

МОРФОЛОШКО-ХЕМИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ЗЛАТНИ АГРЕГАТИ ОД ЛИПОВДОЛСКА РЕКА, ИСТОЧНА МАКЕДОНИЈА

Виолета Стефанова, Ѓорѓи Димов, Виолета Стојанова

*Faculty of Natural and Technical Sciences, "Goce Delčev" University in Štip,
Blvd. Blvd. Krste Misirkov 10-A, P.O. Box 210, 2000 Štip, Republic of North Macedonia
violeta.stefanova@ugd.edu.mk*

Апстракт: Во овој труд ќе бидат презентирани резултатите од шлиховската проспекција преку која се изврши опробување на алувионот на Липовдолска река и река Отиња. На пронајдените златни агрегати се изврши морфолошка и хемиска анализа која покажа дека станува збор за самородно злато кое се карактеризира со висока чистота која се движи од 94 до 99% Au, со многу малку примеси од Ag, Cu и Fe. Морфолошката анализа покажа дека доминира сплесканата форма. Големината на зрната се движи од неколку стотина микрони до 2 mm.

Клучни зборови: шлиховска проспекција, алувијално злато, хемиски состав, морфолошки форми

MORPHOLOGICAL-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF GOLDEN AGGREGATES FROM LIPOVDOLSKA RIVER, EASTERN MACEDONIA

Abstract: In this paper it will be present results from Schlich's prospection through which was performed a test from the Lipovdolska river and Otinja river. Morphological and chemical analysis of gold aggregates show higher purity from 94 to 99% Au, with a low content of impurities of Ag, Cu and Fe. Morphological analysis showed that the flattened form dominated. The grain size ranges from a few hundred microns to 2 mm.

Key words: Schlich's prospecting; alluvial gold; chemical composition; morphological forms

ВОВЕД

На физичко-хемиските карактеристики на алувијалното злато влијаат многу фактори меѓу кои позначајни се: карактерот на примарното злато, водената сила, морфологијата на речното корито, должината на транспорт и хемискиот состав на водата во реката. Значењето на овие фактори варира во зависност од климата, интензитетот на ерозијата и др. Како резултат на овие процеси, карактеристиките на примарното злато се менуваат. Нај карактеристични се морфолошките и хемиските промени (растворање и таложее), при што хемиските промени најчесто се претставени со формирање на рабни делови кои се обогатени со злато. Во светски рамки вршени се бројни испитувања на алувијалното злато со цел да се утврди дали ваквото злато може да укаже на примарниот извор и доколку е така кои карактеристики се најкорисни како индикатори за примарниот извор на златото (Charman et al., 2000, 2010, 2011; Florencia et al., 2004; Knight et al., 1994, 1999; Nakagawa et al., 2005, Townly et al., 2003; Tishchenko, 1981; Dumula et al., 2001,

Mortensen et al., 2004, 2005; Moles et al., 2011; и др).

