

НАХОДИЩА И ЗАЛЕЖИ НА МОЛИБДЕН В ОБЛАСТТА НА ВУЛКАНСКИЯ МАСИВ СУРДУЛИЦА, ЮГОИЗТОЧНА СЪРБИЯ

Милослав Симич

"Геоинститут"
Ровинска 12
11000 Белград
Сърбия и Черна гора

Бранислав Равошевич

"Усъвършенствани системи"
Воислав Илича 18
11000 Белград
Сърбия и Черна гора

Йован Ковачевич

"Геоинститут"
Ровинска 12
11000 Белград
Сърбия и Черна гора

РЕЗЮМЕ

В областта на вулканичния масив Сурдулица и неговите граници са известни няколко находища и проявления на молибден. Молибденовото находище Мачкатица от този комплекс, по броя на неговите рудни тела принадлежи към големите находища не само в Сърбия и Европа, но и в целия свят. В геотектонско отношение тази област принадлежи към Сръбско-Македонския масив, а от металогенна гледна точка той е част от зоната Бесна Кобила – Осогово.

Метагенезата на тази зона е свързана с процесите на нео-алпийската тектономагматична дейност, в същност терциерен (олигоцен-моценски) магматизъм с гранодиоритов състав, характерен с наличието на Mo, Cu, W, Zn, Pb минерализации, със значителни рудни запаси, по-специално на молибден, олово и цинк.

Мо-минерализации са пространствено установени в дацити и шисти или в местата на техния контакт, и рядко в гранодиоритите. Концентрацията на молибден като правило се увеличава в хидротермално изменените скали, като се има предвид, че изменените скали са геохимически най-благоприятната среда за отлагане на молибден. От страна на генетичните особености и морфоструктурните типове на минерализациите, проявяванията и находищата от вулканичния масив Сурдулица принадлежат към: хидротермални щокверково-импрегниран, жилен и порфирен тип минерализации.

ВЪВЕДЕНИЕ

Рамката на вулканичния масив Сурдулица представлява една интересна област от гледна точка на молибденовите находища. Той покрива площ от около 220 km² в Югоизточна Сърбия, простиращ се на около 25 km по неговата по-дълга ос, която е с посока почти север-юг. На места неговата ширина достига 12 km. Масивът непрекъснато се разширява от Врала река на север до Нови Глог на юг (фиг.1). Геотектонски масивът принадлежи към Сръбско-Македонския масив, докато металогенетически принадлежи към зоната Бесна Кобила – Осогово. Тази рудна зона започва близо до с. Рупиле и реките Бистрица и Власина на север, и се разширява над Мачкатица, Бесна кобила и Огогово към Тасос в Гърция, където изчезва в Егейско море. (Янкович, 1967, 1990; Йеленкович и др., 1997; Серафимовски, 1993; Симич, 2001). Характеризира с с множество находища, особено на олово, цинк и молибден.

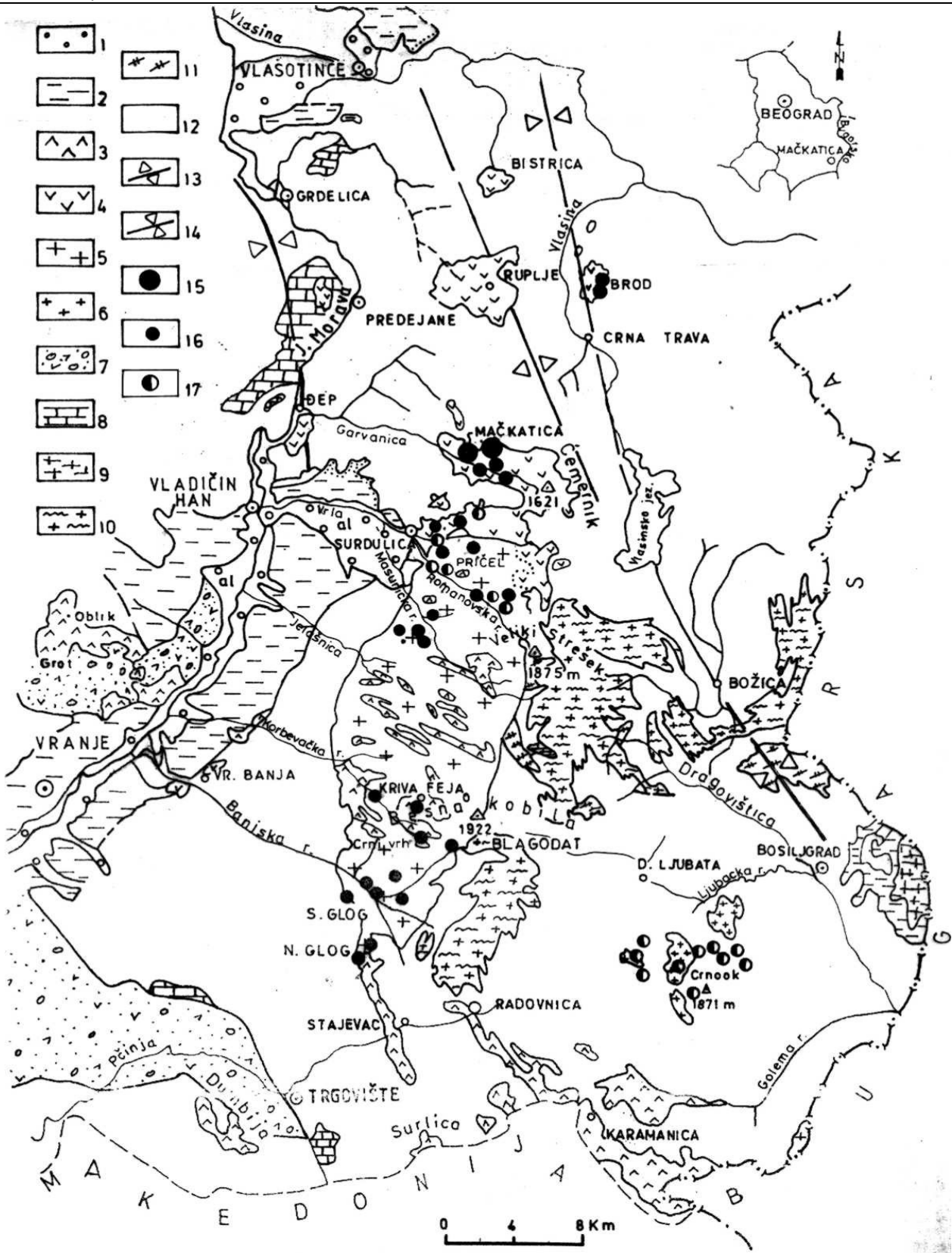
Масивът Сурдулица се вмести по време на нео-алпийския цикъл, като са разместени слоевете в кристалинните шисти на комплекса Власина. Той е съставен предимно от средно- до едрозърнести гранодиорити и монконитни гранити, които изграждат основата на масива. На места те са внедрени от гранодиоритпорфирити и кварцдиоритпорфирити, жилкови вариации от гранодиоритна магма. Слабо еродиралите гранити от Црноок в

околностите на селата Назарица и Дукач са подобни по възраст и частично петроложки на гранодиоритите от Сурдулица (Бабович и др., 1977; Петрович и др., 1973).

