

Comunicare prezentată în sesiunea științifică a Universității „H. H. Cuza”  
din Iași în cadrul așezării și prezentării  
C. R. R. R.

## CERCETĂRI BIOGEOCHIMICE ASUPRA DEPOZITULUI DE GUANO DIN PEȘTERA GURA DOBROGEI

DE

OCTAVIAN RAIANU ȘI EMANOIL GANDRABURA

Comunicare prezentată în sesiunea științifică a Universității „H. H. Cuza”  
din 23-29 oct. 1967

Pe întregul Glob se cunosc multe peșteri în care se găsesc depozite de origine fecală. În majoritate aceste depozite sînt produse de către lilieci, dar se cunosc și câteva cazuri în care alte mamifere sau, mai rar, păsări au locuit în peșteri în număr îndeajuns de mare ca să poată produce depozite coprogenice destul de importante.

Depozitele de guano de lilieci sînt produse în majoritate de către Microchiroptere care au un regim alimentar înactiv, dar se cunosc și depozite produse din excrețiile indivizilor din specia *Noctilio leporinus masticus* D. H. care se hrănesc cu pește, sau a indivizilor din specia *Artibeus j. jamaicensis* Leach care se hrănesc cu fructe și care, după cum afirmă H. E. Anthony [2], formează depozite coprogenice în unele insule din Antile.

Guano de peșteră în cantități mult mai mici au produs și unele rozătoare sau unghulate care erau ierbivore și urșii care au un regim alimentar mixt. De asemenea și unele păsări au format, sau au sporit depozitele de guano de peșteră și care au avut un regim alimentar variat: speciile cavernicole ale genului *Collocaria* se hrănesc cu insecte, *Stercorarius caripensis* Humboldt cu fructe, iar *Columba livia* are un regim alimentar mixt.

Guano de lilieci se găsește sub forma unor depozite mari în special în peșterile din regiunile tropicale și subtropicale, dar depozite tot așa de mari s-au format și în Europa mai ales în timpul ultimui interglacial (Riss-Würm).

În mod convențional s-a adoptat termenul de chiropterită pentru depozitele mari de guano, termenul înlocuind ca un nume de rocă pentru pământurile fosfatice din peștera Drachenhöhle din Austria.

În afară de chiropteritul propriu zis se mai cunosc câteva prezențe de coprolite, fără a forma depozite, cum ar fi fecalele subfosile de *Glossotherium* din Patagonia, care pot fi comparate cu fecalele lui *Nothrotherium* din America de Nord.

În țara noastră există multe peșteri, mai ales în munții Apuseni, în care se găsesc însemnate depozite de guano de liliac. Aceste depozite au fost puțin cercetate și când lucrul acesta s-a făcut, a fost urmărită posibilitatea lor de exploatare, fără o interpretare biogeochimică.

Astfel, R. Jeannel și E. G. Racoviță au examinat 97 de peșteri, în special din Transilvania, dintre care 12 sînt citate ca avînd un fel de guano de liliac, iar 11 avînd oarecare depozite. Din 26 de peșteri situate la peste 1000 m altitudine, numai peștera numită *Ghețarul Barsa* din munții Apuseni avea puțini lilieci și puțin guano. Autorii au studiat cu deosebire fauna acestor peșteri, ocupîndu-se mai puțin de guano. Totuși ei au făcut o remarcabilă observație, legată de peștera de la *Ferice*, tot din munții Apuseni, în care urina eliminată de grupurile de lilieci ce ocupau cavități nu prea adînci în plafon, era proiectată spre pereții cavităților, unde a produs o substanță de culoare închisă prin interacțiunea cu calcarul. Asemenea poșghițe de culoare închisă am observat și noi în adîncurile tavanului din peștera Gura Dobrogei.

Prezența altor depozite de guano de peșteră din R.S. România a fost semnalată prin strădania colectivelor de cercetători ale Comitetului geologic și ale Institutului de speologie.

În legătură cu chimismul guanoului din România, J. Moser [5] dă în 1878 o sumară analiză globală pentru peșterile din Transilvania, referindu-se la conținutul de apă, azot și fosfor total.

Un interes deosebit a prezentat peștera *Cioclovina* din munții Hațegului datorită cantității mari de guano original de la sfîrșitul pleistocenului, descompus acum în chiropterit. O cercetare mai amănunțită a acestui depozit a fost realizată de către G. Göttinger [10] în 1919, care a descris peștera și a estimat grosimea stratului de guano la o valoare maximă de 20 m, cu un volum total de cca. 50000 m<sup>3</sup>. Autorul a făcut și câteva analize chimice, dar nearanjate sistematic, utilizînd mai ales comparația vizuală între diferitele straturi, ceea ce nu poate da o informație chimică valabilă.

În 1954 I. Staicu, V. Bratu și Gh. Sîrbu [18] au întreprins un studiu de mai mulți ani la 6 peșteri din regiunea Timișoara, referindu-se numai la conținutul de fosfor al guanoului din aceste depozite în vederea folosirii lor ca îngrășămintă fosfatice. În același scop au fost analizate și depozitele de la Merești din județul Maramureș.

Depozitul coprogenic din peștera Gura Dobrogei a fost semnalat de o serie de autori [6, 7, 16], dar o analiză chimică a lui n-a fost făcută; de asemenea nu s-a făcut nici o cercetare biogeochimică asupra vreunui depozit de chiropterit în țara noastră.

O asemenea cercetare ne-am propus-o noi în lucrarea prezentă asupra guanoului de liliac din peștera Gura Dobrogei.

