

АНАЛИЗ НА НАДЕЖДНОСТТА НА МЕТОДИКА ЗА ИЗБОР И ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА ЗА ОТВОДНЯВАНЕ И ОСУШАВАНЕ НА ДЪЛБОКИ ОТКРИТИ РУДНИЦИ (НА ПРИМЕРА НА РУДНИК „АСАРЕЛ“)

Стойо Боснев

„БТ-ИНЖЕНЕРИНГ“ ЕООД, София, 1700, ул. „Леа Иванова“ №2; stoyo_b@mail.bg

РЕЗЮМЕ. В разработен от „БТ-Инженеринг“ проект, на база на моделиране на хидрогеоложките и инженерногеоложките условия и с отчитане на технологията на разработване е дадено решение за изграждане на повърхностна отводнителна и подземна дренажна системи, реализацията на които ще осигурява нормална работа на технологичното оборудване, ще преустановява локалните водопроявления и ще осушава рудничния масив до степен повишаване коефициента на устойчивост с 10-15%. Проектът се реализира поетапно, съобразно развитието на минните работи в дълбочина. Две години след изготвяне на проекта и една година след началото на неговата реализация са извършени наблюдения и са събрани данни, които могат да послужат за анализ на надеждността на прилаганите методики, адекватността на проектните решения и определяне насоките за своевременно подобряване на проекта.

ANALYSIS OF THE RELIABILITY OF METHODOLOGY FOR SELECTION AND DESIGN OF COMPLEX DRAINAGE SYSTEM AND DRAINAGE OF DEEP OPEN PITS (EXAMPLES OF MINE "ASAREL")

Stojo Bosnev

"BT-ENGINEERING" LTD, Sofia, 1700, "Lea Ivanova" №2 street; stoyo_b@mail.bg

ABSTRACT. In developed by "BT-Engineering" project, based on the modeling of hydrogeological and geological conditions and reporting technology development is a decision for the construction of surface drainage and underground drainage systems, the implementation of which will ensure normal operation of technological equipment will cease and local mine array to a degree increasing rate of resistance of 10-15%. The project is implemented according to the development of mining at depth. Two years after the completion of the project and one year after the beginning of its implementation were made observations and collected data can be used to analyze the reliability of the applied methods, the adequacy of the design decisions and determining guidelines for timely improvement project.

1. Увод

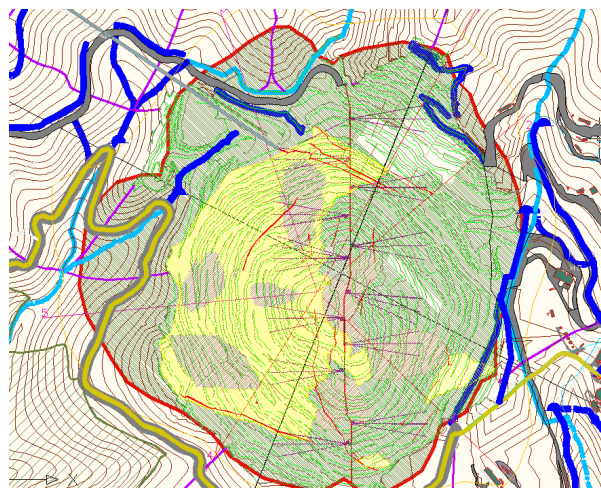
Рудник „Асарел“ експлоатира най-голямото находище на мед в Р. България. Добиват се около 13-15 млн. т. руда годишно. Към 2010 г. площта на рудника по повърхността е около 1800 дка, а минните работи са достигнали кота 720 (при начална около 1140). За осушаване на масива до 2010 г. е прилаган метод с използване на подземна дренажна изработка с дължина 3150 м, с 12 дренажни камери и 36 хоризонтални дренажни сондажа с обща дължина около 10800 м, преминаващи под рудничното поле на к. 720 (фигура 1). В края на 2010 година минните работи достигнаха и пресякоха дренажната галерия.

Утвърдените проекти предвиждат дъното на рудника да достигне кота 555, т.е. удълбаване с 165 м спрямо текущото положение. В перспектива се разглеждат варианти за развитие на рудника до к. 450, с 270 м под сегашното ниво на разработване. Тогава, максималната височина на бордовете на рудника ще достигне 690 м.