Освен Сурдулишките гранодиорити и Црноокските гранити, областта е съставена също от кристалинни шисти от комплекса Власина, гранитни скали от Божица и Доганица, както и от терциерни вулканити, главно с дацитен състав. В източната част на района, по българската граница, има ерозионни остатъци от девонски, пермски и триаски седименти, а в долината на Пчиня и Морава сенонски находища (фиг.1).

Гранодиоритите от Сурдулица, както и кристалинните шисти от комплекса Власина са вместили от жилки и малки масиви от дацити и кварцлатити, рядко от андезити и латити, които се засилват в субвулканичните и хипоабисалните нива. Дацитите се наблюдават предимно в северната част, докато кварцлатитите са разположени в средната и южната част на тази зона.

Находищата и рудопроявленията на молибден в тази рудна зона са генетично свързани с дацит-андезитните скали. Молибденовата минерализация е отложена в хидротермално изменените (силицитизирани, серицитизирани и калиево-фелдшпатизирани) дацити и шисти и техните контакти, рядко в гранодиоритите.



Фигура 1. Геоложка карта на граонидоритовия масив Сурдулица с Мо рудопроявления

1. Алувий, 2. Миоцен-плиоценски седименти, 3. Кварцлатити и латити, 4. Дацити и андезити, 5. Сурдулишки гранодиорити, 6. Црноокски гранити, 7. Еоценски седименти, 8. Кредни седименти, 9. Триаски седименти, 10. Догански и Божишки гранодиорити, 11. Габра, 12. Метаморфити от комплекса Власина, 13. Антиклинорий, 14. Синклинорий, 15. Мо-находища, 16. Мо-проявления, 17. W-проявления.

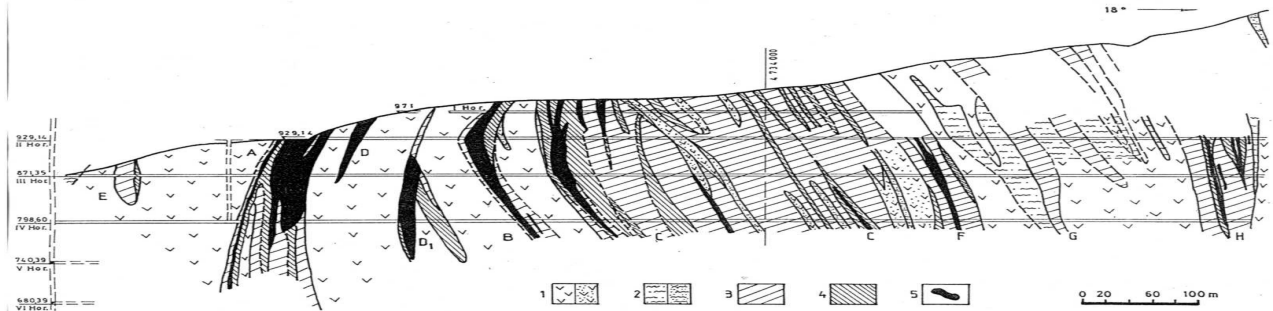
Главното проявление на минерализацията в скалите, които изграждат този район, е обусловена от предрудна

тектоника, главно от дължината и ширината на разломяване и разломните зони. На местата, където те

са плътни и кръстосани, щокверковите тела са формирани с разпръскане между жилите. На местата където пукнатините са на рядко или на големи разстояния една от друга са разработени други рудни жили, по-малки или по-големи по размер. (Милованович, Илич, 1953/54; Симич, 1993).

По отношение на генетичните особености и морфо-структурните типове на минерализациите, молибденовите находища и рудопроявления във вулканичния масив Сурдулица могат да бъдат разделени на три групи: хидротермален щокверково-разпръснат тип на минера-

лизация, който се характеризира с ниско съдържание на молибденова руда (обикновено под 0.1 % Mo). Находищата Мачкатица и Боровик принадлежат към този тип минерализация. Вторият тип минерализация е хидротермални кварц-молибденитови жили с малък размер и дебелина под 5 m (Стари глог, частично реките Масурицка и Романовска). Третият е порфирен тип минерализация, открит в Нови глог и Крива Фея в екзоконтактната част на гранодиоритите и кварцмонконтинпорфиритите, с ниско Mo и Cu съдържание и малки запаси.



Фигура 2. Напречен разрез – Мачкатица

1. Свежи, локално слабо минерализирани дацити (<math><0.04\%</math>Mo), 2. Свежи, Локално бедно минерализирани микашисти (<math><0.04\%</math>Mo), 3. Руда с Mo съдържание по-малко 0.08%, 4. Руда с Mo съдържание по-малко от 0.14%, 5. Руда с Mo съдържание повече от 0.14%.

МОЛИБДЕНОВИ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ И НАХОДИЩА

Във вулканската област Сурдулица и нейния край, в металогенната зона Бесна кобила има няколко находища и рудопроявления, които са интересни от икономическа гледна точка. Молибденови минерализации се наблюдават като се започне от Брод, на север от Чрна Трава и се простират на юг по Мачкатица, Сурдулица, Крива Фея до Стари Глог и Нови глог (фиг.1.).

Проявленията на молибден в **района Брод** са установени във Велчински поток в зоната на интензивно силицитизирани и каоцитизирани дацити под формата на редки кварцови жилки с дебелина до 5-10 cm. Кварцовите жилки са съставени от едри кварцови кристали, пирит, люспести молибденити и халкопирити. Съдържанието на молибден в кварцовите жилки, варира широко от 0.02-0.8 %, докато съдържанието на мед в същите жили варира 0.01-0.1 % (Симич, 1994, 2001).