### Descrierea peșterii

Peștera Gura Dobrogei a fost descrisă în amănunt în [6]. Ea se află în partea de nord a Dobrogei, unde se găsesc câteva manifestări carstice legate de apariția calcarelor jurasice din lungul văii Casimcea. Piriul Casimcea, ca și afluenții săi, au săpat adevărate chei, în pereții cărora s-au format mai multe peșteri. Cea mai importantă dintre ele, atît ca dimensiune cît și ca ineteres științific — în legătură cu resturile de cultură materială ale lui *Homo sapiens* caracteristice pentru neoliticul de tip Hamangia și Gumelnița — este peștera de la Gura Dobrogei, aflată cam la jumătatea distanței dintre comunele Tîrgușor și Gura Dobrogei.

Peștera se află săpată în malul estic al văii Gura Dobrogei la cca. 55 m deasupra văii, prezentînd 3 intrări. Intrarea principală se află în interiorul unui semicerc format din niște stînci aproape golașe (Pl. I, 1), iar la 20 m spre dreapta se află a doua intrare (Pl. I, 2); a treia, mai puțin vizibilă, se află la cca. 30 m la dreapta celei de a doua (Pl. I, 3).

Peștera este formată din două galerii principale, așezate în unghi drept, ce se despart în sala în care se pătrunde prin intrarea principală. Galeria principală este lungă de cca. 160 m, fiind orientată N—S. Ea prezintă numeroase ramificații, camere și praguri, conține numeroase blocuri desprinse din tavan și un strat de guano din ce în ce mai gros spre fundul ei. A doua galerie, perpendiculară pe prima, este orientată de la V la E, are o lungime de cca. 120 m și prezintă mai puțin material de dărîmătură și mai puțin guano. Pereții oarecum uniformii ai galeriei ca și numeroasele fragmente de ceramică atestă că această galerie a fost folosită de către om ca adăpost în trecutul istoric.

După afirmația unor autori [6], peștera a fost săpată mai cu seamă de către apele pîriului, care în trecut își avea albia la un nivel superior, în malul drept la contactul dintre stratele de calcar mai moale și cele de calcar mai rezistente și compacte. Afirmația se sprijină pe faptul că galeriile de intrare sînt descendente; dacă grota ar fi fost săpată prin acțiunea apelor de ploaie și de șiroire galeriile de intrare ar fi fost ascendente. Această peșteră este foarte veche, fiind apreciată de către E. Jekelius ca existînd de la începutul cuaternarului, sau chiar de la sfîrșitul pliocenului.

Condițiile de viață din peștera Gura Dobrogei au fost studiate, în toate anotimpurile, de către colectivul de cercetători format din M. Dumitrescu, T. Orghidan și J. Tanasachi [6], de unde a rezultat că atît factorii fizici, cît și cei trofici, favorizează în tot cursul anului viața a nenumărate nevertebrate, cît și adăpostirea unei colonii foarte mari de Chiroptere.

Acestea și sînt condițiile pentru ca în orice peșteră să se producă depozite de guano; peșterile care sînt locuite numai vremeliu de colonii de

lilieci nu prezintă adevărate depozite de guano, ci numai pături reduse de material de excreție [19].

Sigur că la formarea depozitului fosfatic din peștera Gura Dobrogei au contribuit și deseurile fiziologice ca și cadavrele a o serie de alte animale: *Copepode*, *Colombole*, *Colcoptere*, *Lepidoptere*, *Diptere*, *Himenoptere*, *Araneide*, *Acarieni* — dintre nevertebrate — rozătoare, carnivore, porc domestic, bou, capră, oaie, ciine, pisică, cal și *Homo sapiens* — dintre vertebrate, toate semnalate ca organisme vii sau sub formă de resturi scheletice [6]. Noi înșine am găsit la o adâncime de 100 cm resturi scheletice de bou și un ciob de oală, caracteristică pentru cultura secolului al IV-lea.

Dar aceste animale n-au putut contribui decât în foarte mică măsură și izolat la formarea depozitului de guano, care este în covârșitoarea sa majoritate un produs al chiropterelor. În peștera Gura Dobrogei au fost citate [6] următoarele specii de lilieci care formează colonii permanente:

*Myotis myotis* Bork.

*Myotis mystacinus* Kuhl.

*Miniopterus schreibersi* Kuhl.

*Plecotus auritus* Lin.

*Rhinolophus ferrum-equinum* Schreb.

*Rhinolophus melanotis* Matschie.

#### Descrierea probelor

Probele de guano au fost colectate din trei locuri ale galeriei principale, luându-se cite un profil întreg din 20 în 20 cm pentru fiecare (Pl. I: A, B, C, 4, 5). Prima probă a fost luată din profilul „A” la o depărtare de 20 m de la intrarea principală avînd o grosime de 60 cm; a doua s-a luat din profilul „B”, la 40 m de la intrare, cu o grosime de 100 cm; a treia din profilul „C”, la 65 m de la intrarea principală, cu o grosime de 140 cm și aflat pe o pantă a galeriei. În afară de aceste probe de guano mai vechi, în parte mineralizat, am colectat și guano proaspăt, precum și pămînt de peșteră de la intrare, din prima sală, și din interior, de la cea. 60 m de la intrarea principală, de pe o pantă ușor înclinată.

Profilul „A” apare uniform avînd o culoare maron închis de la 0 pînă la 40 cm și foarte puțin mai deschis de la 40—60 cm. Chiar din aspectul microscopic se constată o mineralizare redusă, distingîndu-se încă, în primul strat, forma fecalelor. Soluția apoasă a întregului profil are o culoare galben închis, ceea ce arată o pigmentare puternică dată de materia organică ce se găsește în procent de 17,63% (Tab. I).

