

## ХАРАКТЕРИСТИКА НА ЗЛАТОТО В ПЯСЪЧНАТА ФРАКЦИЯ ОТ ТРОШАЧНО-ПРЕСЕВНАТА ИНСТАЛАЦИЯ "БОБОШЕВО"

Александър Хаджиев, alex\_hadjiev@geology.bas.bg

### **Abstract**

*Byproduct gold recovery could provide an additional source of income for any sand and gravel operations. This paper describes gold recovery from a primary concentrate collected from a sluice box fitted into one sand and gravel installation. The characteristics of native gold recovered from a primary concentrate were identified by morphological, mineralogical and chemical analyses. Test work showed gold assay 378 g/t in the sluice concentrate, which indicating that a directly smeltable product can be obtained. Electron-microprobe analyses and mineragraphic studies of free gold grains demonstrated silver content up to 25% and palladium up to 4.3%. These inclusions may be of value in case of future exploration and characterizing the of primary gold deposition. For the majority of free gold grains the lowest silver and palladium contents observed were in the central portion of each grain and the highest contents were in the rim*

### **Въведение**

В близост на мястото на вливане на река Джерман в река Струма е построена трошачно-пресивно-промивна инсталация (ТППИ). В тази инсталация се преработват инертните материали, получавани след корекцията на коритото на река Джерман. Тези материали се подлагат на трошене, пресяване и промиване, след което като резултат се получават следните фракции с едрина на частиците съответно >30, 30-15, 15-6.0 и <6.0mm. Класата 6.0-0mm се получава като подситова обводнена фракция след мокрото пресяване на класата 15-0mm. Добивът на класата 6.0-0mm е 33%. Тази класа се промива и обезводнява в спирален класификатор, след което се продава като пясък за производството на стоманобетонни изделия и за строителството.

Поречието на река Джерман и Кюстендилският район са били обект геоложки проучвания[1,2]. Тези проучвания са доказали наличието на злато в наносите на река Джерман, но неговото съдържание и запаси не са категоризирани като подходящи за промишлен добив. От Цинцов[2] се дават сведения за резултатите от проучванията за извличането и характеристиката на златото от пясъчните фракции, получавани в следните ТППИ: „Нови силози“, „Новоселци“, „Инертни материали“ и „Дромухар“. Заключение е,

че може да се осъществява икономически изгоден попълнен добив на злато. За целта е необходимо да се изберат подходящи технологични схеми, обогатителни машини и съоръжения. Те трябва да бъдат съобразени както с природните дадености на изходната суровина, така и с особеностите на основното производство. Необходимо е също така да се извадят съответните разрешителни за извършването на попълнен добив на разсипно злато при производството на инертни материали.

Задачата на проведеното изследване беше определяне на едрината, състава и формата на самородното злато, а така също зърнометричната характеристика и минераложкия състав на шлюзовия концентрат, получаван от пясъчната фракция на ТППИ „Бобошево“.