Молибденовото рудно поле Мачкатица е разположено на около 7 km югоизточно от Сурдулица в планинския комплекс Чемерник. Находището със същото име е установено сред рудното поле в района на Попова долина, както и находището Боровик в Боровик. Освен Мачкатица и Боровик са известни и други молибденови минерализации в други местности на това рудно поле – Кучишняк, Попова долина, Меча долина, Грознатов долина, Троскачки поток, Доканов поток, Маликина долина, Гарваника и др. (Симич, 1993, 1994, 1994а, 1995, 1996, 2001; Милованович, Илич 1953/54).

Това рудно поле е изградено от кристалини шисти от комплекса Власина в Сръбско-македонския масив и терциерни магматитни скали, сред които дацитите са

доминиращи. Мусковитът и албит-мусковитовите шисти от Рифейско Рифен-Камбрийска възраст са най-честите метаморфни скали (Петрович и др., 1973).

Молибденовата минерализация е отложена в литоложично различна среда и минерален състав. Тя принадлежи към щокверково-разпръснатия тип и е тясно свързана със силицитизацията, калий-фелдшпатизацията и серицитизацията. Хидротермално изменените зони, всъщност минерализираните зони, се характеризират с ниско съдържание на N_2O и с увеличено съдържание на K_2O с висок съотношение K_2O/N_2O .

Молибденовата минерализация в рудното поле Мачкатица се проявява във всички рудни тела и минерални зони по-малко или повече по един и същи начин. Плътната мрежа от жили и жилки от кварц с пирит и молибден са отложени в тектонски определени зони в посока изток-запад. Повечето от предрудните тектонски пукнатини в района са много благоприятни за отлагането на рудата. Границите на рудните тела и околните скали не са остри, а са преходни, начертани на базата на геохимични анализи.

Молибденовите рудни тела обикновено на удължени, с лещовидна форма с посока И-З до ЗСЗ-ИЮИ, рядко неправилни или изометрични, с умерена тенденция към намаляване на С и ССИ. Дължината на някои рудни тела е до 100-350 m, с дебелина до 250 m (Фиг. 2).

Минералният състав на молибденовата руда в рудното поле Мачкатица е проста. Кварц, пирит и молибденит са основните минерални компоненти, които се проявяват или в свързани комплекси, или образуват мономинерални жили. Бедните молибденитови жили са редки, докато кварцовите са по-чести. Споменатите минерали са

придружени от незначителни количества халкопирит, хематит, шеелит, сфалерит, галенит и рядко волфрамит. Шеелитът е доста разпространен в молибденовата минерализация в рудното поле Мачкатица, но е с ниско съдържание.

Съдържанието на Мо в рудното поле Мачкатица варира от едно към друго находище или рудопоявление. В находището Мачкатица съдържанието на Мо е 0.091% в 25,000,000 t руда, докато в находище Боровик съдържанието му е 0.05% в 70,000,000 t руда. В другите местности съдържанието на Мо варира от 0.03-0.1%, рядко над 0.4%. В рудния концентрат от находище Мачкатица има също около 150 g/t рений. В Мо руда в Мачкатица и Боровик медта отсъства или е представена в малки количества (40-70 ppm). Съдържанието на волфрам е също ниско до 0.026% WO₃ (Вуянович, 1959; Симич 1993, 2001a).

В района на **Сурдулица-Масуричка река** са регистрирани няколко молибденови и волфрамови проявления в околностите на Чурковича-Студенички поток, Масуричка река и Романовска река. Мо- минерализация най-често се проявява в хидротермално изменените гранодиорити, областите с малки дацитни интрузии. Мо, както и W минерализации са свързани с тектонските зони, понякога сравнително големи (100-200 m), с посока ИСИ-ЗЮЗ. Те обикновено са жилков тип кварц-молибденит или жилково-разпръснат тип минерализации с малки размери и минерално съдържание на Мо и W (Симич, 1994a, 1996a, 2001a).

В района Чурковица-Студенички поток в тектонска зона, широка 100-200 m посока почти И-З е установена екстензивна минерализация от жилково-разпръснат тип, където се идентифицирани 10 интервала, широки 0.5-1.7 m със съдържание на Мо от 0.02-0.13%. Проявленията на волфрам в Студенички поток, които са открити под формата на отделни шеелитови жили или зони с ширина до 7 m имат съдържание на WO₃ от 0.05-0.15%.

W се среща много по-често от Мо в долината на река Романовска. По-големи минерализации на W и Мо са установени в района на Дони Романовци, Локвански поток, Причел и средната част на Романовска река. Минерализациите се появяват по зоните на разломяване с посока ЗСЗ-ИЮИ до СЗ-ЮИ в хидротермално изменени, лимонитизирани, силицитизирани и пиритизирани зони в гранодиорити с дебелина до 10 m. Съдържанието на Мо е до 0.1%, докато това на W е до 0.07% в WO₃.

В Опаленички рид и Коштиняк, в областта на река Масуричка, Мо минерализации имат подобно проявление както в предишните местности. Молибденитът е открит под формата на жилки и разсипи близо до малки дацитни интрузии в гранодиорити, които са силицитизирани, частично пиритизирани. Съдържанието на Мо варира 0.03-0.1%, а съдържанието на Cu - 0.02-0.1% (Симич, 1994a).

Мо-Си минерализации в Крива Фея, установени в областта на Црновршка река, принадлежат към порфирния тип, свързан с хидротермално изменените порфиroidни изменения на гранитната магма (гранодиоритпорфири,

кварц-монконтитпорфири и др.). Мо-Си минерализации от жилково-разсипен тип в Крива Фея са съставени от пирит, магнетит, халкопирит, молибденит, кварц и рядко калцит.

Основното съдържание на Си варира от 0.04-0.08%, със съдържание на Мо 20-80 ppm. Съдържанията на Au Ag, елементи, характерни за този тип минерализация, варират от 0.02-1.31 g/t за Au и 0.6-6 g/t за Ag (Симич, 1992).