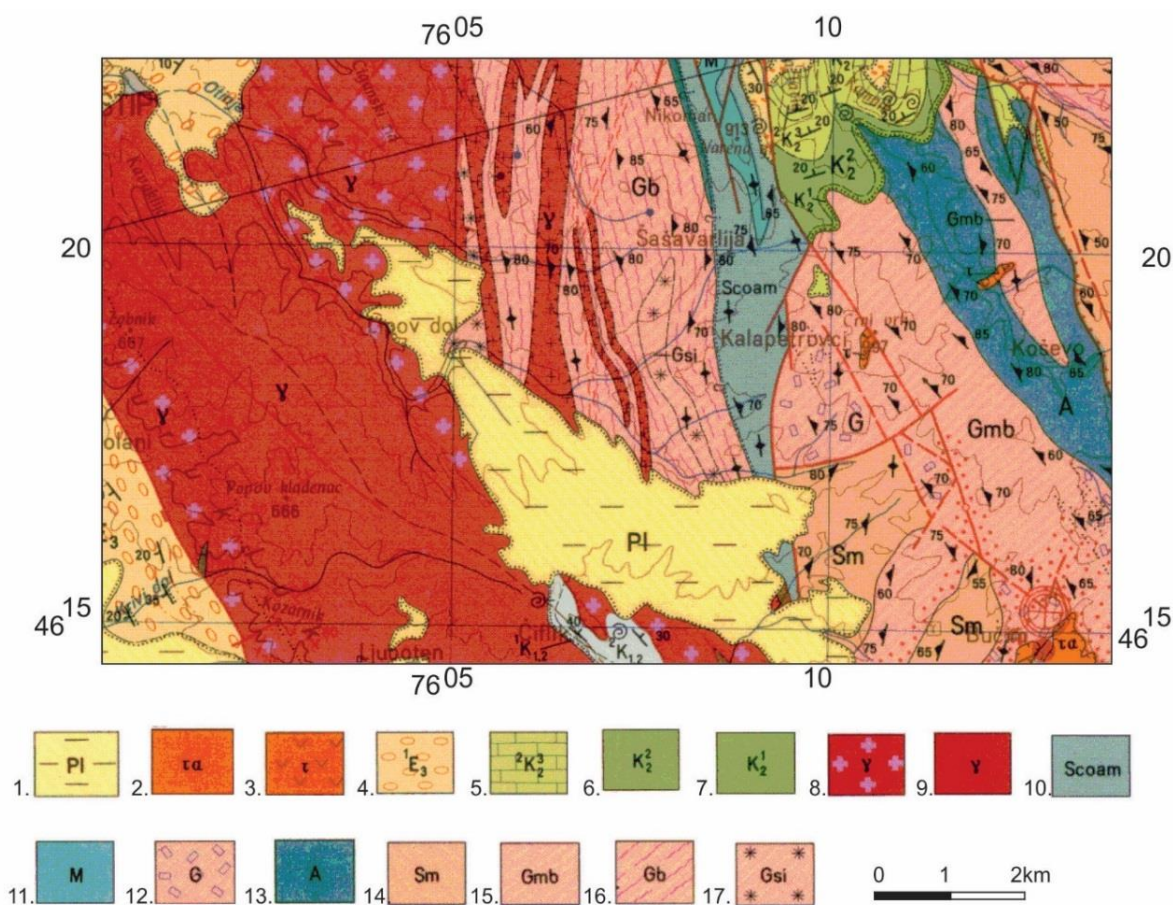
Елувијално-алувијалното злато кое несомнено носи дел од белезите на ендеогеното злато, во Македонија малку е истражувано, иако проучувањата на златото имаат долга историја. Постојат мал број на литературни податоци за хемискиот состав и морфолошките карактеристики. Првите вакви истражувања се направени на златни агрегати од неколку локалитети во кои со претходни истражувања е утврдено присуство на ендеогена минерализација на злато (Kovacev et al., 2006; Stefanova et al., 2007; Kovacev et al., 2007, Stefanova et al., 2013, 2014, 2015, 2016, 2018, 2019).

ГЕОЛОШКА ГРАДБА НА ПОШИРОКАТА ОКОЛИНА НА ДРЕНАЖНОТО ПОДРАЧЈЕ НА ЛИПОВДОЛСКА РЕКА

Во геолошката градба на испитуваното подрачје велгуваат карпи од различна старост како што може да се види од слика 1,

Липовдолска река и реката Отиња дренираат подрачје кое е претежно изградено од прекамбриски карпи претставени со неколку вариетети на гнајсеви: дволискунски, кордиеритско-силиманитски, порфиروبластични, потоа микашисти и лептинолити, мермери, амфиболити и амфиболски шкрилци. Палеозоикот е претставен со хлорит амфиболски шкрилци. Јурскиот магматизам е претставен со биотитски гранити и адаметити. Кредните седименти се претставени со песочници, конгломерати, глинци, варовници. Во палеогенот продолжува седиментацијата на еоценски песочници, лапорци и конгломерати. Терциерот е претставен со магматизам од типот на трахити и трахиандезити. На овој терен се среќават и плиоценски седименти претставени со песоци, суглини и чакали.

