год. 76, кн. 1, 79-88.

ABSTRACT

The present study discusses the applicability of ASTER color composite and spectral band ratio satellite images for detection of hydrothermal alteration areas and ore deposits. The humid and dense vegetated Panagyurishte Ore Region is used as a test area. Numerous color composites and band ratio variants were investigated, and the best result images are present in this paper. Generally, the simple color composite images can be used mainly for rough delineation of surface materials and objects, while the band ratio images can serve for more clear detection of the presence of hydrothermal alterations and ore deposits. Most of the open pit exploited porphyry copper deposits (such as Elatsite, Asarel, Medet, Vlaykov Vrah, etc.) and their tailing ponds and waste dumps are certainly recognizable on some band ratio composite images. Some of the less outcropped and underground mined deposits (as Krasen, Radka, Elshitsa) and ore occurrences (Petelovo, Selska Koria, Pripora) are also well detectable. Although the considerable approximation, this method can produce quick, cost-effective and successful results for hydrothermal alteration areas and ore deposits recognition over large areas.

РЕЗЮМЕ

Настоящото изследване разглежда приложимостта на сателитни композитни изображения и получени като отношения между спектралните канали от инструмента ASTER за идентифициране на участъци с хидротермални изменения на скалите и рудни находища. Като тестов район е използван Панагюрския руден район, характеризиращ се с хумиден климат и гъста растителна покривка. Изследвани са различни композитни изображения и междуканални отношения, като в статията са представени вариантите, предоставящи най-добри резултати. Като цяло простите цветни композитни изображения могат да бъдат използвани за по-общо разграничаване на обектите и материалите от земната повърхност, докато изображенията, получени като отношения между каналите могат да служат за по-ясна идентификация за наличието на зони с хидротермални изменения и рудни находища. На някои от получените чрез междуканални отношения изображения отчетливо се разпознават откритите рудници на повечето меднопорфирни находища (като Елаците, Асарел, Медет, Влайков връх и др.), както и техните хвостохранилища. Добре различими са и някои по-слабо разкрити и подземно експлоатирани находища (като Красен, Радка, Елшица) и рудопроявления (Петелово, Селска кория, Припора). Въпреки доста приблизителния характер, чрез използвания метод могат да се получават бързи, ценово ефективни и успешни резултати по дистанционно идентифициране на участъци с хидротермални изменения и рудни находища при изучаване на големи райони.

Г7.38 Попов, К., D. Velichkov, P. Popov. 2015. The post-collisional Upper Thracian Rift System (Bulgaria) and the formed exogenous uranium deposits. Part 1 – Lithostratigraphy and tectonic. *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, vol. 76, 2-3, 35-49.

Попов, К., Д. Величков, П. Попов. 2015. Постколиззионната Горнотракийска рифтова система (България) и формираните екзогенни уранови находища. Част 1 – литостратиграфия и тектоника. *Спис. БГД*, год. 76, кн. 2-3, 35-49.

ABSTRACT

The Upper Thracian rift system is differentiated within the frame of the Balkan orogeny, in the central parts of South Bulgaria. It was developed during the Middle Eocene–Quaternary post-collisional extensional processes which remake the earlier collisional structures. The Bartonian–Quaternary complex is deposited in the rift. The Bartonian–Priabonian, Priabonian–Lower Oligocene, Upper Oligocene–Middle Miocene, Upper Miocene–Pliocene and Quaternary groups are delimited within the complex, and they are separated by discordant and discomform boundaries. Numerous lithostratigraphic formations are distinguished in the groups. The particular units are composed of terrigenous continental and less marine sediments, with limited presence of carbonaceous, organic and volcanic deposits, as well as with coal beds.

The geological and geophysical investigations and satellite stereo-images interpretations show a complex fault network, which determines the structure of the Upper Thracian rift system. The differentiated faults are ESE, NNW, NNE and ENE, rare with meridional or equatorial directions. The ESE structures are determinant and longitudinal towards the Balkan system, and the NNW and NNE structures are diagonal.

The second rank structures of Plovdiv and Zagora Grabens, and Chirpan Step are noted in the rift system. Numerous third rank structures as the Momino and Maritsa Grabens, Stryama Horst, the Plovdiv and Brezovo Steps are distinguished within the Plovdiv Graben. The Opan Graben, East Maritsa Step, St. Iliya Horst, Tundzha Step with the Elhovo Structural Depression,

Simeonovgrad Horst, Haskovo Graben and others, are noted within the Zagora Graben. Three steps divided by ESE to subequatorial faults are formed within the Chirpan Step.

The Upper Thracian Uranium Ore Region is formed within the frame of the Upper Thracian Rift System. This ore region is represented by exogenous uranium ore deposits formed in the Tertiary sediments, and they will be described in the next paper.

РЕЗЮМЕ

В алпийския Балкански ороген, в централните части на Южна България, се обособява Горнотракийската рифтова система. Тя се формира през средноеоценско-кватернерните постколизийни екстензионни процеси, като преработва по-ранните колизийни структури. В рифтовата система е отложен бартон-кватернерен комплекс, в който се обособяват бартонско-приабонска, приабонско-долноолигоценска, горноолигоценско-средномеоценска, горномеоценско-плиоценска и кватернерна групи, които се отделят с дискордантни или дисконформни граници. В тези групи се различават поредици от литостратиграфски свити или задруги. Отделните единици са съставени от теригенни континентални, по-малко морски наслаги, с ограничено участие на карбонатни, органични и вулкански материали, както и с въглищни пластове.

Въз основа на геоложките и геофизичните проучвания и интерпретацията на сателитни стерео-изображения се установява сложна разломна мрежа, определяща структурата на Горнотракийската рифтова система. Обособени са разломи с ИЮИ, ССЗ, ССИ и ИСИ, рядко с меридионални или екваториални направления. Изток-югоизточните структури са определящи и надлъжни спрямо Балканидите, а ССЗ и ССИ са диагонални.

В рифтовата система като второразрядни се отбелязват Пловдивският и Загорският грабени и Чирпанският праг. Като третостепенни структури в Пловдивския грабен се различават Моминският и Маришкият грабени, Стрямският хорст, както и Пловдивското и Брезовското стъпало. В Загорския грабен са отделени Опанският грабен, Източномаришкото стъпало, Светиилийският хорст, Тунджанското стъпало с Елховското структурно понижение, Симеоновградският хорст, Хасковският грабен и др. В Чирпанския праг се отделят 3 стъпала, разделяни по ИЮИ до субекваториални разломи.

В границите на Горнотракийската рифтова система се обособява Горнотракийският уранов руден район. Той е представен от уранови екзогенни находища, формирани в терциерните седименти, които ще бъдат описани в следващата статия.

Г7.39 Popov, K., D. Velichkov, P. Popov. 2016. The post-collisional Upper Thracian Rift System (Bulgaria) and the formed exogenous uranium deposits. Part 2 – Metallogeny of the Upper Thracian Uranium Ore Region. *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, vol. 77, 1, 51-64.

Попов, К., Д. Величков, П. Попов. 2016. Постколизийната Горнотракийска рифтова система (България) и формираните екзогенни уранови находища. Част 2 – металогения на Горнотракийския урановоруден район. *Спис. БГД*, год. 77, кн. 1, 51-64.

ABSTRACT

The post-collisional Upper Thracian Rift System, which is sedimentary complex of Middle Eocene–Quaternary rocks, is determined within the Balkan orogeny. The Upper Thracian Uranium Ore Region, formed in the Tertiary sediments, is distinguished in this rift structure. The feeding province is marked by the surrounding mountains, as different granitoids and high-grade metamorphic rocks are the sources of uranium. The ore forming is result of

epigenetic infiltration through aquifers, in differentiated artesian basins. The position of ore deposits is usually controlled by the fault zones or erosion windows, which discharge the water. The ore bodies are localized within sandstone aquifer, less in aleurolite, tuff-sandstone, rare in clay, within reducing or neutral conditions. The ore bodies are predominantly bed-like or lens-like, rarely roll in shape. The ore mineralization is represented by ningyoite, coffinite, phosphorus-bearing and vanadium-phosphorus-bearing coffinite, autunite and others. Momino, Maritsa, Haskovo, Yambol, Orlov Dol and Navasen Ore Fields are determined within the Upper Thracian Ore Region, and series of uranium economic deposits and ore occurrences are found in these ore fields.

РЕЗЮМЕ

В Балканския ороген е установена постколизийната Горнотракийска рифтова система, в която е отложен комплекс от средноеоценско-кватернерни скали. В тази рифтова структура се обособява Горнотракийският урановоруден район, формиран в терциерните отложения. Подхранващата провинция се бележи от ограждащите планини, като източник на урана са различни гранитоиди и високостепенни метаморфити. Рудообразуването се осъществява в резултат на епигенетична инфилтрация по водоносните пластове в обособени артезиански басейни. Разломните зони или ерозионните прозорци, разтоварващи водите, обикновено контролират позицията на рудните находища. Рудните тела са локализирани във водоносни пясъчници, по-рядко в алевролити, туфопясъчници, рядко глини, в редукционна или неутрална среда. Рудните тела са предимно пластовидни или лещовидни, рядко с ролова форма. Рудната минерализация е представена от нингиоит, кофинит, фосфорсъдържащ и ванадий-фосфорсъдържащ кофинит, отунит и др. В Горнотракийския урановоруден район са обособени Моминско, Маришко, Хасковско, Ямболско, Орловдолско и Навъсенско рудни полета, където са установени поредица от промишлени находища и рудопроявления.

Г7.40 Попов, К. 2016. 3D Modelling of the Geochemical Associations in the Assarel Porphyry Copper Deposit (Bulgaria). *Comp. rend. l'Acad. bulg. Sci.*, 69, 9, 1175-1182.

Попов, К. 2016. 3D моделиране на геохимичните асоциации в меднопорфирното находище Асарел (България). *Доклади БАН*, том 69, № 9, 1175-1182.

ABSTRACT

The well core data of multielement contents from the Assarel porphyry copper deposit are statistically processed mainly by factor analysis to investigate the existence of spatial correlations between the chemical elements. Five groups of elements are determined in the result: [Cu, Ag]; [Pb, Zn]; [Co, Sn]; ([Mo] As, Au) and (Ni, Ba). The elements in each group possess similar spatial distributions, so these groups are interpreted as "geochemical associations". The [Cu, Ag] geochemical association is developed in the central parts of the deposit and corresponds to the spreading of the main ore mineral associations. The [Pb, Zn] group is observed along the periphery of the deposit, predominantly in the southern parts, and represents the distribution of the quartz-galena-sphalerite mineral association. The [Co, Sn] geochemical association is localized in the western and southwestern areas, within the andesitic rocks. Higher concentrations of elements from the ([Mo] As, Au) group are observed in the uppermost levels of the central area and in the western and southeastern periphery within the andesite and probably represent mainly the quartz-molybdenite mineral association. The (Ni, Ba) association is located in the highest central parts and in the lower northern and western periphery, and together with [Co, Sn] group represent the development mainly of the quartz-pyrite association within less hydrothermally altered host rocks. The elements' composition and

the zonal distribution of the geochemical associations clearly mark the spatial geological characteristics of the ore forming processes. The demonstrated method can be widely used in the multicomponent investigations of mineral deposits, prospecting and exploration.

