



(12)

BREVET DE INVENȚIE

- (21) Nr. cerere: **a 2020 00543**
- (22) Data de depozit: **27/08/2020**
- (45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/02/2023** BOPI nr. **2/2023**

(41) Data publicării cererii:
29/01/2021 BOPI nr. **1/2021**

(73) Titular:
• **DUNCA EMILIA-CORNELIA,**
STR.AVIATORILOR, BL.62A, SC.1, AP.5,
PETROȘANI, HD, RO;
• **SÂRBU ROMULUS IOSIF, STR. UZINEI,**
NR.14, PETROȘANI, HD, RO

(72) Inventatori:
• **DUNCA EMILIA-CORNELIA,**
STR.AVIATORILOR, BL.62A, SC.1, AP.5,
PETROȘANI, HD, RO;
• **SÂRBU ROMULUS IOSIF, STR. UZINEI,**
NR.14, PETROȘANI, HD, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:
E-C. DUNCA, D-I CIOLEA, M.
GEORGESCU, A. MATEI, R. MATEI, S.
MANGU, "USE OF AQUATIC VEGETATION
FOR THE TREATMENT OF MINE ACID
WATERS IN THE MINE BRAD", JOURNAL
OF THE POLISH MINERAL ENGINEERING
SOCIETY, 2019; C. ZIPPER, "PASIVE
TREATMENT OF ACID-MINE DRAINAGE",
VIRGINIA COOPERATIVE EXTENSION,
2018; R. S. HEDIN, G. R. WATZLAF ȘI R
.W. NAIRN, "PASIVE TREATMENT OF
ACID MINE DRAINAGE WITH
LIMESTONE", J. ENVIRON. QUAL.
VOL. 23, PP. 1338-1345, 1994

(54) **PROCEDEU ȘI INSTALAȚIE DE EPURARE A APELOR ACIDE
DE MINĂ**



RO 134696 B1

1 Prezenta invenție se referă la un procedeu și la o instalație de epurare a apelor acide
2 de mină, cu o mare încărcare în poluanți și suspensii, formate din ape subterane de
3 zăcământ, infiltrații, scurgeri de suprafață, lixivierea mineralelor din rocile înconjurătoare etc.,
4 care la un loc formează pâraie și părăsind perimetrul minier, se constituie în surse majore
5 de poluare.

6 Se cunosc numeroase procedee și instalații, care în principal au dezavantajul unor
7 suprafețe mari ocupate, investiții importante și dificultăți în exploatare și mentenanță, iar
8 eficiența de epurare este relativ scăzută datorită, în principal, construcției acestor instalații
9 în care influența curge în strat subțire, la suprafață, fără a fi obligat să treacă prin patul
10 artificial de calcar, folosit aproape în toate instalațiile de acest gen.

11 **E-C. Dunca, D-I Ciolea, M. Georgescu, A. Matei, R. Matei, S. Mangu**, în **“Use of**
12 **Aquatic Vegetation for the Treatment of Mine Acid Waters in the Mine Brad”**, **Journal**
13 **of the Polish Mineral Engineering Society, iulie-decembrie 2019**, descriu utilizarea vege-
14 tației acvatice pentru tratarea apelor acide de mină. Este specificat un tratament pasiv al
15 apelor de mină care constă din sisteme construite sub formă de zone umede anaerobe care
16 constau din utilizarea unui material organic de 30-60 cm peste carbonat de calciu 15-30 cm
17 sau prin introducerea amestecului de material organic în carbonatul de calciu la o adâncime
18 de 50-100 cm. Pe aceste zone umede s-a plantat papură sau altă vegetație acvatică. Apele
19 acide de mine sunt inițial supuse unei operații de decantare.

20 De asemenea, **C. Zipper**, **“Passive treatment of acid-mine drainage”**, **Virginia**
21 **Cooperative Extension, 2018** se referă la tratarea pasivă a apelor acide de mină în zone
22 umede aerobe sau anaerobe prevăzute cu material organic și respectiv material organic
23 peste carbonat de calcar în care s-a plantat papură sau altă vegetație acvatică.

