

REABILITAREA HALDELOR DE ROCI STERILE ȘI A IAZURILOR DE DECANTARE

Cuprins

1. Clasificarea deșeurilor și obiectivele închiderii	2
1.1 Clasificarea deșeurilor	2
1.2 Obiectivele închiderii	2
1.3 Selectarea metodei de închidere în funcție de tipul de deșeuri	3
1.3.1 Deșeuri negeneratoare de ape acide	3
1.3.2 Deșeuri potențial generatoare de ape acide	3
2. Halde de roci sterile	3
2.1 Generalități	3
2.2 Separarea deșeurilor	4
2.3 Remedierea in situ	4
2.3.1 Generalități	4
2.3.2 Reprofilarea	4
2.3.3 Amenajarea copertei de sol vegetal	4
2.3.4 Drenajul apelor de suprafață	6
2.3.5 Revegetarea	7
2.4 Relocarea completă a haldelor de steril	7
2.4.1 Condiții generale pentru relocare	7
2.4.2 Tehnologii de relocare	8
3. Iazuri de decantare	8
3.1 Generalități	8
3.2 Stabilizarea in situ cu oglindă liberă de apă ("varianta umedă")	9
3.3 Stabilizarea in situ cu amplasarea unei coperte de sol ("varianta uscată")	9
3.3.1 Generalități	9
3.3.2 Coperta intermediară	10
3.3.3 Reprofilarea îndiguirilor și taluzurilor	10
3.3.4 Construcția copertelor de sol	11
3.3.5 Drenajul apelor de suprafață și revegetarea	11
3.4 Relocarea sterilelor de procesare	11
3.4.1 Condiții generale pentru relocare	11
3.4.2 Tehnologii de relocare	11
4. Gospodărirea apelor	12
4.1 Separarea efluenților contaminați și necontaminați	12
4.2 Epurarea apelor	12
5. Bibliografie	13

1. Clasificarea deșeurilor și obiectivele închiderii

1.1 Clasificarea deșeurilor

Articolul 3 (1) din Directiva privind deșeurile miniere, definește deșeurile în conformitate cu Articolul 1(a) din Directiva Uniunii Europene privind deșeurile - 75/442/EEC. Amenajările de depozitare a deșeurilor sunt definite în Articolul 3 (15) al Directivei privind deșeurile miniere, în funcție de perioada de timp pentru care sunt depozitate materialele rezultate din activități de extracție. În plus, Articolul 5 (3) și Anexa II din Directiva privind deșeurile miniere solicită o clasificare a deșeurilor în conformitate cu Decizia Comisiei Europene 2000/532/EC (Schema de clasificare a deșeurilor).

Criteriile pentru încadrarea unei amenajări de depozitare a deșeurilor în Categoria A, conform Anexei III din Directiva privind deșeurile miniere, sunt următoarele:

- Avarie sau operare incorectă, de exemplu, alunecarea taluzului sau cedarea unui baraj, și care ar putea da naștere unui accident major, pe baza unei evaluări a riscului care va ține seama de diverși factori cum ar fi suprafața ocupată prezentă sau viitoare, amplasamentul și impactul ecologic al depozitului respectiv.
- Depozitul conține, peste o anumită cantitate, deșeuri clasificate ca fiind periculoase conform Directivei 91/689/EEC.
- Depozitul conține, peste o anumită cantitate, substanțe chimice sau compuși ai acestora, care sunt clasificate ca fiind periculoase conform Directivelor 67/548/EEC sau 1999/45/EC.

1.2 Obiectivele închiderii

În conformitate cu Articolul 5 al Directivei privind deșeurile miniere, operatorul minier este obligat să elaboreze un plan de gestionare a deșeurilor care să permită minimizarea volumului generat, tratarea, recuperarea și depozitarea deșeurilor miniere, ținând seama de principiul dezvoltării durabile. Din punct de vedere al închiderii, deșeurile vor fi gestionate având în vedere următoarele obiective:

- Reducea gradului de pericolozitate ale deșeurilor prin:
 - plasarea deșeurilor de extracție înapoi în golul de excavație după extragerea substanței minerale utile, în măsura în care acest lucru este posibil din punct de vedere tehnic și economic și în măsura în care acest lucru corespunde standardelor de mediu la nivel comunitar și cerințelor acestei Directive, în cazurile de relevanță;
 - plasarea solului vegetal pe fostele amplasamente, după închiderea instalației miniere sau, dacă acest lucru nu este posibil din punct de vedere practic, reutilizarea solului vegetal în altă parte;
- Asigurarea unei depozități sigure pe termen scurt și pe termen lung a deșeurilor de extracție, în special prin luarea în calcul a acestor aspecte în faza de proiectare sau prin gestionarea deșeurilor pe durata perioadei operaționale sau de post-închidere și prin alegerea unei soluții de proiectare care:
 - necesită un minim de control și gestionare a amenajării de depozitare închise sau permite în cele din urmă renunțarea la monitorizare;
 - previne sau cel puțin minimizează efectele negative pe termen lung, de exemplu, cele care se pot atribui migrării poluanților atmosferici sau acvatici dinspre depozitul de deșeuri;

- asigură stabilitatea geotehnică pe termen lung a oricăror structuri de îndiguire sau halde care se ridică peste suprafața topografică inițială.

