

РУДНАТА МИНЕРАЛИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ ЗА ОБОГАТЯВАНЕ НА РУДА ОТ ЗЛАТНО РУДОПРОЯВЛЕНИЕ ВЛАДИМИРОВО, ТОПОЛОВГРАДСКО

Страшимир Страшимиров¹, Цветана Желева², Стефан Стаменов³, Сергей Добрев¹

¹Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София; sbs@mgu.bg; sergeydobrev@gmail.com

²Болкан Минералс енд Майнинг АД, 1000 София; zheleva@dpm-grop.com

³Екотех Консулт ЕАД, 1111 София; stamenov@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. В работата са дадени кратки сведения за геоложкия строеж и металогенната позиция на златното рудопроявление Владимирowo, Тополовградско. Върху представителна проба от находището са извършени минераложки изследвания за определяне на рудните минерали и формите на присъствие на златото и са проведени лабораторни изпитания за определяне на подходящ технологичен режим за обогатяване на рудата. Въз основа на извършените изследвания се прави заключение, че основен носител на злато в рудопроявлението е самородното злато, съдържащо в ниски количества като елементи-примеси сребро и мед. Самородното злато е фино-зърнесто и е представено от дендритовидни агрегати или зърна с неправилна форма и размери от 20-30 до 250 μm . Като рудни минерали в твърде ограничени количества в пробата се установяват също така пирит, халкопирит, галенит, сфалерит, тенантит-тетраедрит, марказит, азурит и железни хидроксиди. В резултат на изследванията на този етап се предлага като най-подходяща схема гравитационното отделяне на разкритото свободно злато в цикъла на смилане на рудата. Направена е препоръка в бъдеще да се извършат лабораторни и полупромишлени изследвания за изясняване влиянието на параметрите на смилане на рудата върху количеството и качеството на гравитационно отделения концентрат. Като най-подходящ апарат за гравитационно обогатяване на дребнозърнесто свободно злато се предлага Нелсоновия концентратор, който има висока степен на извличане до 90%. В заключение са предложени 4 схеми за бъдещи полупромишлени изпитания за обогатяване на рудата с оглед достигането на най-висока степен на извличане на полезния компонент.

ORE MINERALISATION AND TECHNOLOGICAL STUDIES FOR MINERAL PROCESSING OF THE ORES FROM GOLD OCCURRENCE VLADIMIROVO, TOPOLOVGRAD REGION

Strashimir Strashimirov¹, Tsvetana Zheleva², Stefan Stamenov³, Sergey Dobrev¹

¹University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; sbs@mgu.bg; sergeydobrev@gmail.com

²Balkan Minerals and Mining Ltd, 1000 Sofia; zheleva@dpm-grop.com

³Ecotech Consult, Ltd, 1111 Sofia; stamenov@mgu.bg

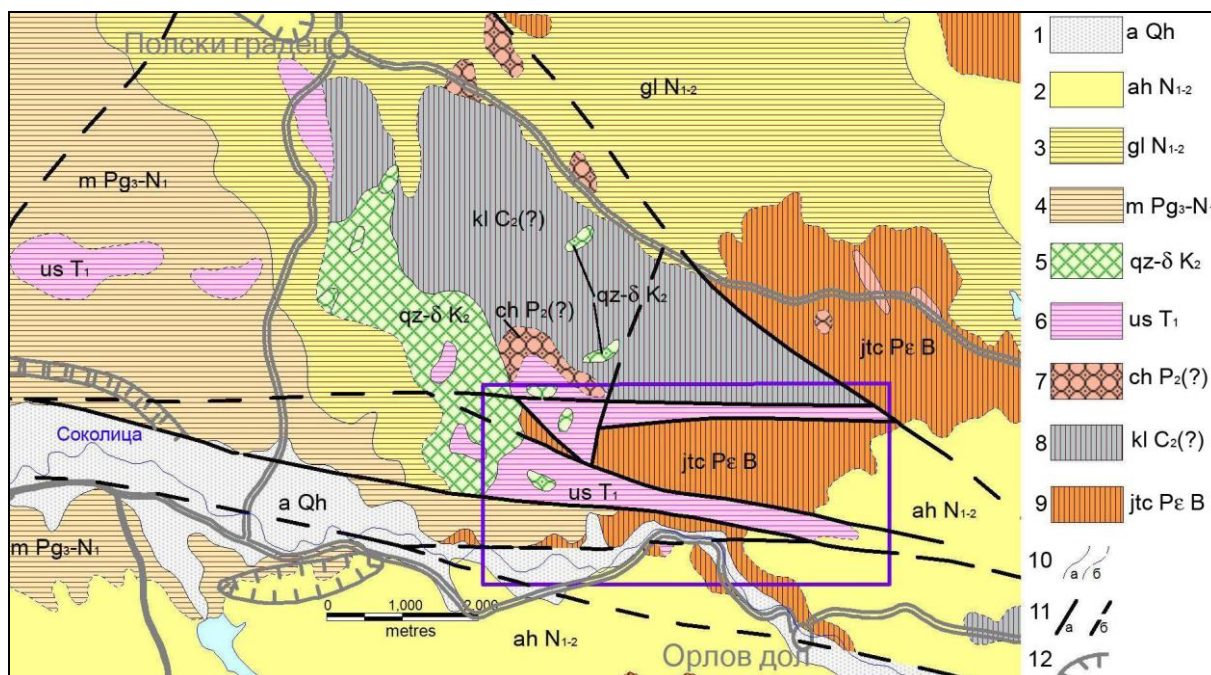
ABSTRACT. Brief notes about the geology and metallogenic position of the Au ore occurrence Vladimirovo, Topolovgrad region, are provided in the recent paper. Mineralogical studies for determination of ore minerals and the forms of gold presence as well as laboratory tests for proper technological regime for ore beneficiation are realised on representative probe from the occurrence. Results obtained suggest that the main carrier of gold in ores is the native gold, which contains low concentration of silver and copper as trace elements. Native gold is fine-grained and it is presented by dendrite-like aggregates or grains of irregular shape and size within 20-30 to 250 μm . Pyrite, chalcopyrite, galena, sphalerite, tennantite-tetrahedrite, marcasite, azurite and iron hydroxides in minor quantities also present in ores. As a result from laboratory tests it is suggested gravitational separation of liberated free gold in the cycle of ore milling as the most proper scheme for ore processing. Further laboratory and semi-industrial tests for determination of the exact parameters of ore milling and their influence to quantity and quality of the concentrate are proposed. Knelson concentrator as the most suitable device of gravitational beneficiation of fine-grained gold is proposed. It guarantees high grade of gold extraction (up to 90%). Four schemes for further semi-industrial tests for ore beneficiation in respect of establishing the highest grade of gold extraction are proposed as conclusions of this study.

