



**ТЕРЕННИ И АНАЛИТИЧНИ МЕТОДИ В РУДНИК „ЕЛАЦИТЕ“, ЗА ОЦЕНКА КАЧЕСТВОТО НА  
ОПРОБВАНЕ НА ВЗРИВНИ СОНДАЖИ, ИЗРАБОТЕНИ ОТ СОНДИ, ГЕНЕРИРАЩИ ДВА ШЛАМА С  
РАЗЛИЧНА ЕДРИНА**

**Богомил Георгиев – b.georgiev@ellatzite-med.com**  
**инж. Петрослав Петров – p.t.petrov@ellatzite-med.com**  
**инж. Никола Минковски – n.minkovski@ellatzite-med.com**

**РЕЗЮМЕ**

*През последните години в Рудник „Елаците“ бяха въведени в експлоатация нови сонди, генериращи два шлама с различна едрина, което наложи разработването на нов метод на опробване на сондажите. За създаването на новия метод беше направено експериментално опробване на целия шлам от двата шлама за определяне на точното съотношение и достоверност при вземане на представителна 10 килограмова проба от сондажите.*

**FIELD AND ANALYTICAL METHODS IN “ELLATZITE” MINE FOR QUALITY CONTROL OF THE  
SAMPLING PROCEDURE OF BLAST HOLES MADE BY DRILL RIGS GENERATING TWO DRILL CHIP  
PILES WITH DIFFERENT GRAIN SIZES**

**Bogomil Georgiev – b.georgiev@ellatzite-med.com; Petroslav Petrov, Dipl. Eng. – p.t.petrov@ellatzite-med.com; Nikola Minkovski, Dipl. Eng. – n.minkovski@ellatzite-med.com**

**ABSTRACT**

*Over the past few years in “Ellatzite” mine new drilling equipment was commissioned that generates two separate drill chip piles with different grain size. As a result of that a new method for grade control sampling of the blast holes made by these drill rigs, had to be developed and tested. In order to do that the entirety of the two drill chip piles were sampled separately to determine the correct ratio when taking the standard 10 kilogram samples.*





Геоложки отдел, 2023

### Въведение

Правилното опробване на сондажите от експлоатационно сондиране е от изключителна важност във всеки рудник. Именно затова след въвеждането в експлоатация в рудник „Елаците“ на нови сонди Sandvik Leopard, генериращи два купа шлам с различно количество, се наложи разработването на нов метод на пробовземане, който да осигури представителна и достоверна информация за определяне качеството на материала след сондиране. За целта беше направено експериментално опробване на сондажи, изработени от съответните сонди.

### Цели на опробването

При нормалната работа на новите сонди Sandvik се генерират два отделни шлама – един с по-голямо количество и един с по-малко. Видимо по-голямата част от материала, генериран при сондирането, е едър шлам. Той се натрупва под формата на конусовидна купчина до устието на сондажа, показано на *фиг.1*. Останалата част от шлама се генерира на неправилна купчина зад сондата, *фиг.2*. Наличието на два шлама създава предпоставки за компрометиране на опробването, тъй като при разделянето на материала на две фракции теоретично бихме могли да очакваме неравномерно разпределение на полезните компоненти.



Фиг. 1 – едър шлам



Фиг. 2 – ситен шлам



Фиг. 3 - Разположение на двата шлама спрямо сондата



Целта на експерименталното опробване беше да се установят правилните пропорции ситен - едър шлам при вземането на представителна проба между 8 и 10 килограма. Също така да се установи разликата в съдържанието на двата шлама. За установяване на правилното съотношение беше опробван и претеглен целият шлам от 10 представителни сондажа. Влиянието на едрината върху съдържанието беше установена чрез опробване на 14 бр. сондажи, като от всеки бяха взети по две представителни проби, една само от едрия и една от ситния шлам.