В **Црни връх, близо до Стари Глог и Првонек** има няколко молибденови проявления. Молибденът се проявява в кварцови жили, чиято дебелина варира от 5 до 10 cm, максимум 40 cm. Крайщата на кварцовите жили са обвити с тънък слой молибденит. Тези жили са редки и затова въпреки високото съдържание на Мо, те не са от икономически интерес. Мо минерализация е генетично свързана с дацитите, които се включват в кристалинните шисти и частично с гранодиоритите. Малки хоризонтални разработки са направени в тези рудни проявления преди Втората световна война. Данните от тези проучвания показват, че съдържанието на Мо варира от 1-4%, рядко 0.65%. Освен Мо в тези местности (Танка Ртина) е установено високо съдържание 3 g/t на Au и 11.9 g/t на Ag (Симич, 2001).

Малко по на юг от Стари глог в района на **Нови глог** в левия приток на Мала река и в най-горната част на Петрогорски поток има няколко проявления на Мо и Си. Мо-Си проявление е в екзоконтактната част на гранодиоритите, в дацитите и шистите, които са интензивно хидротермално изменени, напукани и брекчирани. Мо-Си минерализация е придружена със силификация, пиритизация, калиева-фелдшпатизация и рядко биотитизация. Молибденитът и халкопиритът, заедно с кварца и пирита се установяват предимно под формата на жили и слоеве по пукнатини и цепнатини, и рядко са индивидуални зърна и агрегати.

Най-добри резултати за Мо и Си са получени за Мала река, където са установени нискокачествени жили, разсипи, и порфирна минерализация със съдържание на Мо в рамките на 0.025-0.07% и съдържание на Си 0.047-0.15%. Подобни са Мо-Си минерализации в най-горната част на Петогорски поток (Симич, 1991).

В района на **Црноок Српоок** са установени няколко шеелитни проявления, където Мо отсъства. Най-интересни са скарнивия тип шеелитни минерализации в Бленски дел, в гнайсовите поредици, включени в пегматитни жили. Това са рудни тела с малки размери, но с високо съдържание на WO₃. В Бресница средното съдържание на W е 3% (варира от 2-19%), докато в Бленски дел средното съдържание е 4.7% (Марич и др., 1959; Симич, 2001, 2001a). Проявленията на W от хидротермален тип, които са установени също в рудно поле Црноок са с по-малко значение (Дукатска река, Црнощица). Като цяло, рудното поле е слабо проучено, така че е трудно да се приеме неговият потенциал по отношение на минералните суровини.

ИЗВОДИ

Във вулканския масив Сурдулица и неговите рамки има множество находища и рудопроявления на молибден. На първо място са хидротермалните находища представени от жили, щокверкови разсипи и порфири, както и жили от разпръснат тип на минерализация. Геотектонски те принадлежат към източната част на Сръбско-Македонския масив, а металогенетично те са част от зоната Бесна кобила-Осогово.

Металогенията на тази зона е свързана с процесите на нео-алпийската тектономагматична дейност, в същност терциерен (олигоцен-моценски) магматизъм с гранодиоритов състав, характерен с наличието на Mo, Cu, W, Zn, Pb минерализации, със значителни рудни запаси, по-специално на молибден, олово и цинк.

Според броя на рудопроявленията и находищата във вулканския масив Сурдулица най-важно е рудното поле Маčkатица. Това рудно поле принадлежи към най-големите според броя на рудните тела и техните размери. Според множеството установени рудопроявления в рудното поле Маčkатица, както и другите части на тази рудна зона е ясно, че запасите на молибден са значително по-големи от изчислените.

Имайки предвид нарастващите нужди от молибден като метал, който има широко приложение в съвременната промишленост, е само въпрос на време да започнат да се използват минералните суровини от този район в бъдеще.

ЛИТЕРАТУРА

- Babović M., Roglić Č., Avramović V., Marić C., 1977: Tumač za OGK SFRJ, list Trgovište sa Radomirom, 1:100.000, SGZ, Beograd, P. 58.
- Janković S., 1967: Metalogenetske epohe i rudosna područja Jugoslavije, Rud. - geol. fak., Beograd.
- Janković S., 1990: Rudna ležišta Srbije - regionalni metalogenetski položaj, sredine stvaranja i tipovi ležišta, Rud. - geol. fak., Beograd, p. 760.
- Jelenković R., Janković S., Serafimovski T., 1997: *Prognosis Map of the Besna Kobila Mo-Pb-Zn-W Metallogenetic*

- Zone, Proceeding, Symposium mag. Metham. And metall. of the Vardar Zone and Serbo-Maced. Massif, [tip-Dorjan, pp 159-169.*
- Petrović B., Dimitrijević M., Karamata S., 1973: Tumač za osnovnu geološku kartu SFRJ, list Vlasotince 1:100.000, Sav. Geol. zavod, Beograd, p. 75.
- Serafimovski T., 1993: Strukturno-metalogenetski karakteristiki na zonata Lece-Halkidik: tipovi na naogališta i rejonizacija, Rud. geol. fak. Štip, p 328.
- Simić M., 1991: *Rezultati novijih geoloških istraživanja na Novom Glogu*, Radovi Geoinstituta, tom 25, Beograd, pp. 163-170.
- Simić M., 1992: *Geološka istraživanja Cu-Mo pojava na Krivoj Feji*, Radovi Geoinstituta, tom 27, Beograd, pp. 131-147.
- Simić M., 1993: Geohemijski oreoli u rudnom polju Mačkatiце, magistarski rad, Rud.-geol. fak., Beograd, p. 176.
- Simić M., 1994: *Rezultati geoloških istraživanja Mo u rudnom polju Mačkatiце*, Radovi Geoinstituta, tom 30, Beograd, pp. 315-328.
- Simić M., 1994a: *Rudno pojave molibdena i bakra na području Surduličkog eruptivnog masiva*, Radovi Geoinstituta, tom 30, Beograd, pp. 329-340.
- Simić M., 1995: *Osnovne strukturno-geološke i metalogenetske karakteristike Mo ležišta Borovik u rudnom polju Mačkatiце*, Radovi Geoinstituta, tom 31, Beograd, pp. 45-59.
- Simić M., 1996: *Geološke karakteristike Mo-rudnih pojava u Groznatovoj dolini - rudno polje Mačkatiца*, Radovi Geoinstituta, tom 32, Beograd, pp. 97-108.
- Simić M., 1996a: *Metalogenetske karakteristike Mo-mineralizacija u Ćurkovici - Surdulički eruptivni masiv*, Radovi Geoinstituta, tom 33, Beograd, pp. 35-43.
- Simić M., 1997: *Osnovne metalogenetske karakteristike zone Besna Kobila u JI Srbiji*, Radovi Geoinstituta, tom 34, Beograd, pp. 83-98.
- Simić M., 2001: *Metalogenija zone Mačkatiца-Blagodat-Karamanica*, Posebna izdanja Geoinstituta, tom. 28, Beograd, p. 335.
- Simić M., 1001a: *Rudne pojave volframa u Surduličkom eruptivnom masivu*, JI Srbija, Vesnik Geozavoda, tom 51, Beograd, pp. 71-94.
- Vujanović V., 1959: *Genetska klasifikacija ležišta Mačkatičke surduličke oblasti*, Gl. prir. muzeja, tom 11, Beograd, pp. 44-82.

