



**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ - ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ**

**UNIVERSITY GOCE DELCEV - STIP
FACULTY OF NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES**

UDC: 622:55:574:658

ISSN: 1857-6966

Природни ресурси и технологии Natural resources and technology

**Број 2
No 2**

**Година 15
Volume XV**

**Декември 2021
December 2021**

**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ**



**Природни ресурси и технологии
Natural resources and technologies**

**декември 2021
December 2021**

**ГОДИНА 15
БРОЈ 2**

**VOLUME XV
NO 2**

**UNIVERSITY “GOCE DELCEV” – STIP
FACULTY OF NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES**

ПРИРОДНИ РЕСУРСИ И ТЕХНОЛОГИИ
NATURAL RESOURCES AND TECHNOLOGIES

За издавачот

Проф. д-р Зоран Десподов

Издавачки совет

Проф. д-р Блажо Боев
Проф. д-р Зоран Десподов
Проф. д-р Лилјана Колева - Гудева
Проф. д-р Зоран Панов
Проф. д-р Борис Крстев
Проф. д-р Мирјана Голомеова
Проф. д-р Благој Голомеов
Проф. д-р Дејан Мираковски
Проф. д-р Тодор Серафимовски
Проф. д-р Војо Мирчовски
Проф. д-р Тена Шијакова - Иванова
Проф. д-р Соња Лепиткова
Проф. д-р Гоше Петров
Проф. д-р Кимет Фетаху,
(Политехнички универзитет во Тирана, Р.Албанија)
Проф. д-р Ивајло Копрев,
(МГУ Софија, Р. Бугарија)
Проф. д-р Никола Лилиќ,
(Универзитет во Белград, Р. Србија)
Проф. д-р Јоже Кортник
Универзитет во Љубљана, Р. Словенија
Проф. д-р Даниела Марасова,
(Технички универзитет во Кошице, Р. Словачка)

Editorial board

Prof. Blazo Boev, Ph.D
Prof. Zoran Despodov, Ph.D
Prof. Liljana Koleva - Gudeva, Ph.D
Prof. Zoran Panov, Ph.D
Prof. Boris Krstev, Ph.D
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D
Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D
Prof. Todor Serafimovski, Ph.D
Prof. Vojo Mircovski, Ph.D
Prof. Tena Sijakova - Ivanova, Ph.D
Prof. Sonja Lepitkova, Ph.D
Prof. Gose Petrov, Ph.D
Prof. Kimet Fetahu, Ph.D
R. Albania
Prof. Ivajlo Koprev, Ph.D
R. Bulgaria
Prof. Nikola Lilik, Ph.D
R. Srbija
Prof. Joze Kortnik, Ph.D
R. Slovenia
Prof. Daniela Marasova, Ph.D
R. Slovacka

Редакциски одбор

Проф. д-р Зоран Десподов
Проф. д-р Зоран Панов
Проф. д-р Борис Крстев
Проф. д-р Мирјана Голомеова
Проф. д-р Благој Голомеов
Проф. д-р Дејан Мираковски
Проф. д-р Николинка Донева
Проф. д-р Марија Хаци - Николова

Editorial staff

Prof. Zoran Despodov, Ph.D
Prof. Zoran Panov, Ph.D
Prof. Boris Krstev, Ph.D
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D
Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D
Prof. Nikolinka Doneva, Ph.D
Prof. Marija Hadzi - Nikolova, Ph.D

Главен и одговорен уредник
Проф. д-р Афродита Зенделска

Managing & Editor in chief
Prof. Afrodita Zendelska, Ph.D

Јазично уредување
Весна Ристова
(македонски јазик)

Language editor
Vesna Ristova
(macedonian language)

Техничко уредување
Славе Димитров

Technical editor
Slave Dimitrov

Редакција и администрација
Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип
Факултет за природни и технички науки
ул. „Гоце Делчев“ 89, Штип
Република Северна Македонија

Address of the editorial office
Goce Delcev University - Stip
Faculty of Natural and Technical Sciences
Goce Delcev 89, Stip
Republic of North Macedonia