### **Материали и методика на изследванията**

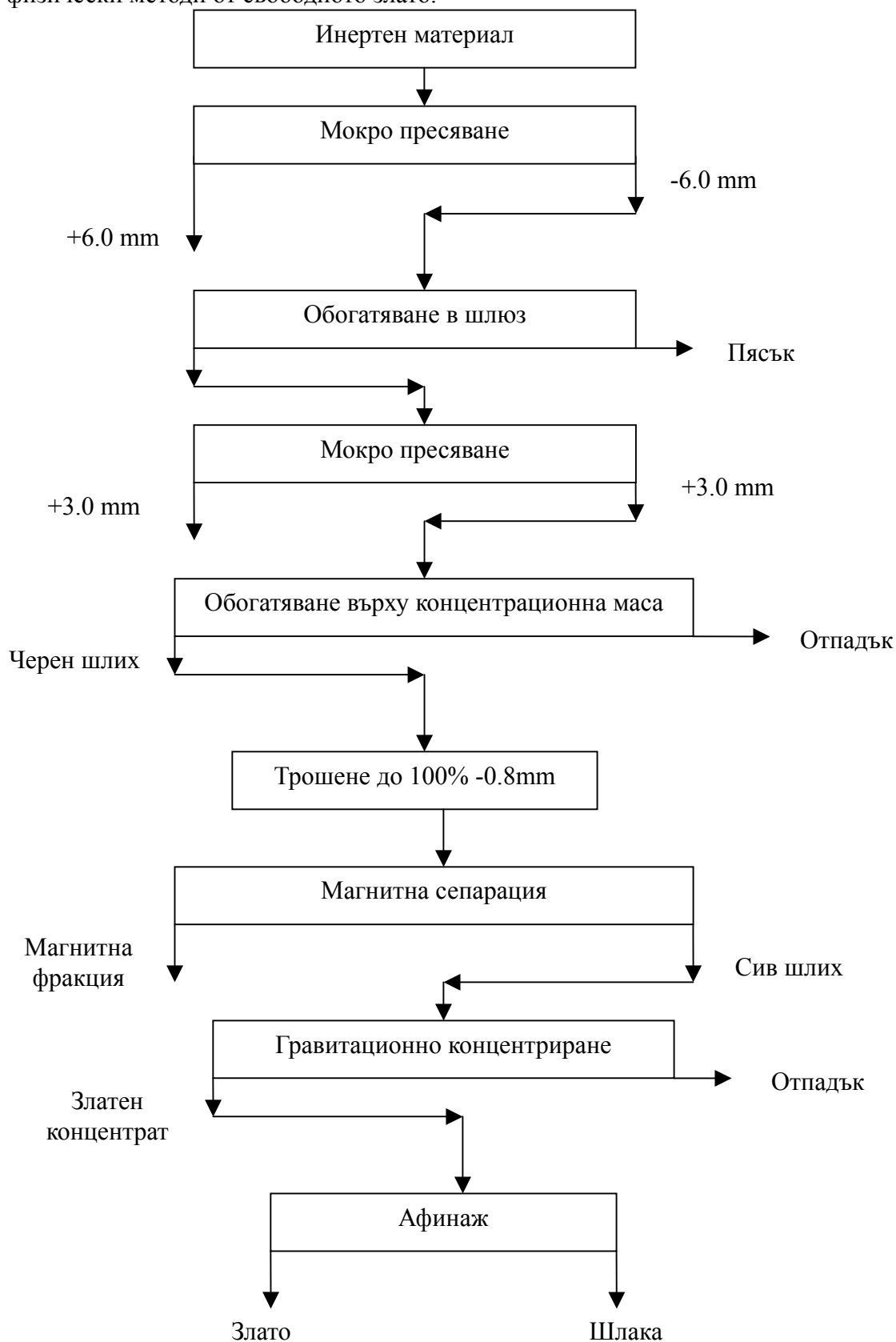
Съоръжения с ниска себестойност и добра износоустойчивост, подходящи за постигане на поставените цели в изследването, са неподвижните обогатителни шлюзове[3,4,5,6,7]. Такъв шлюз е монтиран в ТППИ „Бобошево“. Той има следните параметри: дължина 5m, ширина 0.7m, дълбочина 0.3m и ъгъл на наклона 12°. Трафаретите на шлюза са с наклон 45° по посока на движение на материала. Те са направени от листов стомана с ширина 40mm. Монтирани са през 30mm. Постелята на шлюза е от гофрирани гумени постелки с дебелина 10mm. Размерите на клетките на повърхността на постелята са дълбочина 2.5mm, дължина 12mm и ширина 4mm.

Принципната схема за извличането на разсипното злато от пясъчната фракция, получена в ТППИ „Бобошево“ е показана на фиг.1. За получаването на мономинерална фракция, съдържаща свободно злато е използвано лабораторно оборудване включващо концентрационна маса, постоянен магнит, ролково-индукционен електромагнитен сепаратор, тежки течности, микропанер. За определяне на физичните свойства, зърнометричната характеристика на златото са използвани известни методи описани в литературата[3]. При минераложките изследвания са използвани уреди и апарати за макроскопско и микроскопско наблюдение, рентгеноструктурен анализ. Химическият анализ за определяне чистотата на златото е извършен чрез количествена атомна адсорбция и рентгенова електронна микроскопия.