Въведение

В резултат на металогенно-прогнозни изследвания за злато в площ "Полски градец" – "Гранитово" през 1989 г. около афлориментите на Гранитовския, Каменоречкия и Полскоградецки плутони са набелязани перспективни участъци за търсене на орудявания от благородни метали (Скендеров и др.1994).

През 1991-1993 година проведените търсещи работи от "Геостройкомплект" ЕООД в тези райони установяват кварц-полиметална минерализация със съдържание на злато от 0.1 g/t до 92.0 g/t.

В периода 2003-2005 година "Айвънхоу Хероуърд България" ЕАД провеждат търсене и проучване в площ



Фиг. 1. Геоложка карта на района на рудопроявление Владимирowo (по Кожухаров и др. 1994). 1 – Алувиални образувания – руслови и на заливните тераси: чакъли, пясъци, глини (холоцен); 2 – Ахматовска свита: чакъли, пясъци, глини (миоцен-плиоцен); 3 – Гледачевска свита: глини, варовици (миоцен-плиоцен); 4 – Маришка свита: глини, пясъци, въглищни шисти, въглища (миоцен-г. олигоцен); 5 – Кварцдиорити (г. креда); 6 – Устремска свита: редуване на метапясъчници, кварц-слюдени шисти, слюдени кварц-карбонатни шисти, мрамори (д. триас); 7 – Черноговорска брекчоконгломератна свита: метаконгломерати (перм?); 8 – Клокотнишка грауваково-шистозна свита: метаграуваки, метапясъчници, метаалевролити, калкошисти (г. палеозой); 9 – *Прародопска надгрупа, Ботурченска група*: Жълтичалска пъстра свита: гнайсошисти, шисти и гнайси с прослойки от ортоамфиболити, кварцити, тела от метаултрабазити и др. (архай-д. протерозой); 10 – литостратиграфска граница: а) – установена, б) – предполагаема; 11 – разсед; разлом с неустановен характер: а) – установен, б) – предполагаем; 12 – свлачище

“Полски градец”, в която се намира районът на рудопроявление Владимирowo. Понастоящем площта се проучва от Болкан Минералс енд Майнинг, АД. Целта на настоящите изследвания е да се установи формата на присъствие на златото в рудопроявление Владимирowo, Тополовградско и да се проведат предварителни лабораторни експерименти за набелязване на възможна оптимална технология за извличането му.

Геоложки строеж на района на рудопроявлението

Площ “Владимирово” попада в северозападните крайни части на Тополовградската синклинала. В геоложкия строеж на района вземат участие следните формации: архай-протерозойски(?), палеозойски, триаски, горнокредни, палеогенски и неогенски.

Архай – протерозой(?)

Жълтичалска пъстра свита (jtc Pε B) (Кожухаров, 1987). Скалите ѝ се разкриват в тектонски блок северно от с. Орлов дол. Изградена е от двуслюдени и мусковитови гнайси, гнайсошисти и шисти, с различно дебели прослойки от слоисти и масивни амфиболити, аплитонидни мусковитови лептинити, графитоносни кварцити, дребно-до среднозърнести биотитови гнайси и будинирани тела и лещи от метаултрабазити.

Палеозой

Клокотнишка грауваково-шистозна свита (kl C2?) (Kozuharov, Savov, 1972). Представена е предимно от среднозърнести метаграуваки, сред които се срещат

прослойки от метааркози и филитоидни шисти, а също така на отделни изолирани участъци и прослойки от метаморфозирани дребно- до средночакълни кварцови конгломерати и предимно кварцови метапясъчници.

Черноговорска брекчоконгломератна свита (chP2) (Кожухаров и др., 1968). Брекчоконгломератите се установяват около вр. Голям Яран. Свитата е изградена от среднокъсови метаконгломерати. Скалите са метаморфозирани в зеленошистен фациес. Възрастта им условно се приема за пермска по взаимоотношенията с Клокотнишката свита, върху която се разполагат и по това, че са покрити от триаските скали на Палеокастренската и Устремската свита.