Profilul „B” apare clar delimitat în sectoare mai puternic mineralizate și în altele mai puțin mineralizate. De la 0—20 cm culoarea este cafenie și stratul este impurificat cu sfărîmături grosiere de rocă. De la 20—40 cm culoarea devine maronie închis arătînd o acumulare de materie organică (17,26%). Stratle următoare apar uniforme avînd o culoare cafenie și fiind impurificate cu sfărîmături mici de rocă. Profilul conține, în medie,

TABLOUL I

		H <sub>2</sub> O %	Cenușă %	Material calcinat %	Subst. organică %	N. NO <sub>3</sub> %	N. NH <sub>4</sub> %	N total %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total %	K <sub>2</sub> O %	CaO %
Guano proaspăt		63,81	13,42	86,58	22,77	2,32	3,19	12,58	8,73	1,25	3,16
Profil „A”	0—20 cm	52,19	30,31	69,69	17,50	3,68	0,96	7,59	8,69	0,61	12,14
	20—40 cm	49,45	33,61	66,39	16,91	4,09	0,22	7,50	13,87	0,65	12,56
	40—60 cm	44,34	36,21	63,79	18,45	3,99	0,13	7,62	15,71	0,57	14,00
Profil „B”	0—20 cm	43,96	41,70	58,30	14,34	3,26	0,95	7,65	11,12	0,76	7,73
	20—40 cm	45,27	37,47	62,53	17,27	3,36	0,86	7,95	14,14	0,76	10,67
	40—60 cm	48,52	41,43	58,57	10,05	2,61	0,60	4,71	21,03	0,59	12,59
	60—80 cm	41,35	41,88	55,12	13,97	3,40	0,80	6,32	23,14	0,66	21,35
	80—100 cm	44,64	41,80	58,20	13,56	2,89	0,45	6,74	25,36	0,89	15,07
Profil „C”	0—20 cm	33,02	55,21	44,79	12,77	2,80	0,65	5,68	17,91	1,02	10,54
	20—40 cm	32,24	61,00	39,00	6,76	1,93	0,56	3,99	12,46	1,33	15,03
	40—60 cm	30,94	63,31	36,69	5,75	1,54	0,30	3,00	15,22	1,46	8,40
	60—80 cm	43,13	49,44	50,56	7,43	1,52	0,29	4,69	16,34	1,22	10,79
	80—100 cm	34,03	62,83	37,17	3,14	1,06	0,12	3,01	9,07	1,07	8,94
	100—120 cm	26,17	71,55	28,45	2,28	0,56	0,06	1,35	5,63	1,17	4,14
Pământ peșteră	intrare	41,29	51,16	48,84	7,55	1,31	0,03	3,03	5,79	0,59	14,15
	interior	26,17	71,83	28,17	2,00	1,03	0,03	1,67	2,32	0,11	4,18

mai puțină materie organică decât primul (13,84%), arătînd un grad mai avansat de mineralizare. Soluțiile apoase au nuanțe diferite de galben, ceva mai închisă pentru stratul 20—40 cm și din ce în ce mai deschise către stratul inferior.

Profilul „C” arată imediat o mineralizare mai avansată, materia organică fiind prezentă — în medie — printr-un procent de 5,77%. Stratul superior de la 0—20 cm are o culoare maronie pronunțată fiind mai bogat în substanță organică (12,77%). Stratele de la 40—60 cm apar uniforme și au o culoare maronie roșcată; stratul de la 60—80 cm are o culoare ceva mai închisă indicînd o oarecare acumulare de materie organică (7,43%); stratele următoare arată o mineralizare avansată cu o culoare cafenie roșcată. Soluțiile apoase ale straturilor au nuanțe diferite de galben, mai palide către bază.

Pămîntul de peșteră de la intrare are aspect de sol negru umed, relativ bogat în substanță organică (7,55%) și conținînd sfărîmături grosiere din pereții peșterii.

Pămîntul de peșteră din interior are aspectul general al ultimelor straturi din profilul „C”, avînd însă o culoare cafenie deschis, ceea ce indică un procent redus de substanță organică (2,00%).

#### *Datele analizelor*

Rezultatele analizelor chimice sînt prezentate pe profile și pe strate în Tabloul I.

*Guano proaspăt.* Analizele care s-au efectuat pe diversele depozite de chiropterit au urmărit, în special, cunoașterea compoziției chimice a lor în vederea exploatării. Ca urmare atenția a fost îndreptată asupra depozitelor în care materia coprogenă era descompusă, sau în parte descompusă. De aceea s-au făcut puține analize referitoare la guanoul de liliac proaspăt, în vederea studiului mineralizației acestei materii organice.

Guanoul proaspăt din peștera Gura Dobrogei a fost colectat dintr-o movoliță situată într-o nișă a galeriei principale (Pl. I, P), pe tavanul căreia se adăpostește un grup din colonia de lilieci. Materialul era afinat format din fecale întregi de culoare negricioasă, bogat în pigmenți, din care motiv soluția apoasă are o culoare brun închis. Guanoul proaspăt conține o mare cantitate de apă — 63,81%, cenușă 13,42% și 22,77% substanță organică. Azotul amoniacal predomină față de cel nitric fiind într-un procent de 3,19%, față de 2,32%, reprezentînd împreună 43,79% din azotul total. Cantitatea totală de azot este de 12,58% din materia uscată, ceva mai mare decât guanoul proaspăt din peștera San German din insula Porto Rico, care conține după datele lui P. L. Gile și J. O. Carrero [9] 11,73% și decât guanoul proaspăt din localitatea Santo Domingo din Cuba, care după C. F. Miller [14] conține 11,84% azot total; este însă mai mică decât cea conținută în guanoul din insulele Mariane, care conține după S. K a n a m o r i [12] 14,89% azot total. Azotul reprezintă

14,52 procente din materialul calcinat, ceea ce ne face să presupunem că artropodina și chitina au fost în parte descompuse și amoniacul reținut, sau chiar azotul din urină s-a putut adăuga, deși micțiunea la lilieci duce, de obicei, la stropirea pereților. Cantitatea de fosfor total este de 8,73%, ceea ce este mai mare decât în guanoul proaspăt din San German care este de 7,42% și foarte apropiată de cea găsită de R. B i n a g h i [3] în guanoul proaspăt din Sardinia, care conține 8,63% fosfor total. Potasiul se găsește în proporție de 1,25% reprezentând 9,31% din cenușă, iar calciul în proporție de 3,16% reprezentând 23,54% din cenușă.

