

## IMPACTUL EXPLORĂRILOR MINIERE PENTRU MANGAN ȘI SULFURI POLIMETALICE DIN ZONA GÂNDACU – SUHĂRZELUL MARE (NORD-VESTUL JUDEȚULUI SUCEAVA, NORDUL CARPAȚILOR ORIENTALI) ASUPRA MEDIULUI

Liviu Gheorghe POPESCU, Daniela Alexandra POPESCU

**Cuvinte cheie:** explorare, halde de steril, poluare, impact, mediu.

**Key words:** exploration, dump ground, pollution, impact, environment.

### **ABSTRACT:**

**The manganese and polymetallic sulphures exploration impact in the Gândacu - Suhărzelul Mare mining zone (north-west of Suceava District, north of Eastern Carpathians) on the environment.** The mining activity in Iacobeni – Cârlibaba area dates back as far as the XIII-th century, the first documentary certification being before 1241. After 1775 (when Bucovina was annexed like province to the Austrian Empire) Iacobeni – Cârlibaba area was scientifically examined by Austrian geologists.

Geologically and structurally, the Gândacu – Suhărzelul Mare mining area belongs to the Crystalline Mesozoic Zone of the Eastern Carpathians. The Crystalline Mesozoic Zone is made up of a system of Alpine Nappes, called the Eastern Central Carpathian Nappes (Săndulescu, 1984).

The exploration and geological surveying work was done in the metamorphic basement of the Sub-Bucovinian Nappe.

In the Iacobeni – Cârlibaba mining area, the manganese ore deposits are located in the epimetamorphic Tulgheș 2 level (Tg<sub>2</sub>) of Tulgheș lithogroup and the polymetallic sulphures ore deposits in the Tulgheș 3 level (Tg<sub>3</sub>).

Geographically, the area Gândacu – Suhărzelul Mare is situated in the Suhard Mountains, on the right slope of the Golden Bistrița river, from an administrative point of view belonging to Cârlibaba, Ciocănești and partially to Iacobeni.

The prospection works outlined three research perimeters: Puiu - Suhărzel, Humor and Diaca – Gândacu.

The geological study in the area Puiu – Suhărzel showed the presence of polymetallic sulphures ore in acid riolitic metavulcanites, sericite or sericite-chloritic schists. In the same perimeter, in the superior drainage basin of the Recele brook, its discovered a manganous level in black quartzite with intercalations of sericite-graphitic schists. The manganese ore is predominantly siliceous, made up of lens and nests in parallel disposition. On the left slope of the Suhărzelul Mare brook it uncovered polychrome limestone ores.

In the Humor and Diaca – Gândacu perimeters the prospection works highlighted a primary ore of manganese consisting of rhodonite, rhodochrosite, manganese silicates, quarts, calcite, pyrite, etc. The secondary ore of manganese, resulted from the alteration of the primary ore, appears sporadically and it is made up of manganese and iron oxides and hydroxides.

The prospection and research works in the three perimetres ended in the interval 1991-1996.

The exploration works in the area Gândacu – Suhărzul Mare caused a series of changes to the environment from a visual, ecologic, hydrologic, geomorphologic point of view, etc.

The water quality in the studied area is affected by the rather high values of concentration of the heavy ores: Cu, Fe, Mn, Cr și Zn. The highest values were recorded in the case of the iron and manganese concentrations in the period 1986 – 1995.

As a result of the mining activities resulted 13 dump grounds and a quarry situated on the left slope of the Suhărzul Mare brook.

The majority of the dump grounds in the area Suhard Massif, which represents approximately 14,8 % of the total number of such the grounds in the district, are stabilized and in preservation process at present.

The total amount of dump accumulated till now in the grounds from the right side tributaries of the Golden Bistrița is of about 97 793 m<sup>3</sup>. It occupies a surface of 49 256 m<sup>2</sup> of the total area of 1 770 000 m<sup>2</sup> of dump grounds on the territory of Suceava district.

---

### **1. Scurt istoric al exploatărilor de mangan și sulfuri polimetalice**

Activitatea minieră din zona Iacobeni – Cârlibaba datează din secolul al XIII-lea, primele atestări documentări semnalând-o înainte de anul 1241. După anul 1775 (an în care Bucovina a devenit provincie a Imperiului Austriac) zona Iacobeni – Cârlibaba a fost supusă primelor cercetări științifice de către geologii austrieci, cercetări demarate prin ample lucrări de explorare menite să descopere și să contureze zăcăminte de substanțe minerale utile.

În anul 1796, industriașul austriac Anton Mantz cavalier de Mariensee a venit în Bucovina și a preluat în schimbul sumei de 26 000 florini primitiva exploatare minieră și ciocanele de forjă din Iacobeni construită în 1782, care din punct de vedere financiar erau în pragul ruinei. După ce a adus o grupă de țipțeri (mineri) la Iacobeni, Manz a reușit să reconstruiască din temelii atelierul siderurgiei, transformându-l într-o întreprindere foarte rentabilă. Directorul întreprinderii miniere a fost inginerul Iohann Mèhès, care s-a ocupat de exploatarea minei de plumb și a minelor de argint de la Cârlibaba, precum și a unei mine de cupru la Pojorâta. Administratorul forjelor a fost inginerul Seeling.

În 1825, Vincenz Mantz a intrat ca director adjunct în serviciul unchiului său Anton Mantz von Mariensee, fondator al complexului minier din Bucovina. După moartea meritosului director al întreprinderii, Iohann Mèhès, Vincenz Mantz a preluat directoratul în anul 1827. La scurtă vreme după acest eveniment a intrat în tratative cu proprietarul pentru preluarea întreprinderii, tratative ce s-au terminat în anul 1828 prin încheierea contractului de cumpărare. Astfel în anul 1827, la vârsta de 70, Anton Mantz s-a retras din afacere în schimbul unei rente viagere plătite de către noul proprietar, Vincenz Mantz, fiul fratelui său.

Activitatea de exploatare și prelucrare a minereului de fier (limonit, magnetit, hematit) de la Iacobeni a continuat timp de 37 de ani (până în anul 1864) sub conducerea aceluiași proprietar de mine, Vincenz Mantz cavalier de Mariensee.

Primele informații geologice asupra regiunii Masivului Suhard sunt cuprinse într-o serie de note de călătorie ale unor cercetători străini ca Beudant (1822), Lillienbach (1834), Alth (1858), Hauer (1859). Aceste însemnări, care astăzi prezintă doar o valoare istorică, cuprind descrieri sumare privind șisturile cristaline din Bucovina în care au fost cantonate importante zăcăminte de fier și mangan.

Între anii 1850 – 1854 A. Alth a publicat o serie de lucrări științifice în care insistă asupra formei de zăcământ a minereurilor de fier localizate la limita micașturilor cu calcarele.

În anul 1855, Bernard von Cotta a descris zăcămintele de minereuri de pe cuprinsul întregii provincii Bucovina, figurând pe o hartă toate zonele de aflorare cunoscute la acea dată.