Триас

Устремска свита (us T1) (Чаталов, 1985). Представлява редуване на по-фини теригенни седименти с карбонатни утайки. Има разнообразен скален състав, представен от неравномерно редуване на кварц-калцит-слюдени шисти, мрамори, метааркози, двуслюдени кварцови шисти, метакварцити и амфиболити.

Горнокредни магмените скали (qz-δK2)

Това са гранити, гранодиорити и кварцдиорити, изграждащи Градецкия плутон, който е сравнително малко магмено тяло, вложено дискордантно сред метаседиментите на палеозоя и триаса (Сакарски тип) между махала Владимирowo и с. Полски градец. Горнокредните интрузивни скали в площта образуват тесни контактни

ореоли сред вместващите ги скали. Контактно изменените скали са представени от хорнфелзи и скарни.

Неозой

Палеоген-неогенските седименти са представени от глини, пясъци, въглищни шисти, мергели варовици.

Тектонски строеж

В регионалния структурен план площ „Владимирово“ попада в западната част на Странджанската зона. В района на селата Орлов дол-Светлина-Полски градец се намира сложно нагната структура, силно разкъсана от редица надлъжни и напречни разломи, което и придава разломно-блоков характер, която най-общо може да се дешифрира като фрагмент от интензивно деформирана антиформа, удължена в СЗ-ЮИ направление.

В ядката на антиформата се откриват висококристалинни метаморфити на Жълтичалската свита и метаседименти на Клокотнишка и Черноговорска свити. В реликтите на южното бедро и в западната периклинала са установени скалите на Устремската свита. Като цяло структурата е полегнала на СИ, като северното бедро е закрито от неозойските седименти на Източномаришкото понижение.

Развивните структури, развити в района между селата Светлина, Орлов дол и Полски градец, оформят характерния му блоков строеж. Проявени са разломи от: Маришката система (90-110°) – например по долината на р. Соколица, от Берковската система (120-140°), от субмеридионалната система (0-10°) и от Твърдишката система (20-35°).

В зоната на пресичане на система от разломи от субмеридионалната и субекваториалната посока е внедрен Градецкия плутон, с който най-вероятно е свързана хидротермалната дейност и минерализацията.

Металогения

В района са известни седиментни находища на уран (някои от тях молибденсъдържащи), хидротермални рудопроявления на волфрам и молибден, злато-полиметали и железни. В резултат на проведените геолого-проучвателни работи в периода 2003-2005 г. в района на селата Владимирowo и Орлов дол е установен нов тип златно орудяване. То е свързано с интензивно окварцяване в метакarbonатите на долния триас (доломитни мрамори и калкошисти). Тексурите на кварца и проявата на хидротермална брекча се интерпретират като указващи епитермални условия на образуване. Наличието на фино- до среднозърнест хидротермален carbonat и кварц и отсъствието на какъвто и да е признак за скарнова минерална формация означава, че хидротермалната система е била активна при сравнително ниски температури (около и под 300°C).

Златната минерализация в рудопроявление „Владимирово“ е близка по характер с минерализацията тип „Карлин“ или с дистален тип минерализация, образувана при заместване в carbonatни скали (distal carbonate replacement style mineralization) и е предимно резултат от процесите на сулфидизация от флуиди, свързани с вместването на Полскоградецкия плутон през горната

креда – по аналогия с този тип минерализации в щата Невада (Hofstra et al., 1999).

Материал и методика

Изследванията са проведени върху 15 kg проба от рудопроявлението, като е използвана лабораторната база на ЕВРОТЕСТ – КОНТРОЛ АД и ЦНИЛ „Геохимия“ към МГУ „Св. Иван Рилски“.

Макроскопското наблюдения на предоставената рудна проба не установи наличие на видима рудна минерализация, поради което минералния състав е изследван в извлечения концентрат, получен чрез набогатяване на концентрационна маса.

Изходната проба (2.0 kg) след трошене с челюстна трошачка е подложена на мокро смилане (5 min) в топкова мелница. Отделена е фракция –1 mm, от която след обогащаване на концентрационна маса е получен концентрат „А“ (Проба 9711-а – 168.1 g) (виж фиг. 2). Фракцията +1mm след допълнително смилане в топкова мелница също е обработена на концентрационна маса, като е получен концентрат „В“ (382 g). Цялото количество концентрат „А“ и част от концентрат „В“, след квартоване (Проба 9711-b – 115 g) са разделени с тежка течност (бромoформ – CHBr₃, отн. тегло – 2.9 g/cm³) на лека и тежка фракции (съответно проба 9711-а/лека – 167.1 g и проба 9711-а/тежка – 1.013 g, както и проба 9711-b/лека – 114.9 g и проба 9711-b/тежка – 0.112 g). Тежките фракции са разделени на тежка магнитна фракция (проба 9711-а/тежка/магнитна – 0.941 g и проба 9711-b/тежка/магнитна – 0.105 g) и тежка немагнитна фракция (проба 9711-а/тежка/немагнитна – 0.072 g и проба 9711-b/тежка/немагнитна – 0.007 g) чрез „редкоземен“ (NdFeB) изключително силен магнит (фиг. 2). Получените тежка магнитна и тежка немагнитна фракции са изучавани с помощта на бинокулярен стереомикроскоп „Olympus SZ61“ при увеличения до 45x, след което от тях са изработени брикети чрез спояване с полиестерна смола, които са полирани и изследвани в поляризирана отразена светлина с микроскоп „Meiji 9430“. Количествени определения за състава на самородното злато са осъществени със сканиращ електронен микроскоп JEOL JSM 35 CF с рентгеноспектрален анализатор Tracor Northern TN 2000 EDEX в лабораторията на „ЕВРОТЕСТ – КОНТРОЛ“ АД, София.