РЕЗЮМЕ

Изследвано е наличието на пространствена корелация между елементите в меднопорфирното находище Асарел чрез статистическа обработка, основно с факторен анализ, на многоелементни сондажни данни. В резултат са обособени пет групи от елементи: [Cu, Ag]; [Pb, Zn]; [Co, Sn]; ([Mo] As, Au) и (Ni, Ba). Елементите от всяка група притежават сходни пространствени разпределения, поради което групите са интерпретирани като „геохимични асоциации“. Геохимичната асоциация [Cu, Ag] е развита в централните части на находището и съответства на разпространението на асоциациите на главните рудни минерали. Групата [Pb, Zn] се наблюдава по периферията на находището, предимно в южните части, и отразява разпространението на кварц-галенит-сфалеритовата асоциация. Геохимичната асоциация [Co, Sn] е локализирана в западните и югозападните участъци, сред андезитовите скали. Повишени съдържания на елементите от ([Mo] As, Au) група се наблюдават в най-горните нива от централната част, както и по западната и югозападната периферия сред андезитите и вероятно отразява основно кварц-молибденитовата минерална асоциация. Групата (Ni, Ba) е развита в най-високите централни части и в ниските нива по северната и западната периферия, като заедно с асоциацията [Co, Sn] представят развитието главно на кварц-пиритовата асоциация сред по-слабо хидротермално изменените вместилища скали. Съставът на елементите и зоналното разпространение на геохимичните асоциации ясно очертава пространствените геоложки характеристики на рудообразователния процес. Представеният метод може да бъде широко прилаган в многокомпонентните изследвания на минералните находища, проучването и експлоатацията.

Г7.41 Маринов, И., Н. Темелакиев, П. Дойчев, К. Попов. 2018. Фактори, контролиращи рудообразователните процеси в златно-сребърно находище Милин камък, Западно Средногорие. *Сп. БГД, „Геонауки 2018“*, год. 79, 3, 125-126.

Marinov, I., N. Temelakiev, P. Doychev, K. Popov. 2018. Ore controlling factors at the gold-silver deposit Milin Kamak, Western Srednogorie, Bulgaria. *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, vol. 79, 3, 125-126.

РЕЗЮМЕ

Злато-сребърното находище Милин камък попада в Западното Средногорие, България, част от Апусени-Банат-Тимок-Средногорския магматичен и металогенен пояс. То се намира на територията на община Брезник, на 55 km от София. Осем рудни зони са вместилища сред хидротермално изменени горнокредни вулкански туфи, лапилови и агломератови туфи и внедрени базалтови дайки. Проведеният в находището структурен анализ доведе до нова интерпретация, представена тук. Наблюдават се три главни разломни системи: рудовместилищни разломи с изток-западно направление и секущи ССИ-ЮЮЗ и СИ-ЮЗ разломи. Това е предпоставка за образуването на рудни стълбове в областите на пресичане на разломите от различните системи. Високи съдържания се наблюдават и в проникваемите участъци на приотваряне в тектонските структури, които се свързват с промяна на наклона на рудовместилищните разломи. Статията разглежда структурната рамка и нейния контрол върху разпределението на съдържанията в рудата.

ABSTRACT

Milin Kamak gold-silver deposit is situated in Western Srednogorie, Bulgaria of the Apuseni-Banat-Timok-Srednogorie magmatic and metallogenic belt. It is located in the area of Breznik municipality, 55 km away from Sofia. Hydrothermally altered Upper Cretaceous volcanoclastic tuffs, lapilli and agglomerate tuffs intruded by basaltic dykes hosted eight ore zones. Structural analysis conducted at the Milin Kamak Au-Ag deposit has led to a new interpretation presented here. Three main fault systems are observed: ore forming faults with East-West direction and cross-cutting NNE-SSW and NE-SW faults. It suggests ore column forming on the intersections of the fault systems. High-grade mineralization is hosted also in permeable and opening place in the tectonic structures that associate with dip changing in ore forming faults. The paper discusses the structural framework and its control over the ore grade distribution.

Г7.42 Попов, К., П. Попов. 2019. The Alpine late collisional Rila-Rhodope Metallogenic Zone of the Balkan Orogenic System. *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, vol. 80, 1, 55-79.

Попов, К., П. Попов. 2019. Алпийската късноколизийна Рило-Родопска металогенна зона в Балканската орогенна система. *Сп. БГД*, год. 80, 1, 55-79.

ABSTRACT

During the Late Maastrichtian to the Lutetian time, a stage of collisional processes occurred in the evolution of the Balkan Orogenic System, which is a part of the Alpine-Himalayan belt. The subequatorial Kula-Obzor Foredeep with Paleocene–Lutetian shallow marine rhythmic molasse is situated in the northern parts of the system, while the Bartonian–Pliocene continental sediments are deposited to the south. Paleocene–Lutetian plutons are developed in the southern parts of the orogenic system, and they are nominated as Rila-Rhodope Upper Maastrichtian–Lutetian complex, intruded within the metamorphic rocks of the basement. The collisional stage terminates with the Illyrian fold and thrust-nappe deformations. The metallogenic processes are related to the Upper Maastrichtian–Lutetian magmatic complex. Numerous ore deposits are formed, thus defining the position of the Rila-Rhodope metallogenic zone. They are characterized by the predominant development of hydrothermal W, Mo, U ores and fluorite. Fe, Sb (+Au), Bi, and rarely polymetallic, Au-polymetallic and Cu mineralizations are represented as well. Often, they are in close spatial, temporal and mineralogical-geochemical relations. Rila-Western Rhodope, Rakitovo-Bachkovo and Barutin-Smilyan ore regions are defined, and individual ore fields or mineralized ore areas are differentiated within them.

РЕЗЮМЕ

В еволюцията на Балканската орогенна система, като част от Алпо-Хималайския пояс, се проявява стадий на колизийни процеси, обхващащи времето от Мاستрихта до Лютеса. В северните части на системата е разположено субекваториалното Кула-Обзорско предпланинско понижение с палеоцен-лютеска плиткоморска ритмична моласа, а на юг – бартон-плиоценски континентални наслаги. В южните части на орогенната система се внедряват плутони, обособени като горномастрихт-лютески Рило-Родопски комплекс, вметени в метаморфитите от фундамента. Колизийният стадий завършва с илйрските гънкови и възседно-навлачни деформации. Металогенните процеси са свързани с горномастрихт-лютеския магмен комплекс. Образувана е поредица от рудни находища, определящи позицията на Рило-Родопската металогенна зона. Те се характеризират с преобладаващото развитие на хидротермални руди на волфрам, молибден, уран и на флуорит. Освен това присъстват железни, злато-антимонови, бисмутови и по-рядко полиметални, злато-полиметални и медни минерализации. Често

те са с близки пространствени, темпорални и минералого-геохимични връзки. Очертават се Рило-Западнородопският, Ракитово-Бачковският и Барутин-Смилянският рудни райони, в които се обособяват отделни рудни полета или рудни минерализирани площи.

Г7.43 Marinov, I., K. Popov, K. Ruskov, D. Nikolova. 2019. Factor analysis of the geochemical associations in Milin Kamak ore deposit, Bulgaria. *Rev. Bulg. Geol. Soc., "Geosciences 2019"*, vol. 80, 3, 142-144.

Маринов, И., К. Попов, К. Русков, Д. Николова. 2019. Факторен анализ на геохимичните асоциации в находище Милин Камък, България. *Сп. БГД, „Геонауки 2019“*, год. 80, 3, 142-144.

ABSTRACT

The Milin Kamak deposit is located in the area of Western Srednogorie, municipality of Breznik. To determine the spatial correlations between chemical elements and geochemical associations in the deposit, the data of 36615 samples from 393 drill holes and 11 trenches were used. Statistical processing based mainly on factor analysis, followed by 3D modelling were applied to determine the geochemical associations and their spatial distributions. Six groups of elements with similar spatial distributions and represented by the individual factor axes were obtained as a result. The represented by factor 6 association of ([As] Au) Mn marks the spreading of quartz-polymetallic stage and represents the ore zones 1 and 2. The association on factor 1 [Cd, Zn, Pb] probably follows the distribution of quartz-galena-sphalerite mineral association while ([Cu, Sb] Bi) Ag group on factor 4 clearly marks quartz-sulfosalt-pyrite-galena-sphalerite association. The 3D modelling of the similarity in the spatial distributions of the elements clearly shows that the groups of elements from factors 1, 4 and 6 are related to hydrothermal ore-forming processes and represent the ore bodies. A certain spatial zoning is also observed as [Cd, Zn, Pb] association is mainly located in the western parts of the ore zone 1, away from the geochemical associations ([Cu, Sb] Bi) and ([As] Au) Mn, and the latter two associations overlap spatially to some extent.

РЕЗЮМЕ

Находище Милин камък се намира в Западното Средногорие, община Брезник. За определяне на пространствената корелация между химичните елементи и геохимичните асоциации в находището са използвани данни от 36615 проби от 393 сондажа и 11 канали. Приложени са статистическа обработка, базирана основно на факторен анализ и последващо триизмерно моделиране за определяне на геохимичните асоциации техните пространствени разпространения. В резултат са получени шест групи от елементи със сходни пространствени разпределения, отчетени от отделните факторни оси. Представената от фактор 6 асоциация ([As] Au) Mn маркира развитието на кварц-полиметалния етап и рудните зони 1 и 2. Асоциацията [Cd, Zn, Pb] от фактор 1 вероятно следва пространственото разпространение на кварц-галенит-сфалерит минерална асоциация, докато групата ([Cu, Sb] Bi) Ag от фактор 4 маркира ясно кварц-сулфосолно-пирит-галенит-сфалеритовата асоциация. Триизмерното моделиране на сходствата в пространствените разпространения на елементите ясно показва, че групите от елементи от фактори 1, 4 и 6 са свързани с хидротермалните рудообразуващи процеси и представят рудните тела. Наблюдава се също и известна зоналност, като асоциацията [Cd, Zn, Pb] е развита основно западните части на рудна зона 1, встрани от асоциациите ([Cu, Sb] Bi) и ([As] Au) Mn, като последните две в известна степен се застъпват пространствено.

