



ВАЖНОСТТА НА СТЕРИЛНАТА СКАЛА МАСА В УСЛОВИЯТА НА НАХОДИЩЕ ХАН КРУМ, УЧАСТЪК АДА ТЕПЕ

инж. Тунджай Мустафа – Tundzhay.Mustafa@dundeeprecious.com
инж. Аница Николова - Anitsa.Nikolova@Dundeeprecious.com

РЕЗЮМЕ

В доклада са представени последователностите при планирането на добива на полезния компонент и стерилна скална маса (откривка) в условията на Рудник „Ада Тепе“. По-специално внимание е обърнато на стерилната скална маса и важноста ѝ в технологичния процес. Превърщането на един не толкова полезен компонент, в много важен за условията за изграждане на съоръжението за съхранение на минни отпадъци е незаменима част от производствения процес. Представени са внедрените софтуери, системи и практики, които се следват при извършваните дейности, включващи експлоатационно проучване, моделиране на рудните тела и изграждане на блоков модел, добив на стерилна скална маса и влагането му в Интегрирано съоръжение за съхранение на минни отпадъци.

THE IMPORTANCE OF WASTE ROCK AT THE ADA TEPE, KHAN KRUM DEPOSIT

eng. Tundzhay Mustafa – Tundzhay.Mustafa@Dundeeprecious.com
eng. Anitsa Nikolova - Anitsa.Nikolova@Dundeeprecious.com

ABSTRACT

This Report discusses the sequence planning of the mining process in the Ada Tepe environment, including targeted mining of payable components and waste rock (overburden). The Reports pays a special attention to the waste rock mining, and the importance of waste rock for the operation of the Ada Tepe Mine, where a typically useless component is crucial for the construction of a mine waste management facility, which is an integral and indispensable part of the mining operation. The Report discusses systems, applications, and practices in place at Ada Tepe, which support the resource development operations, ore body modeling and block model development, the waste rock mining process and the phased-out construction of a Mine Waste Management Facility using waste rock.



Фиг. 1 Изглед от югозапад на Рудник „Ада Тепе“

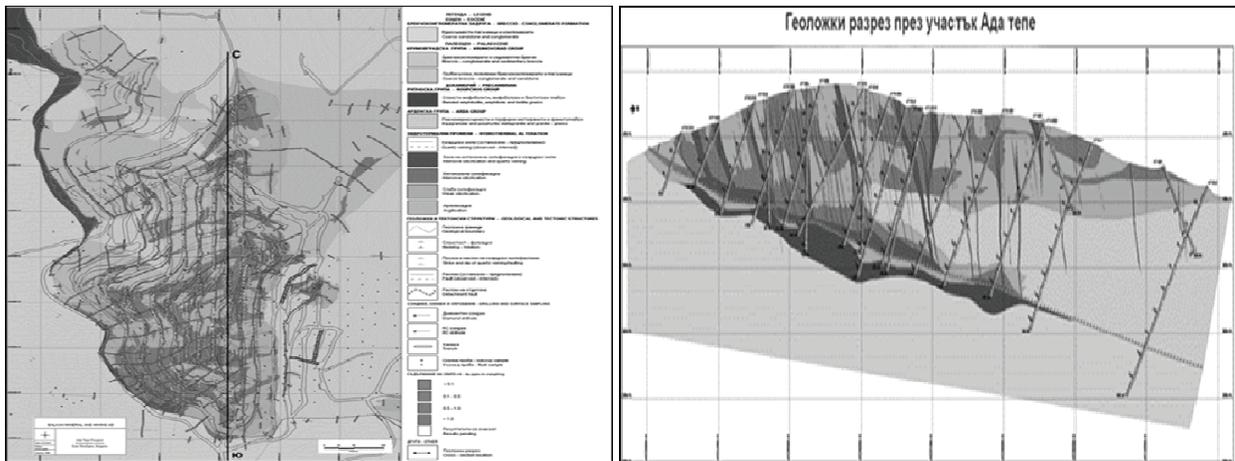


Въведение

Находище „Хан Крум“ попада в административните граници на община Крумовград, област Кърджали. Участък „Ада Тепе“ от находището се намира на около 3 км. югозападно от град Крумовград. Разполага се в района на връх Ада тепе и заема площ около 0.7 км². В находището се включват и разположените в близост около Ада тепе участъци: Сърнак, Скалак, зона Синап, Къклица и Къпел. През 2016 г. започна строителството на съоръженията за добив и преработка на злато-сребро съдържащи руди. Инфраструктурата на проекта включва следните основни съоръжения: открит рудник, складове за руда и стерилна скална маса, обогатителна фабрика, интегрирано съоръжения за съхранение на минни отпадъци, депо за почвени материали и помощни съоръжения. През 2019 г. беше дадено началото на производствения процес на рудник Ада Тепе.

