

РЕЦИКЛАЖА И ОДРЖИВИ РАЗВОЈ

UDK 622.271.4:626.877

Стручни рад

Технички факултет у Бору Универзитета у Београду, В. Ј. 12, 19210 Бор, Србија
Катедра за минералне и рециклажне технологије
Тел. +381 30 424 555, 424 556, Фак. +381 30 421 078

**МЕТОДЕ РЕКУЛТИВАЦИЈЕ ПРОЛОМА, УЛЕГНУЋА И ЈАЛОВИШТА
НАСТАЛИХ ПОДЗЕМНОМ ЕКСПЛОАТАЦИЈОМ МИНЕРАЛНИХ СИРОВИНА**

**RECOLTIVATION METHODS OF IRRUPTIONS, SUBSIDENCES AND HEAPS CAUSED
BY UNDERGROUND EXPLOITATION OF MINERAL ORES**

Миодраг Миљковић

Технички факултет у Бору, В. Ј. 12, 19210 Бор, Србија

ИЗВОД

Ако се експлоатација великих плитких лежишта минералних сировина врши методама са зарушавањем, у оквиру експлоатационог поља долази до формирања земљишта и формирања пролома или корита слегања терена. Проломи и улегнућа деградирају земљину површину, тло, утичу на режим вода, флору и фауну и естетски изглед подручја, па се мора приступити рекултивацији земљишта у циљу даљег коришћења у привредне сврхе и смањења штета због откупа и надокнада држави.

Кључне речи: рекултивација, пролом, улегнућа, подземна експлоатација

ABSTRACT

If exploitation of big shallow mineral ores layers is done by cave in methods, in the area of exploitation field occur earth and irruption forming or forming of mining subsidence trough. Irruptions and subsidence's degrade earth surface, ground, influencing on water regime, flora and fauna and the esthetics of the area, demanding to recultivate soil for further use in production and decreasing the losses in governmental taxes and fees.

Key words: recultivation, irruption, subsidence's, underground mining

Особа за контакт:

УВОД

И рудници са подземном експлоатацијом минералних сировина угрожавају еколошке факторе животне средине: земљиште, надземне и подземне воде и ваздух. Посебно је изражено угрожавање земљине површине, тла у експлоатационом пољу рудника, па су због тога рудници у обавези да у току и по све завршене експлоатације лежишта минералних сировина деградирано земљиште приведу

култури, односно, да му врате ранији привредни потенцијал.

Рудници са подземном експлоатацијом минералних сировина заузимају земљиште индустријским објектима, инфраструктурним објектима, јаловиштима, па и насељима. Обим заузетог земљишта (стављен ван функције) у рудницима са подземном експлоатацијом у Србији је дат у прегледним табелама 1 и 2.

Табела 1. Деградиране површине у рудницима са подземном експлоатацијом метала

Назив	Објекти	Јаловишта флот.	Остало
Рудник Рудник	50	80	20
Рудник Леце	30	50	30
Рудник Стари трг	150	250	300
	230	380	350
Рудници бакра Бор	950*	1082	650
Укупно	1180	1462	1000*

* објекти и раскривка ** копови

РЕКУЛТИВАЦИЈА ДЕГРАДИРАНОГ ЗЕМЉИШТА

Под рекултивацијом деградираних површина подземном експлоатацијом минералних сировина подразумева се низ комплексних радова усмерених на успостављање продуктивности или раније вредности експлоатацијом оштећеног земљишта, а и на побољшање економских и естетских услова животне околине. Устав СРЈ и Републички закон о рударству обавезују рударска предузећа да још у фази пројектовања, у току и након експлоатације лежишта, предузимају мере за очување животне околине и привођење култури деградираног земљишта и рудничких јаловишта.

Начини и поступци рекултивације земљишта се разликују у зависности од карактера деградираног земљишта, локалних географских, хидролошких, климатских и

привредних услова. Сви поступци рекултивације земљишта могу да се сведу на две фазе:

- техничка фаза (рекултивација),
- биолошка фаза (рекултивација).

У техничке поступке или техничку етапу рекултивације земљишта спада припрема земљишта за коришћење у привредне сврхе или уређење ради очувања сигурносних и естетских вредности животне околине. Земљиште у оквиру пролома стена, улегнућа или јаловиште може се припремити равнањем, насипањем, формирањем стабилних косина и тераса, прекривањем неплодног земљишта и стена хумусним слојем, изградњом путева, хидротехничких и мелiorационих објеката, ограда итд.