Препоръчана за публикуване от катедрата "Геология и проучване на полезните изкопаеми", ГПФ

DEPOSITS AND OCCURRENCES OF MOLYBDENUM IN SURDULICA ERUPTIVE MASSIVE AREA IN SOUTHEAST SERBIA

Milosav Simić

“Geoinstitut”
Rovinjska 12
11000 Belgrade
Serbia and Montenegro

Branislav Radošević

“Advanced Systems”
Vojislava Ilića 18
11000 Belgrade
Serbia and Montenegro

Jovan Kovačević

“Geoinstitut”
Rovinjska 12
11000 Belgrade
Serbia and Montenegro

ABSTRACT

In the area of Surdulica eruptive massive and its margin several deposits and occurrences of molybdenum are known. Mačkatica molybdenum deposit, within this complex, according to the number of its ore bodies, belongs to significant deposits, not only in Serbia and Europe, but in the world also. In the geotectonic sense this area belongs to Serbian-Macedonian mass, and in metallogenetic view it is a part of Besna Kobilica-Osogovo zone.

Metallogeny of this zone is connected with the processes on Neo-Alpine tectonomagmatic activity, actually Tertiary (Oligocene-Miocene) magmatism of granodioritic composition, featured by the presence of Mo, Cu, W, Zn, Pb mineralizations, with significant ore reserves, especially molybdenum, lead and zinc.

Mo-mineralizations are spatially found in dacites and schists or in their contact, and rarely in granodiorites. Concentrations of molybdenum as a rule increase in hydrothermally altered rocks, meaning that the altered rocks are geochemically most favorable environment for the deposition of molybdenum. From the aspect of genetic features and morphostructural types of mineralizations, the occurrences and deposits in Surdulica eruptive massive area belong to: hydrothermal stockwork-impregnation, vein and porphyry type of mineralizations.

INTRODUCTION

The rim of Surdulica eruptive massive represents an interesting area in view of molybdenum deposits. It covers a surface of approximately 220 km² in southeast Serbia, stretched about 25 km along its longer axis that strikes almost north-south. In places its width is up to 12 km. The massive continuously extends from Vrla river in the north to Novi Glog in the south (Fig. 1). Geotectonically the massive belongs to Serbian-Macedonian mass, while metallogenetically it belongs to BesnaKobila-Osogovo zone. This ore zone begins near Ruplje village and Bistrica and Vlasina river in the north, and extends over Mačkatica, Besna Kobilica and Osogovo to Thasos in Greece where it disappears in Aegean sea. (Janković, 1967, 1990; Jelenković, *et al.*, 1997; Serafimovski, 1993; Simić, 2001). It is featured by numerous metal deposits, especially lead, zinc and molybdenum.

Surdulica massive was intruded during Neoalpine cycle, unconformably into crystalline schists of Vlasina complex. It is mostly composed of medium to coarse grained granodiorites and monzonite granites that make up the basis of the massive. In places they are intruded by granodioriteporphyrites and quartzdioriteporphyrites, the vein varieties of granodioritic magma. Weakly eroded granites of Crnook in the vicinity of Na area is also composed of crystalline schists of Vlasina complex, granitic rocks of Božica and Doganica, as well as Tertiary volcanics, mainly of dacitic composition. In the east part remnants of Devonian, Permian and Triassic sediments, and in the valley of Pčinja and Morava, deposits of Senonian

(Fig. 1). of the area, towards Bulgarian border, there are erosional remnants of Devonian, Permian and Triassic sediments, and in the valley of Pčinja and Morava, deposits of Senonian (Fig. 1).

Erosional remnants of Devonian, Permian and Triassic zarica and Dukat villages are similar in age and partly petrologically to granodiorites of Surdulica (Babović, *et al.*, 1977; Petrović, *et al.*, 1973).

Besides the Surdulica granodiorites and Crnook granites, the Granodiorites of Surdulica, as well as crystalline schists of Vlasina complex are intruded by numerous veins and smaller masses of dacites and quartzlatites, rarely by andezite and latite, that hardened in subvolcanic to hypoabyssal levels. Dacites mostly occur in the northern part, while quartzlatite is situated in the middle and southern part of this ore zone.

The deposits and occurrences of molybdenum in this ore zone are genetically connected to dacitic-andezitic rocks. The Mo-mineralization is deposited in hydrothermally altered (silicified, sericitised, K-feldspar) dacites and schists and their contact, rarely in granodiorites. The general occurrence of mineralization in rocks, that compose this area, is conditioned by pre ore tectonics, mainly by length and width of faults and fault zones. In places where they are dense and intersected, stockwork bodies are formed with dissemination between the veins. In places where fractures are scarce or wide apart from each other ore veins are developed, smaller or larger in size (Milovanović, Ilić, 1953/54; Simić, 1993).