24 **R.S. Hedin, G.R. Watzlaf și R.W.Nairn**, în **“Passive treatment of acid mine**
25 **drainage with limestone”**, **J. Environ. Qual. 23:1338-1345, (1994)** se referă la tratarea
26 apelor de mină prin trecerea lor printr-un pat de carbonat de calcar care reduce aciditatea
27 și favorizează precipitarea metalelor care contaminează apele în zonele umede care
28 urmează etapei de trecere prin carbonatul de calciu

29 Invenția de față înlătură dezavantajele menționate, prin aceea că, procedeu propus,
30 constituie un ansamblu de procese unitare de epurare incluse în două stadii distincte:

31 - stadiul primar, constituit din captarea apei brute, tratarea cu reactivi chimici neutrali-
32 zanți și coagulanți, decantarea fazei solide și tratarea nămolului, prin sisteme în sine
33 cunoscute și,

34 - stadiul secundar, constând în îndepărtarea metalelor grele și neutralizarea acidității
35 prin trecerea efluentului primului stadiu, printr-o baterie de celule de fitoextracție, folosind în
36 acest scop celule cu pat artificial de calcar granulat stratificat și un strat organic fertil în care
37 se dezvoltă o vegetație specifică de rogoz, care are proprietatea de a reține și metaboliza
38 metalele grele.

39 În final apa epurată la nivelul exigențelor ecologice actuale se deversează în emisar.
40 Periodic, partea aeriană a vegetației este recoltată și incinerată în condiții speciale de
41 protecție a mediului înconjurător cu posibilitatea recuperării elementelor utile.

42 Avantajele pe care le prezintă invenția sunt următoarele:

43 - asigură un grad de epurare ridicat al poluanților din apa reziduală în limitele
44 următoarelor valori:

- 45 - între 6,7...8,4 unit. pH pentru pH;
- 46 - între 85,00...94,4% la suspensii;
- 47 - între 80,00...90,00% la conductivitate;