С о д р ж и н а / C o n t e n t s

Благој Голомеов, Афродита Зенделска, Мирјана Голомеова ОСКУЛТАЦИЈА НА ДРЕНАЖНИОТ СИСТЕМ НА ХИДРОЈАЛОВИШТЕ БР. 3.2 И ХИДРОЈАЛОВИШТЕ БР. 4 НА РУДНИК САСА – М. КАМЕНИЦА ЗА 2020 ГОДИНА Vlagoj Golomeov, Afrodita Zendelska, Mirjana Golomeova MONITORING OF DRAINAGE SYSTEM OF TAILING DAM No 3.2 AND TAILING DAM No 4 MINE SASA – M. KAMENICA FOR 2020	5
Марија Хаџи-Николова, Дејан Мираковски, Афродита Зенделска, Николинка Донева ЕКОЛОШКИ ПРИФАТЛИВИ ТЕХНИКИ ЗА ОДЛАГАЊЕ НА ФЛОТАЦИСКА ЈАЛОВИНА ВО СТАРИ ПОВРШИНСКИ КОПОВИ Marija Hadzi-Nikolova, Dejan Mirakovski, Afrodita Zendelska, Nikolinka Doneva ENVIRONMENTALLY ACCEPTABLE TECHNIQUES FOR TAILINGS DISPOSAL IN OLD OPEN PIT MINES	15
Елица Лазаревска, Марија Хаџи-Николова, Дејан Мираковски СИСТЕМ ЗА АНАЛИЗА И КЛАСИФИКАЦИЈА НА ЧОВЕЧКИОТ ФАКТОР ВО РУДАРСКАТА ИНДУСТРИЈА ВО МАКЕДОНИЈА Elica Lazarevska, Marija Hadzi-Nikolova, Dejan Mirakovski HUMAN FACTORS CLASSIFICATION AND ANALYSIS SYSTEM IN MINING INDUSTRY IN MACEDONIA	23
Иван Боев, Марко Берманец ГЕОЛОГИЈА, ПЕТРОЛОГИЈА И СТАРОСТ НА ПЕГМАТИТЕ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ АЛИНЦИ (СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА) Ivan Bоеv, Marko Bermanec GEOLOGY, PETROLOGY AND THE AGE OF PEGMATITES IN ALINCI LOCALITY (NORTH MACEDONIA)	33
Иван Боев ХЕМИСКИ СОСТАВ НА СРЕБРЕНИТЕ ТЕТРАДРАХМИ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ ИСАР МАРВИНЦИ ОДРЕДЕН СО ПРИМЕНА НА SEM-EDS МЕТОДАТА Ivan Bоеv CHEMICAL COMPOSITION OF THE SILVER TETRADRACHMS FROM THE LOCALITY ISAR MARVINCI DETERMINED WITH THE APPLICATION OF THE SEM-EDS METHOD	43
Благица Донева АНАЛИЗА НА ПОДАТОЦИ И ИНТЕРПРЕТАЦИЈА НА СЕИЗМОГРАМ Vlagicа Doneva DATA ANALYSIS AND SEISMOGRAM INTERPRETATION	49
Дејан Мираковски, Марија Талеска Желческа, Марија Хаџи-Николова, Афродита Зенделска МЕРЕЊЕ НА МИРИЗБА СО СТАНДАРДНИ МЕТОДИ Dejan Mirakovski, Marija Taleska Zhelcheska, Marija Hadzi-Nikolova, Afrodita Zendelska STANDARD PROCEDURE OF ODOR MEASUREMENT	59
Ванчо Аџиски, Ванчо Наунов МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ПРОЦЕНКА НА ИЗГОРЕНИ ОБЛАСТИ ПРЕДИЗВИКАНИ ОД ШУМСКИ ПОЖАРИ, КОРИСТЕЛЌКИ ПОДАТОЦИ ОД SENTINEL-2 САТЕЛИТОТ Vancho Adjiski, Vancho Naunov METHODOLOGY FOR ESTIMATION OF BURNED AREAS CAUSED BY WILDFIRES USING DATA FROM THE SENTINEL-2 SATELLITE	67

Крсте Тодоров, Дејан Крстев ОБРАБОТКА НА ПОДАТОЦИ СО КОРИСТЕЊЕ НА МАТЕМАТИЧКИ МОДЕЛИ ВО КОЖАРСКАТА ИНДУСТРИЈА Krste Todorov, Dejan Krstev DATA PROCESSING USING MATHEMATICAL MODELS IN LEATHER INDUSTRY	75
Ангела Велкова Крстев, Александар Крстев ВОДЕЧКИ ПРИНЦИПИ ЗА ИДЕН РАЗВОЈ ПРИ ПРОЕКТИРАЊЕ НА КЛИНИЧКА БОЛНИЦА Angela Velkova Krstev, Aleksandar Krstev GUIDING PRINCIPLES FOR FUTURE DEVELOPMENT WHEN DESIGNING A CLINICAL HOSPITAL	83
Ангела Велкова Крстев, Александар Крстев МУЛТИДИМЕНЗИОНАЛНИ ПРИДОБИВКИ ОД ПРОЕКТИРАЊЕ НА КЛИНИЧКИ БОЛНИЦИ СО ВОДЕЧКИ ПРИНЦИПИ ЗА ИДЕН РАЗВОЈ Angela Velkova Krstev, Aleksandar Krstev MULTIDIMENSIONAL BENEFITS FROM DESIGNING CLINICAL HOSPITALS WITH GUIDING PRINCIPLES FOR FUTURE DEVELOPMENT	93