Геология на Участък „Ада Тепе“

Епитермалното, нискосулфидно златно-сребърно находище „Хан Крум“ включва и участък „Ада тепе“. Минерализацията е вместена основно в скалите от Шаварската свита, близо до разлома на отделяне със скалите на Кесебир - Кардамския метаморфен комплекс. Наклонът на разлома е приблизително 10-15° на север - североизток и е основната рудоконтролираща минерализацията структура. Рудовместваща среда са седиментите на крумовградската група, като минерализацията се разполага непосредствено над контактната зона или в близост до нея. В геоложкия строеж на района участват магмени, метаморфни, вулканогенно - седиментни и седиментни скали във възрастовия диапазон: докамбрий – кватернер. Контактът между слабо консолидираните седиментни скали и отдолу лежащите метаморфити е регионално развит полегат разлом на отделяне (detachment fault).



Фиг.2 Геология на участък Ада тепе и разрез Юг-Север

Експлоатационно сондиране

С цел детайлно оконтуряване на рудните тела и участъци на стерилна скална маса, преди започване на добивните работи, и по време на добивните работи се извърши експлоатационно проучване. Проучването се осъществи, посредством диамантени сондажи и сондажи с обратна циркулация (RC).

От началото на откриването на находището е извършен огромен обем от геологопроучвателни работи, включващи теренни изследвания, геоложка картировка и опробване, прокарване на канали и сондажи.

В периода 2000 г. - 2004 г., бяха изпълнени 228 броя диамантени сондажа и 423 броя сондажи с обратна циркулация, започвайки от сондажна мрежа на проучване 100 м. x 100 м., достигайки до 25 м. x 25 м. и погъстяване в два участъка до 12.5 м. x 12.5 м. Обемът на извършените канали в този период е 425 броя, с обща дължина 18 299 м.



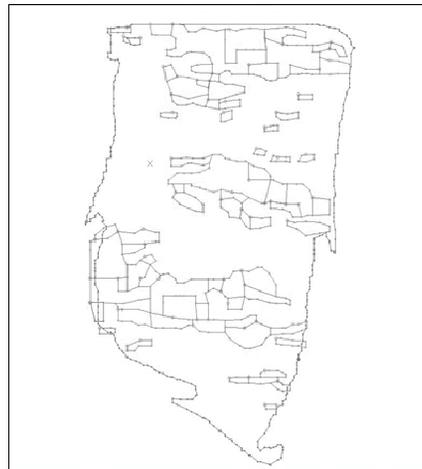
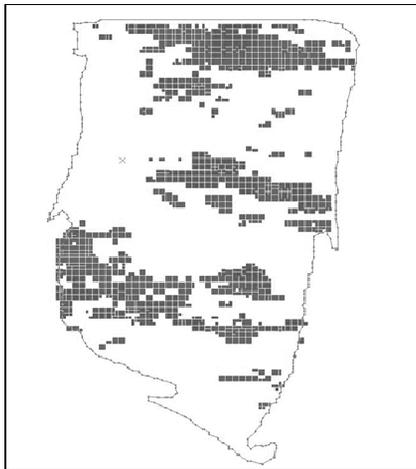
В периода 2017 г. -2022 г. бяха просондирани 383 116 л.м. (6 365 броя) сондажи с обратна циркулация в мрежа 5 м. x 5 м., с цел обезпечаване добивните работи през целия експлоатационен период.

Моделирание на рудните тела и изграждане на блоков модел

В участък Ада Тепе, моделирането е базирано на сондажна мрежа 5 м. x 5 м. за цялата ѝ площ.