RO 134696 B1

- între 80,00...90,00% la sulfat;	1
- între 99,54...99,77% la fier total;	
- între 99,71...99,85% la zinc;	3
- în proporții asemănătoare și la ceilalți poluanți;	
- simplificarea treptei de bioacumulare atât ca dimensiuni, cât și sub raportul consumurilor energetice, deoarece nici decantorul vertical și nici celulele de fitoextracție nu au piese în mișcare, iar alimentarea celulelor de jos în sus se realizează prin dispunerea lor în cascadă.	5
	7
Performanțele superioare ale acestui procedeu se explică prin aceea că, hidroxidul de calciu folosit în dublă calitate de coagulant și neutralizant, pe lângă destabilizarea soluției coloidale, reacționează cu sulfatul din apa brută formând sulfatul de calciu care precipită sub forma unor flocoane mari care adsorb la suprafața lor și substanțe care în mod obișnuit nu se precipită prin coagulare, comportându-se astfel ca acceleratori de coagulare, iar prin reglarea corespunzătoare a vitezei ascensionale a apei, se asigură formarea patului filtrant în decantorul vertical, pe de o parte, iar folosirea rogozului ca plantă bioacumulatoare, asigură reducerea conținutului de metale grele până la valorile admise de normele în vigoare, pe de altă parte.	9
	11
	13
	15
	17
În continuare, se dă un exemplu de realizare a invenției, cu referire la fig. 1 care reprezintă instalația de epurare a apei, conform invenției.	19
Instalația constă dintr-o captare I, care este o construcție din beton armat bicamerală, amplasată perpendicular pe fluxul apei 1. În prima cameră - cămin de captare - 2, prevăzută frontal și în tavan cu grătare lamelare sau din tablă ștanțată cu ochiuri de 10 mm 3, care rețin corpurile materiale grobe, se acumulează întreaga cantitate de apă reziduală brută. În a doua cameră 4 - a pompelor - se montează două pompe centrifuge 5 (una de rezervă), care refulează apa brută în decantorul vertical II. Tot în această cameră se poate amenaja și stația de prelucrare și dozare a reactivilor 6, sisteme în sine cunoscute.	21
	23
	25
Decantoarele verticale cu pat fluidizat (II) sunt de formă cilindro-conică, prin care apa circulă de jos în sus. Decantoarele verticale se utilizează în locurile unde nu există spațiu suficient și numai în cazul instalațiilor mici (până la circa 15000 m ³ /zi respectiv 625 m ³ /h) la o funcționare continuă de 24 h pe zi.	27
	29
Apa brută - influentul - refulată de pompa centrifugă 5 ajunge în tubul de alimentare al decantorului 7 care comunică cu tubul central 8 scufundat la o adâncime bine determinată, astfel încât întâlnind deflectorul conic să se constituie într-un curent radial ascendent cu o viteză (u) mai mică decât viteza de sedimentare (v ₀) stabilită experimental prin teste de sedimentare, respectându-se astfel în fiecare secțiune condiția $u \leq v_0$. În acest scop în fluxul apei brute se dozează reactivul coagulant și neutralizant, hidroxidul de calciu, soluție 1% cu un consum specific de 5-12,5 x 10 ⁻³ kg/m, realizându-se astfel, amestecarea reactivului cu apă brută, până la părăsirea tubului central. În aceste condiții, toate particulele distincte sau flocculate, caracterizate prin viteza limită de cădere v ₀ < u vor sedimenta în contracurent, acumulându-se la baza decantorului, zonă numită pâlnia de nămol, notat cu N, formând produsul îngroșat. Toate particulele cu viteza v ₀ < u vor fi antrenate în preaplinul decantorului sub formă de lichid limpede, L. Particulele discrete sau flocculate cu v ₀ = u vor forma un strat (pat) fluidizat, notat cu PF, într-un oarecare echilibru hidrodinamic, care constituie un filtru în calea particulelor și flocculelor ascendente, asigurând în acest fel un grad avansat de limpezire. Sigur că din această cauză patul fluidizat se va îngreuna și periodic din el se va rupe un strat care se va acumula în pâlnia de nămol, N. Apa limpezită este colectată într-un jgheab periferic - rigolă de preaplin 9, iar depunerile colectate în pâlnia de nămol se evacuează continuu sau intermitent printr-o conductă de sifonare 10.	31
	33
	35
	37
	39
	41
	43
	45
	47

RO 134696 B1

1 La o funcționare normală și continuă cele două produse ale limpezirii trebuie eli-
3 minate continuu. Astfel, lichidul limpede acumulat în preaplinul decantorului constituie ali-
mentarea treptei de fitoextracție, iar îngroșatul din decantorul vertical, în funcție de conținutul
5 de elemente prioritar periculoase și/sau utile, precum și de posibilitățile de separare -
valorificare, pe de o parte și de terenul disponibil pentru aceste construcții și anotimp, pe de
7 altă parte, se supune operației de desecare avansată în centrifuge de desecare **IV** și/sau pe
platforme de uscare **V**, procedee în sine cunoscute. În ambele cazuri materialul desecat
9 până la umiditatea care permite transportul acestuia în deplină siguranță se depozitează
temporar, într-un deponeu special amenajat, iar supernatantul centrifugei, precum și lixiviatul
platformei de uscare se recirculă în alimentarea primei celule de fitoextracție.

11 Preaplinul decantorului vertical împreună cu supernatantul centrifugei și/sau lixiviatul
patului de uscare, constituie alimentarea bateriei de celule de fitoextracție **III** alcătuită din trei
13 celule de biosorbție și fitoextracție.

15 Volumul, respectiv suprafața fiecărei celule crește progresiv dinspre alimentare spre
evacuare realizându-se astfel o scădere a vitezei ascensionale de parcurgere a straturilor
de calcar și sol fertil, care susțin vegetația cu proprietăți acumulative de metale grele.