**ЕКОЛОШКИ ПРИФАТЛИВИ ТЕХНИКИ ЗА ОДЛАГАЊЕ НА
ФЛОТАЦИСКА ЈАЛОВИНА ВО СТАРИ ПОВРШИНСКИ КОПОВИ**
Марија Хаџи-Николова¹, Дејан Мираковски¹, Афродита Зенделска¹, Николинка Донева¹

¹Факултет за природни и технички науки, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип
marija hadzi-nikolova@ugd.edu.mk

Апстракт. Праксата на несоодветно одлагање на флотациската јаловина во минатото постојано потсетува на сериозните негативни влијанија врз животната средина. Еден од начините за минимизирање на ова влијание е одлагање на флотациската јаловина во површински копови чија експлоатација е веќе завршена. Клучните еколошки прашања, како и оние кои се од интерес на јавноста се однесуваат на: долгорочна стабилност на одлагалиштата; долготрајно испирање/лужење; и ерозија на површинските одлагалишта. Значајни фактори кои треба да се земат во предвид при проценка на применливоста на методологијата за одлагање на отпадот од минерални суровини во копови чија експлоатација е веќе завршена вклучуваат: хидрогеологија на локацијата, геохемија на отпадот, морфологија на копот и релевантни алтернативи. Во овој труд се презентирани еколошки прифатливи техники за одлагање на флотациската јаловина во откопаните простори.

Клучни зборови: подводно одлагање, суво одлагање, покривка, откопан простор

**ENVIRONMENTALLY ACCEPTABLE TECHNIQUES FOR TAILINGS DISPOSAL
IN OLD OPEN PIT MINES**

Marija Hadzi-Nikolova¹, Dejan Mirakovski¹, Afrodita Zendelska¹, Nikolinka Doneva¹

¹Faculty of Natural and Technical Sciences, Goce Delcev University, Stip, Macedonia
marija hadzi-nikolova@ugd.edu.mk

Abstract. The legacies of inappropriate past mine waste disposal practices are constant reminders of the serious environmental damage that can occur. One way to minimize this impact is tailings disposal in open pit mines that have already been completed. Some of the key public and environmental issues relate to: long term stability of impoundment sites; long term leaching; and erosion of surface disposal sites. One method of mine waste disposal which often mitigates these concerns is the disposal of mine wastes in mined-out pits. Important factors to consider when assessing the applicability of the methodology for disposal of waste from mineral resources in mines whose exploitation has already been completed include: site hydrogeology, waste geochemistry, mine morphology and relevant alternatives. This paper presents environmentally friendly techniques for disposal of flotation tailings in excavated areas.

Key word: underwater disposal, dry disposal, cover, excavate area

1. Вовед

Одлагањето на отпадот од минерални суровини станува сè подетално испитувано прашање од аспект на влијание врз животната средина. Праксата на несоодветно одлагање на овој вид отпад во минатото, постојано потсетува на сериозните негативни влијанија кои може да ги предизвика рударството врз животната средина. Клучните еколошки прашања, како и оние кои се од интерес на јавноста се однесуваат на: долгорочна стабилност на одлагалиштата; долготрајно испирање/лужење; и ерозија на површинските одлагалишта. Една од методологиите за одлагање на отпадот од минерални суровини која допринесува за намалување на влијанието на отпадот врз животната средина е одлагање на отпадот во откопаните простори.

Отстранување на отпадот во коповите не е новина. Историски гледано, индустрискиот, комуналниот и отпадот од минерални суровини биле одлагани во каменоломи и копови чија експлоатација е завршена. Иако специфичната употреба на коповите за одлагање на отпадот од минерални суровини е вообичаена, сепак, причината за користење на површинските копови повеќе било заради погодноста, отколку што тоа било свесна одлука за заштита на животната средина [1,2].

Коповите кај кои е завршена експлоатацијата на минералните суровини честопати се сметаат за наследство на животната средина и потенцијален ресурс. Откопаните простори може да обезбедат геохемиски стабилна средина за одлагање на отпадот, често се естетска фокусна точка во плановите за рехабилитација, може да послужат како живеалиште за копнените и за водните растенија и животни и имаат потенцијална рекреативна вредност.

Практиката на одлагање на флотациската јаловина во откопаните простори е добро прифатена во голем број земји. Во поново време операторите на рудници дури предлагаат откопаните простори да бидат со единствена цел за отстранување на отпадот од минерални суровини [3].

Одлагањето на отпадот од минерални суровини во откопаните простори не можеме да го преставиме како универзално добра стратегија за управување со отпад. Неопходно е да бидат истражени одредени специфични фактори за локацијата на копот, кои ќе покажат дека оваа стратегија е соодветна. Некои од клучните факторите што треба да се земат предвид при проценка на применливоста на методологијата за одлагање на отпадот од минерални суровини во откопаните простори вклучуваат: хидрогеологија на локацијата [4], геохемија на отпадот, морфологија на копот и можни релевантни алтернативи за одлагање.