За определяне на химичния състав на изходната проба е проведен AES-ICP анализ, при който са анализирани 21 елемента и пробирен анализ за златото, както и фазов анализ за определяне на съдържанието на злато и неговата форма в пробата.

Резултати от изследванията

Както бе отбелязано по-горе, в предоставената за изследване проба не се установява макроскопски видима рудна минерализация, поради което не бе възможно избирането на участъци за подготовка на полирани препарати. Изследванията за минералния състав на рудата бяха проведени върху получените концентрати А и В за получаване на изкуствен шлих съответно в тежка немагнитна и тежка магнитна фракции, които са наблюдавани със стереомикроскоп при различни увеличения. Впоследствие от различните фракции са

изработени споени препарати за наблюдение с микроскоп в отразена светлина. При направените изследвания се установява следния минерален състав, отразен по-долу:

A1. Концентрат А, тежка немагнитна фракция

а) наблюдения в стереомикроскоп

При наблюденията със стереомикроскоп (бинокулярна лупа) в пробата се установяват следните минерали: самородно злато, пирит, гранат, кварц, железни хидроксида, сфалерит и азурит. Възможно е да присъстват и други нерудни минерали, които е трудно да бъдат прецизно диагностирани по техните оптически свойства при изследванията със стереомикроскоп.

Гранатът се среща под формата най-често на изометрични слабо заоблени зърна с размери от 100 до над 300 μm . Цветът им е кафеникав, наблюдават се срастъци на граната с кварц или с кварц и железни хидроксида. В стереомикроскопа е невъзможно да се определи точната видова принадлежност на гранатите, но изхождайки от специфичния им цвят, може да се предполага, че те се отнасят към групата на андрадита или grosulara.

Кварцът също присъства в концентрата, както под формата на самостоятелни зърна, така най-често и в срастъци със сулфиди или гранат. Рядко се среща в срастъци със самородното злато.

Пиритът е най-разпространения руден минерал в изследвания концентрат. Оформя най-често самостоятелни изометрични или слабо удължени зърна, срещат се и индивиди с кубична форма и добре оформени кристални стени, типични за този минерал (фиг. 3а). Размерите на пиритовите зърна и кристали са обикновено в диапазона 100-250 μm .

Сфалеритът и азуритът имат съвсем ограничено разпространение в изследвания концентрат. Установени са като единични зърна с твърде малки размери (фиг. 3д). Азуритът е определен по характерния си яркосин цвят, наблюдава се като налеп върху зърно от сфалерит и е образуван най-вероятно при супергенна промяна на халкопирит, асоцииращ със сфалерита.

В изследвания концентрат се установяват сравнително голям брой зърна от самородно злато. На фиг. 3б са показани по-характерни морфоложки форми на установените златинки. Срещат се както дендритовидни, така и изометрични слабо заоблени златинки или такива с удължена форма. Възможно формата на част от последните два типа да е резултат от процесите на механично въздействие върху златинките по време на трошенето и смилането на пробата. Размерите на повечето от златинките варират между 50 и 150 μm . Характеризират се с ярко жълт цвят, срастъци с други минерали (предимно кварц) се установяват рядко.

б) наблюдения на споени препарати с микроскоп в отразена светлина

В полирани препарати от този концентрат като рудни минерали се установяват самородно злато, пирит,

халкопирит, марказит, тенантит-тетраедрит, сфалерит и железни хидроксида. От нерудните минерали със сигурност може да се потвърди присъствието на ограничено количество кварц.

В препарата са установени идиоморфни кристали от пирит изцяло променен в железни хидроксида. Размерите на подобни кристали по правило са твърде големи около и над 500 μm . Видовата принадлежност на железните хидроксида също така не може да се диагностира с точност в отразена светлина, но може да се предполага, че те се отнасят към групата на гъотита и хидрогъотита. Червеникаво-жълтеникавото оцветяване, наблюдавано макроскопски, подсказва за присъствието на лимонит и хематит.

Наблюдаваните зърна от самородно злато в полираните препарати са най-често с изометрични очертания в прерези по форма близки до квадратните. Някои от наблюдаваните стени на златинките са слабо назъбени, което показва, че може би те са деформирани в процеса на обработка на пробите. Размерите им варират от 50 до 100 μm . Проведените количествени рентгеноспектрални микроанализи показват, че златинките се характеризират като високопробни. Установеното съдържание на сребро в тях е в границите 1.77-7.44 тегл. % (Табл. 1), което номинира изследваните фази като самородно злато. Като постоянен елемент-примес, макар и в много ниски количества (0.32-0.61 тегл. %) присъства мед.