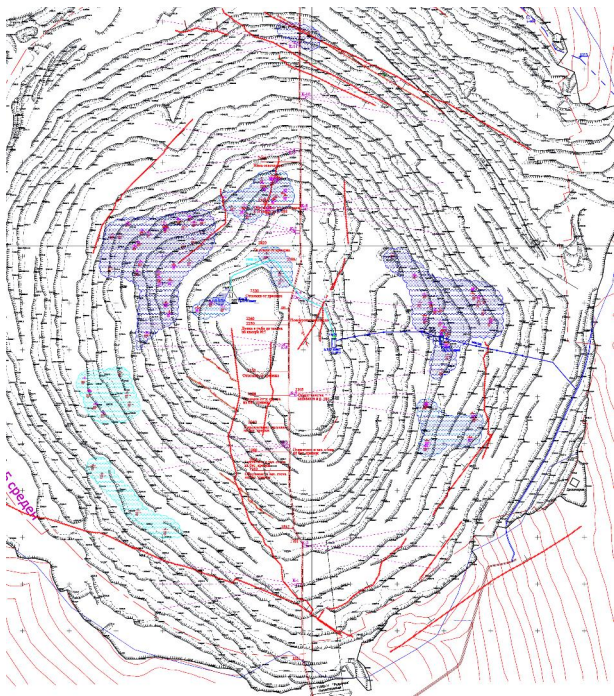
По време на експлоатация на рудника, въпреки дренажната изработка се формират водопроявления в откосите (фигура 2), които влошават технологията на

добива и създават риск от намаляване стабилитета на бордовете.

Рудничното поле се пресича от система от разломи, някои от които са водопроводящи, а други са запълнени с непроницаем глинест материал.



Фиг. 1. Състояние на минните работи преди пресичане на дренажната галерия



Фиг. 2. Водопроявления и разкрити разломни зони в рудника

За бъдещата устойчива работа на рудника е проектирана нова система за водоотлив и осушаване, която да гарантира ефективно отводняване на котлована и осушаване на околорудничния масив. Тази задача беше осъществена чрез комплекс от аналитични, изследователски и проектни дейности, структурирани в следната последователност и подробно разгледани в (Bosnev, Hristov, Kolev, Michaylov, WMC, Istanbul, 09.2011):

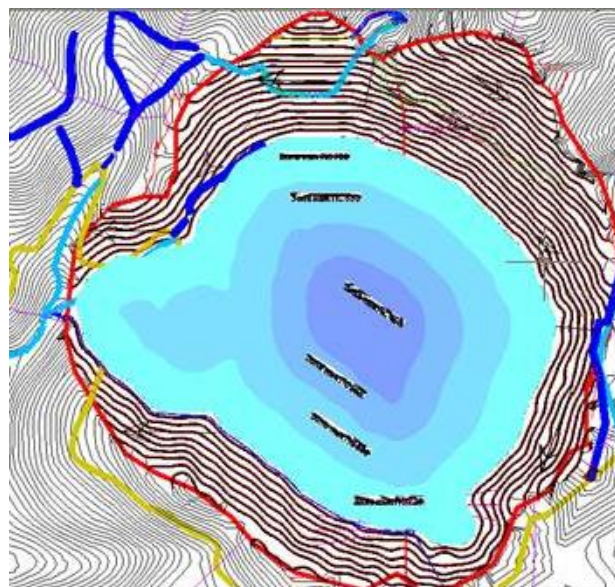
1. Анализ на инженерно-геоложките и хидрогеоложките условия в района на рудника.
2. Анализ на климатичните особености на района и изготвяне на воден баланс.
3. Анализ на ефективността на съществуващата система за водоотлив и осушаване.
4. Анализ на плановете и проектите за развитие на рудника.
5. Изготвяне на хидрогеоложки модел на находището.
6. Анализ на възможните варианти за отводняване и осушаване на рудника при неговото удължаване
7. Избор на критерии за оценка на вариантите и определяне на приложими варианти по степен на технологичност.
8. Анализ на ефективността на вариантите по отношение осушаване на масива
9. Анализ на ефективността на вариантите по отношение подобряване стабилитета на откосите на рудника.
10. Препоръки за избор на вариант за разположение на помпените станции от повърхностната водоотливна система. Оразмеряване на помпените станции. Изготвяне на работен проект за повърхностен водоотлив.
11. Препоръка за избор на вариант за подземна дренажна система. Оразмеряване на помпените станции. Работно проектиране на подземна дренажна система.

2. Описание на основните компоненти и параметри на проектираната отводнителна и осушителна система.

2.1. Повърхностен водоотлив. Разположение и производителност на помпените станции

Отводнителните площи са определени по схемата на контур за етап 1 при крайно положение до хоризонти 720, 630, 555, 450.