У биолошку фазу рекултивације земљишта (пролома јаловишта) на коме је извршена техничка рекултивација, спадају мере за успостављање плодореда и избор култура за узгајање. У ове мере спада комплекс биотехничких и фитомелиоративних мера за обнављање флоре и фауне на земљишту, односно, формирање екосистема.

Рељеф деградираниог земљишта рударским радовима, квалитет земљишта, клима подру-

чја, хидрологија терена и стање других еколошких фактора условљавају и начин извођења радова на рекултивацији и начин коришћења деградираних површина. Терасе пролома, јаловишта или улегнућа могу се користити за узгој шума, воћњака и винограда. Корита (дна) улегнућа, ако су водонепропусна, могу се користити за формирање језера, развој рибарства и туристичке привреде.

Табела 2. Деградиране површине земљишта у рудницима угља са подземном експлоатацијом

Р. бр.	Рудник	Укупно	Под.инд.обј	Под инд.обј.	Под старим јал.	Под акт. јал.	Остало
		ха	ха	ха	ха	ха	
1	Вршка чука	41.7657	2.6499	7.2315	10.3742	0.6110	20.8991
2	Ибарски рудници	57.7430	6.9423	23.8853	4.2500	13.1746	9.4908
3	Рембас	158.2931	12.3928	35.0000	1.0000	1.8845	108.0158
4	Боговина	92.7556	12.8065	29.5917	8.7743	8.6400	32.9431
5	Соко	79.6500	6.2300	2.4700	-	3.2400	67.7100
6	Јасеновац	6.8000	2.7000	0.0608	-	0.7000	3.3392
7	Лубница	31.2130	3.5600	1.5700	2.0000	1.8000	22.2830
8	Штаваљ	18.4893	6.5000	-	3.0000	-	8.9893
9	Алексинач	147.1572	27.2040	30.3752	34.1800	-	55.3080
	Укупно	633.8669	80.9855	130.1845	53.5785	30.0501	329.0683

ТЕХНИЧКА РЕКУЛТИВАЦИЈА ПРОЛОМА ЗЕМЉИНЕ ПОВРШИНЕ У РУДАРСКЕ ОТКОПЕ

При подземној експлоатацији лежишта руда метала методама са зарушавањем у чврстим стенама (коэффициента чврстоће $f > 5$) и при релативно малом односу (коэффициенту сигурности од пролома $K_s = H_k/m_l$) H_k кровине и m_l дебљине откопаног лежишта, долази до формирања пролома стена у празне откопе. Карактеристике пролома (деградираниог земљишта проломом) су најчешће овална форма пролома, зависно од облика откопа и орографије терена, са стенама као ивицама пролома, углом нагиба преко 45° , дном испуњеним блоковима стена разне крупноће између којих се формирају

шупљине којима обично вода продира чак до откопа у руднику.

Проломи стена изнад откопа подземне експлоатације лежишта методама са зарушавањем су најтежи (и најружнији) облик угрожавања земљине површине. Они представљају опасност за људе и животиње у животној околини. Њима се потпуно деградира земљиште и унуштава постојећи еколошки систем на локацији. Прломом се дренира и исушује шире подручје околине. Исушивање земљишта узрокује сушење трава и високог растиња. Воде које сакупља и дренира пролом стена, продиру у рудничке

просторије где могу изазвати потапање рудника и замуљивање просторија.

Обим угрожавања земљине површине проломима стена готово да је идентичан угрожавању земљине површине површинском експлоатацијом лежишта, јер се деградирање земљишта врши под угловима клизања који су тек нешто већи (за коефицијент стабилности) од углава завршних косина површинског копа. Због тога је откопавање моћних лежишта руда методама са зарушавањем кровине штетно по еколошке факторе у животној околини.

Ако је програмом (концепцијом, главним пројектом) експлоатације лежишта предвиђено откопавање са зарушавањем, онда се мора рачунати и пројектовати домет (граница) утицаја откопавања на земљину површину. Унутар те границе, зависно од динамике откопавања, формираће се зона вертикалних померања, зона тераса и зона хоризонталних померања. Слегање земљине површине изнад стрмих лежишта са чврстом кровином довешће до формирања пролома. Због тога се још са усвајањем програма (пројекта) експлоатације лежишта мора усвојити и програм (пројекат) рекултивације земљине површине. Пројекат рекултивације земљине површине оштећене рударским радовима треба да садржи следећа поглавља:

- прогноза домета утицаја подземних радова на земљину површину,
- карактер оштећења земљине површине и динамика формирања зона оштећења земљишта,
- избор начина рекултивације и коришћења у привредне сврхе деградиране површине (програм рекултивације и санације пролома),
- претходна техничка припрема површине за будућу рекултивацију по усвојеном програму,
- техничка рекултивација површине у току деградирања или по завршетку експлоатације лежишта,

- избор опреме за рад, техничка упутства и трошкови рекултивације,

- билошка рекултивација према усвојеном програму,

- укупни трошкови техничке и билошке рекултивације,

- прогноза приноса и економске ефикасности изведене рекултивације,

- трошкови и добит сведени на тону произведене руде.

У литератури су разрађене методе прогнозе домета и карактера оштећења земљине површине. Избор начина рекултивације деградираног земљишта зависи од карактера деформација и вредности површине, могућности активирања површине за даље профитабилно коришћење и локалних прилика у подручју. Увек ће се настојати да се задовоље сигурносни, естетски и економски захтеви.

У зависности од изабраног начина рекултивације често је потребно да се изврши предходна припрема површине за будућу техничку и биолошку рекултивацију и то:

- скидањем економски вредних природних добара у оквиру зоне која ће бити оштећена. Ту спада крчење (сеча) шума, продаја и депоновање новца;

- скидањем хумуног слоја, ако се ради о плодном земљишту, и његовим одлагањем за поновно коришћење (хумус је природна вредност формирана хиљадама година). Одлагањем хумуса преко неплодног земљишта враћа се ранији потенцијал земљишта;

- девијацијом потока и река у циљу заштите вода, рудника и деградиране површине;

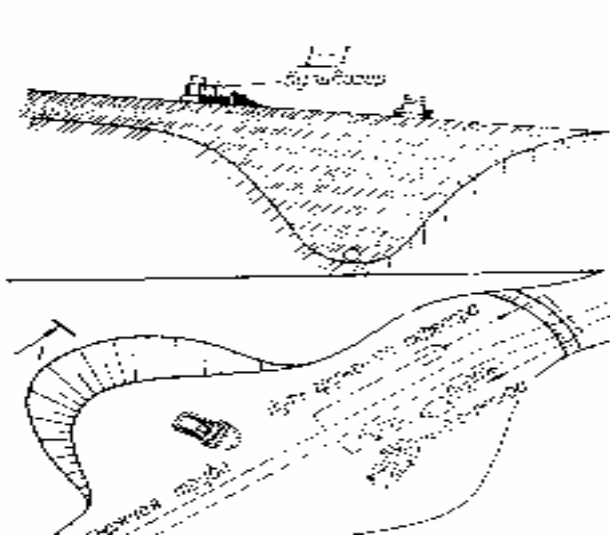
- откупом или пресељењем грађевинских објеката из зоне оштећења.

У зависности од димензија и начина залегања лежишта и изабране динамике откопавања лежишта могуће је истовремено, према динамичком плану експлоатације

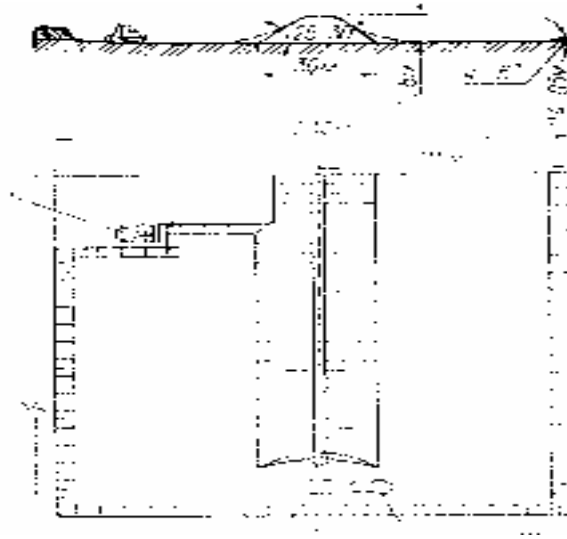
лежишта, вршити откуп земљишта на површини и раскрчавање.