Г7.44 Ruskov, K., I. Marinov, K. Popov. 2020. Application of dynamic anisotropy for the resource estimation improvement in Pisani Skali ore occurrence, Bulgaria. *Rev. Bulg. Geol. Soc., "Geosciences 2020"*, vol. 81, 3, 172-174.

Русков, К., И. Маринов, К. Попов. 2020. Използване на динамична анизотропия за подобряване оценката на ресурсите в рудопроявление Писани скали, България. *Сп. БГД, „Геонауки 2020“*, год. 81, 3, 172-174.

ABSTRACT

In the past years, the use of geostatistical methods has become common practice when considering the possibility of investing in a new mining operation or deciding on expanding current mining activities. The classical interpolation methods ignore the spatial anisotropy and spatial correlation of the data, and as a result are considered as inaccurate. The kriging is one of the most often used interpolation techniques for geostatistical estimation of the resources and reserves as the Ordinary Kriging is the most widely used kriging method. This work is aimed as a test whether the Dynamic Anisotropy grade interpolation method applied in Ordinary Kriging estimation process could improve the grade estimation on the curved ore bodies in vein type ore deposits. Pisani Skali gold occurrence has been chosen as object of study because it consists of different ore bodies with large variations in their orientations. It is situated at about 25 km SW from the town of Velingrad and it is hosted in the Rila-Rhodope granite batholith.

The Dynamic Anisotropy technique allows each estimation block to have a different orientation of the anisotropy' ellipse, depending on the surrounding ore body geometry. To achieve this, the trend surfaces that follow the changes in dip and dip direction of the mineralization (as observed in the core logging) were created. In the block model were added additional attributes to store the dip and dip direction from the surface's geometry. Two models were created and compared in this study: one – using the traditional Ordinary Kriging method with uniform search parameters and other one – based on the Dynamic Anisotropy method. The comparison between the results of both models shows that the usage of Dynamic Anisotropy method in resource estimation process in vein type deposits could provide improved grade estimates than the traditional geostatistical methods.

РЕЗЮМЕ

Прилагането на геостатистически методи се превърна в обичайна практика през последните години при разглеждане на възможността за инвестиране в нови минни обекти или вземане на решение за разширяване на текущите минни дейности. Класическите методи за интерполация не отчитат пространствената анизотропия и пространствената корелация между данните, поради което се считат за непрецизни. Една от най-често използваните техники за геостатистическа оценка на запасите и ресурсите е кригингът, като обикновения кригинг е най-широко използваната му разновидност. Това изследване цели да тества дали интерполацията по метода на динамична анизотропия на съдържанията, приложена при обикновен кригинг може да подобри оценката на съдържанията в извити рудни тела в жилни находища. За обект на изследване бе избрано златното рудопроявление Писани скали, тъй като то в него се наблюдават големи вариации в ориентацията на различните рудни тела. То се намира на около 25 km югозападно от Велинград, в Рило-родопския гранитен батолит.

Похватът на динамична анизотропия позволява за всеки оценяван блок да се присъжда различна ориентация на елипсата на анизотропия, в зависимост от геометрията на заобикалящото рудно тяло. За тази цел е създадена тренд повърхност, която следва измененията в наклона и посоката на наклона на орудяването (отчитани при описанието на ядката). В блоковия модел са добавени допълнителни атрибути за съхранение на

информацията за наклона и посоката на наклона на тренд повърхността. Създадени са два модела: един – чрез използване на традиционен метод на обикновения кригинг с еднакви параметри на търсене, и втори – базиран на метода на динамична анизотропия. Сравнението между резултатите от двата модела показва, че използването на метода на динамична анизотропия при жилни находища може да повиши прецизността в оценката на съдържанията в сравнение с традиционния геостатистически метод.

G7.45 Stavrev, M., K. Popov, K. Ruskov, S. Chavdarova, A. Hikov, I. Peytcheva. 2021. Spatial distribution of the geochemical associations in the Babyak Mo-Ag-Au-W-Bi-base metal deposit, Western Rhodopes (Bulgaria): application of factor analysis. *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, “*Geosciences 2021*”, vol. 82, 3, 67-69.

Ставрев, М., К. Попов, К. Русков, С. Чавдарова, А. Хиков, И. Пейчева. 2021. Пространствено разпределение на геохимичните асоциации в Мо-Ag-Au-W-Bi-полиметално находище Бабяк, Западни Родопи (България): приложение на факторен анализ. *Сп. БГД, „Геонауки 2021“*, год. 82, 3, 67-69.

ABSTRACT

A new approach combining geochemical and mineralogical studies with statistical methods in the Babyak Mo-Ag-Au-W-Bi-base metal deposit is presented. Seven groups of elements are distinguished by factor analysis and are considered as the basic geochemical associations. The association of ([Al, K, Ga, Na, Tl] Ba, Sr) ±Ti, V from factor 1 as well as ([P, V, Ti, Mg] Fe, Co) ±La, Sr, Ba, Ni in factor 2 does not show spatial dependence to the ore-forming process in the area. The ([Zn, Cd] Pb, Cu) ±Mn, Au, Fe geochemical association of factor 3 and the ([Bi, Ag] Mo) ±Pb, Sb association of factor 4 have similar spatial distribution along the main ore zone. The elements from the [Cr, Ni] ±Mg, Co association (factor 5) are localized predominantly close to apophyses of the bigger ore zones and partly in the latter. Factor 6 represents ([As, Au] Sb) association while factor 7 describes the ([Ca] ±Mn, W) group.

The 3D modelling of the factors (excluding first and second) illustrates the spatial zonation of the ore components. The development of higher temperature associations of elements (factor 4, 7 and partly factor 5) mainly in the western and southern parts of the deposit suggests that the precipitation of ore-bearing fluids begins in the fault zones of the granitoid batholith and at the contacts with orthogneisses of the metamorphic basement. The location of the other factors assumes that tectonic factors control the subsequent deposition of the lower temperature ore minerals.

РЕЗЮМЕ

Представен е нов методичен подход, комбиниращ геохимични и минераложки изследвания в Мо-Ag-Au-W-Bi-находище Бабяк. Чрез факторен анализ са извлечени седем групи от елементи, интерпретирани като геохимични асоциации. Асоциацията ([Al, K, Ga, Na, Tl] Ba, Sr) ±Ti, V от фактор 1, както и ([P, V, Ti, Mg] Fe, Co) ±La, Sr, Ba, Ni от фактор 2 не показват пространствена връзка с рудообразователните процеси в района. Геохимичните асоциации ([Zn, Cd] Pb, Cu) ±Mn, Au, Fe от фактор 3 и ([Bi, Ag] Mo) ±Pb, Sb от фактор 4 имат сходно пространствено разпространение по протежение на главната рудна зона. Елементите от [Cr, Ni] ±Mg, Co асоциация (фактор 5) са развити предимно в близост до апофизи на по-големите рудни зони и частично в тях. Фактор 6 представя ([As, Au] Sb) асоциация, а фактор 7 описва групата ([Ca] ±Mn, W)л

Триизмерното моделиране на факторите (без първия и втория) илюстрира пространствената зоналност на рудните елементи. Развитие на по-

високотемпературните асоциации от елементи (фактори 4, 7 и частично фактор 5) главно в западните и южните части на находището предполага, че проникването на рудоносните флуиди започва по разломните зони сред гранитния батолит и по контактите с ортогнайсите от метаморфната подложка. Разпространението на другите фактори дава основание да се предположи, че последващото отлагане на нискотемпературните рудни минерали е контролирано от тектонски фактори.

Г7.46 Popov, K., K. Ruskov, G. Zlatkov. 2021. Factor analysis of the geochemical associations in the Plavica ore deposit, Republic of North Macedonia. *Rev. Bulg. Geol. Soc., "Geosciences 2021"*, vol. 82, 3, 144-146.

Попов, К., К. Русков, Г. Златков. 2021. Факторен анализ на геохимичните асоциации в находище Плавица, Република Северна Македония. *Сп. БГД, „Геонауки 2021“*, год. 82, 3, 144-146.

ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the geochemical associations in the Plavica deposit in Republic of North Macedonia. The analyses of drill core samples from the detail exploration works were statistically processed to determine the groups of chemical elements with common spatial distributions. The resulting geochemical groups represent different stages of the ore forming hydrothermal processes. The main ore elements are represented by geochemical association of ([As, Sb, Au, Sn] Cu, Bi, Fe, Ag) which group outlines the ore bodies.

РЕЗЮМЕ

Целта на това изследване е да се изучат геохимичните асоциации в находище Плавица, Република Северна Македония. Анализите на проби от сондажната ядка от детайлното проучване са статистически обработени за определяне на групите от химични елементи със сходни пространствени разпространения. Получените геохимични групи представят различни стадии от рудообразователните хидротермални процеси. Главните рудни елементи са представени от геохимичната асоциация ([As, Sb, Au, Sn] Cu, Bi, Fe, Ag), която описва рудните тела.

НАУЧНА ПУБЛИКАЦИЯ В НЕРЕФЕРИРАНИ СПИСАНИЯ С НАУЧНО РЕЦЕНЗИРАНЕ ИЛИ В РЕДАКТИРАНИ КОЛЕКТИВНИ ТОМОВЕ

Г8.47 Popov, K. 2005. Lithostratigraphy of the Late Cretaceous Rocks in the Panagyurishte Ore Region. *Ann. Univ. Min. Geol.*, vol. 48, part. I, 101-114.

Попов, К. 2005. Литостратиграфия на къснокредните скали в Панагюрския руден район. *Год. на МГУ*, т. 48, св. I, 101-114.

ABSTRACT

The Late Cretaceous magmatism controls the evolution of the metallogenic processes in the Panagyurishte ore region. The Upper Cretaceous sedimentary and volcanic rocks transgressively overlay the basement of different older rocks. Turonian terrigenous complex, Panagyurishte volcano-sedimentary Group and Popintsi sedimentary Group are distinguished in the Upper Cretaceous section. The Coal-bearing and Sandstone suites are determined in the Turonian terrigenous complex. The Panagyurishte volcano-sedimentary Group is divided into Chelopech, Vozdol, Petelovo, Vrankamik, Assarel, Ovchepoltsi, Elshitsa and Pesovets Formations. The Popintsi sedimentary Group is compounded by the known Mirkovo and

Chugovitsa Formations. The paleontological data about the age of the quoted lithostratigraphic units are shown, as well as the data for their absolute age.