### **Резултати**

В таблица 1 е представен минераложкия състав на концентрата от обогатителния шлюз. По данни от [8,9] са дадени химичния състав, плътността и магнитните свойства на

извлечените минерали в шлиха. Различията в плътностите и магнитните свойства на извлечените минерали в концентрата от шлюза дават възможността да бъдат отделени със съответните физически методи от свободното злато.



Фиг. 1 Принципна схема за извличане на златото от пясъчната фракция на ТППИ „Бобошево“

Таблица 1

Минерал	Химичен състав	Плътност, g/cm <sup>3</sup>	Магнитни свойства
Самородно злато	Au	15.5-19.3	Диамагнитен
Сперилит	PtAs <sub>2</sub>	10.58	Диамагнитен
Цинобарит	HgS	8.09	Диамагнитен
Лаурит	RuS <sub>2</sub>	6.23	Диамагнитен
Хематит	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.30	Парамагнитен
Монацит	(Ce,La)PO <sub>4</sub>	5.10	Парамагнитен
Магнетит	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	5.30	Феромагнитен
Пирит	FeS <sub>2</sub>	5.02	Парамагнитен
Колумбит	(Fe, Mn)Nb <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	5.00	Парамагнитен
Илменит	FeTiO <sub>3</sub>	4.72	Парамагнитен
Ксенотим	YPO <sub>4</sub>	4.30	Парамагнитен
Пиротин	Fe <sub>1-x</sub> S	4.2-4.6	Феромагнитен
Турмалин	H <sub>4</sub> (Na,Ca)(Mg,Fe,Mn,Li,Al) <sub>13</sub> Al <sub>6</sub> B <sub>3</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>31</sub>	4.70	Парамагнитен
Халкопирит	CuFeS <sub>2</sub>	4.28	Парамагнитен
Циркон	ZrSiO <sub>4</sub>	3.9-4.70	Диамагнитен
Рутил	TiO <sub>2</sub>	4.25	Диамагнитен
Аланит	(Ca,Ce) <sub>2</sub> (Ti,Fe)(Al,Fe) <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>12</sub> (OH)	4.00	Диамагнитен
Епидот	Ca <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> FeSi <sub>3</sub> O <sub>12</sub> (OH)	3.40	Парамагнитен
Сфен	CaTi[SiO <sub>4</sub> ]O	3.4-3.56	Диамагнитен
Гранати	R <sup>3</sup> R <sup>2</sup> <sub>2</sub> [SiO <sub>4</sub> ] <sub>3</sub>	3.12-3-51	Парамагнитен
Амфиболи	X <sub>2-3</sub> Y <sub>5</sub> Z <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (OH,F,Cl) <sub>2</sub>	3.30	Парамагнитен
Иринит	(Na,Ce,Th) <sub>1-x</sub> (Ti,Nb)(O <sub>3-x</sub> O <sub>12</sub> (OH) <sub>x</sub> )	3.30	Диамагнитен
Апатит	Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (F,Cl,OH)	3.1-3.20	Диамагнитен

В таблица 2 са представени резултатите от химичния анализ за съдържанието на злато в отделните класи от ситовия анализ на концентрата от шлюза, получен при обогатяването на пясъчната фракция.

Таблица 2

Класа, mm	Добив, %	Съдържание на злато, g/t	Извличане на злато, %
+3.0	19.26	4.02	0.21
-3.0-+1.25	24.05	19.27	1.23
-1.25+0.80	7.45	129.75	2.56
-0.80+0.63	5.98	620.48	9.82
-0.63+0.25	20.95	921.46	51.08
-0.25+1.25	13.16	679.50	23.65
-1.25	9.15	473.17	11.45
Всичко	100.00	377.94	100.00

Анализът на данните от таблица 2 показва, че с най-високо съдържание на злато са

класите -0.63+0.25 и -0.25+1.25mm, съответно 921.46 и 679.50g/t. С най-ниско съдържание на злато 4.02g/t е класата +3.0mm. Извличането на злато в тази класа е 0.21%, което дава основание тя да бъде отделяна за да не се подлага на последващи обогатителни операции с цел получаване на стоков продукт. Във връзка с препоръката да се получават концентрати от неподвижни шлюзове със съдържания на злато не по-високи от 4-5g/t[10] авторът изразява несъгласие, като препоръчва 100g/t съдържание на злато да бъде минималното съдържание, тъй като при ниски съдържания на благороден метал трябва да се увеличат броя на разтоварванията на съответното обогатително съоръжение, което води до повишаване на разходите за труд и транспорт на концентрата до съответното предприятие за преработка. Данните от таблица 2 добре кореспондират с резултатите от извършените изследвани за находище „Новоселци“, Бургаска област[11].