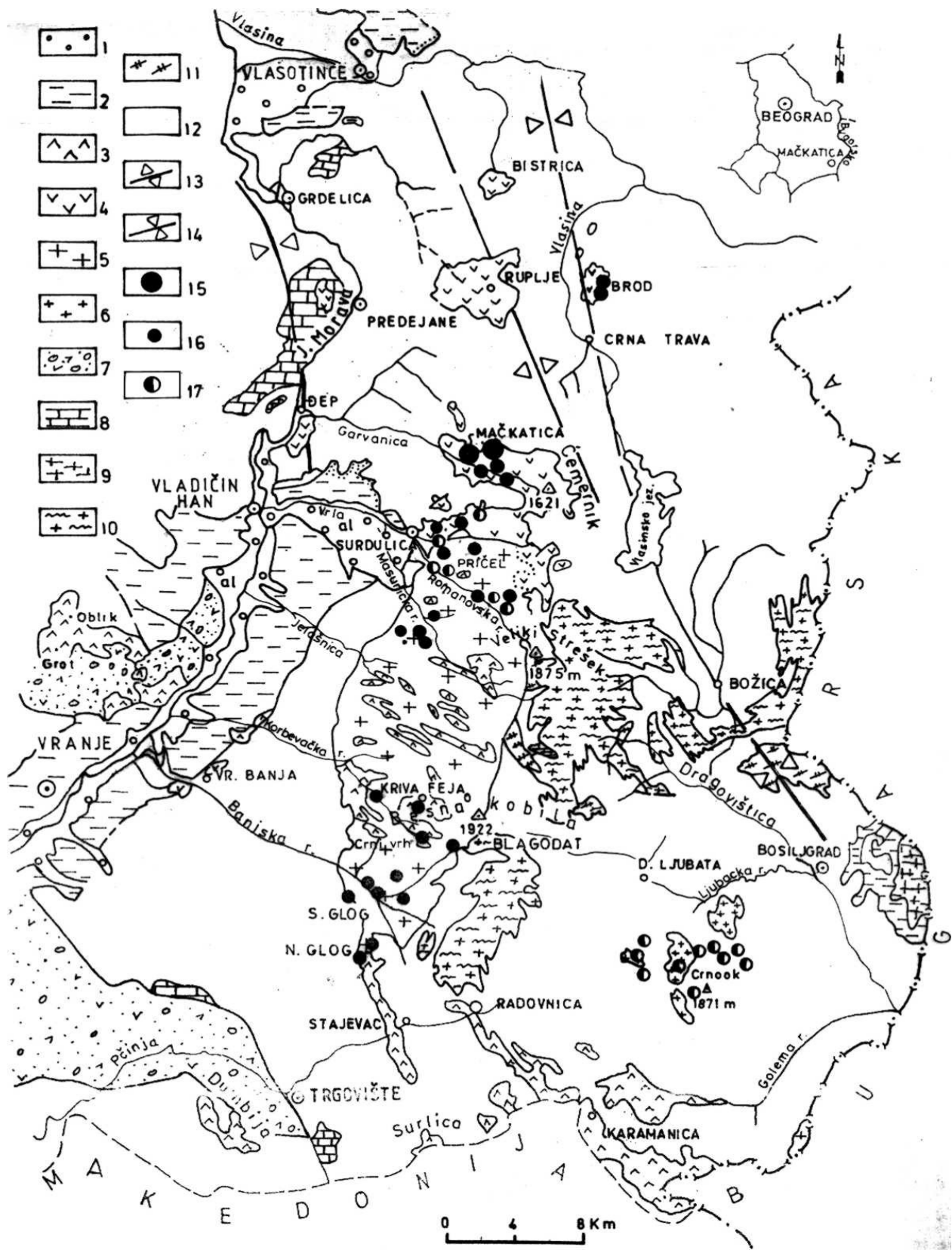


Figure 1. Geological sketch map of the Surdulica granodioritic massif with Mo – occurrences

1. Alluvium, 2. Miocene-Pliocene sediments, 3. Quartzlatites and latites, 4. Dacites and andezites, 5. Surdulica granodiorites, 6. Crnook granites, 7. Eocene sediments, 8. Cretaceous sediments, 9. Triassic sediments, 10. Doganica and Božica granitoides, 11. Gabbros, 12. Metamorphites of Vlasina complex, 13. Anticlinorium, 14. Synclinorium, 15. Mo-deposits, 16. Mo-occurrences, 17. W-occurrences

From the aspect of genetic features and morphostructural types of mineralizations, the deposits and occurrences of molybdenum in the Surdulica eruptive masive can be divided into three groups: hydrothermal stockwork-disseminated type of mineralization that is characterized by extensive mineralization and low grade of molybdenum ore (usually under 0.1 % of Mo). Mačkatica and Borovik deposits belong to this type of mineralization. The second type of

mineralization are hydrothermal quartz-molybdenite veins of small size and thickness under 0.5 m (Stari Glog, partly Masurička and Romanovska rivers). The third is porphyry type of mineralization discovered in Novi Glog and Kriva Feja in exocontact part of granodiorites and quartzmonconiteporphyrite, with low Mo and Cu content and small reserves.

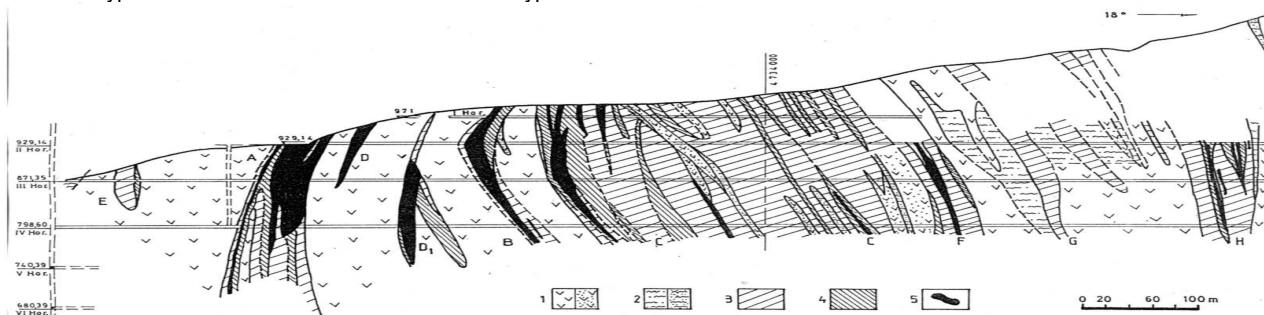


Figure 2. Cross section – Mačkatica

1. Fresh, locally slightly mineralized dacite (<math><0.04\%Mo</math>),
2. Fresh, locally poorly mineralized micaschists (<math><0.04\%Mo</math>),
3. Ore with Mo contents less than 0.08%,
4. Ore with Mo contents less than 0.14%,
5. Ore with Mo contents more than 0.14%.

altered zones, actually the mineralized zones, are featured by low content of N_2O and an increased content of K_2O with a high ratio of K_2O/N_2O .

MOLYBDENUM OCCURRENCES AND DEPOSITS

In Surdulica eruptive area and its rim, in Besna Kobila metallogenetic zone, there are several economically interesting deposits and occurrences. The Mo-mineralizations occur beginning from Brod, north of Crna Trava, and extend towards the south over Mačkatica, Surdulica, Kriva Feja up to Stari Glog and NoviGlog (Fig. 1).