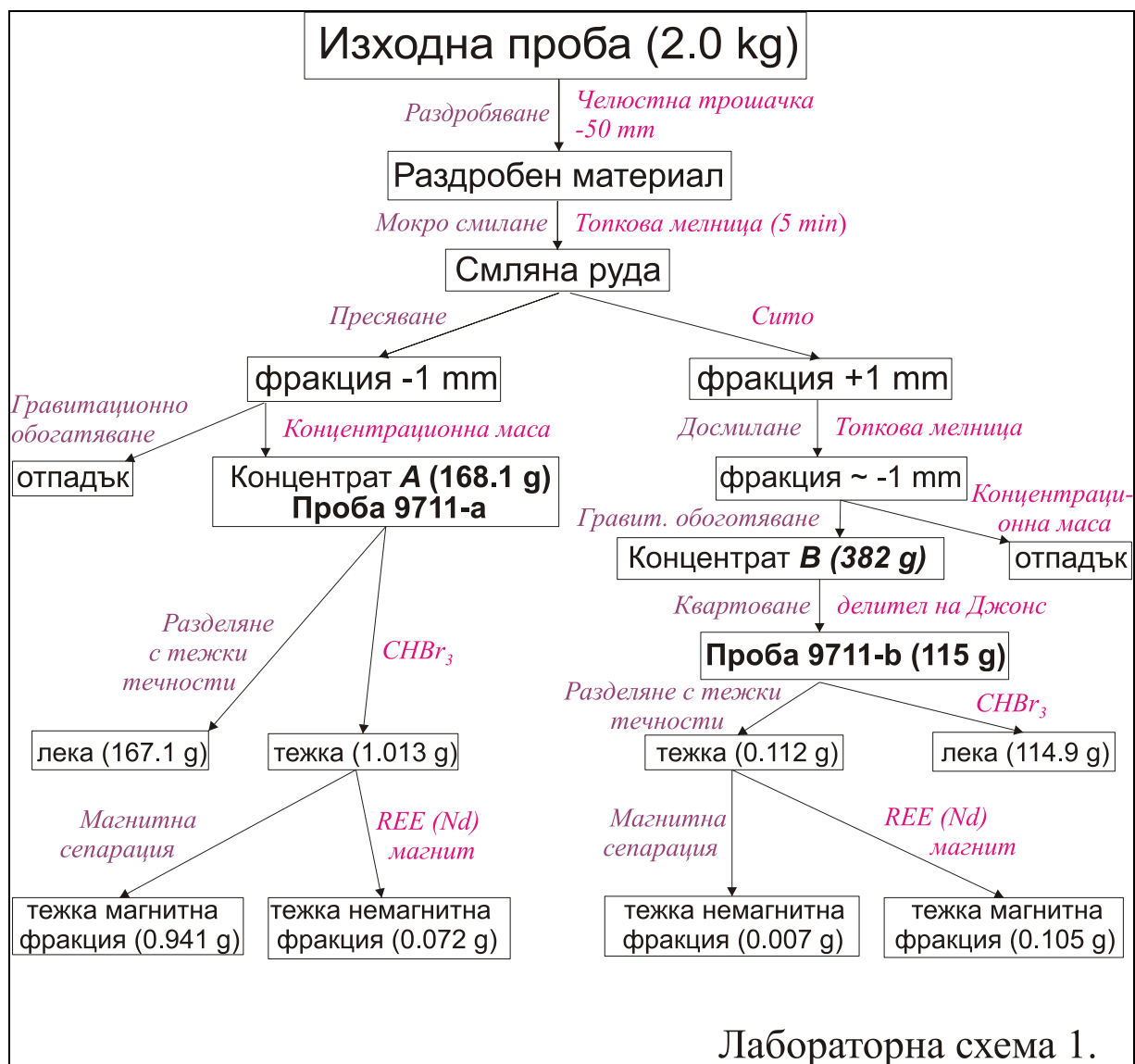
Железните хидроксида имат относително често присъствие в препарата. Представени са като агрегати заместващи пиритни зърна, както може да се съди по реликтови форми близки до характерните за пирита или неправилни по-форма агрегати, в които могат да се различат две или три отделни фази, характеризиращи се с различен сив цвят.

Халкопиритът има ограничено разпространение под формата на единични зърна попаднали в концентрата. Наблюдава се в агрегати с неправилна форма, в някои случаи частично изронени в резултат на обработката на пробата (фиг. 3ф).

A2. Концентрат А, тежка магнитна фракция

При направените наблюдения на проба от тежката магнитна фракция със стереомикроскоп в нея се установят единствено железни хидроксида и артефакти (железни стружки) попаднали в пробата в процеса на нейната обработка. На фигура 3г са показани характерни за магнитната фракция артефакти.

В направените споени полирани препарати от концентрата се установяват железни хидроксида, галенит, пирит и артефакти. На фигура 3г е показан срастък от сравнително голямо късче (размери по диагонала около 400 μm) от галенит в срастък с пирит, оконтурени от ивица железни хидроксида от външната си страна, в резултат на което, срастъкът е попаднал в магнитната фракция.