РЕЗЮМЕ

Къснокредният магматизъм контролира еволюцията на металогенните процеси в Панагюрския руден район. Горнокредните седиментни и вулканогенни скали се разполагат трансгресивно върху фундамент от различни по-стари скали. В горнокредния разрез се разграничават Туронски теригенен комплекс, Панагюрска вулканогенно-седиментна група и Попинска седиментогенна група. В Туронския теригенен комплекс се отделят въгленосна и пясъчникова задруга. Панагюрската вулканогенно-седиментна група се разделя на Челопешка, Воздолска, Петеловска, Вранкамикска, Асарелска, Овчеполска, Елшишка и Песовецка свити. Попинската седиментогенна група е съставена от известните Мирковска и Чуговишка свити. Посочени са палеонтоложките данни за възрастта на цитираните литостратиграфски единици, както и данните за тяхната абсолютна възраст.

Г8.48 Rouskov, K., K. Popov, S. Stoykov, Y. Yamaguchi. 2005. Some Applications Of The Remote Sensing In Geology By Using Of ASTER Images. -In: "Scientific Conference SPACE, ECOLOGY, SAFETY with International Participation", 10-13 June 2005, Varna, Bulgaria, BOOK SES' 2005, 167-173.

Русков, К., К. Попов, С. Стойков, Ю. Ямагучи. 2005. Някои приложения на дистанционните изследвания в геологията чрез използване на ASTER изображения. -В: „Научна конференция Космос, Екология, Сигурност с международно участие“, 10-13 юни, Варна, кн. SES' 2005, 167-173.

ABSTRACT

ASTER (The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflectance Radiometer) is a research facility instrument, launched on NASA's Terra satellite in December 1999. It is a sensor system with a unique combination of wide spectral coverage and high spatial resolution. The ASTER instrument has three spectral bands in the visible and near-infrared (VNIR), six bands in the short-wave-infrared (SWIR), and five bands in the thermal infrared (TIR) regions respectively. The ASTER also has a back-looking VNIR telescope, thus, stereoscopic images are acquired at 15-m resolution. ASTER was built to serve different application areas such as vegetation and ecosystem dynamics, hazard monitoring, geology and soils studies, land surface climatology, hydrology, and land cover change. The main aim of this article is to illustrate ASTER's ability to provide an information for alteration minerals, which are valuable for mineral prospecting and exploration activities. Several band ratio composite images, highlighting the possible distributions of iron oxides and clay minerals in the area of Assarel and Medet ore deposits are given. The iron and alteration minerals spread form two stripes, related to the faulting zones which control the development of mineral deposits and numerous ore occurrences in the studied area.

РЕЗЮМЕ

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflectance Radiometer) е изследователски инструмент, качен на борда на сателита Тера на НАСА, изстрелян в орбита през декември 1999 г. Той представлява сензорна система с уникална комбинация от широк спектрален обхват и висока пространствена резолюция. Инструментът ASTER има три спектрални канала във видимата до близката инфрачервена област, шест канала в късовълновата инфрачервена област и пет канала в термалната инфрачервена област.

ASTER притежава също и насочен назад сензор в близката инфрачервена област, което дава възможност за заснемане на стерео-изображения с резолюция от 15 m. ASTER е конструиран за извършване на изследвания в различни области, като растителност и динамика на екосистемите, мониторинг на критични ситуации, геология и почвознание, климатология, хидрология, промени в земното покритие и др. Основната цел на тази статия е да илюстрира възможностите на ASTER за изучаване на метасоматичните изменения, което е особено полезно при търсенето и проучването на полезни изкопаеми. Представени са няколко композитни изображения, получени чрез отношения между каналите, подчертаващи площите с вероятно наличие на железни окиси и глинести минерали в района на находищата Асарел и Медет. Развитието на железните и метасоматичните минерали се наблюдава в две ивици, свързани с разломните зони, които контролират формирането на рудните находища и поредицата рудопроявления в изследвания район.

Г8.49 Stoykov, S., K. Rouskov, Janko Gergikov, K. Popov. 2006. Photogeological Interpretation of Satellite Images. -In: "Second Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY", 14-16 June 2006, Varna, Bulgaria, CD SES' 2006, pp 7.

Стойков, С., К. Русков, Я. Герджиков, К. Попов. 2006. Фотогеоложка интерпретация на сателитни изображения. -Във: „Втора научна конференция с международно участие Космос, Екология, Нанотехнологии, Сигурност“, 14-16 юни, Варна, CD SES' 2006, 7 стр.

ABSTRACT

Most of the geological information comes from detailed field investigation by geologists. In addition, some of us use airborne and satellite remote sensing technology to supplement their in situ investigations. The remotely sensed images are routinely interpreted to identify lithology, structure, drainage pattern characteristics, and landforms.

ASTER (The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflectance Radiometer) is a research facility instrument. It is a sensor system with a unique combination of wide spectral coverage and high spatial resolution. The ASTER instrument has three spectral bands in the visible and near-infrared (VNIR), six bands in the short-wave-infrared (SWIR), and five bands in the thermal infrared (TIR) regions respectively. The ASTER also has a back-looking VNIR telescope, thus, stereoscopic images are acquired at 15-m resolution. The main aim of this article is to illustrate ASTER's ability to provide information for lithology and geological structures and comparing the out coming data to those of the existing geological and structural maps.

РЕЗЮМЕ

Болшинството от геоложката информация се получава от детайлните полеви изследвания от геолозите. В допълнение някои от нас използват самолетни или сателитни дистанционни методи да допълнят теренните изследвания. Дистанционно заснетите изображения стандартно се използват за идентифициране на литоложки, структурни дренажни характеристики и земни форми. ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflectance Radiometer) е изследователски инструмент. Той е сензорна система, съчетаваща от широк спектрален обхват и висока пространствена резолюция. Инструментът ASTER има три спектрални канала във видимата до близката инфрачервена област (VNIR), шест канала в късовълновата инфрачервена област (SWIR) и пет канала в термалната инфрачервена област (TIR). ASTER има и насочен назад сензор

в близката инфрачервена област, което позволява да се заснемат на стерео-изображения с резолюция от 15 m. Основната цел на тази статия е да илюстрира възможностите на ASTER за изучаване на литологията и геоложките структури и да сравни получените данни с наличните геоложки и структурни карти.

Г8.50 Бакърджиев, С., К. Попов, Д. Бакърджиев, К. Русков. 2011. Приложение на М-факторния кригинг при редуциране на нестационарните ефекти, влияещи на пространствените данни. Год. на МГУ, т. 54, св. I, 15-20.

Bakardjiev, S., K. Popov, D. Bakardjiev, K. Rouskov. 2011. Using the M-Factorial Kriging for Reduce Nonstationary Effects Affecting to Spatial Data. *Ann. Univ. Min. Geol.*, vol. 54, part I, 15-20.

РЕЗЮМЕ

М-факторният кригинг има възможност за изява на нестационарните ефекти в пространствените данни. Тази иновативна технология е приложима при изявата на обекти чрез цифровата обработка спектрални космически и аеро изображения. Този вид кригинг дава по-добри възможности при геостатистическия процес на филтриране на данните. Като резултат сигналът и шумът се по-добре разделени. Това се илюстрира при прилагането на М-факторния кригинг за редуцирането на шума, резултат от атмосферната динамика. При оптимизацията параметрите на геостатистическия модел, М-факторния кригинг гарантира по-добра съвместимост между геостатистическия модел и данните. В изявената структура на разпределение на шума може да има нестационарни области породени например от сигналната абсорбция, геоложката структура, пространствената вариация на отношението сигнал към шум, отразени в геометричните отношения на шума. В тази работа се въвежда М-факторния кригинг (техника на плъзгащото се средно в геостатистиката) в геостатистическите модели, в което се отчитат нестационарни ефекти при дистанционните методи за обработка и интерпретация на космически и аеро изображения.

ABSTRACT

M-Factorial Kriging approach enables to capture nonstationary effects affecting spatial data. This innovative approach, which can be applied on remote sensing technology – digital processing of space and aero images. M-Factorial Kriging models ensure better efficiency of the resulting geostatistical filtering process. As a consequence, signal and noise are better separated. This is illustrated by applying M-Factorial Kriging to reduce a noisy result of atmospheric dynamics. By optimizing spatially varying model parameters, M-Factorial Kriging guarantees a better adequacy between geostatistical model and data. In the framework of noise attenuation issues, sources of non-stationarity relate for example to signal absorption, geological structure, spatial variations of signal-to-noise ratio or varying geometrical features of noise. In this article we introduce M-Factorial Kriging models (Moving average techniques in geostatistics), which allow accounting for non-stationary effects that are encountered within remote sensing data sets.

Г8.51 Попов, К. 2011. Recognition of the Panagyurishte Ring Morphostructure by satellite stereo-images. *Ann. Univ. Min. Geol.*, vol. 54, part I, 81-88.

Попов, К. Дешифриране на Панагюрската кръгова морфоструктура по спътникови изображения. Год. на МГУ, т. 54, св. I, 81-88.

ABSTRACT

The aim of this paper is the structural study of the Panagyurishte ring morpho structure by interpretation of satellite stereo-images. Two types of data are used. The first type is stereo-images, acquired directly by the ASTER instrument and the second type is combination of the Landsat 7 ETM+ imagery with digital elevation model, acquired by the space shuttle (STRM DEM). All data is prepared in anaglyph format to ensure stereoscopic visualization capability. Specialized remote sensing software is used and the interpretation is done within a geographic information system environment. The Panagyurishte ring morpho structure is clearly defined by the relief and the drainage systems as well as by the linear structures. Typical radial-concentric development of the lineaments and streams is observed. The radial structures are very clear, while the concentric faulting is not so well developed. The NW-SE faults predominate in its northwestern parts, while the NE-SW faults are more typical for the northeastern and southwestern areas. The southeastern part of the morpho structure is lowered and covered by young sediments, which mask the spreading of the faults. Two main superimposed fault systems are determined – longitudinal and diagonal, which define the block type development of the morpho structure. They are represented by mutually conjugated fault groups, which partially inherit the radial-concentric faulting in the individual parts of the morpho structure. The superimposed longitudinal E-SE oriented fault system crosses the central parts of the Panagyurishte ring morpho structure. The later diagonal faults cut and displace the longitudinal faults. The diagonal faults most obviously inherit the radial structures along the periphery of the morpho structure. The areas of intersection between the faults from different systems and groups are characterized by increased permeability and they control the development of hydrothermal ore-forming processes.