Poziția stratigrafică a cuarțitelor manganifere din complexul cristalin de la Iacobeni este precizată pentru prima dată în 1872 în “Geologia Bucovinei”, lucrare în care K. M. Paul a separat două grupe: o grupă inferioară, formată din cuarțite în care include și cuarțitele manganifere, și o grupă superioară, constituită din micașturi, gnaise și calcare cristaline. Mai târziu, Paul (1876) pune bazele stratigrafiei acestei regiuni.

În 1876, Bruno Walter a descris amănunțit toate lucrările miniere privitoare la explorarea și exploatarea zăcămintelor de minereuri din Bucovina de Sud. În aceeași lucrare, autorul a separat o grupă intermediară de micașturi între cele două grupe descrise de Paul (1872).

Referiri la geologia zăcămintelor, petrografia și chimismul rocilor în care sunt cantonate zăcămintele de fier și mangan din zona Iacobeni – Cârlibaba se regăsesc în foarte multe lucrări semnate de: Mogilnicki (1917), Quiring (1922), Nicolau (1920), Costeanu & Kokoszinski (1928), Slavik (1929), Savul & Mastacan (1950 a, 1952 a, 1952 b), Mastacan (1948 a, 1948 b, 1953), Ianovici (1956), Savul & Ianovici (1957, 1958), Rădulescu & Ignat (1958), Băncilă (1958), Sandu (1960), Rădulescu (1962), Ionescu (1962 a), Dimitrescu (1960, 1965), Kräutner (1930, 1938), Ianovici et al. (1966, 1967, 1968), Bercia & Bercia (1970), Bercia et al. (1975, 1976), Bălan (1976), Kräutner et al. (1976), Kräutner (1965, 1980), Munteanu (1993), Perseil & Vodă (1995), Hîrtopanu et al. (1997, 1999), Hîrtopanu & Popescu (1999), Hîrtopanu & Cristea (1999), Hîrtopanu & Scott (1999), Hîrtopanu (1999, 2000 a, 2000 b, 2001, 2002 a, 2002 b, 2003, 2004).

Rezultatele cercetărilor geologice din zona Iacobeni – Cârlibaba se regăsesc de asemenea într-o serie de rapoarte geologice întocmite cu ocazia lucrărilor de prospecțiune și explorare care s-au desfășurat sub egida Institutului Geologic Român. Aceste rapoarte sunt semnate de: Savul (1948, 1949, 1950), Savul & Mastacan (1950 b), Corbu (1954), Mastacan & Bîgu (1954), Bodin & Ionescu (1955), Ionescu (1959, 1962 b), Rădulescu et al. (1960), Bercia et al. (1963, 1964).

Activitatea minieră din versantul drept al râului Bistrița Aurie cuprins între pâraiele Puciosu și Gîndacu (afluenți de dreapta ai Bistriței Aurii, Fig. 1) este mai recentă comparativ cu activitatea desfășurată pe versantul stâng. Începând din 1980, în acest perimetru au fost desfășurate îndeosebi lucrări de prospecțiune geologică, executate de către IPEG Suceava (care a devenit ulterior SC GEOMOLD SA Câmpulung Moldovenesc). Lucrările au vizat descoperirea unor posibile zăcăminte de mangan și sulfuri polimetalice pe versantul nord-estic al Muntelui Suhard. Etapa de prospecțiune a constat într-o serie de lucrări miniere reprezentate prin foraje de suprafață și galerii de coastă.

Ca urmare a executării galeriilor au rezultat haldele de steril care au generat modificări ale topografiei versanților și ușoare dezechilibre naturale după încetarea activității miniere.

## 2. Cadrul geologic și geografic general

Din punct de vedere geostructural perimetrul analizat corespunde zonei cristalino - mezozoice a Carpaților Orientali, respectiv sistemului de pânze alpine, central – est - carpatice din cadrul Dacidelor Mediane. Arealul lucrărilor de explorare și exploatare se suprapune fundamentului metamorfic al Pânzei Sub-bucovinice, care este o pânză de soclu (Săndulescu, 1984).

Seriile metamorfice care formează fundamental cristalin sub-bucovinic sunt în linii generale aceleași cu cele care participă la alcătuirea cristalinului bucovinic. În ordinea vârstei și gradului de metamorfism aceste serii sunt: seria de Bretila, seria de Rebra, seria de Negrișoara și seria de Tulgheș (Săndulescu, 1984). Primele trei sunt mezometamorfice și de vârstă precambrian superioară. Seria de Tulgheș, numită de Balintoni (2005) litogrupul de Tulgheș, este epimetamorfică și de vârstă vendian – cambriană.

Datorită potențialului său pentru resurse minerale, litogrupul de Tulgheș a fost intens studiat în decursul vremii de o serie de geologi: Krätner (1938), Băncilă (1958), Rădulescu (1962), Dimitrescu (1965), Ianovici et al. (1966), Bercia et al. (1975, 1976), Bălan (1976), Savul & Ianovici (1978), Krätner (1980), Munteanu (1993), Vodă & Balintoni (1994), Vodă & Munteanu (1996), Hârtoșanu Paulina (2004) etc.

Litogrupul de Tulgheș află pe suprafețe întinse în Carpații Orientali și este bine cunoscut pentru mineralizațiile stratiforme de tip Kuroko, pentru cele de mangan și pentru mineralizațiile de baritină. Din punct de vedere litologic, litogrupul de Tulgheș este constituit din metavulcanite acide (roci porfirogene) în care sunt cantonate corpurile de sulfuri metalice, și cuarțite negre, grafitoase, însoțite de mineralizațiile manganifere (Balintoni, 2005).

În perimetrul minier Iacobeni – Cârlibaba zăcămintele de mangan aparțin nivelului Tulgheș 2 (Tg<sub>2</sub>), iar zăcămintele de sulfuri polimetalice nivelului Tulgheș 3 (Tg<sub>3</sub>).

Krätner et al. (1976) au prezentat vârste K/Ar pentru rocile litogrupului de Tulgheș din soclurile Pânzelor Bucovinică și Sub-bucovinică. Pentru ambele pânze determinările se grupează în jurul vârstei de 300 Ma, excepție făcând o extensie a Pânzei Bucovinice datată 400 Ma. Din datele prezentate se poate concluziona că deshumarea litogrupului de Tulgheș este varistică (Balintoni, 2005).

Din punct de vedere geografic, zona care face obiectul prezentei lucrări este situată în Munții Suhard, pe versantul drept al râului Bistrița Aurie, aparținând administrativ de localitățile Cârlibaba, Ciocănești și parțial Iacobeni (Fig. 1). Proprietarul terenurilor pe care sunt amplasate haldele de steril este Direcția Silvică Suceava, prin ocoalele silvice locale.

Altitudinal, zona Gândacu - Suhărzul Mare este cuprinsă între 850 m la confluența pârâului Suhărzul Mare cu râul Bistrița Aurie, 935 m la confluența pârâului Gândacu cu același râu și 1931,8 m în Vârful Omu.