1.3 Selectarea metodei de închidere în funcție de tipul de deșeuri

Selecția metodei de închidere depinde în special de potențialul deșeurilor depozitate de a genera ape acide.

Aceste metode vor fi descrise în cele ce urmează, în funcție de criteriile de proiectare. Detalii suplimentare pentru tipurile individuale de deșeuri sunt prezentate în Capitolul 2 (halde de roci sterile) și în Capitolul 3 (iazuri de decantare).

1.3.1 Deșeuri negeneratoare de ape acide

În cazul deșeurilor care nu au un potențial semnificativ de generare a apelor acide, criteriile de proiectare pentru stratul acoperitor sunt următoarele:

- prevenirea accesului accidental la deșeuri;
- asigurarea unui suport pentru vegetație;
- îmbunătățirea aspectului vizual;
- prevenirea antrenării de praf de pe suprafața deșeurilor;
- controlul eroziunii.

Spre deosebire de copertele aplicate pe deșeurile cu potențial de generare a apelor acide, grosimea copertei în acest caz poate fi mult mai redusă. Funcția principală a acestor coperte este de a crea un mediu propice dezvoltării vegetației.

1.3.2 Deșeuri potențial generatoare de ape acide

În cazul în care deșeul potențial generator de ape acide este haldat separat fără izolare în deșeu negenerator de aciditate, criteriile de proiectare a copertei vor include în plus următoarele:

- minimizarea infiltrărilor de apă în masa deșeurilor;
- minimizarea admisiei oxigenului în masa deșeurilor.

Pentru a îndeplini aceste criterii suplimentare, coperta trebuie să fie semnificativ mai groasă și/sau să includă mai mult decât un strat, posedând în același timp o stabilitate pe termen-lung a proprietăților de transport hidraulic și al gazelor.

2. Halde de roci sterile

2.1 Generalități

Problemele și pericolele asociate haldelor de roci sterile generate de exploatarea miniere, includ următoarele:

- instabilitatea taluzurilor,
- generarea de ape acide și descărcarea de substanțe toxice, conducând la contaminarea apelor de suprafață și subterane din aval,
- poluarea cu praf și eroziunea,
- degradarea terenurilor.

În perspectiva acestor pericole legate de mediu, măsurile de reabilitare urmăresc:

- îmbunătățirea stabilității haldelor,
- asigurarea stabilității împotriva eroziunii,
- minimizarea gradului de infiltrație,

- reducerea efectelor generate de apele de mină acide și reducerea debitului de exfiltrate.

Există două concepte generale de remediere privind materialul din haldele de steril:

- a) remedierea *in situ*,
- b) relocarea completă.

2.2 Separarea deșeurilor

Din punct de vedere al închiderii și reabilitării minelor, este de o importanță deosebită gestionarea corespunzătoare a deșeurilor și minimizarea efectelor negative pe termen lung asupra mediului.

În urma activităților miniere pot rezulta roci sulfuroase care ar putea avea un potențial de formare a apelor acide. Rocile sterile vor fi separate în funcție de capacitatea de generare a apelor acide.

Separarea și amestecul materialului steril în funcție de potențialul de generare a acidității face parte din categoria celor mai bune tehnici disponibile, care este avantajoasă din punct de vedere al mediului și economisește eforturile necesare închiderii minelor din punct de vedere al gestionării efluenților acizi.

2.3 Remedierea *in situ*

2.3.1 Generalități

Remedierea *in situ* a unei halde de roci sterile implică următoarele etape:

- degajarea suprafeței haldei,
- reprofilarea,
- amenajarea stratului de sol vegetal acoperitor ,
- însămânțarea (controlul eroziunii)
- construcția traseelor de drenaj și circulație,
- împădurire.

Scopul central al activității de remediere trebuie determinat în funcție de obiectivul specific supus remedierii și trebuie să țină seama de potențialul contaminant și de condițiile specifice ale amplasamentului.

2.3.2 Reprofilarea

Reprofilarea corpului haldei de roci sterile reprezintă o cerință fundamentală în obținerea unei stabilități geotehnice pe termen lung. Din punct de vedere al reprofilării se pot distinge două abordări tehnice distincte:

- relocarea materialului excavat în cadrul haldei;
- relocarea materialului excavat în afara amplasamentului.

Principiul general aplicat trebuie să aibă în vedere minimizarea volumelor și suprafețelor taluzate ale haldei de roci sterile. Îndepărtarea unor halde de înălțime redusă, dar ocupând suprafețe mari de teren și relocarea acestora într-un singur amplasament, prezintă avantaje din punct de vedere al costurilor și al impactului asupra mediului. Acest principiu se aplică atât haldelor individuale cât și oricărui ansamblu de halde.