РЕЗЮМЕ

Статията разглежда структурните изследвания на Панагюрската кръгова морфоструктура чрез интерпретация на сателитни стерео-изображения. Използвани са два типа стерео-изображения. Първият тип са директно заснети от инструмента ASTER, а вторият тип представлява комбинация от Landsat 7 ETM+ изображения и цифров модел на релефа, заснет от космическата совадка (SRTM DEM). За получаване на стереоскопичен ефект, всички данни са подготвени във вид на анаглифни изображения. Използван е специализиран софтуер за дистанционни изследвания, а интерпретацията е извършена в среда на географска информационна система. Панагюрската кръгова морфоструктура се очертава ясно както от релефа и дренажните системи, така и от линейните структури. Наблюдава се характерно радиално-концентрично развитие на линеаментите и потоците. Радиалните структури са ясно обособени, докато концентричното разломяване има по-ограничено развитие. В северозападните участъци преобладават СЗ-ЮИ ориентираните разломи, докато СИ-ЮЗ разломи са по-характерни за североизточните и югозападните участъци. Югоизточната част на морфоструктурата е понижена и покрита от млади наслаги, което маскира разпространението на разломите. Обособяват се две основни наложени разломни системи – надлъжна и диагонална, които определят блоковия строеж на морфоструктурата. Те са съставени от взаимно спрегнати групи разломи, които частично унаследяват радиално-концентричното разломяване в отделните части на морфоструктурата. Централните части на Панагюрската кръгова морфоструктура са разсечени от наложената надлъжна И-ЮИ ориентирана разломна система. По-късните диагонални разломи сечат и разместват надлъжните разломи. Диагоналните разломи най-отчетливо унаследяват радиалните структури по периферията на морфоструктурата. Участъците на пресичане на разломите от различните системи и групи се характеризират с повишена проницаемост и имат контролиращо значение за развитието на хидротермалните рудообразователни процеси.

Г8.52 Bakardjiev, D., K. Popov. 2014. ASTER spectral band ratios for detection of hydrothermal alterations and ore deposits in the Panagyurishte Ore Region, Central Srednogie. *Bulg. Geol. Soc. Nat. Conf. "Geosciences 2014"*, 75-76.

Бакърджиев, Д., К. Попов. 2014. Приложение на отношенията между спектралните канали на ASTER за разпознаване на участъците с хидротермални изменения и рудни находища в Панагюрския руден район, централно Средногорие. *БГД, „Геонауки 2014“*, 75-76.

ABSTRACT

The present study discusses the applicability of ASTER color composite and spectral band ratio satellite images for detection of hydrothermal alteration areas and ore deposits. The humid and dense vegetated Panagyurishte Ore Region is used as a test area, because it is well studied and characterized with numerous Upper Cretaceous porphyry copper and massive sulphide epithermal deposits. The simple color composite images can be used mainly for rough delineation of surface materials and objects, while the band ratio images can serve for more clear detection of the presence of hydrothermal alterations and ore deposits. Most of the open pits exploited porphyry copper deposits (such as Elatsite, Asarel, Medet, Vlaykov Vrah, etc.) and their tailing ponds and waste dumps are certainly recognizable on presented band ratio composite images. Although the considerable approximations, this method can produce quick, cost-effective, and successful results for hydrothermal alteration areas and ore deposits recognition over large areas.

РЕЗЮМЕ

Настоящото изследване разглежда възможностите за разпознаване на хидротермални изменения и рудни находища чрез композитни изображения и отношения между каналите от ASTER сателитни изображения. За тестов район е избран Панагюрският руден район, с типичен хумиден климат и гъста растителност, характеризиращ се с поредица от горнокредни меднопорфирни и масивносулфидни епитермални находища. Простите цветни композитни изображения могат да бъдат използвани главно за приблизително разграничаване на повърхностните материи и обекти, докато изображенията получени чрез междуканални отношения могат да служат за по-ясно разпознаване на наличието на хидротермални изменения и рудни находища. Повечето кариери за експлоатация на меднопорфирни находища (като Елаците, Асарел, Медет, Влайков връх и др.) и техните хвостохранилища и насипища са ясно разпознаваеми на представените композитни изображения по отношения между каналите. Въпреки, че е доста приблизителен, този метод може да предостави бързи, ценово-ефективни и полезни резултати при разпознаването на участъци с хидротермални промени и рудни находища в обхвата на големи площи.

Г8.53 Petrov, D., K. Popov. 2015. Correlations between elements in ores from the gold-copper deposit Chelopech, Bulgaria. *Ann. Univ. Min. Geol.*, vol. 58, part I, 93-98.

Петров, Д., К. Попов. 2015. Корелационни връзки между елементите в рудите от злато-медно находище Челопеч, България. *Год. на МГУ*, т. 58, св. I, 93-98.

ABSTRACT

The correlations between major and minor chemical elements in the ores from Chelopech gold-copper deposit are established by statistical processing of 19,200 multi-element ICP

analyses of samples, analyzed for content of 36 elements (Ag, Al, As, Au, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Rb, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Te, Ti, V, W, Y and Zn). The studied elements are analyzed by computing of the correlation matrix, which marks some well-developed relationships between pairs of elements, such as Fe-S, Cu-As, Cu-Bi, Cu-Cd, Cd-As, K-Na and others. An inverse correlation of the elements involved in composition of main ore minerals in the deposit (Fe, Cu, Au, As, S) and highly mobile elements (K, P, Y, La, Rb), which are extracted from the rocks in the hydrothermal processes is observed. The correlation scatterplots of some typical elements with strong, moderate and weak relationships are prepared. Particular attention in the interpretation of results is paid to the elements with high positive correlation coefficients and participating in composition of ore minerals and mineral associations found in the deposit. Trends of correlation of typical trace elements in primary and secondary ore minerals with main mineral-forming elements are established (Cd-Cu, Cd-As, Co-Fe, Co-Au, etc.). The increased content of Cu in the sphalerite from the central sectors of ore bodies in the deposit is the result of so called "chalcopyrite disease", which is the most likely reason for the high correlation between the Cu and Cd. Frequent impurities of Co, Te, and Se in pyrite are the reason for the average high correlation of Fe with these elements. The results of present study indicate that the correlation analysis is a powerful tool for establishing interdependences between the chemical elements, involved in the composition of the ore and host rock minerals in Chelopech deposit.

РЕЗЮМЕ

Корелационните връзки между главни и съпътстващи химични елементи в рудите от златно-медно находище Челопеч са установени чрез статистическа обработка на 19200 броя мултиелементни ICP анализи на проби, изследвани за съдържание на 36 елемента (Ag, Al, As, Au, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Rb, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Te, Ti, V, W, Y и Zn). Изследваните елементи са анализирани чрез изготвяне на корелационна матрица, която маркира някои изявени връзки между двойки елементи като Fe-S, Cu-As, Cu-Bi, Cu-Cd, Cd-As, K-Na и други. Наблюдава се обратна корелационна зависимост между елементите, участващи в състава на главни рудни минерали в находището (Fe, Cu, Au, As, S), и силно мобилните елементи (K, P, Y, La, Rb), които се извличат от скалите при хидротермалните процеси. Изготвени са корелационни диаграми на някои типични елементи с изявена силна, средна и слаба взаимовръзка. Особено внимание при интерпретацията на резултатите е обърнато на елементи с висок положителен коефициент на корелация помежду си, и участващи в състава на рудните минерали и минерални асоциации открити в находището. Установени са тенденции на взаимовръзка на типични елементи-примеси в главни и второстепенни рудни минерали с основни минералообразуващи елементи (Cd-Cu, Cd-As, Co-Fe, Co-Au и други). Повишените съдържания на Cu в сфалерита от централните участъци на рудните тела в находището са резултат от т. нар. „халкопиритова болест“, което е най-вероятната причина за високата корелация между Cu и Cd. Чести примеси от Co, Te и Se в пирит са причина за средно високата взаимовръзка на Fe с тези елементи. Резултатите от настоящото изследване показват, че корелационният анализ е мощен инструмент за установяване на взаимозависимости между химични елементи, участващи в състава на рудните минерали и вместващите скали в находище Челопеч.

Г8.54 Popov, P., K. Popov. 2017. The Uranium-Polymetallic Deposits in the Sliven-Tvarditsa Ore Region in the West Balkan Metallogenic Zone, Bulgaria. *Journal of Mining and Geological Sciences*, Univ. Min. Geol., vol. 60, part I, 7-14.

Попов, П., К. Попов. 2017. Ураново-полиметалните находища в Сливен-Твърдишкия руден район от Западнобалканската металогенна зона, България. *Спис. Мин. Геол. Науки, МГУ*, т. 60, св. I, 7-14.

ABSTRACT

Late Cretaceous hydrothermal uranium deposits are found in the West Balkan Metallogenic Zone. Sliven-Tvarditsa Ore Region is outlined in the Central Balkan Mountain, in which the Sliven and Shivachevo Ore Fields and the Yavorovets ore occurrence are distinguished. The ore bodies are bed-like, metasomatic, in Triassic and Upper Cretaceous carbonate rocks or in interbedding breccia. Besides, vein ore bodies are developed along the faults in the Paleozoic basement rocks. The ore mineralization is of hydrothermal type, medium to low temperature. The main ore minerals are pitchblende, galena, sphalerite and chalcopyrite, and the non-ore are quartz and to a lesser extent dolomite, calcite and barite. Pyrite, arsenopyrite, chalcocite, hydro pitchblende, chalcantite, renardite, anglesite, uranospinite, torbernite, cerussite, malachite, azurite, autunite, uranophane, hematite and limonite are more rarely observed. Bornite, chalcocite, hydro pitchblende, uranium soot, chalcantite, renardite, anglesite, uranospinite, torbernite, cerussite, malachite, azurite, autunite, uranophane, hematite and limonite are hypergenous. The hydrothermal alterations are represented by sericitization, advanced argillization, pyritization, kaolinization and carbonization. The ore deposits are formed in the frame of a non-volcanic island chain, adjacent to the Srednogorie Zone from the Apuseni-Banat-Timok-Srednogorie Magmatic and Metallogenic Belt.