Din punct de vedere climatic, zona analizată se încadrează în limitele tipului temperat continental montan, cu precipitații anuale între 500 – 750 mm, temperaturi medii anuale între 0° – 6° și amplitudini termice medii de 15° – 17°C. Aceste condiții favorizează procesele de alterare intense, îndeosebi cele de dezagregare mecanică, datorate variațiilor termice și gelivației (intervalul de îngheț este cuprins între 15 septembrie și 10 mai).

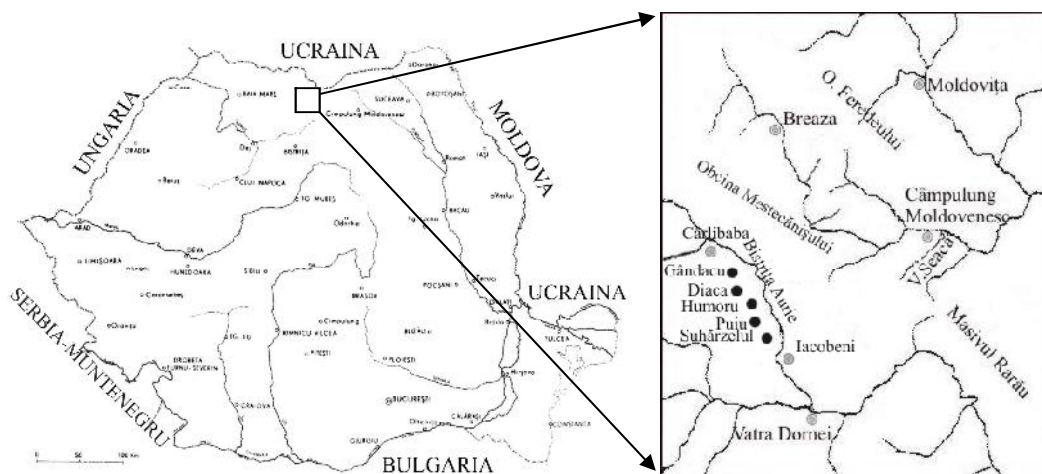


Fig. 1. Poziția geografică a perimetrului studiat.

### 3. Mineralizațiile din perimetrul Gândacu - Suhărzelul Mare

Cercetarea geologică în perimetrul *Puiu – Suhărzel* a condus la conturarea unui zăcământ de sulfuri polimetalice, dar conținutul în minereu nu a fost suficient de mare pentru a justifica exploatarea rentabilă din punct de vedere economic. Acesta a fost motivul pentru care lucrările au fost sistate din anul 1996.

Unitatea specifică de cercetare geologică în perimetru este mina *Puiu – Suhărzel* (Fig. 1), a cărei galerie străbate interfluviul creat de pârâul *Suhărzelul Mic* și de pârâul *Puiu*. La cele două capete ale galeriei s-a format câte o haldă de steril. Săparea galeriei a început dinspre pârâul *Puiu*, urmând să străpungă interfluviul dintre cele două pâraie. În momentul în care galeria a interceptat un nivel freatic cu debit ridicat care a pus probleme serioase continuării săpării, s-a hotărât demararea lucrărilor de interceptare a galeriei dinspre pârâul *Suhărzel*.

Vizibilă și bine conturată în relief este halda de steril formată la capătul galeriei dinspre pârâul *Puiu* (Fig. 4). Halda de steril formată în bazinul pârâului *Suhărzel* a fost nivelată și acoperită de vegetație în urma lucrărilor foarte serioase de ecologizare, motiv pentru care nu poate fi identificată în teren.

Din punct de vedere geologic, entitățile litostratigrafice prezente în cadrul perimetrului *Puiu – Suhărzel* aparțin nivelului  $Tg_3$  din Pânza Sub-bucovinică și sunt reprezentate prin metavulcanite riolitice acide, șisturi cuarțitice sericitoase sau sericito-cloritoase, în care sunt cantonate o mare parte din acumulările de minereu polimetalic.

Acumulările de minereu apar sub formă de lentile în rocile gazdă, constituind două tipuri de mineralizații: o mineralizație compactă, polimetalică, alcătuită în principal din pirită, blendă, galenă, care reprezintă circa 70% din rezervele evidențiate în perimetru, și o mineralizație de impregnație cuprifera, reprezentată prin pirită și calcopirită în masa șisturilor cuarțitice sericitoase.

*Mineralizațiile de la Puiu - Recele* sunt situate în bazinul superior al pârâului *Recele*, la 1 km amonte de confluența acestuia cu râul *Bistrița Aurie*. Nivelul manganifer apare în cuarțite negre cu intercalații de șisturi sericito-grafitoase.

Minereul de mangan este predominant silicios, fiind constituit din lentile și cuiburi dispuse paralel. Spre nord, până aproape de pâraul Recele, cuarțitele negre prezintă continuitate și există indicații în ceea ce privește posibilitatea extinderii acestor mineralizații.

*Substanța minerală utilă din sectorul Humor - Diaca – Gândacu* este reprezentată prin minereu primar de mangan, fin granular, compact, cu o spărtură neregulată, structură microcristalină și textură masivă. Minereul este format în principal din carbonați și silicați de mangan și fier, având o compoziție mineralogică caracterizată de asociația rodonit – rodocrozit, la care se adaugă silicați de mangan, cuarț, calcit, pirită, etc.

Forma de zăcământ este cea de lentilă strat, cu orientări NV – SE și cu înclinări de 50° – 80° spre NE. Lentilele prezintă o discontinuitate accentuată atât pe direcție cât și pe înclinare, datorată în special tectonicii foarte complicate.

Minereul secundar de mangan, rezultat prin alterarea minereului primar, apare sporadic. Este constituit din benzi alternante de oxizi și hidroxizi de mangan și fier. Macroscopic este mai puțin compact și se prezintă sub formă de cuiburi sporadice cu aspect cavernos.

Mineralizațiile, în general în strânsă legătură cu roca gazdă, sunt afectate de falii direcționale, transversale și diagonale. Trecerea de la zona mineralizată la rocile înconjurătoare se face brusc sau gradat.

#### **4. Descrierea haldelor din perimetrele Gândacu, Diaca, Humor, Puiu, Suhărzal**

Mineralizațiile de mangan și sulfuri metalice din perimetrele Gândacu, Diaca, Humor și Puiu fac parte din aliniamentul vestic al mineralizațiilor situate de-a lungul văii Bistrița Aurie (Fig. 1).

Importanța studierii zonei miniere Gândacu – Suhărzalul Mare este legată de efectul lucrărilor de prospecțiune și explorare produs asupra mediului înconjurător, cu atât mai mult cu cât în prezent activitatea este sistată.

Necesitatea elaborării unor astfel de studii este susținută de: obligativitatea elaborării bilanțului de mediu de către primărie; estimări privind nivelul de afectare a factorilor de mediu; lucrările de refacere pentru redarea suprafețelor afectate fondului forestier.