В резултат на проведените геостатистически изследвания бяха определени оптимални методи за оценка на минералните ресурси и запаси. Контурите на рудните тела са моделирани на базата на геоложката картировка, описание и химически анализи на сондажна ядка и извлечения при сондирането с обратна циркулация материал. Интерпретацията на данните доведе до отделянето на два типа минерализация (домейни) в участък Ада Тепе:

- Минерализацията в зона „Стената“ - проявена като полегато затъваща на север тяло, изградено от брекчиран жилин материал и седиментна брекча, окварцена в различна степен и залягаща непосредствено върху метаморфния фундамент. Използваният метод за оценка на този домейн е Ordinary Kriging.
- Минерализацията в „Горна зона“ – проявява се предимно чрез стръмно затъващи жили с разпространение изток - запад, които продължават в дълбочина, пресичайки Стената. Използваният метод за оценка на този домейн е Categorical Indicator Kriging.

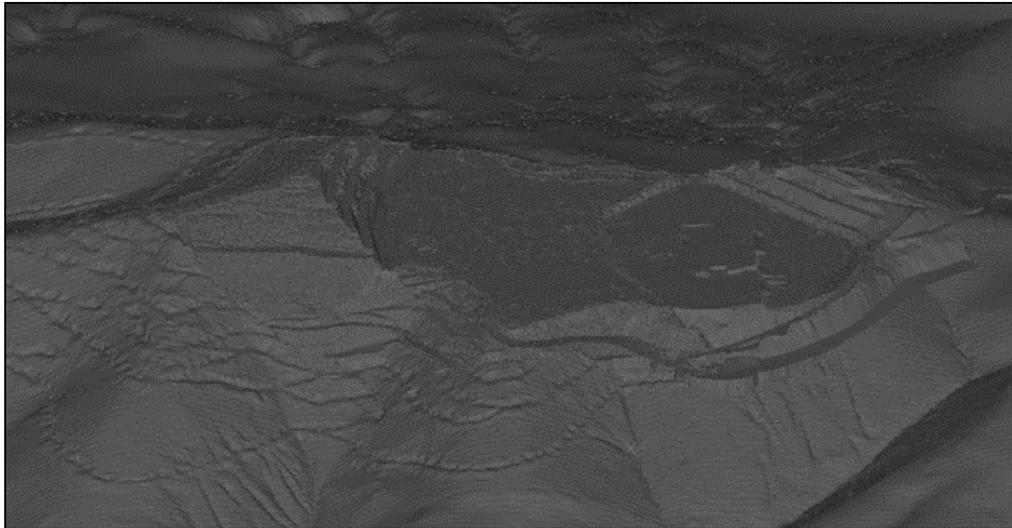


Фиг. 3 Визуализация на блоков модел, рудните зони и стерилните включения на хор.470

Проектиране, планиране и дизайн на рудника

Рудник „Ада Тепе“ е проектиран на четири етапа на разработване, като за цел има балансирането на рудата (полезния компонент) и стерилната скална маса и управлението на коефициента на откривка. Разработването в различните добивни хоризонти на рудника позволява по - добра възможност и гъвкавост при изготвянето на Производствения бюджет за добив и преработка.