2. Карактеристики на флотациската јаловина

Карактеристиките на флотациската јаловина се исклучително важни за донесување одлука за техника која е соодветна за нејзино одлагање во површинскиот коп. Клучните фактори кои се потребни за да се изврши карактеризација вклучуваат:

- потенцијал за создавање киселина;
- квалитет на исцедокот од одложениот отпад и идна геохемија на порната вода, водата во копот и подземна вода;
- гранулометриски состав на отпадот;
- пропустливост и
- карактеристики на консолидацијата.

2.1 Потенцијал за создавање на кисели руднички дренажи

Киселите руднички дренажи се резултат на комбинираната хемиска и биолошка оксидација на сулфидните минерали и истовремено ослободување на метали, како што се железо, алуминиум, манган, ураниум и други токсични тешки метали, зависно од минералоскиот состав на јаловината.

Потенцијалот за создавање киселина на отпадот се одредува преку конвенционална киселинско – базна пресметка (АВА - acid base accounting) и кинетичко тестирање. Ако флотациската јаловина има потенцијал за создавање на киселина според АВА и кинетичкиот тест, опцијата за нејзино отстранување во откопаните празни простори, може да се дозволи само со контрола на киселите руднички дренажи.

2.2 Квалитет на порната вода и исцедокот од одложената јаловина

Квалитетот на порната вода во јаловината што се одлага во копот е клучен фактор во утврдување на инженерските контроли неопходни за соодветна стратегија за одлагање во копот. На пример, ако исцедокот е само маргинално загаден, значи дека потенцијалните влијанија врз животната средина се незначителни и обратно. Во вториот случај ќе бидат потребни бариери на дифузија, конструирани покривки и сл. за да може јаловината да се одлага во копот.

Податоците за концентрацијата на порна вода се важни, а исто така важни се и масените делови што може да се исцедат. Почетните стапки на ослободување на загадувачи можат да бидат високи, но како што опаѓа исцедувачката фракција, стапката на ослободување се забавува и потенцијалот за влијание врз животна средина станува занемарлив.

2.3 Големината на зрна/порозност

Големината на зрната на флотациската јаловина е исклучително важен параметар бидејќи влијае на неколку важни процеси: стапка на создавање киселина, реактивност на пуфер минерали, пропустливост/порозност, содржина на влага и механизми за транспорт на загадувачи.

При карактеризирање на јаловината за одлагање во копови, треба да се изврши минералоско и хемиско тестирање и тоа за различна крупност на јаловиот материјал. Многу геотехнички својства на отпадот можат да бидат во корелација со големината на зрната.

Истражувањата покажуваат дека количината на вар или варовник којашто треба да се додаде за да се спречи создавањето на киселина при ист волумен е поголема кога парчињата на карпите се поситни отколку кога тие се покрупни.

2.4 Пропустливост

Пропустливоста е важна за да се овозможи проценка на хидрауличниот транспорт на инфилтрираната вода или подземна вода низ отпадот. Но најчесто флотациската јаловина што се одлага во копот имаат многу мала пропустливост во споредба со испуканите карпи околу копот. Така што може да се појави минимална инфилтрација и подземните води ќе имаат тенденција повеќе да поминуваат околу копот преку испуканите зони, отколку преку јаловината депонирана во копот.

Во некои ситуации, може да бидат потребни бариери за вода за да се спречи конвективниот транспорт и да се создаде состојба контролирана со дифузија (на пример, со подигнување на воденото ниво или преку создавање на покачено водено ниво во копот).

2.5 Консолидација

Почетната состојба на набивање и потенцијалот на јаловината да се консолидира со текот на времето може да имаат значителен ефект врз дизајнот на системот за одлагање во копот. Во пракса, површинските копови имаат различна длабочина, така што истите може да бидат од многу плитки до многу длабоки, затоа ефектите на консолидација ќе се разликуваат во зависност од длабочината на копот [5].

3. Методи за одлагање на флотациска јаловина во откопите

3.1 Конвенционална метода на одлагање на јаловината

Конвенционалниот метод на одлагање на флотациска јаловина во моментот е најчестиот метод што се користи во рудниците. Во конвенционални методи на одлагање спаѓаат директно одлагање на јаловината со содржина на цврсто помеѓу 25 и 45%, како и одлагање после згуснување на истата со содржина на цврсто помеѓу 30 и 55%. Згуснувањето на флотациската јаловина се врши во соодветни згуснувачи, при што вишокот на вода се враќа повторно во технолошкиот процес на флотација [6].

Конвенционалното одлагање на јаловина се препорачува за употреба за која било стапка на производство, а особено кај рудници со големо производство каде што топографијата на рудникот одговара за складирање на јаловината во површинските копови.