*Profilul „A”.* Uniform ca aspect, are o umiditate medie de 48,66%, cenușă 33,37%, substanță organică 12,76%, ceea ce denotă o mineralizare redusă. Azotul total este în medie de 7,51% reprezentând 11,10% din materialul calcinat. Azotul amoniacal este acum mult în regres față de cel nitric, 0,44% față de 3,92% și împreună reprezintă 55,05% din azotul total, ceea ce arată o pierdere de azot comparativ cu guanoul proaspăt. Același fapt rezultă și din raportul N : P, care aici este în favoarea fosforului total, care deși mineralizarea este redusă ajunge la media de 12,76%. Potasiul se găsește, în medie, într-un procent de 0,61%, iar calciul de 13,00%, reprezentând 1,82% și respectiv 38,65% din cenușă, arătând o accentuată îmbogățire cu calciul.

*Profilul „B”.* Este mai puțin uniform arătând grade diferite de mineralizare. Conține o cantitate mai mică de apă și de substanță organică, în medie 44,75% și respectiv 13,84%, pe cînd cenușa, așa cum e și normal, este crescută reprezentînd în medie 41,45%, ceea ce arată un grad de mineralizare mai avansat comparativ cu profilul „A”. Azotul total este în medie de 6,68% reprezentînd 11,41% din materialul calcinat, situație similară cu profilul „A”. Azotul amoniacal este de cca. cinci ori mai redus decât cel nitric, observîndu-se o acumulare de nitrat în toate stratele acestui orizont, fapt înregistrat și în profilul „A”. Fosforul total marchează o acumulare progresivă, ordonată, de sus în jos, pornind de la un procent de 11,12% și ajungînd la 25,36%, fiind în medie de 18,95%. Acumularea de nitrați și de fosfați în acest profil arată că procesele de spălare sînt aici reduse. Potasiul este prezent printr-un procent mediu de 0,73%, iar calciul 13,48%, reprezentînd 1,76% și respectiv 32,52% din cenușă, situație asemănătoare cu profilul „A”, dar cu o ușoară scădere a calciului.

*Profilul „C”.* Este și mai puțin uniform arătînd un grad de mineralizare mai avansat. Umiditatea medie ajunge doar la 30,88%, pe cînd cenușa crește la 67,05%. Substanța organică este de cca. trei ori mai mică, comparativ cu profilul „B”, ajungînd în medie la 5,77%, subliniînd afirmația de mai sus. Se păstrează aceeași proporție între azotul amoniacal și cel nitric, ca și în profilul anterior de cca. 1 : 5. Azotul total este în medie de 3,7%, reprezentînd 9,75% din materialul calcinat, pe cînd fosforul total se menține la un nivel ridicat fiind, în medie, de 11,74%. Se constată că atît în cazul azotului, cît și în cazul fosforului se înregistrează o scădere ordonată de sus în jos, fapt care arată un continuu proces de spălare, situație

rezonabilă avînd în vedere că depozitul se află pe o pantă înclinată. Potasiul reprezintă în medie 1,20%, iar calciul 8,91%, reprezentînd 1,78% și respectiv 13,28% din cenușă, fapt care arată o spălare a acestui profil a sărurilor solubile de calciu.

*Pămîntul de peșteră.* Probele din pămîntul de peșteră sînt mult deosebite între ele și faptul acesta era de așteptat, intrucît una a fost luată de la intrarea în peșteră, dintr-un loc plan, iar cealaltă din interior de pe o pantă. Cel de la intrare provine desigur din spălarea ușoară a stratului de guano mai puțin mineralizat care se găsește în preajma intrării în peșteră și din acest motiv substanța organică este prezentă într-un procent de 7,55%. Azotul total înregistrează 3,03%, iar fosforul total 4,79%. Potasiul este în cantitate mică, 0,59%, pe cînd calciul datorită impurificării cu rocă din pereți este de 14,15%. Pămîntul de peșteră din interior provine dintr-un guano mai mineralizat și aflîndu-se pe pantă n-a reținut materialul levigat decît în mică măsură. În felul acesta el conține numai 1,67% azot total, 2,32% fosfor total și 2,00% substanță organică. Atît potasiul cît și calciul se găsesc de asemenea în cantități mici de 0,11% și respectiv 4,18%.

Privind depozitul coprogenic din peștera Gura Dobrogei în ansamblu se constată că este foarte neomogen, avînd grade de mineralizare diferite, în funcție de vîrsta stratarilor de guano. Conținutul de materie organică variază de la 2,29% pînă la 22,77%, fiind în medie de 15,00%, valoare foarte apropiată de cea obținută de către A. Voelckér [20] pentru chiropteritul din insula San Salvador ce aparține arhipelagului Bahamas, care este de 14,72%. Fosforul total variază de asemenea mult, între 5,56% și 25,36%, fiind în medie de 14,48%, valoare apropiată de cea obținută de către G. Götzinger în guanoul din peștera Cioclovina, 15,53% și cea obținută de către A. Voelckér [20], 13,99% în insulele din arhipelagul Bahamas. Cantitatea de azot total variază și ea mult, fiind cuprinsă între 1,03% și 7,95%, valori ce se încadrează în limitele azotului total din chiropteritul cuban, ale căror extreme, după Cr a w l e y [5], variază între 0,21% și 7,13%. Cantitatea medie de azot total la guanoul din peștera Gura Dobrogei este de 5,96%, valoare apropiată mult de cea găsită de către M a c I v o r [13] în peșterile din statul Victoria, Australia, care este de 5,95%. Comparativ cu alte depozite de guano de liliac de pe Glob, guanoul din peștera Gura Dobrogei este destul de bogat în nitrați avînd o medie de 2,18%, valoare aproape identică cu cea indicată de R. B i n a g h i [3] pentru chiropteritul din localitatea Lanusei din Sardinia, care este 2,80%. Azotul amoniacal din guanoul analizat de noi variază între 0,96% și 0,03%, cu o medie de 0,49% pe întregul depozit, valori cu totul analoge celor din literatură, care în majoritatea covârșitoare a cazurilor se găsesc sub unitate. Cantitatea medie de potasiu pe întreg depozitul este mică, de 0,83% aproape identică cu cea găsită de R. B i n a g h i [3] pentru unele depozite din Sardinia, care este de 0,84% și foarte apropiată de cea găsită de D. A d r i a n e a și colab. [1] în Texas, în valoare de 0,90%. Calciul determinat de noi are o valoare medie de depozit de 11,79%, apro-