##### **4.1. Amplasarea haldelor**

În zonele cu lucrări de prospecțiune a fost afectată în primul rând topografia terenurilor, prin apariția haldelor de steril. În al doilea rând a fost modificată calitatea apelor prin deversarea unui volum însemnat de steril (unele halde au ajuns în albiile pâraielor), carburanți și rumeguș rezultat din prelucrarea lemnului utilizat la armarea galeriilor în subteran. La acest proces de poluare a contribuit de asemenea utilizarea explozibililor folosiți în special pentru decopertarea rapidă a unor zone de interes.

În amplasarea haldelor de steril s-a ținut cont de documentația realizată de ICPMN – Baia Mare pentru lucrări geotehnice și hidrogeologice.

Rocile din fundamentul haldelor sunt roci metamorfice care fac parte din cristalinul epimetamorfic al Carpaților Orientali, fiind formate în principal din

cuarțite, diferite tipuri de șisturi, care nu pun probleme deosebite din punct de vedere geotehnic.

#### 4.2. Descrierea perimetrelor

Descrierea perimetrelor analizate se va face începând din nord spre sud, în funcție de amplasarea lor geografică pe o serie de afluenți de dreapta ai râului Bistrița Aurie.

##### Perimetrul Diaca - Gândacu

Perimetrul Diaca – Gândacu constituie entitatea organizatorică specifică în care s-a desfășurat activitatea de cercetare geologică privind mineralizațiile de mangan.

Perimetrul de explorare Diaca – Gândacu este delimitat la nord de pârâul Gândacu, iar la sud de interfluviul dintre pârâul Diaca și pârâul Humor. Este situat pe teritoriul comunei Cârlibaba, județul Suceava, în extremitatea nord-vestică a bazinului manganifer Vatra Dornei.

Cercetarea geologică în perimetru a început în anul 1980 și s-a încheiat în anul 1991, cuprinzând două etape. În prima etapă IPGG București a executat lucrări de prospecțiune geologică, însoțite de lucrări miniere ușoare (șanțuri și derocări). În a doua etapă s-a continuat cercetarea geologică de către S.C GEOMOLD S.A Câmpulung Moldovenesc, prin lucrări miniere de suprafață (șanțuri, puțuri, foraje de suprafață treptele 0 – 100 și 0 – 300) și în subteran (galerii, nișe, suitori, foraje subterane). Lucrările miniere din subteran s-au executat în două sectoare: Diaca și Gândacu.

În partea de sud a perimetrului, în bazinul pârâului Diaca, cercetarea s-a desfășurat prin executarea a 4 galerii de coastă. Din acestea au fost săpate nișe transversale, iar acolo unde au fost găsite mineralizații de mangan, cercetarea a continuat prin săparea unor galerii direcționale și nișe scurte pe minereu.

În partea nordică a perimetrului, în bazinul pârâului Gândacu, cercetarea s-a desfășurat pe lucrări miniere direcționale sau transversale pe minereu. Înclinarea mare a minereului a condus la executarea unor suitori și a unor foraje din galeriile principale. În urma acestor lucrări miniere (Tabelul 1) au rezultat haldele de steril plasate la gura galeriilor de pe Diaca (Fig. 2) și Gândacu (Fig. 3) estimate la aproximativ 29 443 m<sup>3</sup> care ocupă o suprafață de circa 15 391 m<sup>2</sup>.

**Tabelul 1.** Lucrările miniere din perimetrul Diaca – Gândacu care au generat un volum mare de steril dispus o suprafață întinsă.

Localizarea haldelor	Volum steril m <sup>3</sup>	Suprafață ocupată m <sup>2</sup>
Galeriile 1, 2, 3, 4 localizate pe pârâul Diaca, la circa 7,5 km amonte de confluența cu râul Bistrița Aurie	20 120	9 901
Galeriile 1, 2, 3 localizate pe pârâul Gândacu, la circa 6 km amonte de confluența cu râul Bistrița Aurie	9 323	5 490
<b>Total</b>	<b>29.443</b>	<b>15.391</b>



**Fig. 2** Haldă de steril din perimetrul minier Diaca.



**Fig. 3** Haldă de steril din perimetrul minier Gândacu.

### **Perimetrul Humor**

Perimetrul Humor este localizat la sud de perimetrul anterior Diaca – Gândacu. Reprezintă un perimetru de cercetare geologică, care s-a făcut în mina Humor, din săparea căreia a rezultat o haldă de steril. Aici au avut loc prospecțiuni geologice care au vizat descoperirea unor rezerve de minereuri neferoase, în special de mangan. Cercetarea geologică în perimetru a început în anul 1980 și s-a încheiat în 1992.

Acest perimetru este foarte mic comparativ cu celelalte două prezentate anterior, deoarece cuprinde doar o galerie și respectiv o haldă de steril, localizate pe versantul stâng al pârâului Humor, la o distanță de aproximativ 1,5 km amonte de confluența cu râul Bistrița Aurie (Fig. 4).

Haldă de steril a rezultat în urma lucrărilor de prospecțiune, având o suprafață de 5700 m<sup>2</sup> și un volum de 7900 m<sup>3</sup>. Pe haldă au fost făcute lucrări de stabilizare încă din 1996, fapt ce a condus la diminuarea efectului negativ al acesteia asupra mediului.





**Fig. 4** Haldă de steril din perimetrul minier Humor.

### Perimetrul Puiu - Suhărzel

Depozitarea rocilor sterile și parțial a minereului rezultat din lucrările de prospecțiune geologică în perimetrul Puiu – Suhărzel s-a făcut pe un teren cu destinație silvică ocupând o suprafață de 28 165 m<sup>2</sup>. Volumul mare de steril apreciat la aproximativ 60 450 m<sup>3</sup> a fost depozitat la gura celor 5 galerii de prospecțiune (Tabelul 2).

În timpul lucrărilor de prospecțiune construcțiile din zonă au ocupat o suprafață de 628 m<sup>2</sup>. Astăzi aceste construcții nu mai există, molozul rezultat din demolarea lor fiind depus în haldele de steril.

După sistarea lucrărilor s-a trecut la restabilirea echilibrului ecologic din zonă prin lucrări de reabilitare. În acest sens au fost necesare lucrări de închidere a galeriilor din subteran și lucrări de dezafectare. Lucrările propuse la haldele minei Puiu – Suhărzel au constat în lucrări de consolidare și de redare a suprafeței afectate circuitului silvic. Sistarea activității din zona Suhărzelu Mic s-a făcut în anul 1995.

**Tabelul 2.** Lucrările miniere de prospecțiune în perimetrul Puiu - Suhărzel au generat volume mari de steril ce ocupă suprafață întinsă din fondul forestier.