3.2 Алтернативни методи на одлагање на јаловината

3.2.1 Одлагање на филтрирана јаловина

Одлагањето на филтрирана јаловина вклучува отстранување на водата со методи на вакуум или притисок. Јаловината се одводнува со употреба на барабанест вакуум филтер, диск вакуум филтер, лентест вакуум филтер или со филтер преси или лентести филтри (со употреба на притисок) до густини на пулпа поголема од 85% цврсто. Материјалот „сув кек“ или „филтер кек“ треба да се транспортира со камион или подвижна лента [7].

Одлагањето на филтрирана јаловина е добра алтернатива бидејќи има можност за рециркулирање на техничката вода и ограничување на долгорочното влијанија врз животната средина. Технологијата на филтрација им овозможува на операторите во рудникот да се ослободат од трошоците поврзани со изградба хидројаловишта, да го намалат просторот потребен за складирање на јаловината и да ја ограничат количината на потребната вода, бидејќи филтрирањето овозможува повторна употреба на голем дел од водата во процесот.

Во последните неколку години, одлагањето на филтрирана јаловина стана сè почесто. Предностите на одлагањето на филтрирана јаловина е погодно за суви места, силно сеизмички и студени региони, онаму каде што просторот е ограничен и каде што е тешко исполнувањето на еколошките прописи преку употреба на конвенционално одлагање на јаловината.

3.2.2 Одлагање на јаловината во вид на паста

Одлагањето на јаловината во вид на паста вклучува одводнување на јаловината во специјализирани згуснувачи за формирање на паста или згуснувачи со ултра висока густина, за да се постигне густина на пулпа што сè уште може да се испумпува. Густината на пулпата што треба да се постигне после згуснувачот за формирање на паста е генерално помеѓу 70 и 85% цврсти материи [7-9].

Најчестата примена на технологијата на пополнување со паста е кај рудниците со подземна експлоатација при пополнување на откопите, каде што се додава цемент за да се подобри цврстината. При површинско одлагање на паста, додавањето на цемент како врзивно средство може да ја намали концентрацијата на метали во исцедокот.

3.2.3 Одлагање на згусната јаловина

Одлагањето на згуснатата јаловина се врши со користење на згуснувачи кои постигнуваат голема густина, како што се длабоки конуси. Густината на пулпата на згуснатата јаловина обично се движи од 50 до 70% цврсто. Згуснатата пулпа може да се испумпува со употреба на центрифугални пумпи.

Високите цени на опремата којашто треба да се користи за згуснување на флотациската јаловина и високите оперативни трошоци ги прават горе наведените алтернативни решенија поскапи од конвенционалното одлагање.

Во Табела 1 е дадена споредбата на конвенционалната со алтернативните методи на одлагање на јаловина.

Табела 1. Споредба на конвенционалната со алтернативните методи на одлагање на јаловина [7, 8, 9]

	Просечен влез на цврсти материји [%]	Просечен излез на цврсти материји [%]	Просечен наклон на одлагање (%)	Просечно напрегање на развлекување [Pa]	Просечно слегнување (mm ²)	Просечна содржина на вода (на основа на процентот на сува маса)	Просечен процент на искористување на вода
Конвенционална метода на одлагање	25-45	30-55	0,5-2,0	10-100	NA	100-400	50-60
Одлагање на згустина јаловина	30-45	50-70	1.0-3.0	10-300	NA	30-100	60-70
Одлагање на јаловина во вид на паста	60-65	70-85	3.0-10.0	100-1000	200-275	20-30	80-90
Одлагање на филтрирана јаловина	60-65	>70	NA	>1000	NA	10-20	>90

4. Еколошки прифатливи техники за одлагање на флотациската јаловина

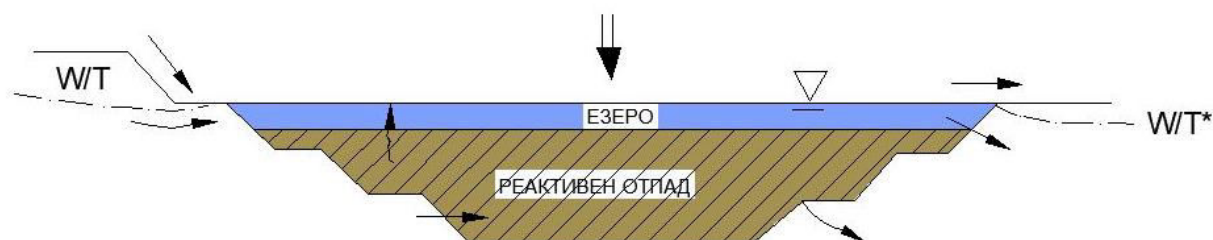
Во пракса се среќаваат три основни техники за одлагање на отпадот од минерални суровини во откопите, кои се однесуваат за одлагање на реактивна флотациска јаловина, но истите може да се користат и за одлагање на нереактивна флотациска јаловина [1,2]:

- Покривање на одложената флотациска јаловина со вода во откопаниот простор (подводно одлагање);
- Заполнување на откопаниот простор;
- Суво одлагање.