Она што е за одбележување за овој терен е што подрачјето кое го дренираат овие реки е во непосредна близина на наоѓалиштето Бучим. Терциерниот магматизам, во поширокото подрачје поточно во подрачјето на Бучим е претставен со трахиандезити. Овој магматизам ја дал бакарната минерализација која е проследена со злато и е распоредена во неколку рудни тела кои се лоцирани околу андезитските пробои а како средина на депонирање се дволискунските гнајсевите. Раседите кои се присутни на овој терен овозможиле на хидротермите да се движат и притоа во гнајсевите како поволна средина ја одложиле минерализацијата. Конкретно во подрачјето кое го дренираат реките кои беа предмет на истражување, терциерниот магматизам е претставен со појава на мал тахитски пробој (Слика 1), во дволискунските и порфиروبластичните гнајсеви.



Сл. 1. 1 Геолошка карта на пошироката околина на истражуваното подрачје (Изавадок од ОГК-лист Штип, ВГИ, 1974)
1. Песоци, суглини и чакали, 2. Трахиандезити, 3. Трахити, 4. Базална серија: песочници, лапорци и конгломерати, 5. Варовници и лапорци, 6. Песочници, 7. Конгломерати и песочници, 8. Биотитски гранити, 9. Адаметити, 10. Хлорит-амфиболски шкрилци, 11. Мермери, 12. Порфиروبластични гнајсеви, 13. Амфиболити и мафиболитски шкрилци, 14. Микашисти и лептинолити, 15. Дволискунско тракасти гнајсеви, 16. Биотитски ситнозрни гнајсеви, 17. Силиманитско-кордиеритски гнајсеви

ПРИМЕНЕТА МЕТОДОЛОГИЈА

Шлиховска проспекција се спроведе најнапред по горниот тек на реката Отиња, потоа во втор наврат беа земени материјали од реката Отиња низ самиот град Штип и во третиот наврат опробувањето се изврши по долниот тек на течението на Липовдолска река која се влева во реката Отиња. Добиениот материјал се испираше класично со употреба на карлица по што добиениот црн шлик се подложи на понатамошна лабораториска обработка. Најнапред со магнет рачно се изврши издвојување на магнетичната серија и се пристапи кон преглед на материјалот со електронски стереоскоп-бинокулар. Златните агрегати се издвојуваа рачно.

За да се одредат морфолошките карактеристики на златото, пред се заобленоста, сплесканоста и назабеноста на зрната се примени скенирање со електронската микроскопија. Ваквите испитувања овозможуваат да се одреди должината на транспортот како и природата на средината во која се депонирале шлиховските минерали. Исто така оваа метода се примени за да се одреди и хемскиот состав на златните агрегати. Анализите се извршија во лабораторијата за електронска микроскопија на Универзитетот во Штип на инструмент од типот VEGA3 LMU. Еталоните се на TESCAN. Специфичните услови на работа се:

- Tension 20 keV; Test Method: EDS;
- Type of analysis: Quantitative X-act: 10 mm² (Silicon Drift detector);
- Max resolution 125 EV;
- Resolution of MnK α , FK α , CK α according to ISO/TS10798:2011.

ХЕМИЗАМ НА ЗЛАТНИТЕ АГРЕГАТИ

Златото во природата најчесто се појавува како самороден метал иако често во хемскиот состав влегуваат многу варијабилни количини на некои други метали пред се сребро, но исто така и жива, бакар, паладиум.

Многу истражувачи го проучувале ефектот на должината на транспортот врз карактеристиките на алувијалните златни честички, и во морфолошки и во хемски поглед (Hallbauer et al, 1977, Groen et al., 1990, Herail et al., 1990, и др). Меѓу истражувачите постои консензус дека морфолошките карактеристики се поврзани со

должината на транспортот, додека односот помеѓу транспортот и хемските промени е помалку јасен (Chapman et al, 2001). Промените во составот биле испитувани со анализа на површината на златните агрегати (Hallbauer and Utter, 1977) и на полирани површини (Groen et al., 1990). Во двата случаи било забележано зголемување на финоќата со транспорт, при што механизмите одговорни за збогатување на златото на површината се препишуваат на намалување на среброто и автоматско рафинирање-самопочистување. Herail et al. (1990) во своите испитувања не забележал промена во хемиската на златните агрегати со текот на транспортот, истакнувајќи дека составот на алувијалното злато кореспондира со оној од примарниот извор.