РЕЗЮМЕ

В Западнобалканската металогенна зона са установени къснокредни хидротермални уранови находища. В Централния Балкан се оконтурва Сливен-Твърдишки руден район, в който се отделят Сливенското и Шивачевското рудни полета, както и рудопроявление Яворовец. Рудните тела са пластообразни, метасоматични, в триаски и горнокредни карбонатни скали или междупластови брекчи. Освен това са развити жилообразни рудни тела в разломите от палеозойски скали от фундамента. Рудната минерализация е от хидротермален тип, средно- до нискотемпературна. Главните рудни минерали са настуран, галенит, сфалерит и халкопирит, а нерудните – кварц и по-малко доломит, калцит и барит. По-рядко се срещат пирит, арсенопирит, халкозин, тенантит, тетраедрит и борнит. Хипергенни са борнит, халкозин, хидронастуран, настуран, уранови чернилки, халкантит, ренардит, англезит, ураноспинит, торбернит, церусит, малахит, азурит, отунит, уранофан, хематит и лимонит. Хидротермалните промени са представени от серицитизация, окварцяване, пиритизация, каолинизация и карбонатизация. Рудните находища са образувани в рамките на невулканска островна верига, прилежаща към Средногорска зона от Апусени-Банат-Тимок-Средногорския магматичен и металогенен пояс.

Г8.55 Попов, К. 2018. The Hercynian Collisional Metallogeny in Bulgaria. *Journal of Mining and Geological Sciences, Univ. Min. Geol.*, vol. 61, part I, 43-50.

Попов, К. 2018. Херцинската колизионна металогения в България. *Спис. Мин. Геол. Науки, МГУ*, т. 61, св. I, 43-50.

ABSTRACT

Ordovician – Lower Carboniferous sedimentation, calc-alkaline and potassium-alkaline magmatism and tectonic deformations mark the Hercynian collisional stage within the frame of the Neoproterozoic – Hercynian epoch. Mainly the magmatic processes define the metallogenic

characteristic. The calc-alkaline plutons control the Stara Planina Metallogenic Zone with iron, lead, copper, gold, fluorite and other deposits. The potassium-alkaline magmatism defines the Berkovitsa-Shipka Metallogenic Zone with uranium deposits as well as with tungsten, copper, polymetallic and other ore occurrences.

РЕЗЮМЕ

Херцинският колизионен етап, в рамките на Неопротерозойско-херцинската епоха, се бележи от ордовишко-долнокарбонска седиментация, калциево-алкален и калиево-алкален магматизъм и тектонски деформации. Металогенната характеристика се определя главно от магматичните процеси. Калциево-алкалните плутони контролират Старопланинската металогенна зона с железни, оловни, медни, златни, флуоритови и др. находища. Калиево-алкалният магматизъм определя Берковско-Шипченската металогенна зона с уранови находища, както и волфрамови, медни, полиметални и др. рудопроявления.

Г8.56 Marinov, I., K. Popov, N. Temelakiev. 2019. Volcanic ring morphostructures in the Western Srednogorie, Bulgaria. *Journal of Mining and Geological Sciences, Univ. Min. Geol.*, vol. 62, part I, 5-10.

Маринов, И., К. Попов, Н. Темелакиев. 2019. Вулкански кръгови морфоструктури в Западното Средногорие, България. *Спис. Мин. Геол. Науки, МГУ*, т. 62, св. I, 5-10.

ABSTRACT

The focus of this study is the interpretation of images obtained by the ASTER optical instrument on the TERRA satellite. Its data is processed and presented in stereoscopic 3D images. Anaglyphic glasses with red and cyan color filters are used to obtain the realistic effect of the images. The structural analysis of the data shows two ring morpho structures with distinct pattern of radial and concentric lineaments forming a clear circular morphology with a diameter of up to 9 km, located around the town of Breznik and the Klisura village in the Western Srednogorie, Bulgaria. The radial structures show clearer sharpness with respect to the drainage system and the relief, compared to the concentric structures, and the radial pattern is predominant. The ring morpho structures are formed among the volcanic rocks of the Breznik and Klisura paleo-volcanoes, represented by lava flow, epiclastic and pyroclastic products. A characteristic feature is the distribution of the proximal faces, represented by lava flows, volcanic bomb, and lapilli tuff in the central parts of the morphological structure, which locate the Breznik paleo-volcano approximately around the center of the ring morpho structure. It is assumed that the radial and concentric lineaments are probably relatively well-preserved remains of a volcanic cone. The tectonic events, which occurred during and after the final stage of the most intense volcanic activity, led to the formation of radial and concentric faults. They probably serve as channels for the movement of the ore hydrothermal fluid and ore hosting structures for gold-silver Milin Kamak deposit and Klisura ore occurrence.

РЕЗЮМЕ

В настоящето изследване е извършен анализ на изображения, получени от оптичния инструмент ASTER на сателита TERRA. Данните от него са обработени и представени като стереоскопични 3D изображения. За получаване на реалистичен ефект от изображенията са използвани анаглифни очила, с червен и циан цветни филтри. Структурният анализ на данните показват две кръгови морфоструктури с отчетлив рисунък от радиални и концентрични линеаментни структури, оформящи ясно обособени кръгови морфоструктури с диаметър до 9 km, ситуирани около град Брезник

и село Клисуря в Западното Средногорие, България. Радиалните разломи показват по-ясно изразена отчетливост по отношение на дренажната система и релефа, в сравнение с концентричните структури, като радиалният рисунок е преобладаващ. Кръговите морфоструктури са оформени сред вулканските продукти на Брезнишкия и Клисурския палеовулкани, представени от лавови потоци, епикластични и пирокластични продукти. Характерна особеност е разпределението на проксималните околосърпови фазиеси, представени от лавови потоци, бомбени и лапилови туфи в централните участъци на морфоструктурата, които ситуират Брезнишкия палеовулкан приблизително около центъра на морфоструктурата. Приема се, че радиалните и концентричните линейменти вероятно представляват относително добре запазени останки от вулкански конус. Тектонските събития, възникнали по време и след заключителния стадий на най-интензивната вулканска дейност са довели до образуването на радиални и концентрични разломи, които вероятно са послужили като канали за придвижване на рудоносните хидротермални разтвори и рудовместващи структури за златно-сребърното находище „Милин камък“ и рудопроявление Клисуря.

Г8.57 Marinov, I., K. Ruskov, K. Popov, N. Temelakiev. 2020. 3D implicit modelling of alteration rocks and lithological units in the Milin Kamak Au-Ag deposit: results and applications. *Journal of Mining and Geological Sciences*, Univ. Min. Geol., vol. 63, 226-321.

Маринов, И., К. Русков, К. Попов, Н. Темелакиев. 2020. 3D имплицитно моделиране на хидротермалните промени и литоложки тела в златно-сребърно находище „Милин камък“: изводи и приложения. *Спис. Мин. Геол. Науки*, МГУ, т. 63, св. I, 226-321.

ABSTRACT

The present study is focused on the interpretation of results received from implicit 3D geological modelling. The analysis and technical possibilities allow the extraction and interpretation of the main geological characteristics and spatial distributions of the alteration rocks and lithological units. Advanced radial basic function (RBF) interpolation technique has been used to define the geological boundaries and provide more accurate representation of 3D isosurfaces. The implicit model is generated by non-numerical lithological data. According to the results, the distribution of dykes and later sericitic and argillic alterations emphasize strictly their common alignment in the space. This also shows that dykes and alteration rocks share common hosting structures and are formed by the prior magmatic activity and subsequent ore hydrothermal fluids. The structural analysis based on lineament extraction and 3D building of fault surfaces shows three systems with NW-SE, NE-SW and E-W directions. The faults with NE-SW and E-W directions can be marked out as main hosting structures for magmatic products and hydrothermal fluids. The integration of structural data and body geometry analysis allows better understanding and more accurate definition of the local structural trend and spatial distribution of the alteration rocks and dykes.

РЕЗЮМЕ

Предмет на настоящето изследване са резултатите получени от 3D имплицитно моделиране. Анализът и техническите възможности в триизмерното моделиране позволяват извличане и интерпретация на пространствената ориентация и геоложките особености на главните литоложки единици и хидротермални промени, разкриващи се около златно-сребърно находище „Милин камък“, Брезник. С цел по-точно дефиниране на геоложките граници и предоставяне на по-акуратен облик на генерираните 3D

изоповърхнини е използвана RBF (Radial Basic Function) интерполационна техника. За имплицитното моделиране са използвани символни (номинални) литоложки данни. Според резултатите, пространственото разпределение на дайките и по-късните хидротермални промени, като серицитизация и аргилизация, са с подчертано съвместно разпределение в пространството. Това показва, че дайките и хидротермалните промени споделят общи рудовместващи структури и са формирани при придвижването на по-ранни магматични продукти и по-късни хидротермални флуиди. Структурният анализ, базиран на линейментното картиране и построяване на 3D повърхнини на разломните нарушения, показва три разломни системи с посоки СЗ-ЮИ, СИ-ЮЗ и И-З. Разломните нарушения със СИ-ЮЗ и И-З посоки се маркират като главни вместващи структури за магматичните продукти и рудоносните хидротермални разтвори. Интеграцията на структурните данни и анализът на пространствената ориентация на геоложките тела позволяват по-добро разбиране и по-акуратно дефиниране на локалния структурен тренд и пространственото разпределение на дайките и хидротермалните промени.

Г8.58 Попов, Р., К. Попов. 2022. Metallogenic Evolution of Bulgaria. XXII International Congress of the CBGA, Plovdiv, Bulgaria, 7–11 September 2022, Abstracts, 197.

Попов, П., К. Попов. 2022. Металогенна еволюция на България. XXII Международен конгрес на КБГА, Пловдив, България, 7–11 септември 2022, Резюме, 197.

ABSTRACT

The present metallogenic study is based on paleotectonic analysis, distinguishing the rocks, tectonic structures and associated ore deposits and occurrences formed during different epochs and stages in the geotectonic evolution of Bulgaria. Data from more than 1200 ore deposits and occurrences were used. The ore deposits are systematized and characterized by determining their genetic types, relationships with the ore-generating and ore-hosting rock complexes and tectonic structures, the age, and the structural, mineralogical and morphological features of the ore bodies. The Neoproterozoic–Hercynian and Alpine geotectonic and metallogenic epochs and the respective tectonic-metallogenic stages, such as ocean, subduction, rifting, collision, etc., are distinguished in the metallogenic evolution of Bulgaria.

The Neoproterozoic–Hercynian Tectonic and Metallogenic Epoch in Bulgaria is marked by Ocean Spreading Stage (Neoproterozoic) with podiform chromite, copper-nickel, magnetite-ilmenite and metamorphic iron ore deposits and occurrences; Subduction and Magmatic-Arc Stage (Neoproterozoic–Cambrian) with mainly iron and copper-nickel ores; Collisional Stage (Ordovician–Early Carboniferous) with skarn iron and hydrothermal lead-zinc, fluorite, copper, gold, iron, polymetallic, molybdenum and uranium mineralizations and Post-Collisional Stage (Late Carboniferous–Permian) with copper, lead-zinc, gold, molybdenum, uranium and barite deposits and occurrences.