4.1 Покривање на одложената флотациска јаловина со вода (подводно одлагање) во откопаниот простор

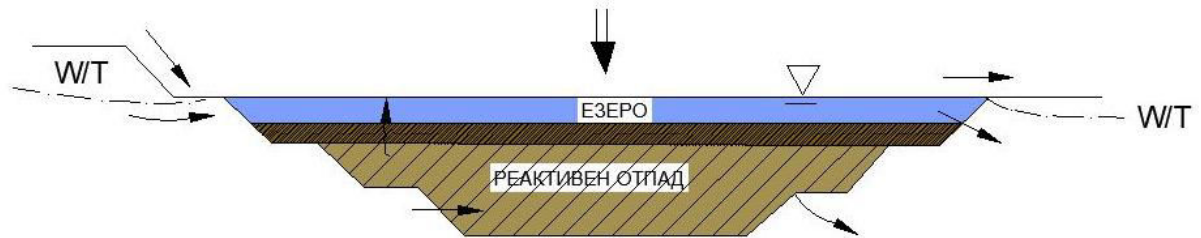
Оваа техника претпоставува дека по завршување со пополнување на откопите, ќе постои езеро или мочуриште над одложената флотациска јаловина. Постојат четири варијанти што може да се земат предвид за одлагање на флотациска јаловина под вода во откопите: едноставно одлагање под вода, одлагање под вода со површинска бариера, одлагање под вода со подземна бариера и одлагање под вода со површинска и подземна бариера.

Кај техниката на едноставно одлагање на флотациската јаловина под вода, отпадот се поставува на дното на откопаниот простор и се покрива со вода. Во идеален откоп, конвективниот транспорт на подземните води би бил минимален, а главниот механизам за ослободување би бил преку дифузија од површината на флотациската јаловина во водата во откопот (слика 1).



Слика 1. Едноставно одлагање под вода

Кај опцијата, одлагање под вода со површинска бариера, се поставува бариера над површината на депонираната реактивна флотациска јаловина, со цел да се намали транспортот на загадувачите во водата над отпадот (Слика 2). Најчесто користени материјали за бариера се поставување на почва (песок, глина итн.). Со употреба на 0,5 m или поголема дебелина на фино гранулиран материјал како покривка, се контролира ослободувањето на загадувачите од отпадот по пат на дифузија.

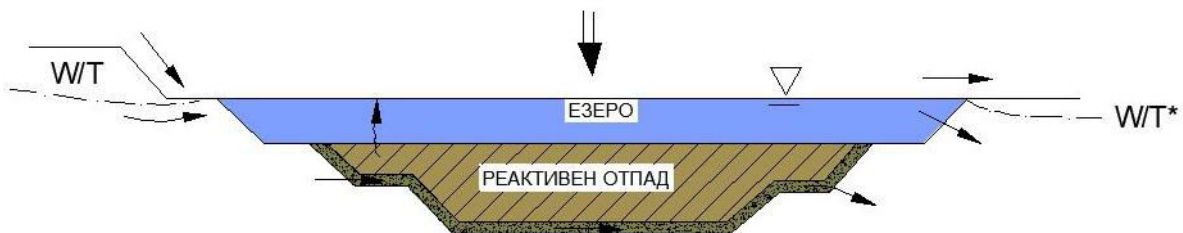


Слика 2. Одлагање под вода со површинска бариера

Оваа техника не може да даде задоволителни резултати доколку дојде до појава на значителен конвективен проток на подземните води низ флотациската јаловина. Во вакви случаи се користи одлагање под вода со поставување на бариера за подземните води (Слика 3). При што постојат три различни видови на потенцијални бариери за подземните води:

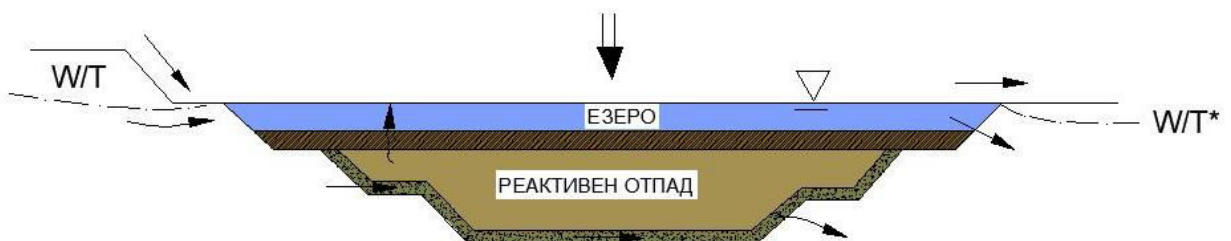
- бариери кои го блокираат протокот на подземни води како што се облоги од глина и сл.;
- бариери што обезбедуваат мал отпор на протокот до подземните води и
- бариери кои може да ги санираат загадувачите кои влегуваат во подземните води.

Сите овие можности за контрола се скапи и ретко применувани.