По проласку радова експлоатације испод појединих делова површине и њене деградације, одмах се приступа техничкој и билошкој рекултивацији. Тако се може

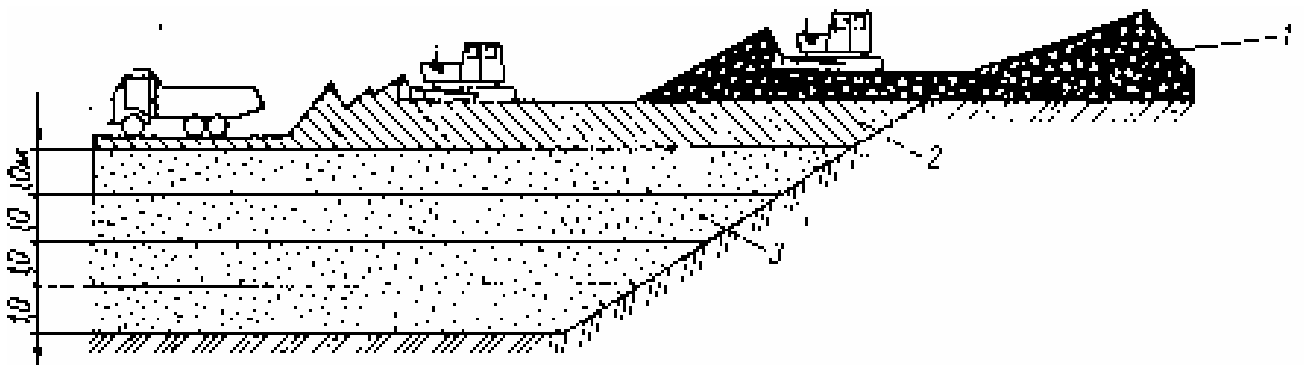
планирати годишњи корак откупа, деградирања и техничке и билошке рекултивације површине (у m^2). То је могуће код експлоатације хоризонталних и благонагнутих лежишта.



Слика 1. Шема запуњавања улегнућа



Слика 2. Шема скидања хумуса на локацији одлагалишта



Слика 3. Технологија техничке рекултивације пролома

- 1 – плодородни слој (хумус)
- 2 – потенцијално плодородни изолирајући слој
- 3 – слојеви стена јаловине из рудника

Уколико није могућа рекултивација земљишта док се не завши експлоатација лежишта, она се онда врши по обустављању радова на експлоатацији и даљем деградационој земљишта.

Проломи стена изнад створених шупљина у рудним лежиштима физички сигурносно и естетски деградирају еколошке факторе животне околине својим стрмим ивицама, дубином и блоковима стена на дну. Рекултивацији и санацији пролома кровине приступа се из сигурносних, естетских и еколошких разлога, и то обично по завршетку експлоатације у лежишту или дела лежишта. Техничка рекултивација земљишта деградационог проломима мањих димензија може се извршити запуњавањем пролома јаловином са припремних радилишта и покривањем хумусом дебљине 50–60 см (сл. 1). На тим површинама се могу подићи шуме и ливаде. Често се проломи великих димензија и површински копови могу рекултивисати запуњавањем (сл. 3). Да би се избегло замућивање и негативан утицај воде (ако се

пролом не дренира у руднику), потребно је поставити систем дренажних цеви за одржање прихватљивог режима подземних вода. Ако се на дну пролома, по затварању рудника формира језеро, онда се рекултивацији и експлоатацији пролома може да приступи са аспекта коришћења у водопривредне сврхе (језеро за туристичку привреду, водоснабдевање, риболов итд.). И у овом случају треба извршити техничку рекултивацију и припрему пролома. Она се врши уклањањем пањева, блокова стена, изолацијом каверни и шупљина и уређењем, осигурањем будућих обала (природни зидови, ограде, пошумљавање итд.).

Проломи могу остати и празни, али се на њима мора извршити делимична рекултивација смањивањем стрмина косина делимичним засипавањем или нарезивањем ниских етажа и покривањем истих хумусом у циљу коришћења у привредне сврхе, садње шума и воћњака. Дно пролома се такође може изравнати и озеленити, што све зависи од локалних прилика.

ТЕХНИЧКА РЕКУЛТИВАЦИЈА УЛЕГНУЋА НА ЗЕМЉИНОЈ ПОВРШИНИ

У улегнућима на земљиној површини насталих услед подземне експлоатације хоризонталних и благо нагнутих плитких лежишта методама са зарушавањем, могу се издвојити следеће зоне:

- зона ветрикалних померања са формирањем дна улегнућа у коме владају напони притиска па се врши сабијање порозних стена. У глиновитим стенама које се благо повијају изнад зоне зарушавања стварају се услови за заглињавање и заблаћивање зоне ако нема природног отока воде услед нагиба површине.