2.3.3 Amenajarea copertei de sol vegetal

Amplasarea unui sistem de acoperire cu sol pe haldele de roci sterile aferente unor exploatare miniere urmărește unul sau mai multe dintre obiectivele următoare:

- minimizarea volumului de apă de infiltrație și de percolare prin corpul haldei, pentru a reduce la minimum mobilizarea poluanților din haldă în apa subterană;
- minimizarea generării prafului;
- minimizarea pătrunderii oxigenului în corpul rocilor sterile în vederea evitării formării apelor acide respectiv a combustibililor spontane;
- prevenirea contactului direct cu deșeuri periculoase;
- dezvoltarea unei pături de vegetație și darea în folosință ulterioară a
- amplasamentului sau obiectivului;

Din punct de vedere al posibilităților de remediere specifice obiectivului, se utilizează, în mod obișnuit, următoarele tipuri de acoperire:

a) Coperte subțiri simple

Amplasarea unui strat de sol vegetal reprezintă o condiție inițială pentru însămânțarea ierburilor și pentru plantarea de arbuști în vederea reîmpăduririi. Un strat acoperitor (de aproximativ 0,2 – 0,5 m) diminuează formarea prafului și eroziunea.

Prin utilizarea unor coperte subțiri, infiltrația apelor provenite din precipitații și generarea de exfiltrații sunt influențate foarte puțin. În cazul haldelor pe care s-au instalat specii vegetale adecvate, se poate adăuga sol vegetal în spațiile dintre plante, pe suprafețele taluzurilor. Amplasarea copertelor subțiri implică un efort tehnic scăzut spre mediu.

În cazul în care minimizarea infiltrațiilor nu constituie scopul central, ci mai degrabă prevenirea generării de praf, o grosime a copertei de sub 50 cm este considerată ca fiind suficientă.

b) Coperte cu un singur strat sau coperte cu evapo-transpirație

Funcționalitatea copertelor cu un singur strat sau cu strat de evapo-transpirație se bazează pe capacitatea de înmagazinare a unui sol nesaturat și pe capacitatea de eliberare a apei în perioadele uscate. Copertele de acest tip constau dintr-un singur strat. Parametrul fundamental de proiectare îl reprezintă capacitatea de înmagazinare a solului mineral care depinde la rândul său de structura granulometrică și de gradul de compactare. Grosimea copertei trebuie să fie proiectată în funcție de volumul de apă de infiltrație care urmează a fi înmagazinat și de debitul maxim admisibil de infiltrație în corpul haldei. Domeniul tipic de grosimi al copertei este de 0,5 - 1 m.

Materialul utilizat pentru coperte cu evapo-transpirație trebuie să posede o capacitate și o grosime suficientă pentru instalarea materialului vegetal. Coperta ar trebui plantată cu specii de ierburi, arbuști și copaci, tipice pentru zona climatică respectivă.

c) Copertă cu strat dublu (strat cu evapo-transpirație și strat bazal cu permeabilitate redusă)

Stratificarea standard a copertei implică un strat mineral bazal, compactat, având scop de etanșare, și un strat superior cu rol de reținere a umidității, acesta putând include și o cantitate de sol vegetal humic. Pentru a garanta stabilitatea pe termen lung, sistemul de acoperire trebuie amplasat pe taluzuri profilate cu o înclinare mai mică de $1 : 2,5$ ($\leq 22^\circ$).

Copertele dublu-strat au o grosime minimă de aproximativ 1,0 m, dar pot atinge grosimi de 2,0...2,5 m. În ultimul caz, stratul superior tinde să acționeze ca un nivel de evapo-transpirație, însoțit de stratul inferior compactat.

În mod obișnuit, etanșarea suprafeței haldei necesită măsuri suplimentare care să permită protejarea taluzului împotriva unor efecte negative de natură hidrologică și adaptarea la un debit crescut al apelor de șiroire pentru a preveni eroziunea stratului acoperitor. Această eroziune poate fi diminuată semnificativ prin amenajarea corespunzătoare a stratului de sol vegetal humic. Coperta cu dublu strat implică un efort tehnic moderat spre mare.

d) Bariere capilare

Funcționalitatea hidrolică a barierelor capilare se bazează pe diferențele de permeabilitate hidrolică subsaturată a așa-numitului strat capilar și a unui strat subiacent grosier cu rol de blocare a capilarității. Ambele straturi trebuie să aibă o distribuție granulometrică definită și să fie semnificativ diferite din punct de vedere al penetrării apei. În mod obișnuit, stratul capilar constă din nisip fin, iar cel de blocare, din pietriș. Pentru a obține o reducere semnificativă a debitului de infiltrații este necesară o înclinare de 1:3 până la 1:10, ambele straturi trebuind să fie acoperite cu un strat de înmagazinare prin care să se limiteze presiunea hidrolică asupra nivelului capilar. Acest sistem de acoperire urmărește ca stratul acoperitor să prevină ascensiunea apei contaminate din porii haldei către suprafață ca urmare a absorbției exercitate de sol.

e) Coperte multi-strat cu sau fără geomembrane

Copertele multistrat includ cel puțin un strat mineral de etanșare (aproximativ 0,4 - 0,6 m), un strat de înmagazinare a umidității (aprox. 0,6-1,0 m) și un strat de revegetare (aproximativ 0,1-0,2 m). În anumite cazuri, pot fi utilizate sisteme de drenaj sau protecție, precum și elemente sintetice (linere din material plastic, geogriduri, etc.). Grosimea totală a copertei poate depăși 2,0 m.