Слика 3. Одлагање под вода со поставување на бариера за подземните води

Одлагањето под вода со поставување на површинска бариера и бариера за подземните води е комбинација на претходните две техники. За примена на оваа техника е потребна целосна бариера/покривка околу отпадот (Слика 4).



Слика 4. Одлагање под вода со поставување на површинска бариера и бариера за подземните води

4.2 Заполнување на копот – подигнување на нивото на вода

Кај оваа техника копот се пополнува до првобитната висина на површината на земјата. Примарниот концепт е да се контролира оксидацијата со подигнување на нивото на водата над реактивниот отпад во слој на чисто заполнување / отпад. Најголемата разлика помеѓу овој концепт и едноставното одлагање на јаловината под вода е што водостојот/нивото на вода најверојатно ќе биде под одреден наклон, поради што, можна е инфилтрација низ отпадот, како и на подземните води, доколку не се применат мерки за контрола.

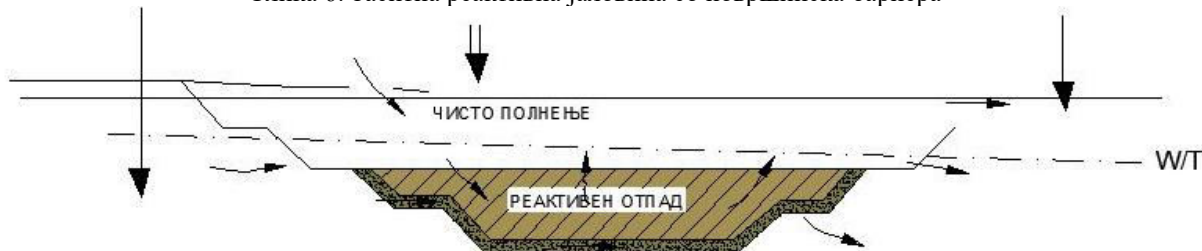
Како можни подваријанти на оваа техника се: заситна реактивна јаловина, заситна реактивна јаловина со површинска бариера, заситна реактивна јаловина со долна бариера, заситна реактивна јаловина со површинска и долна бариера и зомлено ниво на вода во рамките на реактивната јаловина со обложување на дното (Слики 5, 6, 7, 8 и 9).



Слика 5. Заситна реактивна јаловина



Слика 6. Заситна реактивна јаловина со површинска бариера



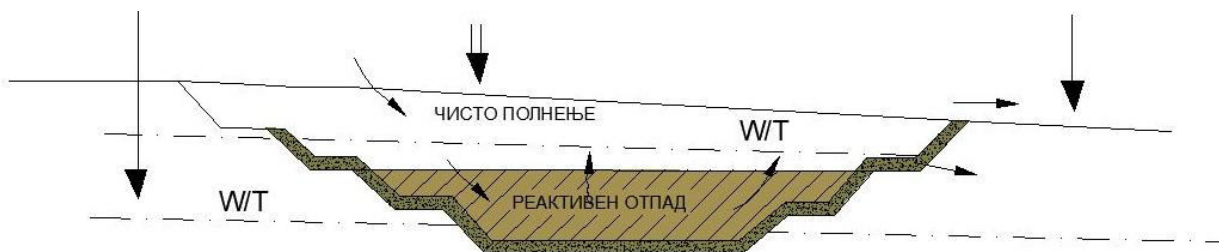
Слика 7. Заситна реактивна јаловина со бариера на дното



Слика 8. Заситна реактивна јаловина со површинска бариера и бариера на дното

Техниките прикажани на слика 5, 6, 7 и 8 се аналогни со техниките на одлагање на флотациската јаловина под вода. Површинската бариера која се користи за одлагање под вода обично служи за спречување на дифузијата. Кај покачувањето на нивото на вода, може да се разгледа и можноста за поставување на бариера за спречување на инфилтрацијата (Слика 6). Овој слој би овозможил спречување на конвективниот проток на подземна вода со спречување на инфилтрација на врнежите. Бариерата може да биде слој со мала пропустливост за спречување на инфилтрацијата во отпадот или пропустлив слој кој овозможува транспорт на водата која се инфилтрира. Оваа техника е применлива само ако отпадот има мала пропустливост. Слични се и техниките прикажани на Слика 7 и 8, кои се применуваат кога отпадот има мала пропустливост.

Поставување на долна бариера (Слика 9) исто така може да биде непропустлив слој кој се користи за заробување/задржување на инфилтрационата вода во областа каде што е притисната природната подземна вода. Во овој случај, слојот/бариерата ќе создаде слив каде нивото на водата ќе се искачи нагоре и ќе го потопи реактивниот отпад. Исто така е можно самиот отпад да има доволно мала пропустливост за да предизвика покачување на водата без потреба од долна бариера.