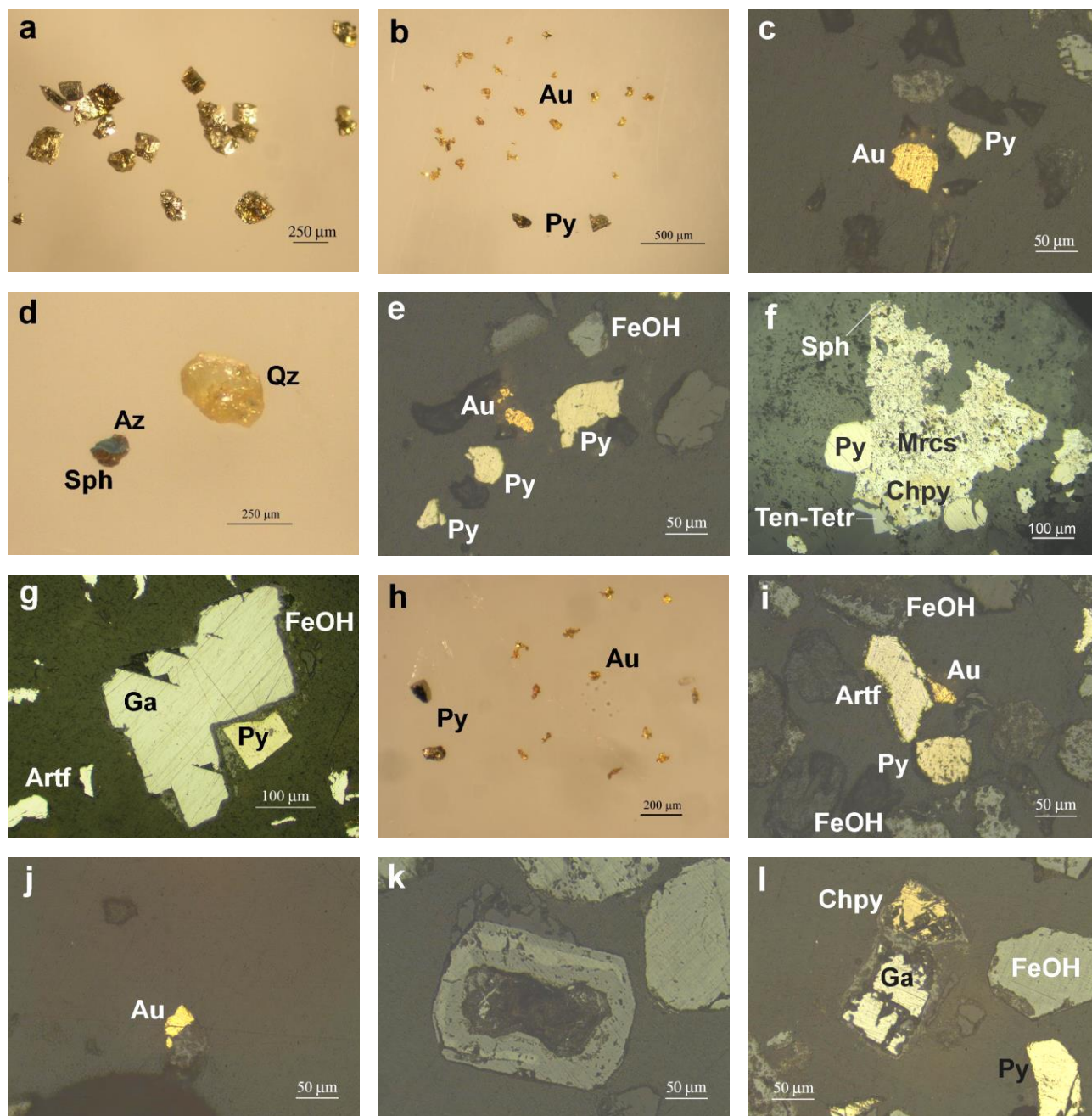


Фиг. 2. Лабораторна схема за обработка на пробата

Таблица 1.

Резултати от микросондови анализи на Au в споени полирани препарати от рудопроявление Владимирово

Анализ №	Проба	Съдържания [%]				Формула
		Au	Ag	Cu	Сума	
1	A-1-2	91.90	7.44	0.43	99.77	Au _{0.86} Ag _{0.13} Cu _{0.01}
2	A-1-2	97.70	1.77	0.32	99.78	Au _{0.96} Ag _{0.03} Cu _{0.01}
3	B-1	91.61	7.38	0.61	99.60	Au _{0.86} Ag _{0.12} Cu _{0.02}



Фиг. 3. Микрофотографии на препарати от рудопроявление Владимирowo (a, b, d, h – стереомикроскоп; c, e, f, g, i, j, k, l – отразена светлина, N II; a, b, c, d, e, f, g – концентрат А, тежка/немагнитна фракция; h, i, j, k, l – концентрат В, тежка/немагнитна фракция): a – зърна и кристали от пирит; b – различни по форма златинки, в долната част на кадъра – две зърна от пирит; c – изометрична пластинка от самородно злато, в съседство – пирит; d – зърно от сфалерит с налп от азурит до кварц; e – две златинки с неправилна форма, 3 зърна от пирит и късче от железни хидроксиди; f – срастък от пирит, халкопирит, марказит, тенантит–тетраедрит и сфалерит, срастнали с кварц; g – фрагмент от галенитов кристал в срастък с пирит, оконтурени от железни хидроксиди; (белите зърна с неправилна форма са артефакти – стружки); h – златинки с различна форма и големина, вляво – две зърна от пирит; i – самородно злато с неправилна близка до триъгълна форма в съседство с артефакт и пирит, в страни от центъра – железни хидроксиди; j – две златинки до агрегат от железни хидроксиди; k – идиоморфен кристал от пирит, изцяло променен в железни хидроксиди (различни нюанси на сиво); l – срастък от галенит и халкопирит, вдясно от центъра – агрегат от железни хидроксиди, а в долната част – пирит. Съкращения: Az – азурит, Au – самородно злато, Chpy – халкопирит, FeOH – железни хидроксиди, Ga – галенит, Mrcs – марказит, Py – пирит, Sph – сфалерит, Ten-Tetr – тенантит–тетраедрит, Artf – артефакт

В1. Концентрат В, тежка немагнитна фракция а) наблюдения в стереомикроскоп

Минералният състав на тежката немагнитна фракция при изследванията в стереомикроскоп е доста сходен с този установен в концентрат А. Главните рудни минерали наблюдавани тук са самородно злато, пирит и железни

хидроксиди. От нерудните минерали присъстват кварц, гранати и други.