piatră de cea găsită de P. L. Gile și O. Carrero [9], 12,59%, în guanoul din peștera San Germin (Porto Rico) și de cea găsită de R. Binaghi [3], 12,71%, în Sardinia. În privința potasiului și a calciului se pot aștepta variații mari atât în profile, cât și în diferite depozite în legătură cu impurificarea cu sfărâmături de rocă și cu procese de lăvare. Cravley [5] dă pentru depozitele din Porto Rico limitele de 0,03% și 8,83% pentru potasiu și 0,53% până la 22,05% pentru calciu.

### *Aspecte biogeochimice ale guanoului din peștera Gura Dobrogei*

Excrementele proaspete de lilie constau în cea mai mare parte din exoschelete de insecte nedigerate, compuse din chitină și artropodină și uneori din urce derivată din urină, acolo unde mișcunea a permis aceasta. Scarta finală a guanoului proaspăt este de a se descompune, lăsînd un reziduu compus în cea mai mare parte din fosfat de calciu. În acest proces mineralele se pot forma prin evaporarea soluțiilor din guano, sau prin interacțiunea substanțelor din asemenea soluții cu materialul anorganic al mediului înconjurător. Guanoul format în peșterile calcareoase, cum este și cel din peștera Gura Dobrogei, conține în primul rînd gips, care rezultă din interacțiunea sulfatilor de origine excretorie cu calcarul peșterii, în soluții mai mult sau mai puțin acide (pH-ul depozitului crescut de noi variază între limitele 4,3—5,8). Astfel de soluții în care calciul se găsește dizolvat evaporîndu-se, vor depune gips înaintea oricărui alt mineral, cu excepția, probabil, a carbonatului de calciu.

Din analiza chimică a guanoului din peștera Gura Dobrogei rezultă că amoniacul scade mult mai repede o dată cu azotul total aflat în declin, decît o face nitratul (Tab. I). Acest fapt concordă cu datele din literatură referit mai ales la depozitele din Porto Rico și cu părerea lui L. H. N. Cooper [4], că în modificările diagenetice ale guanoului de peștera ultima fracțiune a azotului originar care rămîne în depozit este aproape totdeauna reprezentată prin nitrat. De altfel acest fenomen este de fapt o manifestare a tendinței generale din biogeochimia azotului. În majoritatea peșterilor săpate în piatră de var, ca și peștera cercetată de noi, forma curentă de nitrat trebuie să fie nitrocalcita  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ . În cantitate mult mai mică trebuie să se găsească și salpetrul  $\text{KNO}_3$ , cum reiese logic din datele analizei chimice pentru potasiu prezentate în Tab. I.

O altă categorie de minerale care se găsesc abundant în guano de peșteră sînt fosfații. Noi am găsit — cu deosebire în profilul „C” — fragmente mici și pe alocuri aglomerări dintr-un mineral de culoare gălbuie sau albicioasă cu aspect argilos. Din literatură rezultă că asemenea mineral este ardealita,  $\text{CaHPO}_4 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ . Pentru a ne face o imagine despre compoziția mineralogică a depozitului din peștera Gura Dobrogei am folosit metoda de analiză termică diferențială pentru profilul „C”, care este mineralizat, și pentru mineralul albicios și gălbul. Într-un alt loc în literatura consultată nu am găsit nici o analiză D.T.A. pentru asemenea depozite, pentru a putea

compara curbele noastre am executat curbele D.T.A. a citorva substanțe luate ca martor, pe care bănuiam că le-ar conține depozitul. Dintre ele ne-am oprit la două, care au curbe asemănătoare cu ale noastre și anume:  $\text{CaHPO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$  și  $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot \text{CaHPO}_4$ . Din fig. 5 se constată că toate probele prezintă un pic endoterm la cca.  $200^\circ\text{C}$  care corespunde cu cel dat de  $\text{CaHPO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$  la cca.  $270^\circ\text{C}$ . După aliura curbelor D.T.A. mineralul albicios și cel gălbui sînt formate în majoritate din  $\text{CaHPO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$ , adică din ardealită. Și din analiza D.T.A. se constată că profilul „C” nu este uniform. Probele din nivelele 0—20 cm și 60—80 cm sînt caracterizate printr-un pic endoterm la cca.  $800^\circ\text{C}$  și unul exoterm la cca.  $920^\circ\text{C}$ . După aceste picuri și după aliura curbelor rezultă că aceste două orizonturi conțin cu precădere ardealită față de alte minerale. Celelalte nivele prezintă curbe caracterizate printr-un pic endoterm la cca.  $550^\circ\text{C}$  și unul exoterm cuprins între  $700^\circ\text{C}$ — $750^\circ\text{C}$ . Aceste nivele conțin probabil  $\text{CaHPO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$  și  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  în proporții diferite.  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  trebuie să se găsească în cantitate mică, așa cum arată analiza chimică pentru K. Sigur că depozitul mai conține și alte minerale, în special de fosfor și în orice caz nu lipsește fierul, după cum arată culoarea gălbuie a mineralului.