#### Методология на изследването

Полевата работа започва с избирането на 10 представителни сондажи в рудни взривни полета. За да се избегне замърсяване на пробата, преди да се започне процеса на сондиране, на местата където се натрупва шлама, бяха поставени винилови постелки. След приключване на пробивните дейности и достигане целите на зададения сондаж се взима една браздова проба от двата шлама в съотношение 4 към 1 в полза на едрия шлам и с тегло 8-10 кг (оригинална проба). Тази проба се предава за пробоподготовка и химичен анализ. След което целият едър и ситен шлам се претегля поотделно и съкращава посредством делител на „Джонсън“ (фиг.4) с цел намаляване обема на пробите. След съкращаването представителните проби минават през процес на пробоподготовка и се анализират в химическа лаборатория.

Освен тези десет проби също, бяха взети още 14 проби от експлоатационни сондажи на съответните сонди. От тези сондажи бяха взети по една браздова проба, смесена от едрия и ситния шлам, в съотношение 4 към 1 (редовни/оригинални проба) и поотделно, една проба от 10 килограма от ситния и едрия шлам (дубликатни проби). След което тези проби минават през процес на пробоподготовка и анализ в химическа лаборатория.



Фиг.4 – делител на „Джонсън“

#### Анализ на получените резултати

След приключване на опробването бяха получени резултати за тегловото съотношение на двата шлама (таблица 1). От анализа на резултатите може да се констатира, че едрия шлам представлява 79% от всичкия шлам, съответно, ситният е 21% от всичкия или съотношение 4 към 1. Повечето проби са с малко отклонения от средното, с изключение на 2 проби. Не се наблюдават разлики в съотношението едър – ситен при различно количество на общия шлам. Това може да се дължи на наличие на вода в сондажа по време на сондиране. В една от пробите общото количество шлам е сравнително по-малко от средното, но съотношението ситен – едър е запазено. Причината за по-малкото количество шлам най-вероятно се дължи на напукаността на скалния масив в зоната на сондиране.



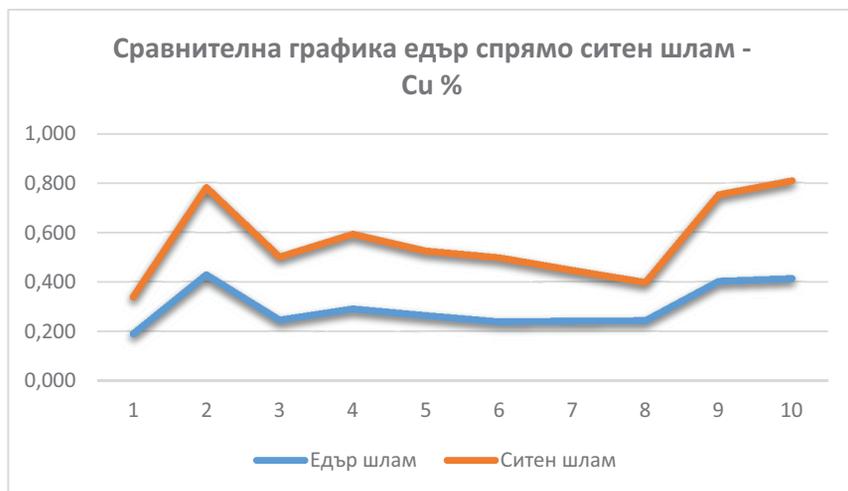
Таблица 1. Резултати от измерването на теглото на пробите

проба №	Тегло на шлама (кг)			Процентно съотношение	
	Едър	Ситен	Общо	Едър	Ситен
1	675	132	807	84%	16%
2	656	193	849	77%	23%
3	529	257	786	67%	33%
4	606	158	764	79%	21%
5	66	18.7	85	78%	22%
6	558	44	602	93%	7%
7	223	60	283	79%	21%
8	246	68	314	78%	22%
9	597	163	760	79%	21%
10	554	143	697	79%	21%
<b>Средно:</b>	<b>471</b>	<b>124</b>	<b>595</b>	<b>79%</b>	<b>21%</b>

Относно съдържанието на основния полезен компонент в рудник „Елаците“ – медта, се установява значителна разлика между двата шлама. Средно, ситният шлам е с 47% по-високо съдържание на мед от едрия. На базата на цялата информация от десетте сондажа, за целите на по-нататъшното сравнение, беше изчислено теоретичното съдържание на целия шлам, като беше сумирано пропорционално съдържанието за Cu% от двата шлама. Полученият резултат наричаме „изчислена проба“. При сравнение спрямо изчислената проба се установява, че съдържанието в едрия шлам е средно с 20% по-ниско, докато в ситния шлам е средно с 39% по-високо. Съотношението е сравнително съпоставимо, независимо от различните тегла на пробите, както и от различното качество в съдържанието на мед. Наблюдават се единствено по-значителни отклонения при две от пробите, в които има и разлика в съотношението между двата шлама.