- зона тераса и пукотина. Она се налази око улегнућа или на висећем боку. У овој зони владају напони истезања и стварања тераса због клизања стена кровине по угловима

рушења. У овој зони долази до рушења објеката, угрожавања земљишта и постојеће флоре.

- зона хоризонталних померања. У овој зони долази до оштећења грађевинских објеката, делова и земљине површине и подземних вода због исушивања тла. Површински слој земљишта остаје очуван али се на њему мора променити култура флоре.

Због динамике подземног откопавања лежишта, деградационо површине започиње формирањем зоне тераса и улегнућа, тако да се са напредовањем радова ове зоне стално померају, повећавају, док не захвате целу површину, докле допире утицај подземних радова. Због тога се рекултивацији улегнућа може да приступи тек након завршене

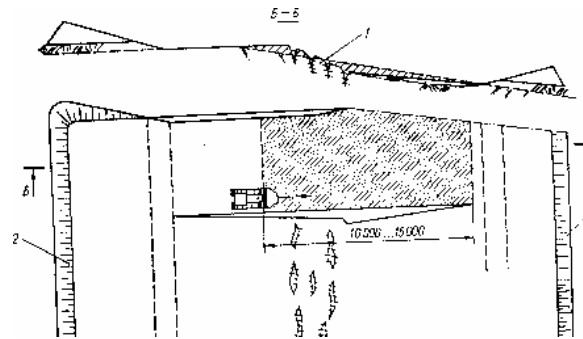
експлоатације лежишта или дела лежишта у експлоатационом пољу.

Рекултивацију плитких улегнућа на земљиној површини могуће је извршити релативно јефтино и успешно. У оквиру улегнућа сачувани су слојеви земље са хумусним слојем на површини. Ако је по ободу улегнућа у зони клизања (тераса) претходно извршено скидање хумуса, онда су обезбеђени услови за рекултивацију улегнућа и враћање претходног потенцијала земљишту. Због многих проблема заводњавања и заглињавања улегнућа, у оквиру улегнућа треба да се изведу радови за отицање атмосферских вода, а и подземних вода са бокова улегнућа. Због тога се врше мелиоративни радови у улегнућу и на боковима улегнућа.

Рекултивација зоне тераса у улегнућу врши се равнањем тераса и набацивањем хумусног слоја од раније скинутог и

складираног хумуса око улегнућа. Начин извођења рекултивације улегнућа дат је на сл. 4.

На овај начин се могу формирати обрадиве земљине површине које се могу користити за замену површина које се откупљују у новим експлоатационим пољима рудника или за формирање пољопривредне економије на руднику.



Слика 4. Шема равнања корита слегања

РЕКУЛТИВАЦИЈА ОДЛАГАЛИШТА ЈАЛОВИНЕ ИЗ ПРОСТОРИЈА ОТВАРАЊА ППС-А

Просторије отварања рудника са подземном експлоатацијом израђују се у пратећим јаловим стенама лежишта. Добијени ископ (јаловина) обично се одлаже недалеко од улаза у рудничке просторије на откупљеном земљишту за формирање јаловишта. И у каснијем рудничком руднику, просторије разраде и отварања нових поља израђују се у јаловини, па се тај јалови материјал одлаже на јаловиште. Форма и геометријски параметри одлагалишта зависе од начина њиховог формирања и карактеристика стена. Карактеристике стена и форма јаловишта одређују начин приступања рекултивацији одлагалишта по завршетку одлагања јаловине на целом одлагалишту или на његовом једном делу.

Кад ће се и како приступити рекултивацији одлагалишта јаловине из ППС-а зависи од

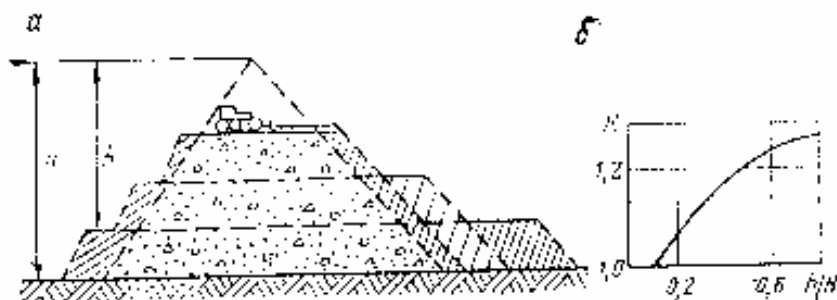
штета које одлагалиште наноси околина рудника. Те штете по околинду могу се манифестовати у естетском угрожавању околине, угрожавању околине прашином при дувању ветрова, угрожавању околине димом и гасовима са јаловишта угљених рудника (ако је помешан угаљ у јаловини самозапаљив) и угрожавању површинских вода и заузетог земљишта.