Според Chapman, et al, 2010 испитувањето на хемскиот состав може да се користи и за корелација помеѓу хемскиот состав на примарното злато и расипното злато со што може да се утврди типот на минерализација. Овие истражувачи веруваат дека златните агрегати со тесен ранг на хемскиот состав укажуваат на орогено потекло.

Нашите испитувањата на хемскиот состав (Табела 1) на златните агрегати покажаа дека станува збор за самородно злато кое се карактеризира со висока чистота (999) и спаѓа во групата на високопробно злато (Захарова, 1974). Како примеси се среќават среброто, бакарот и железото со тоа што железото се среќава најчесто иако со ниски содржини кои се движат 0,02 до 4%. Втор минерал по застапеност е среброто кое исто така е присутно во многу ниски содржини од 0,02 до 2,3 %. Бакарот е застапен со содржини кои се движат од 0,02 до 0,3%. Среброто како примеса не покажува некакава закономерност и е рамномерно застапено во централните и периферните делови. Имајќи го во предвид фактот дека златните агрегати во целина имат хомоген состав (мерења кои се извршени во центарот на агрегатите и во периферните делови) може да се претпостави дека златните агрегати потекнуваат од еден извор (Florescia et al., 2004).

Останува отворено прашањето дали ваквиот состав на златните агрегати се должи на должината на транспортот поради што доаѓа до самопочистување на златните агрегати односно до намалување на содржината на среброто (Chapman et al, 2000, Groen et al. 1990) или ваквиот состав се должи на примарниот извор (Herail et al. 1990).

Т а б е л а 1

*Хемиски состав на златни агрегати од река
Отиња и Липовдолска река*

		Au	Ag	Fe	Cu
7.1	Center	99,67	–	0,31	0,02
	Rim	99,93	–	0,07	–
7.2	Center	99,96	–	0,04	–
	Rim	99,76	–	0,14	0,10
7.3	Center	99,70	0,18	0,12	–
	Rim	99,09	0,88	0,02	–
7.4	Center	99,88	–	–	0,12
	Rim	99,77	–	0,23	–
7.5	Center	94,95	0,32	4,74	–
	Rim	99,79	0,21	–	–
7.6	Center	99,86	0,14	–	–
3.1	Center	99,42	–	0,58	–
	Rim	99,17	–	0,47	0,36
3.2	Center	99,19	–	0,81	–
	Rim	99,69	0,14	0,18	–
6	Center	100,00			
ST	Center	99,67	0,02	0,31	
	Rim	99,69		0,03	0,28
OT-1	Center	99,35	0,16	0,25	0,24
	Rim	99,65	0,09		0,27
OT-2	Center	99,83		0,06	0,11
	Rim	97,56	2,36		0,08

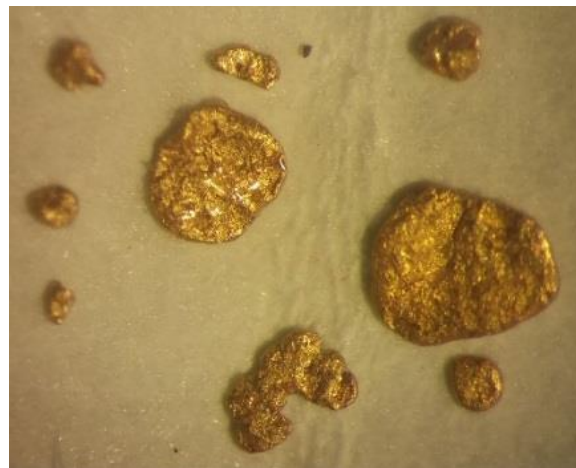
МОРФОЛОШКИ ФОРМИ НА ЗЛАТНИТЕ АГРЕГАТИ

Самородното злато е минерал кој многу добро се кове и поради тоа многу од физичките карактеристики како што е големината на зрната ќе зависат од типот на примарната минерализација, видот и должината на транспорт како и процесите на ерозија на кои е подложен теренот (Mudaliar et al., 2007).