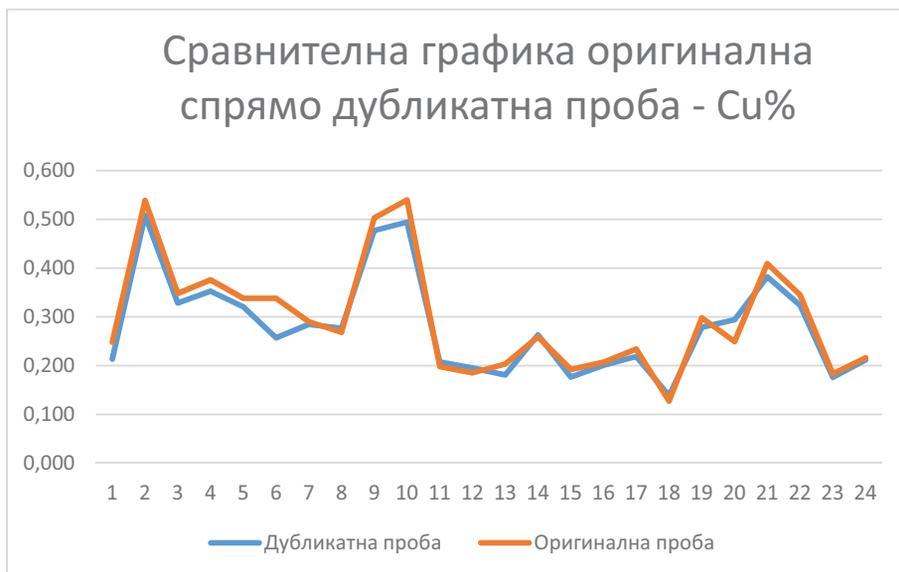
Таблица 2. Сравнение на съдържанието на мед между двата шлама

№	Изчислена проба		Разлика в съдържанието спрямо изчислената проба				Разлика едър/ ситен
			Едър		Ситен		
	Тегло(кг)	Cu %	Cu %	Разлика (%)	Cu %	Разлика (%)	
1	807	0.213	0.189	-13%	0.338	37%	44%
2	849	0.508	0.428	-19%	0.781	35%	45%
3	786	0.328	0.245	-34%	0.500	34%	51%
4	764	0.352	0.290	-22%	0.592	40%	51%
5	85	0.321	0.263	-22%	0.524	39%	50%
6	602	0.257	0.238	-8%	0.497	48%	52%
7	283	0.284	0.241	-18%	0.446	36%	46%
8	314	0.276	0.243	-14%	0.397	30%	39%
9	760	0.477	0.402	-19%	0.752	37%	47%
10	697	0.494	0.413	-20%	0.808	39%	49%
<b>Общо:</b>	<b>595</b>	<b>0.368</b>	<b>0.307</b>	<b>-20%</b>	<b>0.599</b>	<b>39%</b>	<b>47%</b>



Граф. 1. Сравнение между двата материала

От гореописаните анализи се установява, че съотношението едър ситен шлам е средно 4 към 1. За да се провери в реални условия, бяха взети браздови проби (оригинална проба) от двата шлама, в съответното съотношение от десетте сондажа, на които беше опробван целия шлам, както и 14 допълнителни проби, на които беше взета поотделно само по една браздова проба от двата шлама (дубликатна проба). Оригиналните проби бяха сравнени с дубликатните проби. За сондажите с опробван цял шлам дубликатната проба беше пресметната пропорционално от количеството на двата шлама и съдържанията им, докато за останалите 14 проби беше използвано идеализирано съотношение от 80% едър : 20% ситен. Резултатите от това сравнение са показани в *таблица 3*. Средно разликата между изчислената проба и редовната е 8%. Не се наблюдава разлика при различните съдържания на мед. При проба номер 6 се установява по-голямо отклонение, което най-вероятно се дължи на по-малкото количество шлам.