17 O celulă de fitoextracție, pentru a-și îndeplini funcția de biosorbție se compune dintr-
un vas cilindro-conic în care influentul pătrunde pe la partea de jos **19** astfel încât să treacă
19 forțat, cu o viteză mică, prin interspațiile create de granulele din patul de calcar **20**, dispuse
în trei straturi succesive, în ordine descrescătoare a dimensiunii granulelor, care permite
21 realizarea schimbului ionic, reglarea pH-ului și reținerea unor ioni ai metalelor grele. Pentru
realizarea unei repartizări granulometrice uniforme, indiferent de înălțimea patului de calcar,
23 se respectă următoarele proporții:

25	Clasa granulometrică [mm]	Cantități procentuale [%]
	4-10	17
27	10-20	28
	20-40	55
29		100

31 Suprafața specifică obținută, cu rol determinant în schimbul ionic, este de 3 m²/kg,
iar porozitatea totală este de 3%.

33 Peste patul de calcar se dispune stratul biologic, constituit din sol fertil **21** și o plan-
tație de plante bioacumulative **23**. Preaplinul celulei de fitoextracție **24** constituie alimen-
35 tarea celulei următoare, în care continuă procesul de neutralizare și fitoextracție, iar în final
se obține apă epurată care se poate deversa în deplină siguranță în emisar, în aval de stația
37 de captare.

39 Planta testată pentru fitoextracția și bioacumularea metalelor grele din apele de mină
acide, conform invenției, este „rogozul” cu denumirea științifică de *Carex nigra*, o plantă
41 perenă care crește pe soluri nisipoase, acide, umede și parțial umbrite. Rogozul este o
plantă înaltă de peste 50 cm, are rădăcina foarte lungă, cu numeroase ramificații subțiri de
43 2-3 mm și lungi ceea ce-i oferă o bună ancorare în solul nisipos. Tulpina este triunghiulară
și dură, de culoare verde-închis, cu teci maronii bazale. Inflorescențele sunt de formă conică,
45 lungi de 3-8 cm, în nuanțe maronii-deschise. Fructele sunt de forma unor achene. Perioada
de înflorire este din luna iunie și până în septembrie. Deoarece rata de înmulțire și dezvoltare
47 a acestei plante este mare, periodic se recoltează partea aeriană și se supune operațiilor de
incinerare controlată și/sau recuperare a elementelor utile.

RO 134696 B1

Pentru controlul instalației complexe de epurare, în punctele cheie din flux se amplasează senzori **S** cu posibilitatea măsurării debitelor, valorilor *pH*-ului, turbidității și conductivității, parametrii care dau o vedere generală privind calitatea procesului de epurare. Datele prelevate de senzori sunt prelucrate în stația computerizată de analiză, monitorizare și comandă a procesului **25**. În funcție de calitatea efluentului se reglează toți factorii de influență în proces, debit de alimentare, respectiv timpul de retenție, consum specific de reactivi etc.

Încercările efectuate în flux continuu în instalația micropilot, ilustrată în fig. 2, care respectă întru totul principiul hidrodinamic și procedeul descris anterior, analizele fizico-chimice efectuate pe probe prelevate din influent, efluent și sediment, precum și determinările stereomicroscopice asupra structurii țesuturilor vegetale, au demonstrat veridicitatea soluției propuse și eficiența ridicată de epurare în cele două stadii. Astfel, eficiența de separare a suspensiilor minerale crește de la 85% prin decantare la 95% prin biofiltre, *pH*-ul crește de la valori de 3-4, cât are apa brută, la 6,5-7 prin decantare și la 8 în efluentul bateriei de fitoextracție. Referitor la metalele grele Pb, Fe, Cu, Zn, Co, Cr, rezultatele experimentelor au arătat că se poate ajunge la eficiente de epurare de 99,5%, cu încadrarea strictă în condițiile de calitate impuse apelor deversate în receptori naturali. Îngroșatul decantorului are o concentrație de 10361 mg/dm³ rezultând o extracție în fază solidă de 98,68%.