- Повърхностните валежни води под кота 910 се събират гравитачно във водосборник на кота 720.
- Повърхностните валежни води под кота 720 се събират гравитачно във водосборник на кота 630.
- Повърхностните валежни води под кота 630 се събират гравитачно във водосборник на кота 555.
- Повърхностните валежни води под кота 555 се събират гравитачно във водосборник на кота 450.



Фиг. 3. Водосборни области в рудника

При така предлаганата схема за отводняване на тези води, се устройват самостоятелни водоотливни уредби. На х.720 се изгражда главна водоотливна уредба I стъпало, изпомпваща водите на х.810 където се изгражда главна водоотливна уредба II стъпало, изпомпваща водите в съществуващ хвостопровод на кота х. 910. С удължаване на рудника постепенно се въвеждат в експлоатация участъкови водоотливни уредби на хоризонти 630, 555 и 450.

Изчислените водни количества и параметрите на проектираните помпени станции са дадени в таблица 1. Тръбопроводите са двойни - един в работа и един резервен.

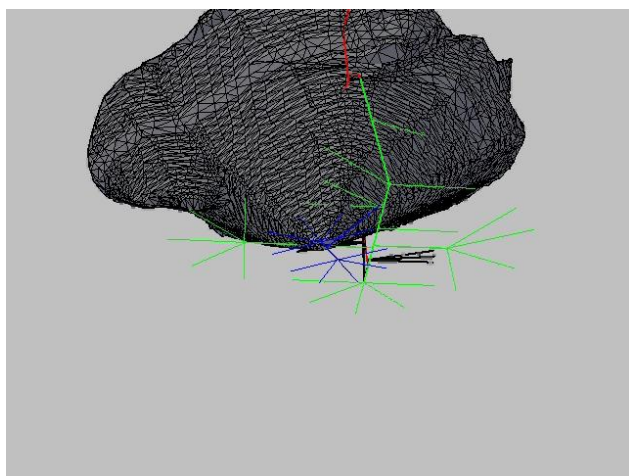
Таблица 1.

Хори-зонт	Qнеобх.	Н необх	Q помпа	Н помпа
	l/s	m	l/s	m
810	83.53	126.78	85	132
720	83.53	106.87	85	132
630	42.47	116.31	30	140
555	16.06	98.16	30	140
450	4.9	119.5	30	140

2.2. Подземна дренажна система. Оразмеряване. Избор на оптимален вариант. Разположение и производителност на помпените станции.

Оптималният вариант на разположение и вид на подземната дренажна система е избран след многокритерийна оценка, като е оценен и "нулевият вариант", т.е. без изграждане на нова дренажна система.

Критерий 1 - технологичност – работите по изграждане и поддържане на дренажната система да не пречат на основните технологични процеси в рудника. С помощта на инженерен софтуер са създадени триизмерни цифрови модели на открития рудник в различни етапи на развитие на минните работи. Оценени са необходимите дейности по изграждане и поддържане на нови изработки в зависимост от развитието на минните работи.



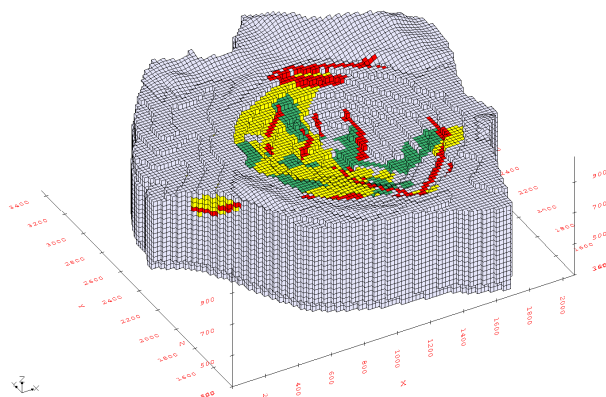
Фиг. 4. Разположение на подземните дренажни изработки извън контура на рудника

Критерий 2 – Ефективност – максимален размер на осушената зона и подобряване на коефициента на устойчивост.

Изготвен е дигитален хидрогеоложки модел (фигура 5), в който са включени скалните разновидности, изграждащи находището, с техните коефициенти на филтрация. Моделът е калибриран с използване на данните от многогодишни наблюдения и измервания за дебитите на съществуващите дренажни сондажи, общия дебит на изхода на дренажната галерия, и дебитите от локалните водопроявления, като е проследена корелацията между

месечните суми на валежите в района и промяната на водообилността на дренажните съоръжения.