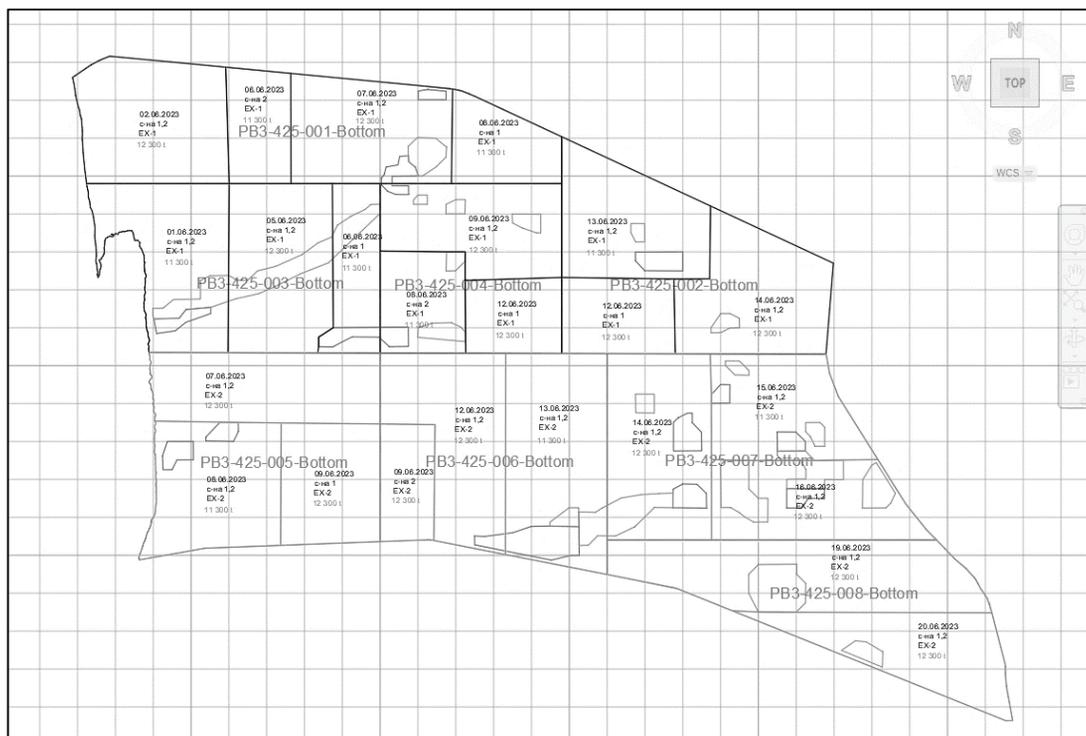
Складовете за руда не са с голям капацитет, за което е необходимо количеството руда, което се добива да бъде съобразено с изготвения план на обогатителната фабрика. Също от изключително важно значение е стерилната скална маса за процеса по изграждането на клетки в Интегрираното съоръжение за съхранение на минен отпадък (ИССМО). При изготвянето на годишния план за добив, планираното количество стерилна скална маса се съобразява спрямо графика за надграждане на клетки осигуряващи свободен обем за депониране на флотационен отпадък. При изготвянето на месечните планове за добив на стерилната скална маса, обемът се разпределя по дни в зависимост от необходимостта да се осигури непрекъснат процес по надграждане на съоръжението.



Фиг. 4 Проект на различните етапи на добив на рудник Ада Тепе

Метод на добив и въведени технологии за добив в рудника

Системата на разработване е обвързана с начина на разкриване, минно - геоложките и минно-техническите условия на разработване на златосъдържащи руди и стерилна скална маса. Изземването на златосъдържащите руди и стерилната скална маса се извършват по циклична технология, с използването на пробивно – взривни работи (ПВР). Взривената минна маса от добивните блокове (взривни полета) с работни стъпала 5 м., се изгребват на две подстъпала с височина 2.5 м., с цел селективно отделяне на полезния компонент и стерилната скална маса. Товарните и разтоварни дейности се извършва под непрекъснат геоложки контрол, целящ отделянето на рудата от стерилните включения и обратното. Натоварената стерилна скална маса се транспортира с автосамосвали до съоръжението за съхранение на минен отпадък.



Фиг. 5 Добив на руда и стерилна скална маса по добивни полигони



На дневна база освен рудните контури се маркира и полигон за добив, където багерът работи в зададения полигон за деня. Системата Trimble на багера позволява да се вмъкне полигона за добив, като операторът на багера вижда освен маркирания полигон на добиваното поле, така и на таблета инсталиран в кабината на багера. При така зададения дневен план операторът знае необходимата площ и съответните тонажи руда и стерилна скална маса, които трябва да се добият.

С цел по-добър контрол на добивните дейности и намаляване на загубите и обедняването в рудник „Ада Тепе“ се използват следните системи:

- Система за контрол на качеството при ПВР дейности Trimble DPS900, системата позволява максимална точност чрез 3D позициониране;
- Система за наблюдение отместването на масива по време на взривяване (Blast Movement Monitoring System). Същността на технологията се състои в пробиването на контролни сондажи, в които се поставят сензори. Местоположението и броя сондажи се определя от контура на рудните тела във взривявания блок;
- За повишаване контрола на качеството, намаляване на загубите в рудник „Ада Тепе“ се използва системата Trimble Earthworks Grade Control System. Системата е инсталирана на хидравличните багери и булдозери, които се използват за изкопно-товарачни работи и изграждане на минни пътища.