Големината на пронајдените златни зрна се движи од околу 450 микрони (зрно 6) се до 2 mm (зрно OT-1).

Кај испитуваните златни зрна од овие реки, се забележува заоблување на рабовите и измазнување на површината на зрната а истовремено

се зголемува и сплесканоста која може да се должи и на значителниот транспорт на златото а пред се поради малата тврдина и ковноста на златото како минерал (слика 2).



Зрна злато од проба 7



Зрно злато од проба 6



Зрна злато од проба 3

Сл. 2. Фотографски снимки на златни зрна од
Липовдолска река

Оваа појава исто така може да укаже дека зрната биле подложени на секундарни процеси. Сплесканоста може да се објасни и со тоа што за време на транспортот зрната се судираат со зрната од други поцврсти минерали од карпите што доведува до зголемување на сплесканоста во функција на должината на транспортот (Knight et al., 1999; Townley et al., 2003; Tishcenko et al., 1981). Сепак треба да се напомене дека сплесканоста варира и во зависност од големината на зрната бидејќи поголемите зрна (1–2 mm) се изложени многу повеќе (Knight et al., 1999), отколку помалите зрна кои се со големина меѓу 8–16 μ m. Зрната помали од 60 микрони подлежат на многу помало сплескување (Knight, 1994). Сплесканоста на зрната е најголема во местата со голема енергија и промените во однос на големината и сплесканоста, делумно зависат од движењето низводно а делумно од сортирањето на материјалот за време на флувијаниот транспорт.

Knight et al. (1999) ги проучувале промените во морфологијата на агрегатите во текот на транспортот, пред се дебелината на рабовите на зрната, сплесканоста, заобленоста и т.н. шило-форма фактор, секој од овие фактори посебно и едни во однос на други. Овие истражувања покажале дека најверодостоен индикатор за должината на транспортот е индексот на сплесканост на зрната иако и степенот на заобленост и дебелината на ивиците може да придонесе за добра корелација. Формата на контурите на зрната може да биде премногу варијабилна бидејќи самите примарни зрна може да имат многу различни почетни форми со што како фактор е тешко применлив. Според Mudaliar (2007), на растојание од 3–5 km врската меѓу сплесканоста и заобленоста и должината на транспортот може да даде измешани форми кои многу се разликуваат бидејќи во овој интервал се случуваат големи почетни промени.

Кружната форма, степенот на заобленост и на сплесканост исто така може да укаже и на типот на изворот (Mudaliar et al., 2007; Knight,

1999) иако според Styles (1995), мерењето на големината и формата на златните агрегати даваат малку информации за потеклото на алувијалното злато.

Од приложените фотографии може да се види дека најголем дел од испитуваните агрегати се со сплескана форма. По форма се кружни (7.1, 7.5, 7.6, 3.1, 3.2, ST) со заоблени ивици. Присутни се и издолжените неправилни форми (7.2, 7.3, 7.4, 6, OT-1, OT-2). И овие златни зрна се сплескани.

Ваквите заоблени, сплескани, зарамнети форми може да укажат на заклучок дека овие зрна претрпеле значителен транспорт бидејќи многу аглестите и неправилни форми, покажуваат дека алувијалното злато е блиску до својот примарен извор додека абразивните и кружни форми укажуваат на транспорт од неколку km (Mudaliar, 2007).

Според Townley et al., 2003, на растојание од 300 до 1000 m, зрната на злато се карактеризираат со регуларни контури, превиткани ивици (слика 3), и површинска топографија која може да биде регуларна и ирегуларна. Зрната кои се наоѓат на растојанија поголеми од 1 km се карактеризираат со регуларни мазни контури, а надворешната површина е со регуларна топографија.