Localizarea haldelor	Volum steril m <sup>3</sup>	Suprafața ocupată m <sup>2</sup>
Galeriile 1, 2 – la cca 700 m amonte de confluența pârâului Puiu cu râul Bistrița Aurie	8 049	3 750
Galeria 3 – la cca 900 m amonte de confluența pârâului Puiu cu râul Bistrița Aurie	30 275	14 106
Galeria 4 – la cca 950 m amonte de confluența pârâului Puiu cu râul Bistrița Aurie	8 102	3 775
Galeria 5 – la cca 900 m amonte de confluența pârâului Suhărzelu Mic cu râul Bistrița Aurie	14 024	6 534
<b>Total</b>	<b>60 450</b>	<b>28 165</b>



**Fig. 4** Haldă de steril cu rigolă de evacuare a surplusului de apă din perimetrul minier Puiu.



**Fig. 5** Haldă de steril cu zid de protecție din perimetrul minier Suhărznel Mic.

În același perimetru minier Puiu – Suhărznel se află și cariera de pe versantul stâng al pârâului Suhărznel Mare, situată la o distanță de aproximativ 1 km amonte de confluența cu râul Bistrița Aurie.

Cariera a fost deschisă pentru exploatarea calcarelor policrome ca piatră ornamentală (Fig. 6). Decopertarea și încercarea de exploatare a calcarelor s-a făcut prin dinamitare, procedeu care a dus la fisurarea rocilor. Acest lucru a atras inevitabil sistarea lucrărilor în 1996. Frumusețea calcarelor de la Suhărznel Mare ar fi putut fi valorificată din punct de vedere economic, dacă exploatarea lor s-ar fi făcut prin tăierea in situ, direct din carieră, așa cum se procedează la extragerea blocurilor de travertin de la Borsec.



**Fig. 6.** Cariera de calcare policrome din versantul stâng al pârâului Suhărznel Mare.

## 5. Calitatea apelor

Lucrările de prospecțiune și explorare a zonei Gândacu – Suhărzul a avut implicații seroase și asupra calității apelor, nu numai asupra reliefului. Studiul nostru a urmărit sistematic calitatea apei de pe afluenții de dreapta care a influențat direct calitatea apei râului Bistrița Aurie.

Deși activitatea minieră în subteran a fost sistată în arealul analizat, se menține în continuare un aport însemnat de metale grele în apa râului. Concentrația în fier și mangan scade însă de la an la an, fapt care conduce la încadrarea acestora într-o categorie superioară de calitate. Valorile limite ale concentrațiilor diferitelor metale grele pentru încadrarea apelor de suprafață în clase specifice de calitate sunt redată în tabelul 3.

**Tabelul 3.** Determinări fizico-chimice ale apelor de suprafață conform STAS 4706/88 „Ape de suprafață – Categoriile și condiții tehnice de calitate”.

Valori limite pe clase	Unitate de măsură	Clasa de calitate				
		I	II	III	IV	V
<b>1. Indicatori fizici</b>						
Temperatură	°C	Nu se normează.				
pH		Cuprins în intervalul 6,5 – 8,5.				
<b>2. Poluanți toxici specifici de origine naturală.</b>						
Fier total	mg / l	< 0,1	0,1	0,3	1,0	> 1,0
Mangan total	mg / l	< 0,05	0,05	0,1	0,3	> 0,3
Cupru total	mg / l	< 0,02	0,02	0,04	0,1	> 0,1
Crom total	mg / l	< 0,05	0,05	0,1	0,25	> 0,25
Zinc total	mg / l	< 0,1	0,1	0,2	0,5	> 0,5

Valorile medii ale concentrațiilor de metale grele din apa râului Bistrița Aurie se datorează îndeosebi cantității mari de precipitații din zonă. Precipitațiile bogate duc la creșterea debitelor pâraielor afluențe care spală haldele de steril, antrenând cantități importante de steril și implicit metale grele din compoziția acestuia. Efect poluator au concentrațiile unor metale cum ar fi: Cu, Fe, Mn, Cr, Zn. Dintre acestea cele mai mari concentrații au înregistrat manganul și fierul.

Astfel în luna martie a anului 1995, când o mare parte din lucrările miniere erau închise, concentrația de Mn a fost de 3,580 mg/l, în condițiile în care valoarea medie anuală a fost de 0,5 - 1,02 mg/l. Acest lucru este cu atât mai interesant cu cât valoarea medie a concentrației de Mn a fost de 1,47 mg/l în perioada în care se făcea exploatarea zăcămintului, iar poluarea era maximă.

O evoluție a acestui parametru poate fi observată din compararea valorilor ce au fost înregistrate în perioada 1986 – 1995, luând în considerare lunile când valorile au depășit 1 mg/l (Tabelul 4).

Cele mai mari valori ale concentrației de Mn au fost înregistrate în anul 1995 în lunile martie (3,850 mg/l) și aprilie (2,120 mg/l). Valori mari au fost consemnate de asemenea în luna octombrie a anului 1991 (2,170 mg/l) și în luna decembrie a anului 1988 (2 mg/l). Dacă se urmărește evoluția valorilor concentrației de Mn se

observă că acestea depășesc constant valoarea de 1 mg/l în lunile în care nivelul pluviometric este ridicat.

După 1995 se constată o scădere semnificativă a concentrației de Mn, iar din datele furnizate de către APM Suceava, îndeosebi după anul 2002, apele de pe râul Bistrița Aurie pe sectorul analizat de noi, sunt încadrate în categoria I - II de calitate (Tabelul 3).

**Tabelul 4.** Valorile concentrațiilor de mangan de 1 mg/l și mai mari de 1 mg/l înregistrate pe ani și luni (după datele APM Suceava).

Nr. ctr.	Anul / luna cu concentrații mai mari de 1 mg/l		Valoarea măsurată (mg/l)
1.	1986	februarie	1,480
		iunie	1,100
		decembrie	1,400
2.	1988	decembrie	2,000
3.	1989	ianuarie	1,400
4.	1991	septembrie	1,700
		octombrie	2,170
		noiembrie	1,060
5.	1992	martie	1,750
6.	1993	februarie	1,210
		decembrie	1,570
7.	1994	martie	1,100
		april	1,020
		noiembrie	1,130
8.	1995	martie	3,580
		april	2,120

**Tabel 5.** Valorile concentrațiilor de fier de 1 mg/l și mai mari de 1 mg/l înregistrate pe ani și luni (după datele APM Suceava).

Nr. ctr.	Anul / luna cu concentrații mai mari de 1 mg/l		Valoarea măsurată (mg/l)
1.	1986	april	4,50
		iulie	1,50
2.	1990	iunie	1,00
3.	1991	ianuarie	1,02
		iunie	1,34
		iulie	1,63
4.	1993	mai	1,83
		septembrie	2,05
5.	1994	martie	1,29
		april	1,69
6.	1995	martie	1,30
		april	1,38
7.	1997	martie	1,41
8.	1998	iulie	1,51
9.	1999	april	1,45

După 1995 se constată o scădere semnificativă a concentrației de Mn, iar din datele furnizate de către APM Suceava, îndeosebi după anul 2002, apele de pe râul Bistrița Aurie pe sectorul analizat de noi, sunt încadrate în categoria I - II de calitate (Tabelul 3).