### Discuții

Din literatura referitoare la guanoul de peșteră rezultă că asemenea depozite există probabil în orice parte a zonelor tropicale și temperate în care s-au format peșteri și care sînt ocupate de colonii permanente de lilieci. Cele mai mari depozite par să se fi format în timpul perioadelor interglaciale ale pleistocenului, fără a avea însă vreun motiv să presupunem că aceasta s-ar datora unor modificări de natură terestră sau de circuitul general al elementelor. Tot ceea ce este necesar pentru a se produce chiropterit, este o peșteră cu condiții și trofice adecvate, colonii masive de lilieci și timp îndelungat.

Depozitele de guano de peșteră ridică o serie de probleme biogeochimice, cum ar fi corelația dintre azot și fosfor și descompunerea compușilor de azot.

*Corelația dintre azot și fosfor.* Analiza chimică executată de noi asupra guanoului proaspăt a dat 12,58% azot total și 8,73%  $\text{P}_2\text{O}_5$  total, ceea ce corespunde unei proporții atomice 3,2 N : P. Această proporție este întru totul concordantă cu cele obținute de către P. L. Gile și J. O. Carro [9] pe două probe de guano proaspăt din insula Porto Rico, 3,28 și respectiv 3,51. Desigur există variații în ceea ce privește proporția, chiar și pentru probele proaspete; totuși variațiile mai mari în plus sau în minus arată o impurificare cu material străin și o mineralizare mai avansată. Acest fapt reiese clar din analiza chimică efectuată pe cele trei profile, la care proporția atomică N : P coboară la 1,36 pentru profilul „A”, 1,2 pentru profilul „B” și 0,7 pentru profilul „C”, care este cel mai mineralizat. Cantitatea de urină încorporată în depozit ar fi importantă în

determinarea proporției N : P, dar micțiunea și defecarea la lilieci se face, de obicei, în așa fel încît produsele se amestecă mai greu, fecalele căzînd pe fundul peșterii, iar urina stropînd pereții. Dacă se consideră cantitatea totală de azot în raport cu conținutul total de  $P_2O_5$  curbele medii pentru azot permit clasificarea depozitului într-un anumit tip de chiropterit.

Guanoul de peșteră din Gura Dobrogei prezintă curba medie pentru azot cu maxime care corespund unui procent de  $P_2O_5$  cuprins între 10% și 24%, ceea ce indică o tendință accentuată de îmbogățire în azot în timpul descompunerii (Fig. 2).

Guanoul din alte regiuni prezintă curbe medii ale azotului în raport cu fosforul, avînd un conținut maxim de azot corespunzător unui procent de  $P_2O_5$  cuprins între 2% și 4%, fapt care arată o descompunere accentuată a materiei organice cu o pierdere concomitentă de azot. Așa este situația cu chiropteritul din unele peșteri din Venezuela, Sardinia, Texas și altele (Fig. 3).

În alte regiuni curbele medii ale azotului prezintă maxime corespunzătoare unor procente de  $P_2O_5$  cuprinse între 4% și 16%, ceea ce indică o tendință de îmbogățire cu azot comparativ cu fosforul în timpul descompunerilor. Asemenea proces se întîlnește în cîteva peșteri din Porto Rico, Cuba și altele (Fig. 3).

Tendința de îmbogățire cu azot în timpul descompunerii guanoului este probabil o caracteristică a peșterilor suficient de umede și de calde care să permită o descompunere relativ rapidă, dar nu de ajuns de umede pentru ca azotul anorganic să fie repede spălat după formare.

*Descompunerea compușilor de azot.* În majoritatea materialului azotat de origine coprogenică, azotul sub formă organică se găsește de obicei sub 90%, restul fiind reprezentat ca azot amoniacal și nitric. În mod invariabil nitratul trebuie să se găsească în exces față de amoniac. Din analiza chimică a guanoului din peștera Gura Dobrogei rezultă că amoniacul scade mult mai repede o dată cu azotul total aflat în declin, decît o face nitratul (Fig. 4). În literatură n-am găsit și alte date referitoare la aceasta, decît din Porto Rico și faptul constatat de noi se confirmă întocmai.

Inițial, în materialul coprogenic, desigur că atît azotul organic stabil din chitină și artropodină, ca și compușii organici relativ nestabili, cum ar fi ureea, cît și compușii anorganici cum ar fi amoniacul, sînt prezenți. Cantitatea ridicată de substanță organică arată desigur o descompunere lentă. Amoniacul din urină și proteina din fecale probabil că se descompune mai întîi, iar chitina și sclerochitina se distrug mai încet.

Deși nu s-au făcut nicăieri cercetări bacteriologice, putem presupune că în timpul descompunerilor conținutul de amoniac va depinde de gradul de utilizare a lui de către bacterii ca sursă de azot, de intensitatea procesului de amonificare prin care compușii stabili sînt descompuși, precum și de procesul de pierdere a lui prin difuzie sau spălare.

Întrucît la analiza chimică executată de noi am găsit o cantitate predominantă de nitrat față de amoniac rezultă că nitrificarea a avut loc

destul de repede. Dacă compușii organici stabili sînt îndepărtați prin spălare, desigur că amonificarea este foarte mult încetinită, încît procentul de nitrat față de amoniac yă crește. Dar în același timp și nitrificarea probabil că este încetinită de la un timp, deoarece procesul depinde de o rezervă de materie organică ușor mineralizabilă. Sigur că spre sfîrșitul procesului de mineralizare, atunci cînd materia azotată este tot mai puțină, nitrificarea mai continuă, pe cînd amonificarea devine tot mai puțin importantă. Astfel, la sfîrșitul procesului de mineralizare, dacă nu intervin fenomene care să ducă la pierderi din depozit procesele de transformare microbială vor duce invariabil la acumulări de nitrat.