Проба от концентрата от шлюза беше отделена и подложена на магнитен анализ за да се определи добива на магнитна фракция. За целта класата над с размер на частиците над 0.8mm беше отделена и натрошена 100% под 0.8mm, след което добавена към изходната проба. В таблица 3 са дадени резултатите от магнитния анализ на концентрата от шлюза по отделните класи.

Таблица 3

Класа, mm	Добив, %	Магнитна фракция, %	Немагнитна фракция, %
+6.0	2.19	-	-
-6.0+3.0	17.07	5.69	11.38
-3.0+6.0	24.05	6.18	17.87
-1.25+0.80	7.45	-	-
-0.80+0.63	5.98	1.21	4.77
-0.63+0.25	20.95	4.83	16.12
-0.25+1.25	13.16	3.85	9.31
-1.25	9.15	2.64	6.51
Всичко	100.00	24.40	65.96

Данните от магнитния анализ показват, че добива от концентрата на магнитен продукт (съдържащ силно, средно и слабомагнитни минерали) е близо 25%. Свободното злато остава в немагнитната фракция. За отбелязване е факта, че беше установено наличие на малък брой златинки в магнитната фракция, което се дължи на механичното им прилепване към магнитни минерали.

Опити по обогатяване на концентрата от шлюза са извършени по схема, показана на фигура 1. Класата -3.0mm, която е с добив 80.74% и съдържание на злато 467.14g/t, беше

подложена на гравитационно разделяне върху концентрационна маса. В тази класа се извлича 99.80% от златото в концентрата от шлюза. Полученият черен шлих след гравитационното обогатяване на концентрата от шлюза е с добив 4.17% и съдържание на злато 8787g/t. В него се извлича 97.2% от златото от изходния концентрат от шлюза. Полученият черен шлих се подлага на магнитна сепарация в силно и слабо поле, в резултат на което се получава магнитна фракция с добив 1.31% и сив шлих с добив 3.04% от изходната проба концентрат. Съдържанието на злато в сивия шлих е 11.818kg/t. След магнитната сепарация беше извлечено 95.3% от златото в немагнитната фракция спрямо съдържанието му в изходния концентрат от шлюза. Сивият шлих се пречиства чрез гравитационна сепарация върху микропанер, като се получава златен концентрат с добив 0.0428% спрямо изходния концентрат от шлюза. Съдържанието на злато в концентрата, получен след разделяне върху микропанера е 832kg/t, а извличането му е 94.5% спрямо съдържанието му в изходния концентрат. Златният концентрат, получен след сепарацията върху микропанера, беше подложен на химически афинаж, в резултат на което се получи златна сплав със съдържание на злато 95.10%. Това съдържание съответства на проба 951 или 22.8 карата. Тази златна сплав съдържа 4.68% сребро и 0.041% калай.

От златният концентрат, получен след сепарацията върху микропанера, бяха отделени златинки с размери  $-2.0+1.25\text{mm}$ (сн.1) и  $-1.25+0.8\text{mm}$  за определяне на формата им. След проведените макроскопско и микроскопско наблюдения беше установено, че пластинчатия тип златинки е преобладаващ. Срещат се също така единични златинки с пръчковидна, сферична и конкрецовидна форма. Беше установено и наличието на два срастъка между злато и кварц, от което би могло да се предполага, че първоизточника на злато се намира в непосредствена близост до река Джерман. Бяха намерени също така и артефакти, представляващи златни халкички, фрагменти от златни украшения, всички с размери под 2.0mm.



Снимка 1. Златни кристали със сферична и пластинчатата форми с размери  $-2.0+1.25\text{mm}$

За определянето на състава на златинките беше извършен количествен рентгенов микроанализ с използването на електронна микросонда JEOL 733 Microprobe. Измерванията са правени в концентрично разположени точки в централната и периферна части на

изследваните златинки. Резултатите от измерванията са представени в таблица 4.