Un alt element poluator important este fierul care prezintă un comportament asemănător cu cel al manganului. După cum se observă din tabelul 5, pentru aceeași perioadă, respectiv 1986 - 1995, s-au fost înregistrat valori mari ale concentrației de fier în luna aprilie a anului 1986 (4,5 mg/l) și în luna septembrie a anului 1993 (2,03 mg/l).

Valoarea mare a concentrației de fier din 1986 se corelează cu perioada de început a exploatării, respectiv deschiderea zăcămintului, pe când cea înregistrată în 1993 se datorează unor cantități însemnate de precipitații căzute în luna septembrie.

Ulterior, după anul 2002, valorile concentrațiilor de fier din apa Bistriței Aurii și a afluenților ei au fost în continuă scădere, fapt ce a permis încadrarea lor categoriile I - II de calitate.

## **6. Impactul lucrărilor miniere asupra mediului**

Pe teritoriul județului Suceava sunt peste 90 de halde de steril rezultate din lucrările de explorare și exploatare executate de către SC. GEOMOLD. S.A. În cadrul Masivului Suhard au fost delimitate trei perimetre de mare importanță și anume: perimetrul Puiu - Suhărzul, perimetrul Humor și perimetrul Gândacu – Diaca. În cele trei perimetre se remarcă șase afluenți de dreapta ai Bistriței Aurii: Suhărzul Mare, Suhărzul Mic, Puiu, Diaca, Humor și Gândacu. Aceste cursuri de apă au un rol foarte important în transportul materialelor poluante utilizate sau rezultate din activitatea minieră.

În urma tuturor lucrărilor de prospecțiune și explorare din cadrul celor trei perimetre au rezultat 13 halde de steril și o carieră ce este localizată pe versantul drept al pâraului Suhărzul Mare. Lucrările de prospecțiune și cercetare din Masivul Suhard, respectiv din cele trei perimetre, s-au încheiat în intervalul 1991 - 1996.

Majoritatea haldelor din zona Masivului Suhard, care reprezintă aproximativ 14,8 % din totalul haldelor de pe teritoriul județului, sunt în prezent stabilizate și în conservare.

Cantitatea totală de steril acumulată până în prezent în haldele de pe afluenții de dreapta ai Bistriței Aurii este de aproximativ 97 793 m<sup>3</sup>. Acest steril ocupă 49 256 m<sup>2</sup> din totalul suprafeței de 1 770 000 m<sup>2</sup> de halde de pe teritoriul județului Suceava.

Analizele efectuate în zonele din preajma haldelor de steril au arătat că acestea ridică probleme în general de poluare a solului cu metale grele (Fe, Cu, Mn, Zn) pe un areal redus. Analizele de sol recoltat din apropierea haldelor dovedesc că, datorită antrenării de către apele din precipitații și spulberării de către vânt, depozitele de steril reprezintă în continuare surse de poluare a solului și în mică măsură a pânzei freatice, determinând totodată pH-uri acide în zonele limitrofe haldelor.

Haldele de steril sunt izolate de vatra satului ceea ce face ca efectul poluator direct asupra populației, vegetației, solului sau pânzei freatice să fie în general nesemnificativ.

## 7. Propuneri pentru valorificarea zonei

Masivul Suhard prezintă un potențial turistic deosebit, întrucât are trasee ușor accesibile, care nu necesită o pregătire specială pentru parcurgerea lor. Traseul de creastă este relativ apropiat de zonele locuite, ceea ce oferă posibilitatea cazării în pensiunile situate pe valea Bistriței Aurii.

Amenajarea unor pârtii de schi la Ciocănești și Cârlibaba au condus la atragerea unui număr mare de turiști, îndeosebi în perioada de iarnă, contribuind la dezvoltarea economică a zonei.

Din punct de vedere a resurselor minerale perimetrul studiat nu mai prezintă interes economic datorită concentrațiilor scăzute în substanță minerală utilă.

Deschiderile din versantul drept al văii Bistrița Aurie pot constitui profile tip deosebit de interesante sub aspectul urmăririi și înțelegerii structurilor specifice pentru litogrupul de Tulgheș.

## 8. Concluzii

Haldele de steril din zona Gândacu – Suhărzelul Mare sunt relativ stabile, constatându-se slabe fenomene de alunecare, ravenare, deformare și fisurare pe suprafețe mici.

Nu s-a constatat existența unor izvoare în corpul sau la baza haldelor, care ar putea conduce la subminarea bazei acestora. Excepție face halda de pe pârâul Puiu a cărei volum mare de steril a alunecat în albie. Au fost făcute lucrări de regularizare, dar debitele mari ale pârâului au condus la activarea unor zone de alunecare în materialul haldat.

Apele provenite din precipitații produc spălarea materialului steril depozitat în halde, antrenând odată cu substanțele solide și cantități însemnate de metale, care determină, pe de o parte, creșterea turbidității apelor râului Bistrița, iar pe de altă parte produc modificări ale calității acestora.

Capacitatea deosebită de regenerare a vegetației pe platformele și taluzele haldelor reduce vizibil impactul vizual neaspetos. Pe unele halde (Gândacu, Diaca doar parțial, Humoru) vegetația a acoperit în proporție de peste 70% materialul haldat ceea ce a condus la stabilizarea lui, precum și la redarea terenului spre folosință domeniului silvic. Astfel de halde sunt vizibile foarte puțin întrucât vegetația arboricolă s-a dezvoltat foarte bine.

## BIBLIOGRAFIE

- Alth A.** (1858), *Ein Ausflug in die Marmaroscher Karpathen*. Mitt. Geogr. Gess., Wien.
- Bălan M.** (1976), *Mineralogia zăcămintelor manganiifere de la Iacobeni*. Edit. Academiei Române, București.
- Băncilă I.** (1958), *Geologia Carpaților Orientali*. Edit. Științifică, București, 376 p.
- Balintoni I.** (2005), *Raport de cercetare Grant 6/166*, Revista de Politica Științei și Scientometrie, p. 1 - 39, București.
- Bercia I., Bercia E., Kräutner H., Kräutner F., Mureșan M.** (1963), *Cercetări stratigrafice și structurale în regiunea Valea Bistriței – Ciocănești – Fundul Moldovei (Carpații Orientali)*. Arh. Com. Stat Geol.