Înclinările necesare asigurării stabilității și siguranței acestor coperte trebuie să fie mai mari de 1 : 2,5 ($\geq 22^\circ$).

Dacă sunt corespunzător proiectate și executate și dacă se utilizează materiale adecvate, cu permeabilitate redusă, în combinație cu un drenaj eficient, sistemul va avea un grad foarte scăzut de infiltrație a apelor meteorice.

În acest caz, eforturile tehnice și cheltuielile vor fi foarte ridicate.

f) Coperte reactive

Copertele reactive includ unul sau mai multe substanțe active din punct de vedere chimic care vor influența starea chimică a materialului steril. Copertele reactive sunt utilizate de regulă, în cazul în care substratul are tendința de a genera ape acide.

2.3.4 Drenajul apelor de suprafață

Apa de suprafață trebuie drenată corespunzător de pe suprafața reprofilată și acoperită a sterilelor, pentru a preveni infiltrațiile și posibilele avarii ca urmare a alunecărilor și eroziunii.

Pentru construcția sistemelor de drenare a apelor de suprafață, se utilizează următoarele soluții:

- elemente prefabricate din beton
- șapă de beton armat cu înveliș de piatră
- umplutură de piatră în talvegul cursului de apă
- stabilizarea pantelor cu parapet sau fascine
- viroage acoperite cu iarbă
- gabioane.

Pentru construcția sistemului de drenaj a apelor de suprafață pot fi folosite materiale de construcție naturale sau sintetice. Proiectarea cursurilor de apă depinde de disponibilitatea și rezistența pe termen lung a materialelor alese. Pentru cursurile mici de apă cu un gradient mic, sunt preferate materialele de construcție naturale datorită rezistenței lor ridicate. Aceste materiale și soluții tehnice trebuie adaptate la condițiile locale. Materialele artificiale, cum ar fi betonul, trebuie utilizate în cazurile în care materialele naturale nu sunt în cantitate suficientă sau unde condițiile reologice nu permit utilizarea acestora.

Proiectarea cursurilor de apă de suprafață depinde de o serie de date suplimentare, specifice amplasamentului, incluzând debitele estimate și variațiile în timp, cu evaluarea debitelor maxime și respectiv, minime.

Amenajarea talvegului și versanților cursurilor de apă trebuie să țină seama de capacitatea de antrenare a apei. Dacă sunt estimate numai debite reduse, nu va fi necesară aplicarea unor măsuri constructive speciale.

2.3.5 Revegetarea

Copertele trebuie însămânțate cu iarbă în vederea obținerii unei protecții imediate împotriva eroziunii, putând fi plantați ulterior arbori sau arbuști, în vederea stabilizării.

În cazul în care se întrunesc condițiile prestabilite, amplasamentul haldei poate fi lăsat în seama ciclului natural de regenerare a vegetației. Pentru a asigura o protecție temporară sau permanentă și o dezvoltare normală a vegetației, ar putea fi de preferat împrejmuirea haldei. Ciclurile naturale de regenerare au avantajul de a prezenta costuri scăzute sau chiar nule. Dezavantajul este acela al unei perioade foarte lungi de timp (decenii, secole) până la atingerea perioadei optime de dezvoltare a vegetației și până la formarea unui substrat de sol vegetal.

Abordarea bazată pe cicluri de regenerare selective este bazată pe existența unor unități sărace cunoscute, ca de exemplu biotopuri de piatră de râu, caracterizate printr-un conținut limitat de sol și/sau însămânțare/plantare local selectivă. Această abordare a fost concepută pentru a stimula și grăbi procesele de dezvoltare naturală. În mod obișnuit, procesele de dezvoltare floristică și pedologică sunt accelerate. Pe de altă parte, eforturile de remediere necesare sunt minime din punct de vedere al timpului și costurilor.

2.4 Relocarea completă a haldelor de steril

2.4.1 Condiții generale pentru relocare

Conform Articolului 10 din Directiva privind deșeurile miniere, operatorul minier care utilizează deșeuri de extracție pentru rambleiere în scopul reabilitării și construcției, va lua măsuri corespunzătoare care vor asigura:

- stabilitatea depozitului de deșeuri depuse
- prevenirea poluării solului și apei
- asigurarea unei monitorizări corespunzătoare

Articolul 13(5) din Directiva privind deșeurile miniere prevede ca la depunerea sterilului de extracție în lucrările miniere care urmează a fi inundate după închidere, operatorul să ia toate măsurile necesare pentru a preveni sau minimiza deteriorarea calității apei și poluarea solului.