Самородното злато е под формата на голям брой фини златинки с неправилна, понякога дендритовидна или слабо сплесната форма (фиг. 3h). Рядко се наблюдават срастъци на самородното злато с кварц. Размерите на златинките са

подобни на тези описани при концентрат А и са в диапазона 30-40 до 150-200 μm . В единични случаи, най-вече когато са в срастъци с кварц, размерите на подобни агрегати достигат и до 250 μm . Следва да се отбележи, че като цяло броят наблюдавани златинки в концентрат В е значително по-малък от този в концентрат А.

Пиритът се среща обикновено като изометрични слабо заоблени зърна установява се и присъствие на железни хидроксиди, развити най-вероятно по пирита.

б) наблюдения на полирани препарати с микроскоп в отразена светлина

В изготвените споени полирани препарати от тежката немагнитна фракция на концентрат В като рудни минерали се установяват – самородно злато, пирит, галенит, халкопирит и железни хидроксиди. Самородното злато е наблюдавано като късчета с неправилна форма и сравнително фини размери – до 50-60 μm (фиг. 3i и 3j). Като цяло може да се отбележи, че размерите са относително по-малки в сравнение с тези на златинките наблюдавани в полираните препарати от тежката немагнитна фракция на концентрат А, което може да се обясни с допълнителната обработка на пробата, при която е твърде вероятно да се получава допълнително пресмилане на златинките. Проведените рентгено-спектрални анализи показват аналогичен състав на златинките с тези от описания по-горе концентрат А. И тук съдържанието на сребро е под 10% (7.38 тегл. %, Табл. 1), а като елемент-примес присъстват ниски съдържания на мед (до 0.61 тегл. %). Пиритът и галенитът се наблюдават сравнително рядко, най-често като единични зърна (фиг. 3i и 3l)

Железните хидроксиди имат постоянно и устойчиво присъствие в концентрата. формата на добре оформени кубични кристали с размери до няколко стотин μm (фиг. 3k и 3l).

Възможности за обогатимост на предоставената проба на база на минераложките изследвания и направените анализи

При изучаването на вещественият състав на рудата се установи, че тя е твърде слабо рудно минерализирана и в нея практически интерес представляват само съдържанията на злато – 8.6 g/t и по-малко на среброто – 1 g/t. Съдържанието на олово, на цинк и мед в рудата е ниско – в рамките до 50 g/t и не представлява практически интерес. Вместващата скала е представена от силно окварцена и частично хематизирана основна маса, за точното определяне, на която са необходими допълнителни петрографски изследвания.

Самородното злато присъства основно под формата на зърна или фрагменти от зърна и се наблюдава предимно в свободна форма или като срастъци с кварц. Самородното злато съдържа като елемент-примес само сребро (до 7.44%) и мед (до 0.61%) (Табл. 1). Размерите на отделните златинки варират от 20-30 до 250 μm , като основно преобладават златинките с размери от 50 до 150 μm .

Възможно е малка част от златото да присъства и под формата на т. н. “невидимо” злато – като микровключения в кристалната решетка на съпътстващи рудната минерализация фази. По данни от фазовия анализ се вижда, че при висока степен на смилане (95% – 0,08 mm) златото в голямата си част е напълно разкрито – 63% и подлежи на различни методи на обогатяване.

По технологична, икономическа и екологична оценка тези данни определят като възможно най-подходяща гравитационна схема на обогатяване. С използването само на гравитационна схема на обогатяване може да се гарантира минимално извличане на злато от 60% и постигане на по-високо в широки граници. От фазовия анализ се установява, че частта на цианируемостта злато или частично разкритото злато в остатъка след отделяне на разкритото свободно злато е също много висока – 32%, и благоприятства за постигането на висока степен на извличане при използването на традиционните методи на обогатяване.

Количеството на финодисперсното, труднообогатимо злато, което обуславя евентуалните загуби в отпадъка е ниско и е в рамките на 2-4%.

По литературни данни и практиката за обогатяването на аналогични руди, приложение намират следните методи: гравитационно обогатяване за извличане на едрото самородно злато, флотация за дребното, в срастъци със сулфиди и финодисперсно злато; извличане на златото чрез цианиране

На този етап на изследване се предлага като най-подходяща схема гравитационното отделяне на разкритото свободно злато в цикъла на смилане на рудата. В следващи етапи трябва да се извършат лабораторни и полупромишлени изследвания за изясняване влиянието на параметрите на смилане на рудата върху количеството и качеството на гравитационно отделения концентрат. Като най-подходящ апарат за гравитационно обогатяване на дребнозърнесто свободно злато предлагаме Нелсоновия концентратор, който има висока степен на извличане до 90%.

Рудата може да се обогатява и по флотационен път с употреба на реагенти като сода, водно стъкло, калиев изобутилов ксантогенат и борово масло. Преди флотацията е необходимо фино смилане на рудата до 95% съдържание на класата – 0,08 mm в смления продукт.

Флотацията би протичала най-добре в неутрална или слабо алкална среда, която да е създадена с добавянето на сода. За депресия на кварца да се подава водно стъкло.