- Bercia I., Bercia E., Kräutner H., Kräutner F., Mureșan G., Mureșan M.** (1964), *Studiul microtectonic și stratonomic al șisturilor cristaline din zona Cârlibaba. Cercetări stratigrafice și structurale în regiunea Ciocănești – Cârlibaba – Bretila (Carpații Orientali)*. Arh. Com. Stat Geol.
- Bercia I., Bercia E.** (1970), *Contribuții la cunoașterea geologiei regiunii Vatra Dornei – Iacobeni (Carpații Orientali)*. An. Inst. Geol., 38, p. 7 - 22, București.
- Bercia I., Bercia E., Săndulescu M., Szasz I.** (1975), *Harta geologică la scara 1:50 000 foaia Vatra Dornei*. Inst. Geol. Rom., București.
- Bercia I., Kräutner H., Mureșan M.** (1976), *Pre-Mesozoic Metamorphites of the East Carpathians*. An. Inst. Geol. Geofiz., 50, p. 37 - 50, București.
- Beudant F.S.** (1822), *Voyage minéralogique en Hongarie pendant l'année 1812*. Paris.
- Bodin T., Ionescu C.** (1955), *Raport geologic asupra cercetărilor din regiunea Cârlibaba*. Arh. Com. Stat Geol.
- Cotta B. v.** (1855), *Die Erzlagerstätten der südlichen Bukovina*. Jb. d. k. k. geol. R.A., VI, 1, p. 103 - 134, Wien.
- Corbu M.** (1954), *Raport geologic asupra lucrărilor de explorare din șantierul Cârlibaba*. Arh. Com. Stat Geol.
- Costeanu N.D., Kokoszinski A.** (1928), *Contributions à la contributions des minéraux de Bucovine. Les gisements manganésifères d'Architza*. Buletinul Facultății de Științe Cernăuți, II, 1.
- Dimitrescu R.** (1960), *Observațiuni privind depozitele mezozoice și tectonica regiunii Iacobeni*. S. S. N. G. Comunicări de Geol. - Geogr. I (1957 – 1959), București.
- Dimitrescu R.** (1965), *Notă asupra cristalinelor din regiunea Iacobeni*. D. S. Inst. Geol., LI/1, p.15 - 22, București.
- Hauer F.** (1859), *Geologische Aufnahmen über die untersuchungen der östlichen Grenzgebirge Siebenbürgens*. Jb., k.k. Geol. R.- A., X, Wien.
- Hîrtopanu P., Nedelcu L., Moga C., Podașcă I.** (1997), *Structure, lithostratigraphy, metamorphism and metallogeny of Crystalline Zone of the East Carpathians (Northern Bistrița Mountains)*. Rom. J. Mineralogy, 78, p. 26 - 33, Bucharest.
- Hîrtopanu P.** (1999), *Alabandite from metamorphosed Mn deposits from Bistrița Mts (Romania)*. Rom. J. Mineralogy, 79, p. 37, Bucharest.
- Hîrtopanu P., Cristea C., Stelea G., Necșulescu D.** (1999), *Bannisterite in the Tolovanu Mn deposit, the first occurrence in Romania*. Rom. J. Mineralogy, 79, p. 85 - 90, Bucharest.
- Hîrtopanu P., Cristea C.** (1999), *Manganpyrosomalite in the manganese deposits of the Bistrița Mts: the first occurrence in Romania*. Rom. J. Mineralogy, 79, p. 91 - 95, Bucharest.
- Hîrtopanu P., Popescu M.** (1999), *Geochemistry and some considerations about origin of the Bistrița manganese deposits, East Carpathians, Romania*. An. Univ. București, XLVIII, p. 32 - 34, București.
- Hîrtopanu P., Scott P.** (1999), *Mineralogy and genesis of metamorphic manganese deposits from Bistrița Mountains, East Carpathians, Romania*. Mineral Deposits: Processes to Processing, Stanley et al. (eds), p. 946 - 950.
- Hîrtopanu P.** (2000 a), *Sulphides of Mn metamorphosed deposits in the Bistrița Mountains, Romania*. Rom. J. Mineralogy, 79, p. 48 - 51, Bucharest.
- Hîrtopanu P.** (2000 b), *Rare minerals in the Carpathians metamorphosed Mn-Fe deposits from Romania*. Acta Mineralogica-Petrographica, XLI, p. 50, Bucharest.
- Hîrtopanu P.** (2002 a), *Influence of the fluid phase composition on the mineral transformations in Mn metamorphosed ore in Bistrița Mts, East Carpathians*. Rom. J. Mineral. Deposits, 80, p. 88 - 91, Bucharest.
- Hîrtopanu P.** (2002 b), *Johannsenite and its mineral associations from Bistrița Mts, East Carpathians*. 18<sup>th</sup> General Meeting of the IMA, Edinborough, Scotland, Mineralogy for the New Millenium, Programme with abstracts, p. 273.

- Hîrtopanu P.** (2003), *Mineralogy, origin and metamorphism of Mn-deposits from Bistrița Mts, East Carpathians*. 5<sup>th</sup> Symposium of GSR, Baia Mare Branch, An. Inst. Geol., 73, p. 16 - 17, București.
- Hîrtopanu P.** (2004), *Mineralogeneza centurii manganifere din Munții Bistriței*. Edit. Cartea Universitară, 352 p., București.
- Ianovici V.** (1956), *Informations généraux sur les gisements des minéraux de Mn de la Roumanie*. Symp. Manganese, XX, Congr. Geol. Internat., Mexico, V.
- Ianovici V., Dimitriu Al., Ionescu C.** (1966), *Studiul geologic și geochimic al zăcămintelor de Mn de la Dadu și Coșna (Carpații Orientali)*. Stud. cerc. geol. geofiz. geogr., Geologie, II/1, 77 p., București.
- Ianovici V., Dimitriu Al., Ionescu C.** (1967), *Les caractères distinctifs chimico-minéralogiques des minéraux de manganèse de la R. S. Roumanie*. Assoc. geol. carp. - balk., VIII-ème Congr., Belgrade, Raports, Mineralogie, Geochimie, age absolu, 235.
- Ianovici V., Constantino D., Drăghici C., Ionescu C., Dimitriu Al.** (1968), *Mineralogy of Mn deposits in Romania*. XXIII Internat. Geol. Congr., 13, p. 269.
- Ionescu C.** (1959), *Raport asupra cercetărilor geologice și petrografice în regiunea Cârlibaba – Ciocănești – Iacobeni*. Arh. Com. Stat Geol.
- Ionescu C.** (1962 a), *Cercetări geologice și petrografice în regiunea Cârlibaba – Ciocănești – Iacobeni*. D. S. Com. Geol., XLVII (1959 – 1960), București.
- Ionescu C.** (1962 b), *Raport geologic privind rezultatele lucrărilor de prospecțiuni pentru sulfuri complexe din regiunea izvoarelor Ceremușului – Cârlibaba – Iacobeni - Coșna*. Arh. Com. Stat Geol.
- Krätner Th.** (1930), *Observațiuni geologice în Munții Bistriței și Bârgăului*. D. S. Inst. Geol., XIV (1925 – 1926), București.
- Krätner Th.** (1938), *Das kristaline Masiv von Rodna (Ostkarpathen)*. An. Inst. Geol. Geofiz., 19, București.
- Krätner H.** (1965), *Considerațiuni genetice asupra zăcămintelor de sulfuri complexe din cristalinul Carpaților Orientali*. Acad. R. P. R., Stud. Cercet. Geol., geofiz., geogr., Seria Geol., 10, 1, București.
- Krätner H.G., Krätner Fl., Tănăsescu A., Neacșu V.** (1976), *Interprétation des âges radiométrique K/Ar pour les roches métamorphiques régénérées. Un exemple - les Carpatés Orientales*. An. Inst. Geol. Geofiz., 50, p. 167 - 229, București.
- Krätner H.G.** (1980), *Lithostratigraphic correlation of Precambrian in The Romanian Carpathians*. An. Inst. Geol. Geofiz., 50, p. 167 - 229, București.
- Lillienbach L.** (1834), *Journal d'un voyage géologique en Bukovine, Transylvanie et dans Marmarosch*. Mém. Soc. Géol. France, I, Paris.
- Mastacan G.** (1948 a), *Beiträge zur Kenntnis der kristallinen Gegend zwischen Ciocănești – Vatra Dornei*. Rev. St. "Vasile Adamachi", XXXIV, 3, Iași.
- Mastacan G.** (1948 b), *La région cristalline du sud-ouest de la Bucovine*. Bul. Politehnicii "Gh. Asachi", III, 1, Iași.
- Mastacan G.** (1953), *Observațiuni geologice și petrografice în regiunea Ciocănești – Cârlibaba*. D. S. Com. Geol. XXXVII (1949 – 1950), București.
- Mastacan M., Bigu G.** (1954), *Raport geologic asupra lucrărilor de explorare pentru fier în regiunea Iacobeni*. Arh. Com. Stat Geol.
- Mogilnicki R.von** (1917), *Zăcămintele de Mn ale Bucovinei sudice, traducere din limba germană*. (Berg. Und Huttenmanischen Jahrbuch).
- Munteanu M.** (1993), *A new occurrence of helvite in Romania, Oița deposits, Bistrița Mountains*. Rom. J. Mineralogy, 76, 1, p. 127-128, Bucharest.
- Nicolau Th.** (1920), *Le manganite d'Architza*. Ann. Sci. Univ. Jassy, X, p. 293 - 295.
- Paul K. M.** (1876), *Grundzüge der Geologie der Bukovina*. Jb. d.k.k. geol. R. A., 26.
- Perseil E., Vodă A.** (1995), *Les concentrations Fe-manganésifères des Carpatés Orientales: le gisement de Oița (Roumanie)*. Bull. Mus. Nat. Hist., Paris, 4/16, p. 383 - 401.