The occurrences of molybdenum in **Brod area** are found in Belčinski potok, in the zone of intensively silicified and kaolinised dacites in form of rare quartz veins up to 5-10 cm thick. The quartz veins are composed of coarse quartz crystals, pyrite, flaky molybdenite and chalcopyrite. The molybdenum content in quartz veins, widely ranges from 0.02-0.8 %, while copper content in the same veins ranges from 0.01-0.1 % (Simić, 1994, 2001).

Mačkatica molybdenum ore field is situated about 7 km southeast of Surdulica in Čemernik mountain complex. The deposit of the same name is found within this ore field in the region of Popova dolina as well as Borovik deposit on Borovik. Besides Mačkatica and Borovik deposits, molybdenum mineralizations are known in other localities of this ore field: Kučišnjak, Pavlova dolina, Meča dolina, Groznatova dolina, Troskački potok, Đokanov potok, Malikina dolina, Garvanica and other (Simić, 1993, 1994, 1994a, 1995, 1996, 2001; Milovanović, Ilić 1953/54).

This ore field is composed of crystalline schists of Vlasina complex in Serbian-Macedonian mass and Tertiary magmatic rocks, among which dacites are predominant. Muscovite and albite-muscovite schists of Riphean-Cambrian age are most frequent metamorphic rocks (Petrović, *et al.*, 1973).

The molybdenum mineralization is deposited in lithologically various environments, and mineral assemblages. It belongs to stockwork-disseminated type and is closely connected with silicification, K-feldspar and sericitization. Hydrothermally

The Mo-mineralization in Mačkatica ore field occurs in all ore bodies and mineral zones in more or less the same way. Dense network of veins and veinlets of quartz with pyrite and molybdenum are deposited in tectonically determined zones of east-west strike. The more the pre-ore tectonics fractured the area the more it was favorable for ore deposition. The boundaries of ore bodies towards the surrounding rocks is not sharp but transitional, drawn on the basis of geochemical analyses.

The molybdenite ore bodies are usually elongated, lenticular shape with a strike E-W to WNW-ESE, rarely irregular and isometric, with mild tendency of dipping towards the N and NNE. The length of some ore bodies amounts to 100-350 m, with a thickness up to 250 m (Fig. 2).

The mineral composition of Mo-ore in Mačkatica ore field is simple. Quartz, pyrite and molybdenite are basic mineral components which occur either as joined or complex, or they form monomineral veins. Pure molybdenite veins are rare, while quartz ones are the most frequent. The mentioned minerals are accompanied by insignificant quantities of chalcopyrite, haematite, scheelite, sphalerite, galena and rarely wolframite. Scheelite is fairly extensive in Mo-mineralizations in Mačkatica ore field but with a low content.

The content of Mo in Mačkatica ore field varies from on to another deposit and occurrence. In Mačkatica deposit the Mo content is 0.091% in 25,000,000 t of ore, while in Borovik deposit its content is 0.05% in 70,000,000 t of ore. In other localities the MO content varies from 0.03-0.1%, rarely over 0.4%. In the ore concentrate of Mačkatica deposit there is also about 150 g/t of rhenium. In Mo-ore in Mačkatica and Borovik copper is either absent or is present in small quantities (40-70 ppm). The content of tungsten is also low, up to 0.026% WO_3 (Vujanović, 1959; Simić 1993, 2001a).

In the area of **Surdulica-Masurička reka** several molybdenum and tungsten occurrences have been registered in the vicinity of Čurkovića-Studenički potok, Masurička reka and Romanovska reka. The Mo-mineralization mostly occurs in hydrothermally altered granodiorites in the vicinity of small dacite intrusions. The Mo as well as W-mineralizations are related to tectonic zones, sometimes fairly large (100-200 m), with ENE-WSW strike. They are usually vein type quartz-molybdenite and vein-disseminated type of mineralizations of small dimensions and mineral content of Mo and W (Simić, 1994a, 1996a, 2001a).

In the Čurkovića-Studenički potok area, in one tectonic zone 100-200 m wide and almost E-W strike, extensive vein-disseminated type of mineralization was found, where 10 intervals were identified, 0.5-1.7 m wide with Mo content of 0.02-0.13%. The tungsten occurrences in Studenički potok that are found in form of individual scheelite veins or zones up to 7 m wide have WO₃ content of 0.05-0.15%.

W is much more frequent than Mo in the valley of Romanovska reka. Larger mineralizations of W and Mo are found in the area of Donji Romanovci, Lokvanjski potok, Pričel and mid part of Romanovska reka. The mineralizations occur along fault zones with a strike WNW-ESE to NW-SE in hydrothermally altered, limonitized, silicified and pyritic zones in granodiorites with a thickness of up to 10 m. The Mo-content is up to 0.1%, while W-content is up to 0.07% of WO₃.

In Opalenički rid and Koštinjak, in the vicinity of Masurička reka, the Mo-mineralizations have similar occurrences as in previous localities. Molybdenite is found in form of veinlets and disseminations near small dacite intrusions in granodiorite that is silicified, partly pyritized. The Mo-content ranges from 0.03-0.1%, with Cu-content that ranges from 0.02-0.1% (Simić, 1994a).

The **Mo-Cu mineralizations on Kriva Feja**, found in the vicinity of Crnovrška reka and Gornja reka, belong to porphyry type related to hydrothermally altered porphyroid varieties of granitic magma (granodioriteporphyrite, quartzmonconiteporphyrite and other). The Mo-Cu mineralizations of vein-disseminated type on Kriva Feja are composed of pyrite, magnetite, chalcopyrite, molybdenite, quartz and rarely calcite.

The mean content of Cu ranges from 0.04-0.08%, with Mo content of 20-80 ppm. The contents of Au and Ag, elements characteristic for this type of mineralization, range from 0.02-1.31 g/t of Au and 0.6-6 g/t of Ag (Simić, 1992).

In **Crni vrh, near Stari Glog and Prvonek**, there are several occurrences of molybdenum. Molybdenite occurs in quartz veins whose thickness varies from 5 to 10 cm, maximally 40 cm. The edges of quartz veins are coated with thin films of molybdenite. These veins are rare and therefore although with high Mo-content, they are of little economic interest. Mo-mineralization is genetically connected with the dacites that intrude crystalline schists, and partly granodiorites. Small adits were excavated within these ore occurrences before World War II. The data from these investigations reveal that the content of Mo ranges from 1-

4%, rarely from 0.65%. Besides Mo in some localities (Tanka Rtina) high content of 3 g/t of Au was found with 11.9 g/t of Ag (Simić, 2001).