Граф. 2. Сравнение между изчислената и редовната проба



Таблица 3. Сравнение на дубликатните проби спрямо оригиналните

Вид проба	№	Дубликатна проба	Оригинална проба	Разлика оригинал/дубликат	MEAN <sup>2</sup>	STDV <sup>2</sup>	STDV <sup>2</sup> /MEAN <sup>2</sup>
		Cu %	Cu %				
Проби с опробван цял шлам	1	0.213	0.248	14%	0.053216	0.0006	0.011267
	2	0.508	0.539	6%	0.274181	0.000473	0.001725
	3	0.328	0.348	6%	0.114372	0.000193	0.001683
	4	0.352	0.376	6%	0.132662	0.000277	0.002089
	5	0.321	0.338	5%	0.108446	0.000151	0.001392
	6	0.257	0.338	24%	0.088485	0.003286	0.037138
	7	0.284	0.290	2%	0.082502	1.53E-05	0.000186
	8	0.276	0.268	-3%	0.074079	3.49E-05	0.000471
	9	0.477	0.503	5%	0.240132	0.000336	0.0014
	10	0.494	0.540	9%	0.26731	0.001056	0.003951
Проби с взети представителни проби от двата шлама	11	0.207	0.198	-5%	0.041047	4.23E-05	0.001031
	12	0.195	0.185	-6%	0.036138	5.2E-05	0.001439
	13	0.181	0.203	11%	0.036826	0.000246	0.006692
	14	0.263	0.259	-2%	0.068121	8E-06	0.000117
	15	0.176	0.192	8%	0.03393	0.000122	0.003586
	16	0.201	0.207	3%	0.041534	2.05E-05	0.000493
	17	0.219	0.234	6%	0.051257	0.000116	0.002254
	18	0.138	0.127	-9%	0.017583	6.27E-05	0.003567
	19	0.278	0.298	7%	0.083059	0.000192	0.002313
	20	0.294	0.249	-18%	0.073658	0.001004	0.013624
	21	0.382	0.409	7%	0.156499	0.000359	0.002295
	22	0.324	0.345	6%	0.111823	0.000225	0.00201
	23	0.176	0.183	4%	0.032184	2.59E-05	0.000805
	24	0.212	0.216	2%	0.04571	9.68E-06	0.000212
<b>Средно:</b>		<b>0.368</b>	<b>0.399</b>	<b>7%</b>	<b>1.640</b>	<b>0.00631</b>	<b>0.06339</b>

Статистическата обработка за измерване на относителната грешка е направена, като е изчислен коефициента на вариация (CV%). Използван е метода на Абзалов (*Sampling Errors and Control of Assay Data Quality in Exploration and Mining Geology, Marat Abzalov, 2008*) по следната формула:

$$CV\% = 100\% \times \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\sigma_i^2}{m_i^2}}$$

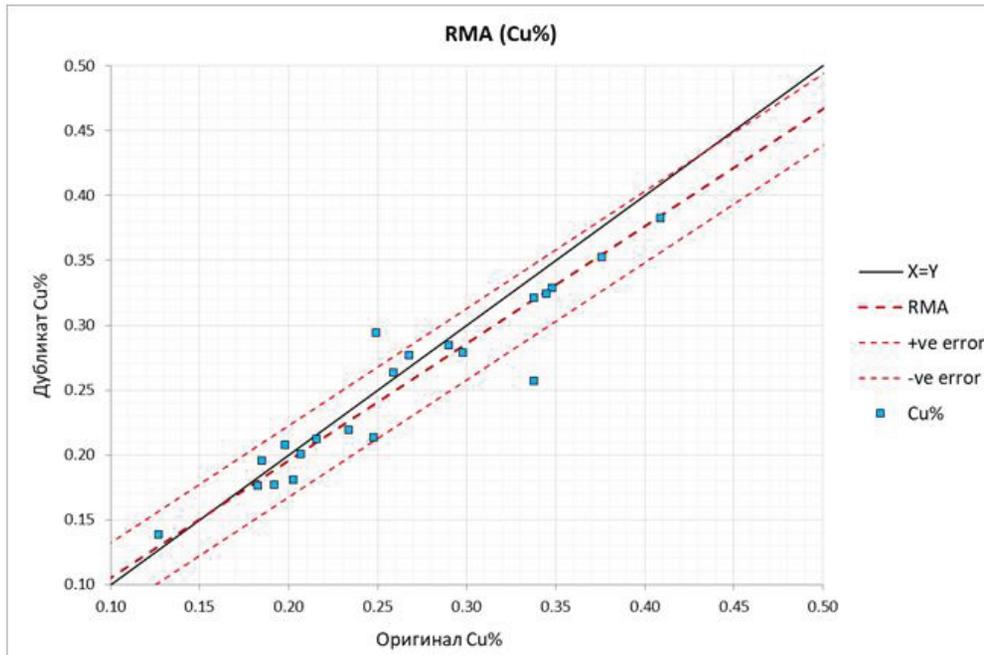
където:  $\sigma_i^2$  (MEAN<sup>2</sup>) е стандартното отклонение на всяка двойка редовна и контролна проби, повдигнати на втора степен;  
 $m_i^2$  (STDV<sup>2</sup>) е средно аритметично на редовната и контролната проба, повдигнати на степен втора.