The evolution of the Alpine Tectonic and Metallogenic Epoch in Bulgaria is marked by Intracontinental Rifting Stage (Triassic) with hydrothermally reworked SEDEX (?) iron ore deposits; Ocean Rifting Stage (Jurassic) with sedimentary iron deposits; Subduction and Early Collision Stage (Tithonian–Neocomian) with hydrothermal lead-zinc and barite deposits and weathering bauxite and iron-nickel occurrences; Intra-Collisional Rifting Stage (Late Cretaceous) with variety of porphyry copper (\pm Au, Mo), VMS copper-pyrite (\pm Au), iron (\pm Cu) skarn, copper and polymetallic (Pb-Zn-Cu) vein and carbonate replacement type, uranium, barite, etc. deposits; Late Collisional Stage (Maastrichtian–Lutetian) with pegmatites, iron skarn and hydrothermal predominantly tungsten, molybdenum, fluorite occurrences and

uranium deposits and Post-Collisional Stage (Bartonian–Quaternary) with hydrothermal mainly lead-zinc and uranium, sedimentary manganese and exogenous uranium deposits.

РЕЗЮМЕ

Настоящото металогенно изследване е базирано на палеотектонски анализ, разграничаващ скалите, тектонските структури и асоцииращите рудни находища и рудопроявления, формирани по време на различните епохи и стадии от геотектонската еволюция на България. Използвани са данни от над 1200 находища и рудопроявления. Рудните находища са систематизирани и характеризирани по генетичен тип, взаимовръзки с рудообразуващите и рудовместващи скални комплекси и тектонски структури, възраст, както и структурни, минераложки и морфоложки особености на рудните тела. В металогенната еволюция на България са разграничени Неопротерозойско-херцинска и Алпийска геотектонски и металогенни епохи със съответните тектоно-металогенни стадии, като океански, субдукционни, рифтогенни, колизионни, постколизионни и т.н.

Неопротерозойско-херцинската тектонска и металогенна епоха в България се маркира от стадий на океански спрединг (Неопротерозой) с подиформни хромитови, медно-никелови, магнетит-илменитови и метаморфни железни находища и рудопроявления; стадий на субдукция и магматични дъги (Неопротерозой–Камбрий) с главно железни и медно-никелови минерализации; колизионен стадий (Ордовик–Ранен Карбон) със скарнови железни и хидротермални оловно-цинкови, флуоритови, медни, златни, железни, полиметални, молибденови и уранови прояви, както и постколизионен стадий (Късен Карбон–Перм) с медни, оловно-цинкови, златни, молибденови, уранови и баритови находища и проявления.

Еволюцията на Алпийската тектонска и металогенна епоха в България се маркира от стадий на интраконтинентален рифтинг (Триас) с хидротермално преработени тип SEDEX (?) железни находища; стадий на океански рифтинг (Юра) със седиментни железорудни находища; стадий на субдукция и ранна колизия (Титон–Неоком) с хидротермални оловно-цинкови и баритови находища и изветрителни бокситови и желязо-никелови проявления; стадий на интраколизионен рифтинг (Късна Креда) с разнообразие от меднопорфирни (\pm Au, Mo), вулканогенни масивносулфидни медно-пиритни (\pm Au), железни (\pm Cu) скарни, медни и полиметални (Pb-Zn-Cu) жили и пластовидни тела в карбонатни скали, уранови, баритови и др. находища; късноколизионен стадий (Мастрихт–Лютес) с пегматити железни скарни и хидротермални предимно волфрамови, молибденови, флуоритови проявления и уранови находища, като и постколизионен стадий (Бартон–Кватернер) с хидротермални предимно оловно-цинкови и уранови, седиментни манганови и екзогенни уранови находища.

Г8.59 Klimentov, S., K. Ruskov, K. Popov, I. Marinov. 2022. Factor analysis of the geochemical associations in Sedefche epithermal ore deposit, Bulgaria. XXII International Congress of the CBGA, Plovdiv, Bulgaria, 7–11 September 2022, Abstracts, 270.

Климентов, С., К. Русков, К. Попов, И. Маринов. 2022. XXII Международен конгрес на КБГА, Пловдив, България, 7–11 септември 2022, Резюмега, 270.

ABSTRACT

The geochemical associations and spatial distribution of chemical elements in the Sedefche deposit are studied in this paper. The low sulphidation epithermal Au-Ag Sedefche deposit is in the most eastern part of the Zvezdel-Pcheloyad ore field, Momchilgrad depression.

Factor analysis was applied to determine the geochemical associations composed of groups of elements with similar spatial distribution. A total of 28 elements were included for the statistical data processing (Au, Ag, Pb, Zn, Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, S, Sb, Sr, Ti, Tl, V). Some of the analyzed elements which are not typical of the ore-forming processes, or their contents are below the detection limit of the analysis are excluded from further statistical processing. The methodology to determine geochemical associations by factor analysis is applied to evaluate the spatial correlation of the elements and the 3D modelling of the factor loadings. The results of the factor analysis reveal the total variation is decomposed on 7 factor axes. Thus, the obtained geochemical associations of elements with similar spatial distribution presented by each factor are as follows:

Factor 1: ([Mn, Be, Co, Zn, Fe] Al, Ni, Tl).

Factor 2: ([Ag, Pb, Sb, Au] Cu, As, Cd).

Factor 3: ([Hg, Tl, Mo, As] S, Au, K, Sb).

Factor 4: (Al, V, K, S, P), -([Ca, Mg]).

Factor 5: ([Ni, Cr] Ti), -(Ba).

Factor 6: ([Na, Ti] V, K, Ba), -(S).

Factor 7: ([Sr, P] V, Al).

Based on the factor analysis, the scores for each sample in the given factor can be calculated. This approach allows to perform further 3D modelling concerning that the factor scores represent the spatial relationship between elements. The first factor considers the behavior of the group of elements Mn, Be, Co, Zn and Fe. The lower weights of Al, Ni and Tl mark their tendency to connect to this group. This factor follows the spatial distribution of the main ore zone. The second factor represents the distribution of the main ore elements in the Sedefche epithermal deposit, joined in association of Ag, Pb, Au and Sb, as well as As, Cd, and Cu with lower loadings. This factor follows the spatial distribution of all ore zones. The association with core of Hg, Tl, Mo and As, which have a high correlation with each other, is described by the third factor is. Elements Au, K, S and Sb also join here with lower weights. The development of this group of elements also falls within the limits of the main ore body, as their distribution is much more fragmented than factor 2.

РЕЗЮМЕ

Тази публикация представя изследванията на геохимичните асоциации и пространственото разпределение на химичните елементи в находище Седефче. Нискосулфидното епитермално Au-Ag находище Седефче се намира в най-източната част на Звездел-Пчелоядското рудно поле, в Момчилградската депресия. За определяне на геохимичните асоциации, съставени от групи от елементи със сходни пространствени разпределения е използван факторен анализ. На статистическа обработка са подложени данните по съдържанията на общо 28 елемента (Au, Ag, Pb, Zn, Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, S, Sb, Sr, Ti, Tl, V). Някои от елементите, които не са характерни за рудообразователните процеси в находището, или съдържанията им са под и около чувствителността на анализа са изключени от последваща статистическа обработка. За оценка на пространствените корелации между елементите е използвана методика за определяне на геохимичните асоциации чрез факторен анализ и триизмерно моделиране на факторните тегла. В резултат от факторния анализ общата дисперсия е разложена на седем факторни оси. Така, получените геохимични асоциации от елементи със сходни пространствени разпространения и представени от всеки фактор са както следва:

Фактор 1: ([Mn, Be, Co, Zn, Fe] Al, Ni, Tl).

Фактор 2: ([Ag, Pb, Sb, Au] Cu, As, Cd).

Фактор 3: ([Hg, Tl, Mo, As] S, Au, K, Sb).

Фактор 4: (Al, V, K, S, P), -([Ca, Mg]).

Фактор 5: ([Ni, Cr] Ti), -(Ba).

Фактор 6: ([Na, Ti] V, K, Ba), -(S).

Фактор 7: ([Sr, P] V, Al).

При факторния анализ могат да бъдат пресметнати теглата на всяка проба в дадения фактор. Това позволява да се извърши последващо триизмерно моделиране на факторните тегла, които представят пространствените взаимовръзки между елементите. Първият фактор отчита поведението на елементите от групата Mn, Be, Co, Zn и Fe. Ниските тегла на Al, Ni и Tl са указание, че те имат по-слабо присъствие в тази група. Този фактор следва пространственото разпространение на главната рудна зона. Вторият фактор представя разпределението на главните рудни елементи в епитермалното находище Седефче, свързани в асоциация от Ag, Pb, Au и Sb, както и As, Cd, и Cu с по-ниски тегла. Този фактор следва пространственото развитие на всички рудни зони. Асоциацията с ядро от Hg, Tl, Mo и As, които имат високи корелации помежду си, е отчетена от третия фактор. Елементите Au, K, S и Sb също се отчитат донякъде от този фактор, с по-ниски тегла. Развитие на тази група от елементи също попада в рамките на главното рудно тяло, като тяхното разпространение е много по-фрагментирано, отколкото на елементите от фактор 2.

ПУБЛИКУВАНИ ГЛАВИ ОТ КОЛЕКТИВНА МОНОГРАФИЯ

Г9.60-81 Попов, П., С. Страшимиров, К. Попов, М. Каназирски, К. Богданов, Р. Радичев, С. Димовски, С. Стойков. 2012. *Геология и металогения на Панагюрския руден район*. Изд. Минно-Геоложки Университет "Св. Иван Рилски", София, 13-22. ISBN 978-954-353-181-3

РЕЗЮМЕ

Панагюрският руден район е част от Апусени-Банат-Тимок-Средногорския магматичен и металогенен пояс, който е елемент от алпийската Карпато-Балканска тектонска система. Поясът е формиран в резултат на рифтогенна екстензия след Вардаридната субдукция и Австрийската колизия. В района, както и в целия пояс се проявява интензивен горнокреден ефузивен и плутоничен магматизъм, предимно с висококалиев калциево алкален и субалкален характер. Магмогенерирането е осъществено в обогатена горна мантия с вариращо участие на коров компонент.