### Concluzii

1. Depozitul de guano din peștera Gura Dobrogei este neomogen, avînd grade diferite de mineralizare. Substanța organică variază de la 2,29%, pînă la 22,77%, fiind în medie de 15%; fosforul total variază între 5,56% și 25,36%, fiind în medie de 14,48%; azotul total variază între 1,03% și 7,95% cu o medie de 5,96%; potasiul variază între 0,57% și 1,46%, cu o medie de 0,83%; calciul variază între 4,25% și 21,35% cu o medie de 11,79%.

2. Depozitul este mai bogat și mai puternic mineralizat către fundul peșterii.

3. Depozitul este bogat în fosfați și destul de bogat și în nitrați; ca minerale predomină calcita și ardealita.

4. Conținutul în azot, fosfor și substanță organică conferă acestui depozit calitatea unui bun îngrășămint pentru plantele de cultură.

### BIBLIOGRAFIE

1. Adriance, D., P. S. Tilson, and H. H. Harrington — 1895. *Miscellaneous analysis*. Texas Agr. Exp. Sta., bull. 35, pp. 595—606.
2. Anthony, H. E. — 1919. *Mammals collected in eastern Cuba in 1917*. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. vol. 41, pp. 625—643.
3. Binaghi, R. — 1909. *Contributo allo studio dei guani sardi con speciale riguardo alla determinazione dell'azoto amoniacale*. Staz. Sperim. Agrarie Italiane, vol. 42, pp. 195—230.
4. Cooper, L. H. N. — 1937. *The nitrogen cycle in the sea*. Jour. Marine Biol. Assoc. United Kingdom, Plymouth, vol. 22, pp. 183—204.
5. Crawley — 1908. *Fertilizers*. Estación Cent. Agr. Cuba (English edition), bull. no. 14, p. 35.
6. Dumitrescu, M., J. Tanășkichi și T. Orghidan — 1958. *Peștera de la Gura Dobrogei*. An. Comit. Geol., vol. XXXI, R.P.R., p. 460.
7. — 1962—1963. *Răspîndirea chiropterelor în R.P. Română*. Lucr. Inst. speol. Tom I—II, Edit. Acad. R.P.R. p. 509.
8. Gale, H. S. — 1912. *Nitrate deposits*. Bull. U.S. Geol. Surv., no. 523, 36 pp.
9. Gilc, P. L., and J. O. Carrero — 1918. *The bat guanos so Porto Rico and their fertilizing value*. Bull. Porto Rico Agr. Exp. Sta., no. 25, 66 pp.

10. Gatzinger, G. — 1919. *Die Phosphatvorkommen von Csokkány in Siebenbürgen*. Mitt. geogr. Gesellsch. in Wien, vol. 52, pp. 302—333.
11. Jannel, R. and E. G. Raevitzza — 1929. *Biospéologie* LIV. *Énumération des grottes visitées*. 7-me ser. Arch. Zool. Exp. Gén., vol. 68, pp. 293—608.
12. Kanamori, S. — 1957. *On bat guano in Marianae Islands*. Bull. College Agr., Tokyo Imp. Univ. Japon, vol. 7, pp. 481—484.
13. Mac Ivor, R. W. Emerson — 1887. *On Anstralian bat guano and some minerals occurring therein*. Chem. News, vol. 55, pp. 215—216.
14. Miller, C. F. — 1914. *On the composition and value of bat guano*. Jour. Indust. Engin. Chem., vol. 6, pp. 664—665.
15. Moser, J. — 1878. *Über die Grotten-Abfallstoffe*. Erster B.r. über Arbeiten d. K.K. Landw. Chem. Versuchst. in Wien, Jahren 1870—1877.
16. Orghidan, N. — 1962—1963. *Bat-ului Căstăra. Observații zomorfologice*. Lucr. Inst. speol. Tom I—II. Edit. Acad. R.P.R., p. 209.
17. Popp, M. and J. Marxen — 1931. *Neue Untersuchungen über den Guano*. Landw. Versuchs-Stationen, vol. 112, pp. 261—312.
18. Stăicu, I., V. Bratu și Gh. Sîrbu — 1957. *Concluzii asupra guano-fosfaților din peșterile aflate în regiunea Timișoara în vedea a folosirii lor ca îngrășăminte fosfatice*. An. lucr. șt. Inst. agr. Timișoara, p. 3.
19. Valenciu, N. și I. Ion — 1964. *Peștera de la Rădău. Date ecologice asupra coloniilor de lilieci din această peșteră*. An. șt. Univ. Iași, Sect. II, Tom X, p. 293.
20. Voelcker, A. — 1878. *On bat's guano*. Jour. Roy. Agr. Soc., ser. 2, vol. 14, pp. 60—72.
21. Ziravello, A. — 1892—1893. *Annuario R. Scuola End. Cagliari*, vol. 2, p. 46.

## RECHERCHES BIOGÉOCHIMIQUES SUR LE DÉPÔT DE GUANO DE LA GROTTA „GURA DOBROCI”

### Résumé

Nous avons fait des analyses chimiques sur 3 profils de chirop-  
térîte des échantillons pris de 20 cm en 20 cm pour chacun.

Le profil „A” situé à 20 m de l'entrée principale a une grosseur  
de 60 cm, le profil „B” situé à 40 m de l'entrée principale a une gros-  
seur 100 cm, tandis que le profil „C” situé à 65 m de l'entrée prin-  
cipale a une grosseur de 140 cm.

En dehors de ces échantillons du matériel coprogénique en diffé-  
rents stades de minéralisation, nous avons pris encore des échantillons  
du guano frais, ainsi que 2 échantillons de terre de grotte, le premier  
d'un endroit plan situé à l'entrée de la grotte le second d'un en-  
droit penché situé à environ 60 m de l'entrée de la grotte.