Като събирател при флотацията може да се използва калиев изобутилов ксантогенат. Поради отсъствието на сулфиди, които да стабилизират пясната е необходимо подаването на пенител в голямо количество до 100 g/t. Това обаче би намалило извличането на флотируемостта злато, както и неговото съдържание в концентрата.

Въз основа на резултатите от предварителните анализи и обективните условия за реализация на промишлена

технология, както и на опита на авторския колектив при подобни разработки, може да се определи като най-перспективна схема за промишлено приложение – гравитационното обогатяване на свободното злато с използването на Нелсонов концентратор.

В полупромишлени условия може да бъде експериментирано гравитационно извличане на златото по следните приложими за конкретния случай схеми:

Схема I – двустадийна схема на смилане с автогенна и топкова мелница, хидроциклон и гравитационно обогатяване на свободното злато през 7.5" Нелсонов концентратор;

Схема II – двустадийна схема на смилане с автогенна и топкова мелница, хидроциклон и гравитационно обогатяване на свободното злато през 7.5" Нелсонов концентратор с увеличаване степента на смилане;

Схема III – двустадийна схема на смилане с автогенна и топкова мелница, два хидроциклона (контролно хидроциклонизиране) и гравитационно обогатяване на свободното злато през 7.5" Нелсонов концентратор с цел повишаване степента на смилане

Схема IV – едностадийна схема на смилане с топкова мелница, спирален класификатор, два хидроциклона и гравитационно обогатяване на свободното злато през 7.5" Нелсонов концентратор

Възможна е комбинирана схема за гравитационно-флотационно обогатяване, която да позволи извличането на едрото свободно злато от рудата в гравитационния концентратор и последваща флотационна схема. При това сумарното извличане на златото от рудата може да нарастне с 10 до 20%.

Възможно е агитационно-цианидно извличане на благородните метали от рудата при време на третиране от 16 до 48 часа и степен на смилане до 95% класа –0.08 mm. Трябва да бъдат изследвани технологичните параметри: степен на смилане, време на цианиране; концентрация на разтвора на натриевия цианид; разход на натриев цианид, вид и разход на окислители. За ефективността на процеса се съди по съдържанието на благородни метали в твърдата фаза след цианиране, откъдето се изчислява степента на извличане на благородни метали в разтвора на натриевия цианид. Възможно достигане на извличане на златото от 90 до 98%.

Изводи и заключение

В резултат на проведените минераложки и технологични изследвания за обогатяване на рудната проба от площ Владимирова, може да се заключи, че основен носител на злато в рудопроявлението е самородното злато, съдържащо в ниски количества като елементи-примеси

сребро и мед. Самородното злато е финозърнесто и е представено от дендритовидни агрегати или зърна с неправилна форма и размери от 20-30 до 250 μm . Като рудни минерали в твърде ограничени количества в пробата се установяват също така пирит, халкопирит, галенит, сфалерит, тенантит-тетраедрит, марказит, азурит и железни хидроксида.

В резултат на изследванията на този етап се предлага като най-подходяща схема гравитационното отделяне на разкритото свободно злато в цикъла на смилане на рудата. В следващи етапи на изследване трябва да се извършат лабораторни и полупромишлени изследвания за изясняване влиянието на параметрите на смилане на рудата върху количеството и качеството на гравитационно отделения концентратор. Като най-подходящ апарат за гравитационно обогатяване на дребнозърнесто свободно злато се предлага Нелсонов концентратор, който има висока степен на извличане до 90%.

В заключение са предложени 4 схеми за бъдещи полупромишлени изпитания за обогатяване на рудата с оглед достигането на най-висока степен на извличане на полезния компонент.

Литература

- Кожухаров, Д. 1987. Литостратиграфия и строение докембрия в ядре Белореческого поднятия в Восточных Родопях. – *Geologica Balc.*, 17, 2, 15-38.
- Кожухаров, Д., И. Боянов, С. Савов. 1968. Геология на областта между село Клокотница и град Марица, Хасковско. – В: *Юбил. геол. сб.*, С., БАН, 37-50.
- Кожухаров, Д., С. Савов, Г. Чаталов, Е. Кожухарова, И. Боянов, Е. Челебиев. 1994. *Геоложка карта на България М 1:100000, к.л. Тополовград*. С., КГМР, Геология и геофизика, АД (карта и обяснителна записка).
- Скендеров, Г., С. Добрев, В. Костов, М. Узунова. 1994. Металогенни особености на района Полски Градец-Гранитово и перспективи за търсене на златни и волфрамови орудявания. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 55, 1, 121-131.
- Чаталов, Г. 1985. Принос към стратиграфията и литологията на палеозойските и триаските скали в Светиилийските височини. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 46, 1, 53-70.
- Hofstra, A. H., L. W. Snee, R. O. Rye, H. W. Folger, J. D. Phinisey, R. J. Loranger, A. R. Dahl, C. W. Naeser, H. J. Stein, M. Lewchuk. 1999. Age constraints on Jeritt Canyon and other Carlin-Type gold deposits in the Western United States – relationship to Mid-Tertiary extension and magmatism. – *Econ. Geol.*, 94, 6, 769-802.
- Kozuharov, D., S. Savov. 1972. Stratigraphic correlation of the upper Carboniferous sediments from the Istanbul area and the metamorphosed arkoses and greywakes from the Haskovo district. – *Comp. Rend. Acad. Bulg. Sci.*, 25, 5, 661-664.