Металогенната характеристика на Панагюрския руден район се определя от развитието на широк спектър от различни по тип рудни находища. Водеща роля имат меднопорфирните и масивносулфидните медни находища. Сред порфирните се различават молибденово-меднопорфирни, собствено меднопорфирни и златосъдържащи меднопорфирни. В масивносулфидните находища се разграничават медно-пиритни, златосъдържащи медно-пиритни и злато-медно-пиритни. По-малко значение имат жилни или жилообразни злато-медно-оловно-цинкови, злато-оловно-цинкови, златни и баритови находища. Освен това са установени епитермални щокверкови златорудни находища и вулканогенно-седиментни манганови проявления. Формирането на

посочените типове рудни находища е тясно свързано с къснокредния магматизъм. Те са елементи от строежа и еволюцията на отделните вулкано-плутонични комплекси. В съответствие с това се разграничават Елашко-Челопешкото, Асарел-Медетското, Красен-Петеловското, Радкинското и Елшишкото рудни полета, които обхващат съответните вулкано-плутонични комплекси.

Съвместното пространствено разположение на описаните по-горе два типа медни находища и асоцииращите с тях жилни находища в рамките на отчетливо обособени рудни полета е една характерна особеност на Панагюрския руден район, подсказваща единен източник и определена последователност в развитието на рудообразователните системи, отложили различните минерализации в отделните рудни полета. Изотопните изследвания на флуидните системи в находища Радка, Елшица и Влайков връх дават убедителни доказателства за единни рудно-магматични системи в границите на отделните рудни полета (вулкано-плутонични комплекси). В рамките на тези системи се осъществява съвместно формиране на меднопорфирни и епитермални находища като продукти на последователно развиващи се във времето процеси. Като цяло при миграцията на магмената активност от север на юг, в отделните рудоносни вулкано-плутонични комплекси се набелязва все по-голямо участие на коров материал в магмата, което маркира по-плитки нива на магнообразуване. Вероятно с по-дълбочинно генериране на магмите в северните части на района (Елашко-Челопешкото рудно поле) е свързано значителното участие на злато в рудните минерализации, както и присъствието на минерали на елементи от платиновата група. В находищата от рудните полета в южната част участието на злато в системите очевидно намалява, а минерали на елементи от платиновата група не се установяват.

В монографията са разгледани над 150 рудни находища, рудопроявления и минерални индикации, като е използвана информация от 436 литературни източници и 32 фондови доклада.

ABSTRACT

The Panagyurishte Ore Region is part of the Apuseni-Banat-Timok-Srednogorie (ABTS) Magmatic and Metallogenic Belt, which is an element of the Alpine Carpathian-Balkan tectonic system. The belt is formed as a result of riftogenic extension after the Vardar zone subduction and the Austrian collision. Intensive Upper Cretaceous effusive and plutonic magmatic activity with dominantly high of potassium Ca-alkaline and sub-alkaline character is widespread in the region as well as in the whole ABTS belt. Magma generation occurs in enriched upper mantle with variable crust component input.

The metallogenic characteristics of the Panagyurishte Ore Region are determined by the development of a wide range of different types of ore deposits. The porphyry copper and massive sulfide copper deposits possess a leading role. Molybdenum-copper, copper and gold-bearing copper mineralization types are distinguished among the porphyry deposits. Copper-pyrite, gold-bearing copper-pyrite and gold-copper-pyrite mineralization styles are differentiated in the massive-sulphide deposits. Less important are vein or vein-like gold-copper-lead-zinc, gold-lead-zinc, gold and barite deposits. In addition, epithermal stockwork gold ore deposits and volcanogenic-sedimentary manganese occurrences are found. The development of the noted ore deposit types is closely related to the Late Cretaceous magmatism. They are elements of the setting and evolution of the individual volcanic-plutonic complexes. Accordingly, the Elatsite-Chelopech, Asarel-Medet, Krasen-Petelovo, Radka and Elshitsa Ore Fields are distinguished, and they cover the corresponding volcano-plutonic complexes.

The joint spatial location of the two types of copper deposits described above and the associated vein deposits within distinctly outlined ore fields is a characteristic feature of the Panagyurishte Ore Region. This suggests a single source and a certain sequence in the development of the ore-forming systems that deposited the different mineralizations in the individual ore fields. The isotopic studies of the fluid systems in the Radka, Elshitsa and Vlahov Vrah deposits provide convincing evidence for unified ore-magmatic systems within the boundaries of individual ore fields (volcano-plutonic complexes). Within these systems, co-formation of porphyry copper and epithermal deposits takes place as products of sequentially developing processes over time. In general, during the migration of magmatic activity from north to south, in the individual ore-bearing volcano-plutonic complexes is observed an increasing involvement of crustal material in the magma, which marks shallower levels of magma generation. The significant participation of gold in ore mineralization, as well as the presence of minerals of the platinum group elements, is probably related to a deeper magma generation in the northern parts of the area (Elatsite-Chelopech Ore Field). In the deposits of the ore fields in the southern part, the participation of gold in the systems is clearly decreasing, and minerals of the platinum group elements are not found.

The monograph examines over 150 ore deposits, ore occurrences and mineral indications, using information from 436 literary sources and 32 National Geofund reports.

УЧЕБНИ ПОСОБИЯ

E23.82 Попов, П., К. Попов. 2022. Лекции по металогения. Изд. „МГУ Св. Иван Рилски“, София, 99 стр.

Popov, P., K. Popov. 2022. Lectures on Metallogeny. Publ. “Univ. Min. Geol. St. Ivan Rilski”, Sofia, pp. 99.

РЕЗЮМЕ

Лекциите по Металогения са предназначени за студентите от Минно-Геоложкия Университет “Св. Иван Рилски”. Организиран са в две части: „Основи на металогенията“ и „Металогения на България“.

В първата част накратко са представени теоретичните основи на металогения анализ. Разгледани са геотектонските и структурните, магматичните, седиментационните, метаморфните и геохимичните фактори, изучавани от металогенията. Засегнати са методите на металогения анализ (исторически, регионален и т.н.), обработката на информацията и съставянето на металогения карти.

Втората част на лекциите обхваща металогенията на България. Тя е разработена като съкратен вариант на монографията „Металогения на България“ с автори Петко Попов и Камен Попов (2022), включваща „Металогения карта на България в мащаб 1:500 000“. За по-детайлна информация относно различните металогения епохи и единици и отделните находища и рудопроявления, както и за пълна литературна справка авторите съветват да се ползва монографията.

Освен за студентите от Минно-Геоложкия Университет, тези лекции могат да бъдат полезни за всички геолози и други специалисти, работещи в сферата на търсенето и проучването на рудни полезни изкопаеми.

ABSTRACT

The Lectures on Metallogeny are intended for the students at the University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”. They are organized in two parts: “Basics of the Metallogeny” and “Metallogeny of Bulgaria”.

The theoretical basics of metallogeny are briefly represented in the first part. The geotectonic, structural, magmatic, sedimentary, metamorphic and geochemical factors studied by metallogeny are considered. The methods of metallogenic analysis (historical, regional, etc.), the information processing and the map reparation are described.

The second part of lectures covers the metallogeny of Bulgaria. It is developed as a shortened version of the monograph “Metallogeny of Bulgaria” with authors Petko Popov and Kamen Popov (2022), including “Metallogenic Map of Bulgaria in Scale 1:500 000”. The authors recommend using the monograph for more detailed information about the different metallogenic epochs and units and individual deposits and ore occurrences, as well as for a complete literature reference.

Except for the students from the University of Mining and Geology, these lectures can be useful to all geologists and other specialists working in the field of prospecting and exploration of ore minerals.

E23.83 Попов, К. 2022. Упражнения по географски информационни системи. Изд. „МГУ Св. Иван Рилски”, София, 89 стр.

Popov, K. 2022. Exercises on Geographic Information Systems. Publ. “Univ. Min. Geol. St. Ivan Rilski”, Sofia, pp. 89.

РЕЗЮМЕ

Настоящите упражнения са разработени с цел усвояване работата с Географски Информационни Системи (ГИС). Те покриват практическите теми, разгледани в учебника „Курс по Географски Информационни Системи” (К. Попов, 2006). Представените тук упражнения са осъвременени така, че да могат да се изпълняват с новите версии 10.x на софтуера ArcGIS.

Задачите и тяхното изпълнение са представени в подробна форма, като за допълнителна информация за възможностите на софтуера към всяко упражнение можете да ползвате съответната глава от учебника или ръководствата, придружаващи програмата.

Упражненията са разработени на базата на софтуера ESRI ArcGIS версия 10.x, дарен на МГУ от ESRI България, а за примерни данни са използвани основно данни, разпространявани заедно с този софтуер. Целта на упражненията е студентите да могат в голяма степен самостоятелно да усвоят основните похвати и анализи, използвани в ГИС.

ABSTRACT

The present exercises have been developed with the aim of learning Geographic Information Systems (GIS). They covered the practical themes from the textbook “Course on Geographic Information Systems” (Popov, K., 2006). The exercises included here are updated so that they can run with newer versions 10.x of ArcGIS software.

The tasks and their implementations are presented in a detailed form, and for additional information about the capabilities of the software for each exercise you can use the corresponding chapter of the textbook or the manuals accompanying the software.

The exercises are developed on the basis of ESRI ArcGIS version 10.x, donated to UMG from ESRI Bulgaria, and data distributed with this software is mainly used as examples. The aim of the exercises is for the students to be able mostly independently to learn the basic concepts and analyzes used in GIS.

E23.84 Попов, К. 2022. Упражнения по дистанционни методи в геологията. Изд. „МГУ Св. Иван Рилски”, София, 133 стр.

Popov, K. 2022. Exercises on Remote Sensing Methods in Geology. Publ. “Univ. Min. Geol. St. Ivan Rilski”, Sofia, pp. 133.

РЕЗЮМЕ

Настоящите упражнения са предназначени за студентите от Геолого-проучвателния факултет на Минно-Геоложкия Университет “Св. Иван Рилски”, изучаващи дисциплината “Дистанционни методи в геологията”.

В тези записки са разгледани основните методи за предварителна обработка на сателитни изображения и принципите на тяхната визуална и компютърна интерпретация. Освен настоящото ръководство, студентите следва да получат от преподавателя и необходимия софтуер и данни за изпълнение на упражненията.

Освен за студентите от Минно-Геоложкия Университет, тези записки могат да бъдат полезни за всички геолози и други специалисти, желаещи да се запознаят с обработката и интерпретацията на сателитни изображения.

ABSTRACT

The present exercises are intended for the students of the Faculty of Geology and Exploration at the University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, learning the discipline “Remote Sensing Methods in Geology”.

The basic methods for pre-processing of satellite images and the principles of their visual and computer interpretation are described in these notes. Apart from this manual the students should also receive from the teacher the necessary software and data to perform the exercises.

Except the students at the University of Mining and Geology, these notes can be useful for all geologists and other specialists wishing to learn about the processing and interpretation of satellite images.

Дата: 12.04.2023 г.

Подпис:

(доц. д-р Камен Попов)