Le guano frais contient: 63,81% d'eau, 13-42% de cendre,  
22,77% de substance organique, 3,19% d'ammoniaque, 2,32% de  
nitrate, 12,58% d'azote total, 8,73%  $P_2O_5$ , 1,25%  $K_2O$  et 3,16%  $CaO$ .

Le chirop-  
térîte se trouve dans des stades différents de minéralisa-  
tion, d'autant plus prononcés que le dépôt est plus vieux et situé plus  
profondément dans la grotte. Pour le profil „A” nous avons trouvé en  
moyenne 48,66% d'eau, 33,37 de cendre, 17,63 de substance organique.

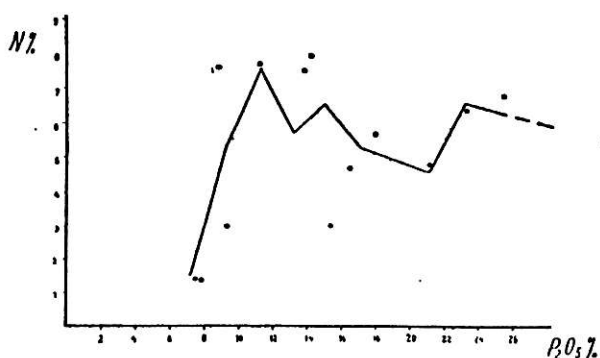


Fig. 2. Relația dintre azotul total față de fosforul total în guanoul din peștera Gură Dobrogei.

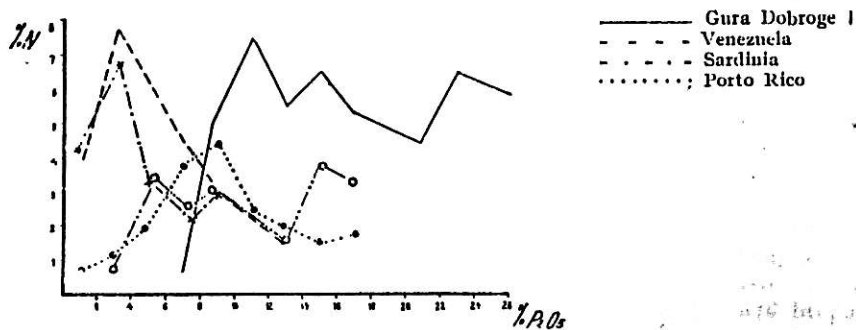


Fig. 3. Variația geografică și relația azot-fosfor

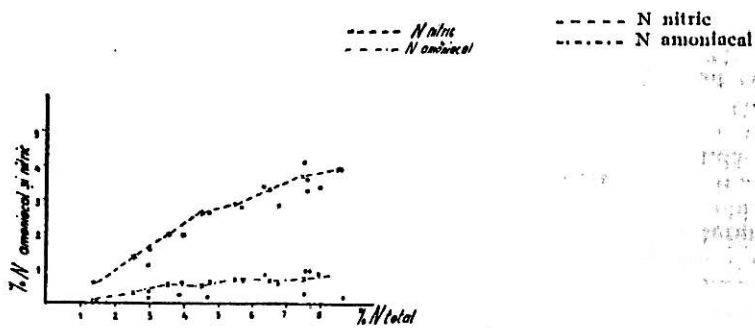


Fig. 4. Relația dintre azotul nitric față de azotul total în guanoul din peștera Gura Dobrogei

*Curbele DTA pentru probeta C pentru probele (1-6/3)  
2 (galben) și pentru substanțele marker*

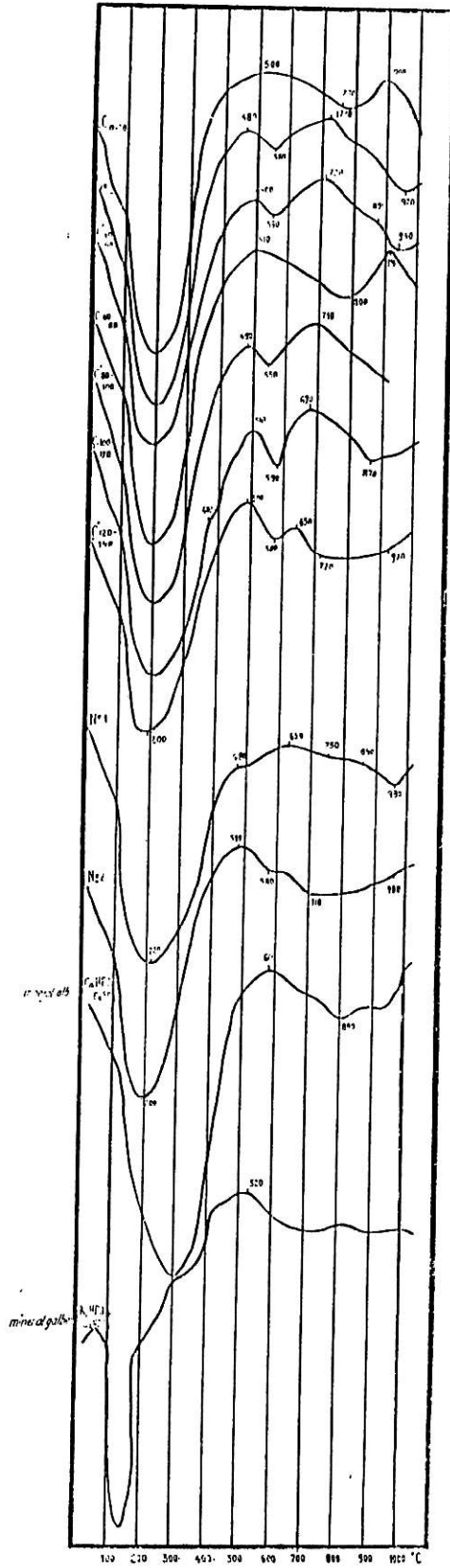


Fig. 5