Най-добри и приемливи нива на грешките в прецизността на измерването за медно-порфирни находища, при полеви дубликати (Абзалов, 2008) е: най-добри практики до 5% и приемливи практики до 10%. Коефициентът на вариация за изследваните проби е 5,1%, което е в допустимото отклонение и много близко до най-добрите практики.

Направен е RMA анализ, който представлява регресия на намалената основна ос (Reduced Major Axis Regression - RMA), *граф.3*. Долната и горната граница на отреза (+ve error и -ve error) определят неговия 95%-ен доверителен интервал, като се наблюдават две проби, които са извън него, по една от



различните опробвания. Наклонът дава информация за изместването на линията от идеалния случай ( $X=Y$ ). Стандартното отклонение на RMA-линията показва средното отстояние на резултатите в %.



Граф. 3. RMA графика за сравнение на двойките анализи

Изчислен е коефициентът на корелация между двата типа опробване, който е много висок - 0,981.

Таблица 4. Коефициент на корелация

	Дубликатна проба	Оригинална проба
Дубликатна проба	1	
Оригинална проба	0.980639203	1

#### Разработване на методика за опробване

След извършените анализи бяха разработени два потенциални метода за опробване на сондите, генериращи два шлама. Поради факта, че концентрацията на полезните компоненти е неравномерно разпределена между двата шлама, основното изискване към метода е вземането на точните пропорции от ситния и едрия шлам. За да се постигне това, беше изработен специален инструмент за загребване на шлам. Обема на уреда беше точно проектиран, така че да може при загребване на 1 част ситен и 4 части едър шлам общото тегло на получената проба да е около 10 кг. Друг подходящ метод е вземането на отделни проби от двата шлама, след което по време на процеса на пробоподготовка двете проби да се смесят в правилните пропорции с помощта на електронна везна.

Получените разлики между изчислената проба и двете фракции шлам дават възможност за прилагане на корекционен коефициент при липсата на един от двата шлама, поради независещата от нас ситуация (най-често метеорологични условия).

#### Заклучения и бъдещи дейности

В заключение, след направените анализи, беше установено, че съотношението между едрия и ситния шлам е приблизително 4 към 1, което не зависи от количеството на просондирания материал. Съдържанието на ситния шлам е средно с 47% по-високо от това на едрия. При сравнение на двата шлама с теоретично изчислената проба се наблюдава разлика от 20% спрямо ситния шлам и 39%



спрямо едрия. При браздово опробване на проби от двата шлама в съотношение 4 към 1 няма голямо отклонение от изчислените проби.

След извършените анализи бяха предложени два потенциални метода на опробване на съответните сондажи. Първият използва специално изработен инструмент за загребване на правилното съотношение от двата шлама. Вторият изисква опробване на едрия и ситния шлам поотделно на терен и смесването им пропорционално при процеса на пробоподготовка.

За потвърждаване и тестване на двата метода е необходимо взимане на още проби и допълнителни статистически анализи.