Relocarea sterilului rezultat din industria extractivă este considerată ca fiind adecvată numai în anumite condiții clar definite. Aceste condiții includ:

- Obiectivul de remediere propus nu poate fi atins prin utilizarea unor soluții de stabilizare *in situ*, însemnând că relocarea este unica alternativă corespunzătoare.
- Este disponibil un amplasament de depozitare adecvat care oferă o capacitate suficientă pentru deșeurile miniere care urmează a fi relocate. Pentru a minimiza gradul de ocupare a terenului, noul amplasament de depozitare trebuie să conțină deja deșeuri care reclamă oricum remedierea.
- Suprafața remediată trebuie să fie utilizată în alte scopuri.

Dacă relocarea este una din soluțiile care pot fi adoptate, vor fi analizate raporturile dintre costuri și beneficii. În astfel de cazuri, relocarea se poate dovedi ca fiind cea mai bună soluție dacă:

- volumul de deșeuri care urmează a fi transportat este suficient de redus și dacă raportul dintre volumul de deșeuri și aria contaminată este destul de mic;
- distanța dintre halda care urmează a fi relocată și noul amplasament nu este prea mare;
- condițiile tehnice inițiale și de infrastructură pentru relocare sunt mai mult sau mai puțin îndeplinite, adică relocarea nu va atrage costuri suplimentare foarte ridicate în conexiune cu măsura de remediere propriu-zisă (de exemplu, pentru construcția drumului), iar disconfortul populației ca urmare a relocării este în limite acceptabile.

2.4.2 Tehnologii de relocare

Halda de steril va fi excavată până la nivelul solului cu ajutorul unor utilaje specializate. Solul contaminat din baza haldei, va fi de asemenea îndepărtat. Ca regulă generală, adâncimea de săpare va fi de ordinul a aproximativ 0,5 m.

Aplicarea unei coperte de sol, cu o grosime minimă de 0,2 m, va asigura aducerea la nivel a amplasamentului cu terenurile neafectate din jur și va accelera restabilirea vegetației pe vechiul amplasament a haldei. În cazul unor adâncimi mai mari de excavare în solul vegetal, se poate depune mai întâi un nivel de material inert până la nivelul terenului învecinat iar într-un stadiu ulterior, acesta să fie acoperit cu sol fertil care să garanteze creșterea imediată a vegetației.

Ca regulă, va fi acordată prioritate identificării unor amplasamente adecvate pentru depozitarea materialului steril care urmează să fie relocat. În măsura posibilităților, se va acorda atenție loturilor/suprafețelor de teren situate la o distanță rezonabilă pentru a asigura costuri de transport justificabile.

Îndepărtarea completă a haldei miniere și excavarea solului subiacent contaminat, vor elimina toate categoriile de impact asupra mediului asociate acestei amenajări. Pe termen lung, aceasta ar putea avea un efect pozitiv, în beneficiul net al măsurilor de remediere.

Cantitățile mai mari de roci sterile relocate pe amplasamentul de depozitare vor necesita, în general, să fie acoperite. Eforturile suplimentare și costurile de relocare, inclusiv prin amenajarea unei coperte, vor fi justificate prin performanța generală și prin beneficiile remedierii.

Utilizarea rocii sterile excavate pentru stabilizarea iazului de decantare, rambleierea puțurilor etc., ar putea constitui o alternativă eficientă din punct de vedere al costurilor, în orice situație care permite implementarea acestei soluții.

În ansamblu, implementarea soluției de relocare totală va necesita mai multe fonduri și un interval mai lung de timp în comparație cu remedierea *in situ*.

3. Iazuri de decantare

3.1 Generalități

Variantele tehnice ce pot fi considerate ca bază pentru punerea în practică a soluției de remediere sunt:

- Varianta "zero", în care nu se întreprind remedieri, justificată de absența unor riscuri pe termen scurt sau lung, asociate iazului de decantare;
- Varianta "controlului instituțional", care implică măsuri de restricționare a folosinței terenurilor și monitorizarea/supravegherea continuă;

- Varianta "Stabilizării *in situ*" prin care se urmărește stabilizarea geomecanică, geochimică și hidrologică a iazului de decantare pe amplasamentul existent. Acest obiectiv poate fi îndeplinit prin:
 - remediere "uscată" care include îndepărtarea supernatantului, asecarea tehnică (parțială) a sterilelor, reprofilarea conturilor intern și extern ale sistemului iazului de decantare și amplasarea unei coperte de sol pe suprafața sterilelor de procesare
 - remediere "umedă" prin care se încearcă stabilizarea iazului de decantare menținând o oglindă de apă;
- Varianta "relocării", constând în mutarea sterilelor de procesare și depozitarea lor într-un alt loc mai sigur.