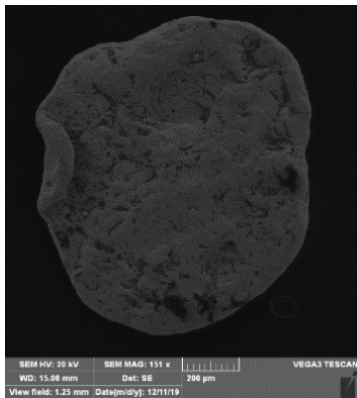
Од проучуваните златни агрегати, едно зрно (7.1) би било во првата група додека останатите испитувани зрна најмногу по своите карактеристики би припаѓале во групата на зрна кои се среќаваат на растојанија поголеми од 1 km.

Присуството на златни агрегати во Липовдолска река го отвора прашањето за потеклото на ова злато.

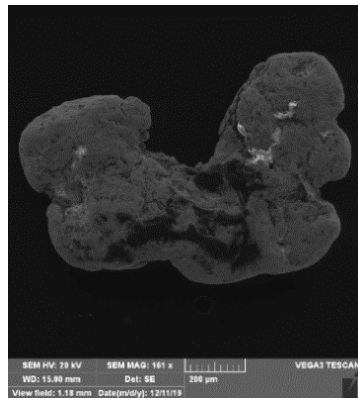
Геолошкиот склоп на теренот покажува присуство на гнајсеви, микашести, шкрилци. Гнајсевите се покажале како добра средина за од на бакарната минерализација во наоѓалиштето Бучим кое како што споменавме се наоѓа во овој реон. Дали и овде гнајсевите кои се присутни на теренот биле средина каде што се одложувала минерализацијата на злато. Единствена манифестација на магматизам во овој дел се мали трахитски пробои кај локалноста Црн Врв. Се поставува и прашањето дали, и со каква друга минерализација е поврзано златото. За да се одговори на ова прашање неопходно е да се продолжи со

шлиховската проспекција по течението на Липовдолска река до нејзините изворишни делови

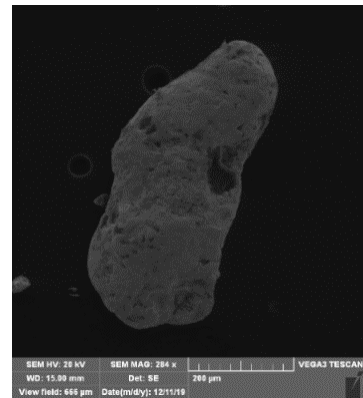
како и Калапетровска река која го дреднира ова подрачје и се влева во Липовдолска река.