Nr. Crt.	Indicator de calitate	UM	Apa brută	Preaplin decantor	Celule fitoextracție			Conținutul maxim admisibil	Eficiența de epurare [%]
					Celula 1	Celula 2	Celula 3		
1	Suspensii	mg/dm ³	500	58,0	40,0	36,0	28,0	35/65	94,4
2	<i>pH</i>	Unit. <i>pH</i>	3,2	7,0	7,2	7,5	8,0	6,5-8,5	
3	Conductivitate	μS/cm	6080	1180	1070	970	879	-	82,69
4	Sulfaj	mg/dm ³	2794	602	568	523	493	600	82,35
5	Fier total	mg/dm ³	122	4,40	1,26	0,51	0,28	5,0	99,77
6	Zinc	mg/dm ³	7,04	0,19	0,09	0,04	0,01	0,5	99,85
7	Cupru	mg/dm ³	0,23	0,001	0,003	0,002	< 0,001	0,1	99,56
8	Plumb	mg/dm ³	0,12	0,0065	< 0,0065	< 0,0065	< 0,0065	0,2	94,58
9	Crom total	mg/dm ³	0,03	0,005	0,003	0,002	< 0,0013	1,0	95,66
10	Cobalt	mg/dm ³	0,11	0,04	0,009	0,004	0,0007	1,0	99,36

RO 134696 B1

Revendicări

1

3 1. Procedeu de epurare a apelor acide de mină prin bioacumulare, **caracterizat prin**
5 **aceea că**, după captarea apei și condiționarea acesteia cu un agent de coagulare și
7 neutralizare, are loc îndepărtarea suspensiilor minerale într-un decantor vertical cu pat
fluidizat, urmată de desecarea îngroșatului depus, prin centrifugare sau uscare pe platforme,
urmând o epurare avansată prin schimb ionic și bioacumulare într-o baterie de celule de
fitoextracție.

9 2. Instalație pentru realizarea procedeului conform revendicării 1, care cuprinde o
stație de captare a apei brute (I), un decantor vertical (II), o centrifugă de desecare (IV)
11 și/sau o platformă de uscare (V) a îngroșatului obținut prin decantare precum și o baterie de
celule de fitoextracție (III), **caracterizată prin aceea că**, are în componență
13 un decantor vertical (II) în care prin controlul debitului de alimentare și a consumului de
reactiv coagulant, respectând condiția ca viteza de sedimentare să fie egală cu viteza
15 ascensională a apei în zonă, se realizează un pat fluidizat (PF), care se menține într-un
echilibru hidrodinamic la o anumită înălțime în decantor și care filtrează particulele de
17 suspensie flocculate sau discrete nou venite în zonă, crescând astfel eficiența limpezirii.

19 3. Instalație definită în revendicarea 2, **caracterizată prin aceea că**, bateria de celule
de fitoextracție (III) este compusă din minim trei celule de formă cilindro-conică, înseriate prin
suprascurgere (24), în care influentul pătrunde pe la partea de jos (19), și trece prin straturile
21 succesive de calcar (20), cu granulometrie controlată și descrescătoare de jos în sus și
stratul biologic (21) care găzduiește o plantație bioacumulatoare de rogoz (23), apa circulând
23 cu viteză mică de jos în sus și trecând prin interspațiile patului artificial de calcar și natural
de sol, în care se dezvoltă vegetația de rogoz, asigură atât schimbul ionic cât și bioextracția
25 metalelor grele, volumul și respectiv suprafața celulelor care crește dinspre alimentare spre
evacuare permite creșterea timpului de retenție a apei în celule precum și a numărului de
27 plante, iar dispunerea celulelor în cascadă, asigură presiunea hidrostatică necesară
învingerii rezistenței la curgere prin patul de material.

(51) Int.Cl.

C02F 3/32 (2006.01),

C02F 103/10 (2006.01)