Capitolele următoare prezintă caracteristicile unor posibile variante *in situ* sau prin relocare.

3.2 Stabilizarea *in situ* cu oglindă liberă de apă ("variantea umedă")

Stabilizarea *in situ* cu menținerea unei oglinzi libere de apă ("remediarea umedă") descrie un concept de remediere pentru iazurile de decantare prin care este menținută permanent o pătură de apă, pentru a preveni generarea prafului și pătrunderea oxigenului. Metoda poate fi considerată ca o variantă optimă de stabilizare a unor sterile de procesare neoxidate care prezintă riscul de generare a apelor acide, prevenind totodată formarea prafului.

Sistemele de acoperire umede necesită o întreținere amănunțită și conduc la costuri mai ridicate de întreținere și supraveghere. Problemele de stabilitate a barajului devin mai critice decât în cazul unui sistem de copertă uscată.

O soluție alternativă între acoperirea umedă și cea uscată este aceea a "realizării de mlaștini". Procedul se bazează pe aceleași principii ca în cazul copertării umede, dar prin folosirea unei cantități mai reduse de apă, deoarece covorul vegetal stabilizează suprafața, evitându-se astfel antrenarea în atmosferă a particulelor de praf. Existența unei cantități mai reduse de apă este de natură să reducă riscul potențial de avariere a barajului, prevenind însă eficient generarea prafului.

Cerința suplimentară constă în adăugarea de substanță organică pentru a facilita instalarea vegetației de mlaștină.

3.3 Stabilizarea *in situ* cu amplasarea unei coperte de sol ("variantea uscată")

3.3.1 Generalități

Stabilizarea *in situ* cu instalarea unei coperte de sol, cunoscută de asemenea sub numele de "remediere uscată", se bazează pe îndepărtarea întregului volum de apă liberă (în cazul în care există o astfel de oglindă de apă pe suprafața sterilelor) și depunerea unei coperte cu rolul de a minimiza antrenarea prafului și a infiltrației.

Principalele etape sunt:

- îndepărtarea apei și descărcarea acesteia, epurarea apei dacă este necesară;
- acoperirea intermediară (dacă acest lucru devine necesar ca urmare a proprietăților geomecanice ale sterilelor);
- reprofilarea suprafețelor iazului de decantare și a structurilor de îndiguire, pentru a asigura stabilitatea și regimul apelor de șiroire pe termen lung;
- acoperirea finală incluzând vegetația.

Aceste etape sunt descrise în detaliu, în cele ce urmează.

3.3.2 Coperta intermediară

Aplicarea unei coperte intermediare va fi luată în considerare numai dacă suprafața sterilelor de procesare este neconsolidată și nu permite accesul utilajelor grele pentru efectuarea altor etape.

Acoperirea intermediară a suprafețelor expuse de sterile slab consolidate urmărește în principal prevenirea formării de praf, putând fi caracterizată ca o operație relativ simplă de manevrare a pământului. Acoperirea intermediară a sterilelor de procesare fine este însă mai complicată și prezintă importanță în perspectiva altor lucrări de dezafectare, deoarece scopul principal este acela de a crea o suprafață accesibilă pe un substrat neconsolidat. Efortul tehnic poate fi semnificativ, fiind necesare tehnologii complexe pentru a acoperi suprafața aproape complet necoezivă a sterilelor de procesare.

Perioada necesară pentru acoperirea intermediară depinde de gradul de consolidare și asecare a sterilelor, prin care se mărește rezistența la forfecare a acestora. Amplasarea primei coperte intermediare pe suprafața sterilelor fine, este importantă pentru întregul proces de dezafectare. În vederea creșterii rezistenței la forfecare în timp, se pot utiliza drenuri verticale de amorsare.

3.3.3 Reprofilarea îndiguirilor și taluzurilor

Conturarea amenajării de depozitare a sterilelor urmărește:

- a) facilitarea instalării unei cuverturi finale stabile pe termen lung,
- b) dirijarea apelor de șiroire de pe zonele reprofilete către zonele înconjurătoare.

Reprofilarea poate fi executată dacă materialul steril suportă accesul utilajelor grele. În cazul sterilelor de procesare, ar putea fi necesară într-un prim stadiu instalarea unei coperte intermediare.

Această etapă se referă la profilarea barajului și a bazinului de decantare, în acest stadiu fiind implicate lucrări de excavare și redepunere. Profilarea barajului urmărește:

- a) obținerea unei suprafețe stabile pe termen lung și rezistentă la eroziune;
- b) facilitarea instalării unei coperte finale rezistentă la eroziune și reducerea infiltrațiilor (dacă acest lucru este necesar);
- c) integrarea peisagistică a amenajării de depozitare a deșeurilor.