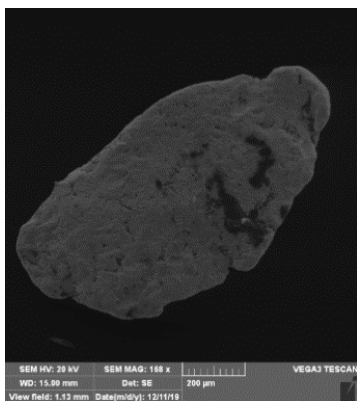
7.1



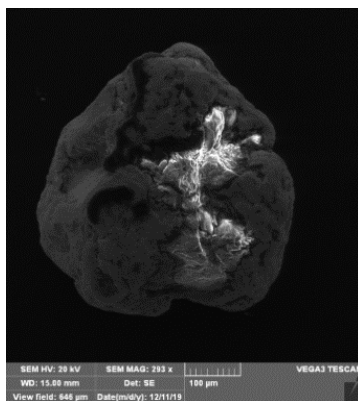
7.2



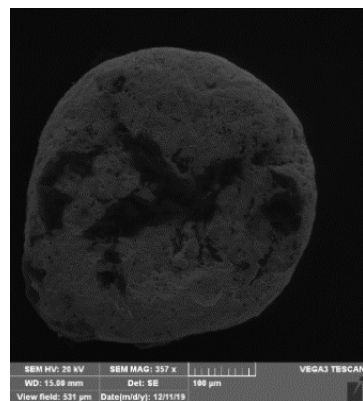
7.3



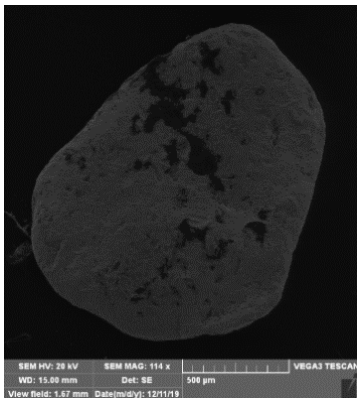
7.4



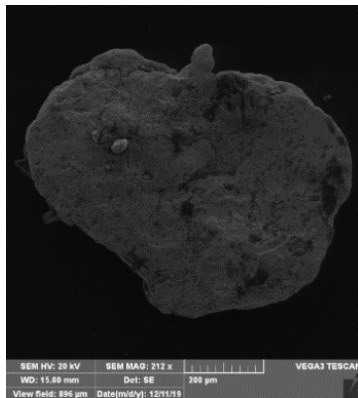
7.5



7.6



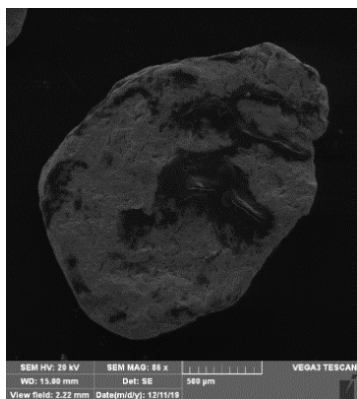
3.1



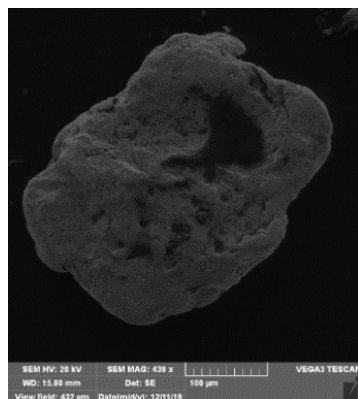
3.2



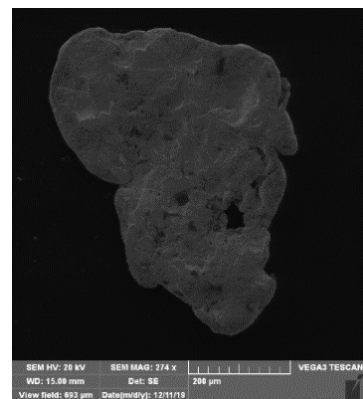
6



ST



OT-1



OT-2

Сл. 2. Морфолошки форми на златните агрегати од река Отиња и Липовдолска река
7.1 – 7.6 и 6 се златни агрегати од Липовдолска река
ST, OT-1 и OT-2 се златни агрегати од река Отиња

ЗАКЛУЧОК

Врз основа на добиените резултати може да се извлечат неколку заклучоци кои дават насоки за понатамошните истражувања.

Со шлиховската перспекција во алувионите на Липовдолска река и река Отиња се пронајдоа златни зрна. Испитувањата на хемискиот состав покажаа дека станува збор за самородно злато кое се карактеризира со висока чистота која се движи околу 998 што го воврстува ова злато во групата на многу високопробно злато. Од примесите по ред на застапеност се присутни железото (0,02–4%), среброто (0,02–2,3) и бакарот (0,02–0,3%).

Големината на златните агрегати се движи од околу 450 микрони до 2мм. За одбележување е дека речиси сите златни агрегати се со сплескана форма и со заоблени надворешни рабови. Овој начин на појавување на златните агрегати укажува транспорт кој веројатно е подолг од 1 км.