Рекултивација одлагалишта која горе или могу горети врши се тако што се врши одлагалишта равна, скида хидромонитором, а одлагалиште хлади и инјектира кречним млеком, глином и другим растворима. Равна површина и бокови одлагалишта, доведени до стабилног угла држања, покривају се земљом, глином, тако да се јалове и запаљиве стене изолују. На косинама и равној површини може се онда приступити билошкој рекулти-

вацији садњом шума, воћњака или вишегодишњих трава (детелина, луцерка, љуљ итд.).

На сличан начин се врши снижавање висине јаловишта у рудницама руда метала. Јаловина у овим јаловиштима може да се састоји од стена које садрже отровне и за флору штетне састојке (једињења сумпора,

арсена, бакра, кадмијума итд.). У циљу стабилизације косина одлагалишта јаловине и снижења његове висине и формирања заравни, врши се скидање најпре врха одлагалишта, а потом и нарезивање етажа радом булдозера према сл. 5.



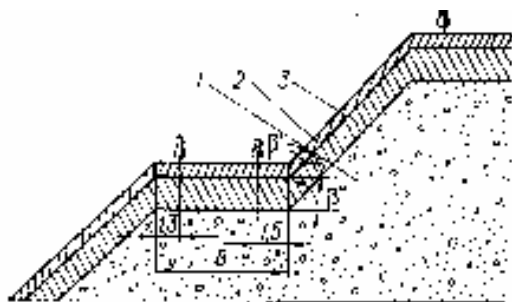
Слика 5. Технологија снижења и нарезивања етажа на одлагалишту булдозером

а) Профил одлагалишта

б) Зависност коефицијента померања стена K од h/N

Техничка рекултивација одлагалишта јаловине нарезивањем етаже врши се у слојевима високих нестабилних етажа. Најоптималнији углови нагиба одлагалишта су од $15\text{--}19^\circ$. При таквим косинама нарезивање етажа није неопходно. При угловима држања стена од 32° и више, пожељно је нарезивање етажа у циљу

спречавања котрљања комада стена. На таквим одлагалиштима висина етажа треба да износи $5\text{--}6$ m. Резултирајући угао косине одлагалишта не треба да буде већи од допуштеног стабилног угла држања. Ширина етажа износи 8 m, а саднице шумског дрвећа или воћака засађују се на растојању $1,5$ m од ножице и ивице етаже.



Слика 6. Шема уградње заштитног и плодородног слоја на равнима одлагалишта

1 – за флору шкодљиве стене

2 – плодородни слој тла

3 – екранизирајући заштитни слој

Преко непродуктивних стена или за флору штетних материјала одлагалишта наноси се екранизирајући, заштитни слој дебљине до 1 m, а преко њега продуктивни хумусни слој. За садњу шума довољно је хумус нанети у јамама ископаним у екранизирајућем слоју (сл. 6).

На рекултивираним равним површинама засађују се саднице шумског дрвећа за подручје Србије. То могу бити све врсте храста (посебно црвени), затим црни бор, бреза, јасен итд.

За спречавање ерозије одлагалишта, поред озелењавања, потребно је извршити и специјалне хидротехничке захвате. Нагиб нарезаних етажних тавни тр ба да буде 2 % и орјентисан према одложеном материјалу. У сувим пределима за успешни старт садница

воћака или шумских садница пожељно је располагати водоводом индустријске воде за залевање.

Рекултивација коничних и слеменастих одлагалишта у циљу спречавања њиховог штетног деловања на околину може да се изврши на следеће начине:

- озелењавањем одлагалишта без њиховог преформирања (промене облика),
- преформирањем одлагалишта и озелењавањем,
- разграђивањем одлагалишта и превозом стена у улегнућа и проломе стена на другим локацијама,
- разграђивањем одлагалишта и коришћењем стена за израду блокова, покривање путева итд.