Little more south of Stari Glog in the area of **Novi Glog**, in the left tributary of Mala reka, and uppermost part of Petrogorski potok there are several occurrences of Mo and Cu. The Mo-Cu occur in exocontact part of granodiorites, in dacites and schists that are intensely hydrothermally altered, fractured and brecciated. The Mo-Cu mineralization is accompanied by silification, pyritization, K-feldspar and rarely biotitization and sericitization. Molybdenite and chalcopyrite, together with quartz and pyrite, are mostly found in form of veins and films along fractures and fissures of diverse strike and dip, and rarely as individual grains and aggregates.

The best results of Mo and Cu were obtained from Mala reka where low grade, vein, dissemination, and porphyry mineralization was found with contents of Mo that ranges from 0.025-0.07% and Cu content that ranges from 0.047-0.15%. The similar are Mo-Cu mineralizations in the uppermost part of Petrogorski potok (Simić, 1991).

In **Crnook** area several scheelite occurrences are found, while Mo is absent. The most interesting are scarn type of scheelite mineralizations in Bresnica and Blenski del, in the gneiss serie intruded by pegmatitic veins. These are ore bodies of small dimensions, but with high content of WO₃. In Bresnica the average content of W is 3% (ranging from 2-19%), while in Blenski del the average content is 4.7% (Marić, *et al.*, 1959; Simić, 2001, 2001a). The occurrences of W of hydrothermal type that are also found in Crook ore field are of lesser importance (Dukatska reka, Crnoštica). In whole this ore field is poorly investigated, so that it is hard to assess its potential in relation to mineral raw materials.

CONCLUSION

In Surdulica eruptive massive and its rim there are numerous occurrences and deposits of molybdenum. In the first place these are hydrothermal deposits represented by vein, stockwork-disseminated and porphyry, as well as vein-disseminated types of mineralizations. Geotectonically they belong to eastern part of Serbian-Macedonian mass and metallogenetically they are a part of Besna Kobila-Osogovo zone.

The metallogeny of this zone is related to the processes of neo-Alpine tectonomagmatic activity, actually Tertiary (Oligocene-Miocene) magmatism of granodiorite composition, featured by Mo, Cu, W, Zn, Pb, Sb mineralizations with significant ore reserves, especially molybdenum, lead and zinc.

According to the number of occurrences and deposits in Surdulica eruptive massive outstanding is Mačkatica ore field. This ore field belongs to the largest ones according to the number of ore bodies and their dimensions. Regarding the numerous occurrences found, in Mačkatica ore field as well as in other parts of this ore zone, it is certain that the

reserves of molybdenum are much larger than the calculated ones.

Taking into account the rising demand for molybdenum as a metal that has wide application in modern industry, it is only a question of time when will this mineral raw material be utilized from this area in future.

REFERENCES

- Babović M., Roglić Č., Avramović V., Marić C., 1977: Tumač za OGK SFRJ, list Trgovište sa Radomirom, 1:100.000, SGZ, Beograd, P. 58.
- Janković S., 1967: Metalogenetske epohe i rudonosna područja Jugoslavije, Rud. - geol. fak., Beograd.
- Janković S., 1990: Rudna ležišta Srbije - regionalni metalogenetski položaj, sredine stvaranja i tipovi ležišta, Rud. - geol. fak., Beograd, p. 760.
- Jelenković R., Janković S., Serafimovski T., 1997: *Prognosis Map of the Besna Kobila Mo-Pb-Zn-W Metallogenic Zone*, Proceeding, Symposium mag. Metham. And metall. of the Vardar Zone and Serbo-Maced. Massif, [tip-Dorjan, pp 159-169.
- Petrović B., Dimitrijević M., Karamata S., 1973: Tumač za osnovnu geološku kartu SFRJ, list Vlasotince 1:100.000, Sav. Geol. zavod, Beograd, p. 75.
- Serafimovski T., 1993: Strukturno-metalogenetski karakteristiki na zonata Lece-Halkidik: tipovi na naogališta i rejonizacija, Rud. geol. fak. Štip, p 328.
- Simić M., 1991: *Rezultati novijih geoloških istraživanja na Novom Glogu*, Radovi Geoinstituta, tom 25, Beograd, pp. 163-170.
- Simić M., 1992: *Geološka istraživanja Cu-Mo pojava na Krivoj Feji*, Radovi Geoinstituta, tom 27, Beograd, pp. 131-147.
- Simić M., 1993: Geohemijski oreoli u rudnom polju Mačkatice, magistarski rad, Rud.-geol. fak., Beograd, p. 176.
- Simić M., 1994: *Rezultati geoloških istraživanja Mo u rudnom polju Mačkatice*, Radovi Geoinstituta, tom 30, Beograd, pp. 315-328.
- Simić M., 1994a: *Rudno pojave molibdena i bakra na području Surduličkog eruptivnog masiva*, Radovi Geoinstituta, tom 30, Beograd, pp. 329-340.
- Simić M., 1995: *Osnovne strukturno-geološke i metalogenetske karakteristike Mo ležišta Borovik u rudnom polju Mačkatice*, Radovi Geoinstituta, tom 31, Beograd, pp. 45-59.
- Simić M., 1996: *Geološke karakteristike Mo-rudnih pojava u Groznatovoj dolini - rudno polje Mačkatice*, Radovi Geoinstituta, tom 32, Beograd, pp. 97-108.
- Simić M., 1996a: *Metalogenetske karakterisstike Mo-mineralizacija u Čurkovici - Surdulički eruptivni masiv*, Radovi Geoinstituta, tom 33, Beograd, pp. 35-43.
- Simić M., 1997: *Osnovne metalogenetske karakteristike zone Besna Kobila u JI Srbiji*, Radovi Geoinstituta, tom 34, Beograd, pp. 83-98.
- Simić M., 2001: *Metalogenija zone Mačkatice-Blagodat-Karamanica*, Posebna izdanja Geoinstituta, tom. 28, Beograd, p. 335.
- Simić M., 1001a: *Rudne pojave volframa u Surduličkom eruptivnom masivu*, JI Srbija, Vesnik Geozavoda, tom 51, Beograd, pp. 71-94.
- Vujanović V., 1959: *Genetska klasifikacija ležišta Mačkatičke surduličke oblasti*, Gl. prir. muzeja, tom 11, Beograd, pp. 44-82.

Recommended for publication by Department of Economic Geology, Faculty of Geology and Prospecting