Всеки от разработените варианти е симулиран в хидрогеоложкия модел. Като най-ефективен е възприет този вариант, при който обемът на осушения околорудничен масив е най-голям и същевременно не се допуска дрениране през котлована.



Фиг. 5. Моделна среда – 3D изглед – съществуващо положение на рудника

Вторият аспект на критерият "Ефективност" е максимално подобряване коефициента на устойчивост по всички изследвани профили за всеки етап от развитието на рудника (Таблица 2).

Таблица 2. Коефициенти на устойчивост при отсъствие и наличие на подземна дренажна система

Вариант	Вариант 0	Вариант3
Контур на рудника	Етапен 1	Етапен 1
Кота дренажна изработка	720	405
Профил 1	0.765	0.863
Профил 2	0.922	0.996
Профил 3	0.971	1.199
Профил 4	0.928	1.119
Профил 5	1.275	1.629
Профил 6	0.945	0.979
Средно	0.97	1.13

Критерий 3 – Икономическа ефективност.

Определен е относителния дял на инвестиционните разходи към количеството на рудата в краен контур.

По трите критерия с най-добри показатели е вариант, състоящ се от наклонена шахта до кота 400, дренажни галерии на кота 525, и кота 400 и хоризонтални сондажи (Фигура 6).

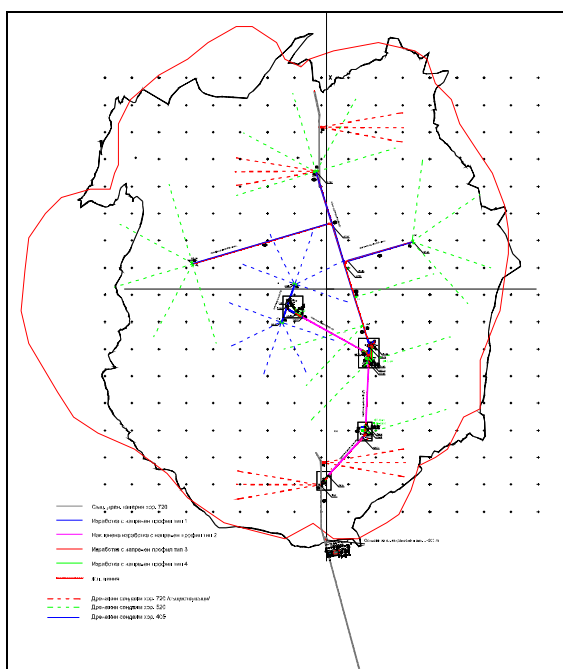
Предлага се шахтата да се строи поетапно, като при първия етап дъното на е на к. 520. На к. 525 в северна посока се прокарва хоризонтална дренажна галерия с

дренажни камери. Дренажната галерия е извън контура на рудника на хор. 525.

От дренажните камери се прокарват сондажи с възходящ наклон 10° и дължина до 400 m.

През втория етап на развитие на дренажната система по Вариант 3 се предлага удълбаване на НШ до коти 400 m, прокарване на галерии на к. 405 и прокарване на хоризонтални сондажи от к. 405.

Разработеното етапно развитие на дренажните системи създава условия за усъвършенстване на осушителната система в хода на нейното строителство. Прогнозното състояние на минните работи при въвеждане в експлоатация на подземна дренажна система е с дъно на котлована на к. 675, края на 2013 година.



Фиг. 6. Съвместен план на подземните дренажни изработки по най-подходящия вариант

Прогнозни водни количества. Оразмеряване на помпените станции.

Ще се изгради една наклонена изработка Юг, като за I етап до кота хор.525 ще има един брой помпена станция и II стъпало на кота хор.630, служеща за междинна, препомпваща водите от П.С. на хор.525. За втори етап до кота хор.405 се изгражда П.С. изпомпваща водите в П.С. на хор.525.