Имајќи ги во предвид наведените карактеристики може да се каже дека овие испитувања треба да продолжат по горните текови на Липовдолска река и Калапетровска река со цел да се види од каде би можело да потекнува ова самородно злато. Дали терциерниот магматизам е носител на минерализацијата исто како што е во наоѓалиштето Бучим каде за овој магматизам е поврзана бакарната минерализација и со неа поврзаната минерализација на злато. При ова треба да се има во предвид дека магматизмот е ист, терциерен, потоа гнајсевите како средината на депонирање исто така се застапени во геологијата на овој терен. Постојат и раседи чиј правец на протегање е сличен, како оние во наоѓалиштето Бучим. Можеби примарниот извор на минерализацијата е заеднички со Бучимскиот. Со ова истражување се отвораат прашања за кои одговорот е во продолжување на истражувањата на овој терен.

ЛИТЕРАТУРА

Dumula, M. R., Mortensen, J. K., (2001): Composition of placer and lode gold as an exploration tool in the Stewart River map area, western Yukon, Yukon Exploration and geology, pp. 87–98.

Márquez-Zavalía, M. F., Southam, G., Graig, J. R., Galliski, M. A. (2004): Morphological and Chemical study of placer gold from the San Luis range, Argentina. *The Canadian Mineralogist*, **42** (1), pp 169–182.

Knight J. B., Mortensen J. K., Morison S. R. (eds) (1994): Shape and composition of lode and placer gold from the Klondike District, Yukon Canada (1150, parts of 116 B). Indian and Northern Affairs Canada, Exploration and Geological Services Division, Yukon Region. *Bulletin* **3**, 142 p.

Knight J. B., Morison S. R., Mortensen J. K. (1999): The relationship between placer gold particleshape, rimming, and distance of fluvial transport as exemplified by gold from the Klondike District, Yukon Territory, Canada. *Economic Geology*, **94**, 635–648.

Kovacev V., Stefanova V., Nedelkov R., Mladenov V. (2007): Eluvial-alluvial gold from gold-copper occurrence Borov Dol (R. Macedonia). Part I: Geochemistry of stream sediments and their relation to the source rocks and ores. *Review of the Bulgarian Geological Society*, pp. 66–76.

Mortensen, K. J., Chapman, R., LeBarge, W., Jackson, L. (2004): Application of placer gold and lode gold geochemistry to gold exploration in western Yukon. Yukon Exploration and geology, pp. 205–212.

Mortensen, J. K., Chapman, R., LeBarge W., Jackson, L. (2006): Compositional studies of placer and lode gold from western Yukon: Implications for lode sources. In: *Yukon Exploration and geology* (2005), pp. 247–255.

Moles N., Chapman R. (2011): Placer gold microchemistry in conjunction with mineralogy and mineral chemistry of heavy mineral concentrates to characterize bedrock sources. *Indicator Mineral Methods in 25th International Applied Geochemistry Symposium, Mineral Exploration, Workshop-3*, pp. 19–25.

Nakagawa, M., Santosh, M., Nambiar, C. G., Matsubara, C. (2005): Morphology and chemistry of placer gold from Attapadi Valley, southern India; *Gondwana Research*, Volume 8, Issue 2, pp 213–222.

Tishchenko, E. I. (1981): The problem of the evolution of the gold-flake flattening in alluvial placers. *Soviet Geology and Geophysics*, **22**, 28–33.

Townley, B. K., Herail, G., Maksaev, V., Palacios, C., De Parseval, P., Sepulveda, F., Orellana, R., Rivas, P., Ulloa, C. (2003): Gold grain morphology and composition as an exploration tool: application to gold exploration in covered areas; *Geological Society of London*, **3**, 29–38.

Chapman, R. J., Leake, R. C., Moles, N.R., Earls, G., Cooper, C., Harington, K., Berzins, R. (2000): The application of Microchemical Analysis of Alluvial Gold Grains to the Understanding of Complex Local and Regional Gold Mineralization: A case Study in the Irish and Scottish Caledonides, *Economic Geology*, **95** (8), pp. 1753–1773.

Chapman, R. J., Mortensen J. K., Crawford E. C., LeBarge W. P. (2010): Microchemical Studies of Placer and Lode Gold