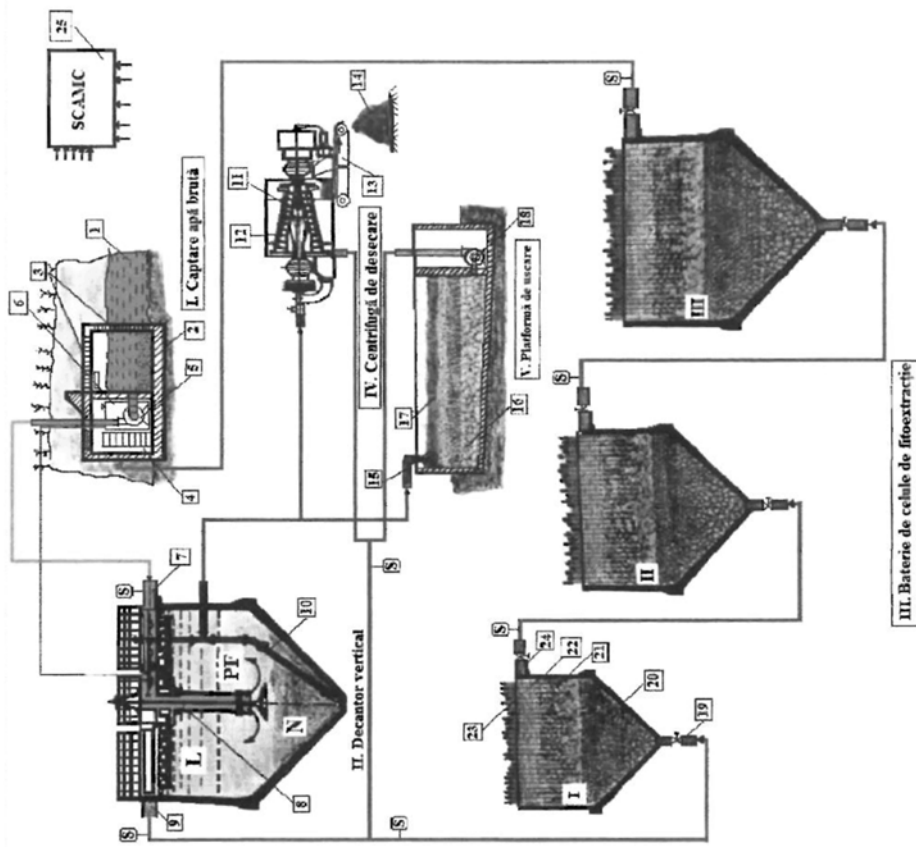


Fig. 1

(51) Int.Cl.

C02F 3/32 (2006.01),

C02F 103/10 (2006.01)

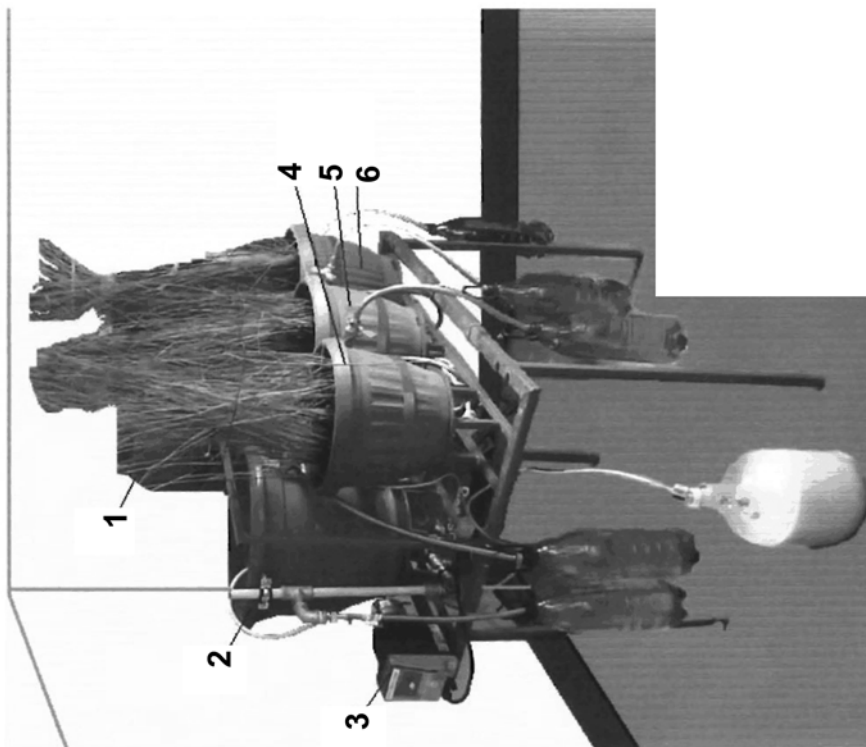


Fig. 2