Таблица 4

№ златен кристал	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Z16	Z17	Z18
Елемент								
Fe	0.06	0.00	0.00	0.20	0.16	0.00	0.03	0.00
Cu	0.21	0.00	0.48	0.36	0.48	0.39	0.15	0.17
Zn	0.06	0.21	-	-	-	-	-	-
Pd	1.94	3.02	3.80	3.82	3.82	3.69	4.35	3.55
Ag	14.24	25.82	14.81	17.27	17.27	17.02	14.38	14.50
Sn	0.84	1.10	-	-	-	-	-	-
Pt	0.27	0.34	-	-	-	-	-	-
Au	81.59	68.54	81.68	78.95	77.76	78.76	80.37	81.39
Pb	0.82	0.96	-	-	-	-	-	-

Анализът на данните от таблица 4 показва, че съдържанието на злато в златинките е средно 80%, а другите елементи съдържащи се в тях са основно сребро 16%, паладий 3.5% и мед 0.35%. Трябва да се отбележи наблюдаваната тенденция при измерванията за намаление съдържанието на злато от центъра към периферията на златинките и съответно увеличение съдържанието на примесите от сребро и паладий. Повишеното съдържание на паладий е отличителна характеристика в дадения случай и може да използва като критерий, по който да се установи първоизточника на разсипното злато в река Джерман, а така също да се използва при анализа произхода на златните артефакти намирани в района. Ниското съдържание на мед и високото съдържание на паладий и сребро са причина за специфичния светложълт цвят на златните артефакти намирани по поречието на река Джерман, а така също основание да се предположи, че района по поречието на река Джерман е бил обект на златодобивна и ювелирна дейност в древността.

#### **Заклучение и общи изводи**

В резултат на проведеното изследване с концентрат, получен при обогатяване на пясъчната фракция от ТППИ „Бобошево“ бяха събрани данни за съдържанието на злато в инертния материал от поречието на река Джерман, определени бяха зърнометричната характеристика и формата на свободните златни кристали, измерени бяха съдържанията на злато и основните примесни елементи в тях. Извършен беше минераложки анализ на пясъчната фракция, който предостави информация за нейния състав. Получената информация потвърждава данните от други изследвания, проведени в Кюстендилския район за наличие на злато и платиноиди по поречието на реките Струма и Джерман. Анализът на златните

кристали показа наличието на повишено съдържание на паладий в тях. Това съдържание варира в тях като се увеличава от централната към периферната част. Този факт може да бъде използван в бъдещи геоложки проучвания за идентифициране на първичното находище на златото, а също така дава възможност на археолозите за определяне на произхода на намираните в района златни артефакти.

### **Литература**

- [1] Пеев, Ив., 1995. Разсипното злато в Кюстендилско, Минно дело и геология, 9, с.13-16.
- [2] Цинцов, З., 1999. Попътният добив на злато при производството на инертни материали у нас- опити и перспективи, 10, с.14-16.
- [3] Зеленов, В. И. Методика исследования золота и серебросодержащих руд, Недра, 1989.
- [4] Масленицкий, И.Н. Металлургия благородных металлов, Metallurgia, 1987.
- [5] Плаксин, И.Н. Металлургия благородных металлов, Металургиздат, 1958.
- [6] Фишман, М.А., Д.С. Соболев. Практика обогащения руд цветных и редких металлов, т. IV, Недра, 1963.
- [7] Шохин, В.Н., А.Г. Лопатин. Гравитационные методы обогащения, Недра, 1980.
- [8] Костов, Ив. Минералогия, Наука и изкуство, 1973.
- [9] Барский, Л.А., Л.М. Данильченко. Обогащаемость минеральных комплексов, Недра 1977.
- [10] Атанасов, В., А. Атанасов, 1992. Върху морфометрията и извлекаемостта на речното злато, Год. МГУ, т. XXXVIII, св. 1, с.101-115.
- [11] Цинцов, З., М. Маринов, Л. Кузев, 1989. Зърнометричен състав и морфометрични особености на разсипното злато от находище „Новоселци“ и възможностите за извличането му, Год. МГУ, т. XXXV, с. 153-157.