РЕКУЛТИВАЦИЈА БРАНА И ОГЛЕДАЛА ФЛОТАЦИОНИХ ЈАЛОВИШТА

Поред многих рудника руда метала, осим одлагалишта јаловине из просторија отварања и разраде лежишта у увалама и другим подесним местима, формирају се одлагалишта јаловине из погона припреме минералне сировине (најчешће флотационе јаловине). На месту формирања одлагалишта флотационе јаловине потребно је скинути хумусни слој земље дубине 25–30 cm и рашчистити шуме и пањеве. На доњем делу одлагалишта се изграђује стар на бр на и колектор за уклањање вишка преливне воде и дренажа бране. После тога може да отпочне складирање јаловине и подизање бране од циклонираних флотационе јаловине.

Бране одлагалишта представљају извор загађења еколошких фактора животне околине. Јаловиште заузима земљиште, а преливне и подземне воде са јаловишта загађују површинске водотокове. У данима са брзинама ветра преко $V = 2 \text{ m/s}$ долази до абразије брана флотацијских јаловишта и узвитлавања огромних облака прашине.

Облаци прашине ношени ветром загађују земљиште, воде и ваздух на великим растојањима (10–15 km).

Да би се спречила еолска ерозија (абразија) брана одлагалишта, потребно је да се врши слепљивање, цементирање површинског слоја бране. То се може вршити набацивањем воденог стакла, зеолита, па и цементног раствора у флотациони циклонирани муљ. Век трајања оваквих кора на одлагалишту није дуг, а оне могу отежати озелењавање брана након коначног формирања одлагалишта.

Искуства из Бора, са брана флотацијских одлагалишта, показала су да на бранама које се изграђују у узводном поретку, успешно може да се изврши спречавање узвитлавања прашине ветром, ако се преко флотационе јаловине нанесе слој земље дебљине 15–20 cm и засеје травом. Земљиште се мора ђубрити, а у сушном периоду и заливати. Брана убрзо озелени, а коренов систем биљака и стабљике спречавају абразију бране јаловишта.

ОЦЕНА НАЧИНА РЕКУЛТИВАЦИЈЕ ДЕГРАДИРАНИХ ПОВРШИНА ЗЕМЉИШТА

Од правилног избора циља рекултивације земљишта зависе и методе рекултивације, трошкови и економски ефекти коришћења земљишта у привредне сврхе. Упоредна оцена начина рекултивације земљишта и успостављања привредног потенцијала може бити извршена на основу трошкова за подизање тог потенцијала и економских ефеката који ће се реализовати током коришћења. Економски ефекти рекултивације се могу ценити и на основу сузбијања штета које би настале услед постојања извора нарушавања еколошких фактора животне околине. Према томе, потребно је утврдити не само трошкове за рекултивацију природног потенцијала већ и ефекте који ће се добити при његовом даљем коришћењу.

Приликом оцењивања ефикасности коришћења земљишта у оквиру експлоатационог поља рудника, полази се од штета које је рудник имао због откопа земљишта и надокнаде за некоришћење пољопривредног земљишта и користи која се може остварити рекултивацијом земљишта.

$$E_R = -T + K \text{ (din/t)},$$

где су:

E_R – ефикасност изведене рекултивације на земљишту (din/t),

T – трошкови откупа и блокирања земљишта (штете за привреду и рудник) у din/t,

$$T = \frac{\sum S_{vi} \cdot C_{vi} + \sum S_{vi} \cdot N}{Q_R} \text{ (din/t)},$$

где су:

Q_R – количине комерцијалних резерви руде које ће се добити или су откопане испод деградираниог земљишта (t),

$\sum S_{vi}$ – површине i -те класе земљишта (m^2)

C_{vi} – тржишна вредност (откупна) i -те класе земљишта (din/ m^2)

N – надокнада за коришћење пољопривредног земљишта у непривредне сврхе (din/m), (према члану 10, став 2 Правилника о коришћењу земљишта Сл. Гласник РС бр. 46/95), а надокнада се утврђује у висини катастарског прихода за то земљиште и то за:

I класу 500 - струки катастарски приход,

II класу 400- струки катастарски приход,

III класу 300- струки катастарски приход,

IV класу 200- струки катастарски приход,

VI, VII, VIII класу 100-струки катастарски приход.

$$N = P_R \cdot (T_y - T_{PR}) \cdot n_G \text{ (din/m}^2\text{)}$$

K – добит (корист) од изведене рекултивације на деградираним земљишту у циљу даљег коришћења и смањивања штете учињене на земљишту (еколошком фактору околине) у din/t. Рекултивацију треба извести одмах. Добит од изведене рекултивације одређује се по формули:

$$K = \frac{\sum S_{vi} \cdot (E_i - T_R)}{Q_R} \text{ (din/t)},$$

E_i – добит на рекултивисаном земљишту (din/ m^2)

$$E_i = (n_G - n_S) \cdot (T_v - T_{PP}) \cdot P_p \text{ (din/m}^2\text{)},$$

P_R и P_p – продуктивност земљишта пре оштећења и после рекултивације (kg/ m^2)