Stabilitatea pe termen lung a barajului și taluzurilor include stabilitatea statică și cea dinamică, precum și rezistența la eroziunea eoliană și la cea provocată de apă. Procedurile de calcul static și dinamic au la dispoziție diverse metode computerizate.

În cazul sterilelor de procesare și pentru diverse tipuri de încărcare (dinamică, statică), optimizarea procesului de remediere poate avea în vedere reducerea conținutului de apă în porii corpului de sterile de procesare și coborârea nivelului freatic. Lipsa unei stabilități pe termen lung a barajului sau taluzurilor poate fi remediată prin diminuarea pantei aval și/sau a înălțimii totale a barajului. Dacă barajul este construit din sterile de procesare, acesta trebuie să fie acoperit cu material inert, iar noțiunea de stabilitate pe termen lung trebuie să includă și stabilitatea geomecanică a stratului de copertă.

Pe parcursul activităților de profilare, ar putea fi necesară utilizarea unui material de umplere a bazinului iazului de decantare, concomitent cu excavarea efectuată pe durata nivelării barajului. Pentru a minimiza distanța de transport a acestor materiale, este necesară cuantificarea volumului de material produs prin excavațiile obligatorii.

Ar putea interveni de asemenea, necesitatea depunerii de material pe suprafețele superioare ale depozitului de deșuri sau pe taluzuri, în vederea reducerii unghiului de înclinare a acestora. Îndeosebi pentru iazul de decantare, depunerea materialului se va face în zonele neconsolidate, pentru a contribui la procesele de sedimentare.

Trebuie de asemenea proiectat un sistem de captare a apelor de șiroire, constând din șanțuri și iazuri de captare.

Reprofilarea sistemului iazului de decantare creează o nouă suprafață care trebuie să asigure la rândul său un regim stabil al apelor de șiroire. Proiectarea va ține seama de procesele de sedimentare și deformare la nivelul corpului subiacent de sterile, pe durata și în urma dezafectării, mai cu seamă dacă se așteaptă ca sedimentarea să joace un rol important în stabilizare. Pentru a asigura condiții stabile de drenaj, este recomandabilă accelerarea consolidării în zonele din lungul șanțurilor de drenaj unde se găsesc pachete de sterile fine cu grosimi mari și/sau caracterizate de grade diferite de sedimentare

3.3.4 Construcția copertelor de sol

Amenajarea unei coperte de sol pe suprafața sistemului iazului de decantare aferent uzinei de procesare a substanțelor minerale utile, urmărește îndeplinirea aceluiași obiective fundamentale de remediere ca cele descrise în cazul haldelor de roci sterile. Cu toate acestea, există anumite probleme specifice de care trebuie să se țină seama și anume:

- Sterilele de procesare conțin de obicei cantități mari de apă cantonată în pori, adesea la limita de saturare, cel puțin în anumite părți ale sistemului iazului de decantare;
- Sedimentarea/consolidarea sterilelor de procesare, mai ales a celor sub formă de turbureală, pot fi semnificative. Acest lucru trebuie luat în calcul pentru a stabili profilul optim al copertei și tehnologia de instalare a acesteia.
- Problemele generate de sterilele rezultate din procesarea substanțelor minerale utile sunt mai complexe decât în cazul rocilor sterile generate din extracția minieră. Acest fapt influențează atât selectarea tipurilor de copertă cât și a tehnologiilor aferente.

3.3.5 Drenajul apelor de suprafață și revegetarea

Pentru drenajul apelor de suprafață și revegetare, se aplică metodele descrise în Capitolul 2.

3.4 Relocarea sterilelor de procesare

3.4.1 Condiții generale pentru relocare

În cazul sterilelor de procesare se aplică aceleași considerații ca cele formulate pentru haldele de roci sterile (Capitolul 2).

3.4.2 Tehnologii de relocare

Parametrii geomecanici ai sterilelor de procesare joacă un rol esențial în relocarea iazurilor de decantare, în perspectiva conformării la standardele de siguranță, a creării unui mediu operațional sigur pentru lucrători și a selectării tehnologiei de relocare. Sterilele de procesare uscate sau aproape uscate, vor necesita tehnologii de relocare diferite față de cele aplicabile materialului lichid, păstos sau nămolos, cu implicații asupra costurilor operațiunii de relocare.

În vederea evaluării proprietăților de sedimentare ale sterilelor de procesare după depunerea lor în noul amplasament, este necesară cunoașterea proprietăților geomecanice, în special a distribuției granulometrice și conținutului de apă.

Sterilele slab consolidate uscate pot fi excavate și transportate cu mijloace mecanice. Deoarece în cele mai multe cazuri, sterilele de la uzinele de procesare a

substanțelor minerale utile conțin fracții fine care sunt predominant lichide, păstoase sau nămoase, excavarea, transportul și reddepunerea acestora ridică mult mai multe probleme și pot fi mult mai costisitoare.