Дизайн на интегрирано съоръжение за съхранение на минни отпадъци

Концепцията за Интегрирано съоръжение за съхранение на минни отпадъци (ИССМО) се състои в намяване на състен флотационен отпадък в клетки, изградени от стерилна скална маса, добита от рудника. Стерилният скален материал осигурява необходимата здравина и цялостния стабилитет, а също така и вътрешно дрениране за отвеждане на водите, инфилтриращи се в съоръжението, както и водите, дрениращи от флотационния отпадък, по време на консолидацията му, към основната дренажна система. Резултатът е обезводнен отложен материал с висока плътност в по-малка площ, отколкото би било възможно при отделни конвенционални депа от отпадна скала и хвостохранилища.

Основните критерии следвани при създаването на Интегрираното съоръжение са следните:

- Да притежава цялостен стабилитет по отношение на хлъзгане на откосите;
- Позволява гъвкаво депониране на флотационен отпадък и минния скален материал, в съответствие с материалите произведени от рудника и фабриката;
- Позволява контрол на повърхностни и дренажни води, повторна употреба в процеса с цел защита на околната среда;
- Позволява извършване на прогресивна рекултивация в хода на надграждане.

За гарантиране работата на съоръжението и оперативната дейност като цяло, се взимат под внимание характеристиките и геотехническият стабилитет на стерилния скален материал и флотационния отпадък, и утвърденият производствен план за рудника.

Техника и технология за депониране на стерилна скална маса в съоръжение за съхранение на минен отпадък

Основните дейности по надграждане на всяко ниво на ИССМО, за да бъде готово за депониране на флотационен отпадък, се състоят в: подготовка на терена, покриване на предхождащата клетка със стерилна скална маса, изграждане на челна, странични и разделителни берми, осъществяване на връзка с основната дренажна система, полагане на скални и геосинтетични дренажни материали.

Механизация обслужващо интегрирано съоръжение за съхранение на минни отпадъци

За нуждите на обслужващия персонал, постоянното надграждане на ИССМО и аварийното планиране на обекта, Дружеството осигурява строителна механизация, както следва: Самосвал САТ



745-04A – 3 броя, Булдозер CAT D8T – 1 брой, Булдозер CAT D6N – 1 брой, Верижен багер CAT 336 F – 1 брой, Верижен багер CAT 336 GC - 1 брой, Верижен багер CAT 352 F ME VG – 1 брой, Валяк 12 тона - AMMANN ASC T4F 110D – 2 броя и Колесен товарач CAT 988K – 1 брой.

Качествен контрол на насипните дейности (стерилна скална маса)

Преди започване на работите по изграждане на първите клетки на ИССМО са извършени тестове на пробни участъци с цел определяне на методологията на полагане.

Изграждането на бермите започва с преградната берма след като е осигурен достатъчен насип в клетката за преминаване на машините. Преди уплътняване на насипа се отстраняват всички чужди тела, които биха могли да нарушат степента на постигнатото уплътняване. Насипите се полагат точно до контура, размерите и котите, представени на проектните чертежи и по метода одобрен според тестовите. Извършва се визуален и геодезичен контрол на дебелината на пластове.

Акредитирана лаборатория извършва полеви тестове за определяне степента на уплътнение и якостни показатели на изпълнените пластове. Извършват се тестове с пясъчно заместване и натискова плоча на всеки изпълнен пласт. В случай, че не е постигнат търсеният резултат, пластът се разбутва и валира или изцяло се изгребва за повторно изпълняване.

Основни дейности по изграждане на клетки на ИССМО:

- Връзка с основния дренаж;
- Изграждане на вътрешна отводнителна система за всяка клетка, вкл. скален дренаж по дъното и откосите на клетките, заключен между филтриращ и сепариращ геотекстил;
- Пренасочване на водите от предната част на клетките към основен и скален дренаж посредством облицовка от дренажен геокмпозит;
- Полагане на дренажни фитили във височина в депонираният флотационен отпадък с цел по-бързо дрениране на водите във вътрешността на клетките.

Технология за депониране на флотационен отпадък

Система за транспортиране на флотационния отпадък:

Минният отпадък от флотацията допълнително е сгъстен в конусовиден сгъстител, откъдето посредством два броя центробежни помпи се изпомпва по тръбопроводи ПЕВП Ø180 към клетките на ИССМО. Възможностите на системата сгъстител – помпи е работа в два режима на експлоатация. Дебит 89 м³/час (при 62% съдържание на твърди частици) и 122 м³/час (при 58% съдържание на твърди частици) при производителност на мелницата 90-95 т/ч. Независимо от режима на работа, помпите са работна и резервна.