- Quiring H.** (1922), *Die Manganerzorkommen in den kristallinen Schiefern der bukowinischen Waldkarpathen*. Arkiv f. Lagerstättenforschung, 30, Berlin.
- Rădulescu I., Rădulescu L., Costache P., Barbu F., Constantinof D.** (1960), *Raport asupra prospecțiunilor pentru fier în regiunea Cârlibaba – Iacobeni – Șesuri – Lucina – Bahna*. Arh. Com. Stat Geol.
- Rădulescu D.P., Ignat V.G.** (1958), *Neotokit in den Manganerzen von Jakubeny (Rumanien)*. N. Jb. Min. Mh., 2/3, p.3 - 9, Stuttgart.
- Rădulescu D.P.** (1962), *Contribuții la cunoașterea mineralelor din zăcămintele de mangan din Moldova de nord*. D. S. Inst. Geol., XLIII (1955 - 1956), București.
- Sandu R.** (1960), *Contribuții la studiul oxidilor de mangan. Concentrațiile din regiunea Suceava*. Bul. I. P. G. G., VI, București.
- Savul M.** (1948), *Raport asupra aflorimentelor de magnetit de la Iacobeni – Bucovina*. Arh. Com. Stat Geol.
- Savul M.** (1949), *Raport asupra cercetărilor din regiunea Cârlibaba*. Arh. Com. Stat Geol.
- Savul M.** (1950), *Raport asupra regiunii Cârlibaba - Bucovina*. Arh. Com. Stat Geol.
- Savul M., Mastacan G.** (1950 a), *Contributions à la connaissance des schistes cristallins de Bucovina. Les amphibolites de la région Iacobeni – Vatra Dornei*. Ann. Sci. Univ. Jassy, Sect. II, XXVI, 2, p. 823 - 835, Iași.
- Savul M., Mastacan G.** (1950 b), *Raportul cercetărilor făcute pe teren în vara anului 1950 asupra rocilor cu magnetit din regiunea Iacobeni*. Arh. Com. Stat Geol.
- Savul M., Mastacan G.** (1952 a), *Contribuții la cunoașterea gnaiselor porfiroide din Carpații Orientali*. Acad. R. P. R. Bul. Șt. Biol.- Geol.- Geogr., IV, 2, București.
- Savul M., Mastacan G.** (1952 b), *Rocile cu magnetit de la Iacobeni (regiunea Suceava)*. D. S. Com. Geol. XLII (1951), p. 611 - 618, București.
- Savul M., Ianovici V.** (1957), *Chimismul și originea rocilor cu mangan din cristalinul Bistriței*. Bul. Șt., Geol. Geogr., II, 1, p. 119 - 136.
- Savul M., Ianovici V.** (1958), *Chimismul rocilor cu mangan din Carpații Orientali și Meridionali din R.P.R.* Stud. cerc. geol. geofiz. geogr., Geologie, III/1-2, București.
- Săndulescu M.** (1984), *Geotectonica României*. Edit. Tehnică, 336 p., București.
- Slavik Fr.** (1929), *Note sur l'anthophyllite – asbeste manganifère des mines de Iacobeni – Arșița*. Ann. Sci. Univ. Jassy, XV, p. 13 - 19.
- Vodă A., Munteanu M.** (1996), *Lithostratigraphic, structural and metallogenetic correlations in the East Carpathians Crystalline-Mesozoic Zone*. An. Inst. Geol. Rom., 69/1, p. 265 - 267, București.
- Vodă Al., Balintoni I.** (1994), *Corelări stratigrafice în cristalinul Carpaților Orientali*. Studia Univ. „Babeș Bolyai”, Geologia, 39 (1-2), p. 61 - 66, Cluj Napoca.
- Walter B.** (1876), *Die Erzlagerstätten der südlichen Bukowina*. Jb. d. k. k. geol. R.A., 26, V, I, p. 343 - 426, Wien.
- \*\*\* Arhiva S.C. "GEOMOLD" S.A. Câmpulung Moldovenesc.
- \*\*\* Arhiva S.C. "MINBUCOVINA" S.A." Vatra Dornei.

Liviu Gheorghe POPESCU,  
Universitatea „Ștefan cel Mare” Suceava  
Departamentul de Geografie  
E-mail: [livius@atlas.usv.ro](mailto:livius@atlas.usv.ro)

Daniela Alexandra POPESCU  
Universitatea „Ștefan cel Mare” Suceava  
Departamentul de Geografie  
E-mail: [danys@atlas.usv.ro](mailto:danys@atlas.usv.ro)