T_{PR} и T_{PP} – трошкови (улагања у производњу) пре и после рекултивације (din/kg)

T_v – тржишна вредност добијеног производа (din/kg)

$(T_v - T_{PP})$ – добит са земљишта пре оштећења, (din/ m^2)

n_G, n_S – број година за који је плаћена надокнада и број година стварног некоришћења земљишта

T_R – трошкови рекултивације земљишта (din/m^2). Они се добијају по формули:

$$T_R = (C_T - C_b) (\text{din}/\text{m}^2),$$

C_T, C_b – трошкови техничке и биолошке рекултивације (din/m^2). Они се рачунају на основу утрошеног материјала, енергије и људског рада на некој површини S (m^2).

$$C_b \text{ или } C_T = (M + E + R + A) / S (\text{din}/\text{m}^2),$$

где су:

M – трошкови материјала (садница, ђубрива),

E – трошкови енергије (горива, струје итд.),

ЗАКЉУЧАК

Постоји велики број могућности рекултивације земљишта деградираног подземном експлоатацијом лежишта. Који ће начин рекултивације бити изабран, зависи од карактеристика тла, облика деградираног земљишта и трошкова рекултивације, односно добити која се може остварити од деградираног земљишта након његове рекултивације у циљу коришћења у привредне сврхе.

На основу детаљног израчунавања могућности рекултивације земљишта и извођења техничке и биолошке рекултивације, деградирано земљиште може бити чак и извор прихода за рударско предузеће. На тај начин

R – издаци за радну снагу за припрему терена или подизање засада,

A – отплата (амортизација) машина (рекултивацију могу вршити и специјализована предузећа са својом опремом).

Трошкови рекултивације земљишта су велики ако изостане добит са рекултивираниог земљишта, односно ако је K негативно. У неким случајевима рекултивацијом се могу покрити штета учињена на земљишту и трошкови откупа земљишта, па чак и део трошкова производње руде, а може се и повећати вредност лежишта.

На сличан начин може бити одређена добит од рекултивисаног земљишта ако се оно користи у друге сврхе (за развој туристичке привреде око језера или остваривања прихода од издавања изграђених зграда у закуп). Према томе, увек постоји могућност рационалног газдовања земљиштем.

може се смањити, односно надокнадити део трошкова откупа земљишта и надокнаде држави за некоришћење пољопривредног земљишта.

У претходним редовима су дати поступци рекултивације различитих облика деградираног земљишта и математички модели за одређивање ефикасности изведене рекултивације према законодавству Србије на крају XX века. Нови закони и ставови државе према природним вредностима земље утицаће на измену предложене методологије пројектовања и оцене пројеката везаних за екологију и заштиту животне средине.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лашић Р., Маркшић Х., „Заштита животне средине за IV разред средњег

образовања“, Завод за издавање уџбеника, Београд, 1983. год.

2. Поповић Н., „Научне основе пројектовања површинских копова“, „Веселин Маслеша“, Сарајево, 1975. год.
3. Миљковић М., Стојковић З., „Утицај површинске експлоатације руда на еколошке факторе животне околине“, Технички факултет Бор, 1998. год.
4. Турчинов М., Каспаријан Р. В., „Основи механики горних“, „Недра“, Ленинград, 1989. год.
5. Група аутора, „Локализација пустот при подземној добиће руди“, „Недра“ Москва, 1983. год.
6. Група аутора, „Сигурност и техничка заштита у рударству“, Тузла, 1987. год.
7. Миљковић М., „Прогноза деформација земљине површине при добијању дубоких масивних неслојевитих лежишта“, Зборник „Наша еколошка истина V“, Кладово, 1996. год.
8. Владимир П., Андреја Л., „Припрема одлагалишта површинског копа за потребе рекултивације“, Техника бр. 10. 1987. год.
9. Попов И., Хемкин А. Ф., „Маркшејдерске работи при рекултивацијина горних предпријатијах“, „Недра“ Москва, 1984. год.
10. Правилник о коришћењу пољопривредног земљишта (Сл.Гласник РС бр. 95)