Стратегия за депониране:

Депонирането на флотационен отпадък в клетките на ИССМО се осъществява чрез тръбни отклонения от магистралния хвостопровод, разположени върху оградните (челни) берми на клетките. Извършва се постепенно, във всяка клетка, която се използва, докато нивото (при заустващата тръба) достигне максимално допустимото (до 50см под кота корона).

Депонирането трябва да продължи до достигне максимално допустимата кота. По този начин депонирането се извършва само от преградната дига на ИССМО, като флотационния отпадък тече към дренажа в задната част на съоръжението, където водата се отделя и постъпва в дренажната система.

Точките за наливане се определят още при самото изграждане на клетките и са в непрекъснат работен режим в активната към момента клетка. Намивните отклонения са позиционирани през сравнително малко разстояние едно от друго, като последното зависи от размера на самата клетка. За депониране на сгъстения флотационен отпадък се използват перфорирани гофрирани тръби с диаметър 225 мм, разположени по откоса, от дъното към върха на клетката. Флотационният отпадък се депонира през отворите по дължината на тръбите. Всяко изпускателно разклонение има клапан и може да се управлява индивидуално.



Отпадъкът се депонира в активната клетка по периметъра на насипните берми така, че да се оформят наклони (плаж), по които да може да се стича като ламинарен бавен поток. Твърдата фаза се утаява, като по повърхността на отпадъка се формира тънък воден слой, който се отвежда в дренажната система.

Депонирането на стерилна скална маса започва след консолидиране на всяка запълнена клетка. Клетката се запечатва (насипва) постъпателно от челната берма посока навътре с бавни темпове определени от показателите на мониторинговите инструменти разположени във всяка клетка. Първите пластове с директен контакт с консолидиран флотационен отпадък не се валират, разчита се на естествено слягане и уплътняване от преминаващите машини.

Основните цели на депониране са следните:

- Максимално дрениране и отвеждане на водата от пулпа към дренажите;
- Максимално уплътнение и консолидиране на материала;
- Равномерно запълване;
- Контрол върху вторичните прахови емисии.

Важно е да се отбележи, че конструкцията на съоръжението не допуска образуване на езеро или задържане на води, което го отличава от общоприетите съоръжения от долинен тип изградени по метода „постъпателно нагоре“.

Параметри на флотационния отпадък

Съгласно схемата на депониране, последващо дрениране и консолидиране, зърнометрията на пулпа и процента сгъстеност са от съществено значение. Системата разполага със сгъстител, а зърнометрията е стриктно координирана при процеса на производство. Установено е, че ИССМО работи най-добре при преобладаваща зърнометрия на пулпа P80 над 30µm и твърда фаза от 58-62%. Тези параметри осигуряват стабилен поток от бистра дренажна вода към зумпфовете.

Зърнометричният състав на отпадъка се следи периодично, като анализи се извършват от Акредитирана външна лаборатория и Лабораторията на Дружеството.



Фиг. 6 Зърнометрия на флотационния отпадък

Процентното състояние на твърдата фаза се измерва автоматично и е възможно да бъде контролирана, дистанционно по всяко време.



Фиг. 7 Процент твърди частици във флотационния отпадък

Заклучение

При избора на системите за контрол на качеството на добиваната руда е избран селективен подход с цел прецизното разделяне на рудния материал и стерилната скална маса. Селективния добив се прилага с цел максимално извличане на запасите, оптимално захранване на обогатителната фабрика в рудник „Ада Тепе“ и осигуряване на нужните обеми за изграждане на Интегрирано съоръжение за съхранение на минни отпадъци (ИССМО). Тази технология ни дава възможност да превърнем стерилната скална маса (откривка) във важен компонент за изграждането на клетки за депониране на флотационен отпадък, което позволява в съоръжение със сравнително малка площ да бъдат съхранени двата вида отпадък генерирани от добива в рудника и производството във фабриката. За целия етап на производството е предвиден периодичен преглед и оценка на прилаганите практики, надграждане и подобряване при необходимост.