Pot fi folosite următoarele sisteme de transport:

- excavare mecanică (excavatoare, buldozere, încărcătoare frontale) și vehicule de transport,
- excavare mecanică (excavatoare, buldozere) și transport feroviar (vagoane descoperite, containere),
- excavare mecanică (excavatoare, buldozere, încărcătoare frontale) și transport în sistem tubular,
- excavare hidraulică, transport prin pompe de tulpureală, depunerea tulpurelii, sedimentarea sterilelor și îndepărtarea apei.

4. Gospodărirea apelor

4.1 Separarea efluenților contaminați și necontaminați

În vederea separării fluxurilor de ape necontaminate de exfiltrațiile contaminate, se vor utiliza măsuri de deviere a apelor (șanțuri de deviere, colectarea apelor de șiroire etc.).

Obiectivul acestor măsuri este de a:

- proteja apele curate de orice contaminare care ar putea surveni prin amestec cu efluenți poluați sau cu apa supernatantă din iazurile de decantare;
- minimiza volumul de apă care urmează să fie epurat.

4.2 Epurarea apelor

Importanța gospodării apelor derivă în primul rând din perioada îndelungată de timp necesară epurării apelor în zona haldelor de roci sterile sau a iazurilor de decantare.

Exfiltrațiile din corpul haldelor de roci sterile și a iazurilor de decantare sunt caracterizate prin următoarele:

- Debitele de curgere sunt determinate de sistemele de acoperire și, în timpul consolidării, de procesele hidraulice care se desfășoară în corpul sterilelor de procesare sau al rocilor sterile haldate. În cazul rocilor sterile, atât debitele cât și caracteristicile chimice se pot modifica rapid în timp, mai ales ca urmare producerii unor precipitații abundente.
- În mod similar, concentrațiile de contaminanți depind de reacțiile chimice care se produc în corpul de rocă sterilă și/sau de calitatea apei din porii sterilelor. Datorită compoziției adesea complexe a exfiltratului, soluțiile de epurare existente ar putea să nu fie aplicabile, fiind necesară adaptarea unor tehnologii.

Apa supernatantă va fi îndepărtată din iazul de decantare înainte de închidere. Eliminarea lacurilor de decantare necesită de regulă epurare, înainte ca acestea să poată fi descărcate în mediu. Aceste ape pot fi caracterizate adesea ca având concentrații ridicate de contaminanți relevanți din punct de vedere geologic. Deși ar putea exista interesul unei îndepărtări rapide a apei supernatante din lacul de decantare, astfel încât să poată fi depusă o copertă intermediară pe suprafața de sterile de procesare, necesitând o stație de epurare cu o capacitate nominală suficientă, tehnologia de epurare trebuie să fie suficient de flexibilă pentru a face față modificărilor de compoziție chimică ale apei supernatante și, pe termen lung, ale apei de exfiltrație prin corpul barajului, în cazul în care se stabilește că și aceasta din urmă trebuie epurată.

Tehnologiile de epurare a apelor pot fi grupate în două categorii principale:

- Epurare convențională „activă” prin utilizarea unor stații care necesită un volum considerabil de întreținere, personal, energie și materiale consumabile.
- Epurare în sisteme cu un nivel scăzut de întreținere (adesea numite „pasive” sau „semi-pasive”), bazate pe procese naturale cum ar fi reducerea microbiană a sulfatului sau biosorbția, și proiectate să funcționeze în general, ca sisteme cu autoreglare proprie.

Într-o formă simplificată, se poate afirma că sistemele convenționale de epurare utilizate în cadrul unor proiecte de închidere, devin din ce în ce mai puțin eficiente deoarece în timp, acestea ajung să epureze efluenți cu un conținut din ce în ce mai scăzut de contaminanți, utilizând însă tehnologii grevate de o proporție însemnată de costuri fixe (personal, energie), cu o scădere neînsemnată în timp a costurilor variabile.

Strategia de epurare pe termen lung trebuie să țină seama atât de evoluția cantității cât și de evoluția calității apei în timp. Date fiind costurile generale ridicate ale epurării apelor în faza de închidere și de post-inchidere, o motivație puternică în sensul utilizării sistemelor pasive de epurare, o constituie reducerea costurilor pe termen lung prin introducerea sistemelor cu autosusținere, necesitând un volum minim de personal și materiale consumabile.

5. Bibliografie

[1] Tremblay, G.A.: The Canadian Mine Environment Neutral Drainage 2000 (MEND 2000) Program.- In: Proceedings of the 5th International Conference on Acid Rock Drainage, Denver, 2000, 33-40

[2] Design Guide for the subaqueous disposal of reactive Tailings in constructed impoundments.- MEND-Report 2.11.9 (MEND 1998)

[3] Best Management Practices in Mining; state of Nevada, Nevada Division of environmental protection, http://ndep.nv.gov/bwqp/bmp/chap_9.pdf

[4] Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities. European Commission, Directorate General JRC Joint Research Center, Institute for Prospective Technological Studies, Technologies for Sustainable Development, European IPPC Bureau, Final Report, July 2004