Слика 9. Покачено ниво на вода во реактивната јаловина (со користење на бариера на дното)

4.3 Суво одлагање

Во случај кога не е можно да се формира езерце или да се покачи нивото на водата, можни се четири техники за суво одлагање: инженерска покривка, бариери за спречување на појава на киселина, мешање со алкални материјали и инженерска покривка со повлекување на нивото на водата.

Сувата покривка може да дејствува како: бариера за вода, бариера за кислород и/или бариера и за вода и за кислород (Слика 10).



Слика 10. Инженерска покривка

Бариерата за спречување на појава на киселина се поставува под реактивната јаловина со цел заштита на почвата од можното загадување од појава на кисели дренажи. Бариерите можат да бидат алкални и органски.



Слика 11. Бариери за појава на киселини

Добро е позната ефикасноста на употребата на алкалните супстанции за контрола на создавањето на кисели дренажи од рудничката и флотациската јаловина како и од околните карпи. Постојат два основни пристапи кон додавање на алкални материјали:

- додавање на доволно алкални материјали за неутрализирање на киселата дренажа создадена од јаловината, или
- мешање на јаловината со алкални материјали за да се формира нето потрошливи материјали што ја трошат / неутрализираат киселината (т.е. мешани материјали со НП:АП >3:1 каде
НП = Потенцијал за неутрализација и
АП = Потенцијал за создавање на киселина изразен во смисла на kg калциум карбонат по t).



Слика 12. Мешање со алкални супстанции

5. Заклучок

Примената на еколошки прифатливите техники за одлагање на флотациската јаловина во површинските копови носи низа на придобивки:

- ефективна контрола на отпадот од минерални суровини кој има потенцијал за создавање киселина/закиселување;
- враќање на отпадот од минерални суровини повторно во геохемиската средина од каде што е изваден;
- елиминација на долгорочни геоморфолошки / ерозивни проблеми;
- намалување на потребата за долготрајна грижа и одржување, за разлика од хидројаловиштето;
- елиминација на потенцијалот за случајно ослободување/истекување;
- можност за одлагање на отпадот како дел од планот за стабилизација на копот.
- намалување на можноста од потенцијално ослободувањето на загадувачите;
- можност за елиминирање на потребата од понатамошна контрола на користење на земјиштето на дадената локација и
- можност за значителна заштеда на трошоците при пресметување на „вкупните“ трошоци за управување со отпадот од минерални суровини (краткорочни, долгорочни, затворање, bonding итн.).

Користена литература

- [1] Review of in-pit disposal practices for the prevention of acid drainage - case studies, MEND Report 2.36.1, September 1995.
- [2] In-Pit Disposal of Reactive Mine Wastes: Approaches, Update and Case Study Results, MAC and MEND Report 2.36.1b, June 2015.
- [3] Tailings Management, Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry, Commonwealth of Australia, 2016.
- [4] Thienenkamp, M., Post-closure mine hydrology and its impact on underground tailings disposal at the Thalanga mine, Queensland, Australia, 2001.
- [5] McDonald, L., Lane, J.C., Consolidation of in-pit tailings, Mine Waste 2010 — A.B. Fourie and R.J. Jewell (eds), © 2010 Australian Centre for Geomechanics, Perth, ISBN 978-0-9806154-2-5.
- [6] A.H. Watson, P.G. Corser, E.E. Garces Pardo, T.E. Lopez Christian, J. Vandekeybus, A comparison of alternative tailings disposal methods — the promises and realities, Mine Waste 2010 — A.B. Fourie and R.J. Jewell (eds) © 2010 Australian Centre for Geomechanics, Perth, ISBN 978-0-9806154-2-5.
- [7] Foged, S. and Vandekeybus, J. (2006) How to substantially improve the life of a 30 ha tailings pond at a Umicore zinc plant, Iron Control Technologies, J.E. Dutrizac and P.A. Riveros (eds), pp. 707–721.
- [8] Boger, D., Scales, P. and Sofrá, F. (2006) Rheological Concepts, Paste and Thickened Tailings – A Guide, second edition, R.J. Jewell and A.B. Fourie (eds), Australian Centre for Geomechanics, Perth, Australia, pp. 25–37.
- [9] Bussiere, B. (2004) Colloquium 2004: Hydrogeotechnical Properties of Hard Rock Tailings from Metal Mines and Emerging Geoenvironmental Disposal Approaches, Canadian Geotechnical Journal, 44 (2007) pp. 1019–1052.
- [10] Newman, P., Cadden, A. and White, R. (2001) Paste, the Future of Tailings Disposal, in Proceedings 2nd International Conference on Mining and the Environment, 'Securing the Future', June 27 – July 1 2001, Skelleftea Sweden, pp. 594–603.
- [11] Cincilla, W.A., Landriault, D.A. and Verburg, R. (1997) Application of Paste Technology to Surface Disposal of Mineral Wastes, in Proceedings 4th International Conference on Tailings and Mine Waste, Fort Collins, Colorado, pp. 343–356.