Съгласно хидрогеоложкия модел, във водосборниците на помпените станции от рудничните дворове, ще се съберат следните водни количества:

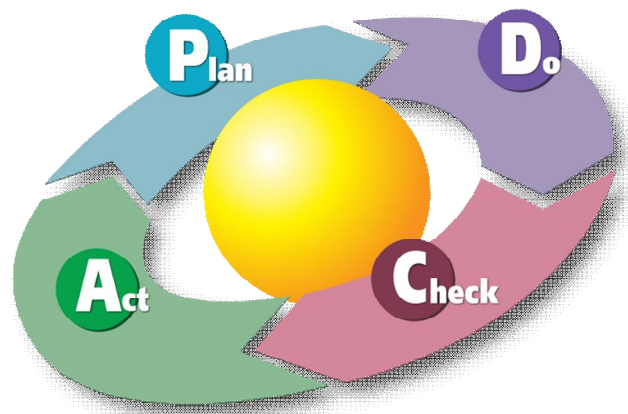
ВП1 „Юг“ – 63,03 л/сек на хор.525

ВП1 „Юг“ II стъпало – 63,03 л/сек на хор.630

ВП2 „Юг“ – 11,78 л/сек на хор.405

3. Анализ на надеждността на използваната методика. Сравнение на проектните и действителните показатели на системата за отводняване и осушаване

Цикълът на Деминг (Plan-Do-Check-Act) дефинира четирите стъпки в безкрайната спирала на усъвършенстването.



Участието в реализация на дългосрочен многоетапен проект е благодатна почва за прилагане на тази добра практика.

Как става това в действителност?

Стъпката "PLAN" (ПЛАНИРАЙ) в случая е проектиране на системата за водоотлив и осушаване, като краен резултат от дейностите по събиране, анализиране и обработка на информация за минали събития.

На етап "Do" (НАПРАВИ) се реализира проекта или части от него и се събира информация за ефективността на изградените съоръжения.

Като първи етап на реализация на проекта, към момента са построени помпените станции за повърхностен водоотлив на хоризонти 720 и 810. Помпите и тръбопроводите са тип и размер съгласно проекта.

Проведени са седемдесет и две часови проби и е измерена производителността на помпите.

Пресечена е съществуващата дренажна галерия.

Дъното на рудника е на кота 675.

Не е стартирало строителството на подземната дренажна система, която по проект трябва да започне да функционира към 2013 година.

Измерва се дебита на водите, постъпващи от дренажната галерия към пречиствателната станция. Следят се моточасовете на инсталираните помпи.

Стъпката "Check" (**ПРОВЕРИ**) ни задължава да сверим получените в действителност резултати с проектните такива.

В следващата таблица са посочени прогнозните и действителните водни количества при гореописаната обстановка (Таблица 3).

Таблица 3. Очаквани и действително измерени водни количества при достигане дъното на рудника до кота 675 и "нулев вариант" на подземна дренажна система

Очаквано /прогнозно/ количество на водите, l/s	Кота дъно котлован			
	720	675	555	450
Дренирани през котлована	4.72	11.01	19.61	31.08
Дренирани през дренажна галерия к. 720	24.28	18.5	12.96	10.37
Общо	29	29.51	32.57	41.45
Измерено водно количество, l/s				
Дренирани през котлована		12.14		
Дренирани през дренажна галерия к. 720, средно за месеците от март до септември		16.48		
Общо		28.62		

Накрая - "Акт" (**ДЕЙСТВАЙ**) може да бъде в две посоки:

При съответствие на действителните резултати с изчисленията в проекта - продължава неговата реализация без изменения.

Ако има съществени различия между планираното и постигнатото е необходимо проектът да бъде коригиран, допълнен или актуализиран.

Прогнозираните водни количества са много близки до действително измерените , съответно 29,51 l/s и 28,62 l/s. Това ни дава увереност, че изготвеният хидрогеоложки модел е достатъчно достоверен и цялостните проектни решения относно параметрите на отводнителната и осушителната система са адекватни.

На този етап от реализацията на проекта не се налага корекция на основните технологични показатели.

Заклучение

Провежданите измервания на действителните водни количества, преминали през дренажната галерия и изпомпани от отводнителните помпи в рудник "Асарел" показват, че изготвения работен проект за отводняване и осушаване на рудника е стъпил на надеждна методична основа.

Предстои изготвяне на нов проект за развитие на рудника, с нови граници както в план, така и в дълбочина. При новите условия, за ефективно изземване на запасите от медна руда съществен принос ще има една добре проектирана и построена дренажна система, базирана на досегашния опит и допълнена с нови данни от провежданите геоложки и хидрогеоложки проучвания.

Литература

- "БТ-Инженеринг" ЕООД. 2010. "Отводняване и осушаване на рудник „Асарел“, осигуряване надеждността на дренажната галерия след пресичането ѝ от рудничния котлован и контрол на постъпващите води на входа на пречиствателната станция. Работен проект. Архив "БТ-Инженеринг" ЕООД.
- Bosnev, Hristov, Kolev, Mihaylov. *Selection and dimensioning of the water drainage system for deep open pits*, Wmc, Istanbul, 09.2011)