

Structuri de bioturbație în cadrul depozitelor turbiditice din flișul est-carpatic de vârstă Paleocen–Eocen, Siriu – Valea Buzăului

Dumitru *Frunzescu*, Gheorghe *Brănoiu*

Introducere

În cursul superior al văii Buzăului, mutarea șoselei datorită barajului de anrocamente de la Siriu a prilejuit tăierea taluzelor și deschiderea unor aflorimente aproape continue în depozite turbiditice ale flișului Paleocen de facies intern din unitatea de Tarcău a Moldavidelor Carpaților Orientali.

Depozitele turbiditice de vârstă Paleocen–Eocen ce fac obiectul prezentei lucrări prezintă variate structuri sedimentare mecanice, biotice și chimice, dintre care ne-am propus inventarierea și interpretarea structurilor biotice.

În zona curburi interne a Carpaților Orientali, pânza de Tarcău apare ca o unitate tectonică plurifacială delimitată între linia tectonică Audia la vest și linia de Tarcău la est, în cadrul căreia s-au evidențiat mai multe litofaciesuri care de la vest la est sunt: faciesul de Tarcău, faciesul de Ciunget, faciesul de Tazlău–Colți, faciesul de Leșunț–Doamna (Săndulescu, 1984) (fig. 1).

Într-o schemă stratigrafică clasică, în cadrul litofaciesului de Tarcău, Paleocen–Eocenul cuprinde: formațiunea gresiei de Tarcău (separabilă în: 1) orizontul „bazal” al gresiei de Tarcău; 2) Gresia de Tarcău inferioară; 3) strate de Giurgiu–Ghelința; 4) Gresia de Tarcău superioară și stratele de Podu Secu, având la top marnele roșii cu globigerine.

Paleocen–Eocenul are în bază strate de Horgazu senoniene și este acoperit de Oligocenul în facies de Pucioasa–Fusaru.

S-au prelevat eșantioane și s-au făcut fotografii din formațiunea gresiei de Tarcău, din stratele de Podu Secu și marnele roșii cu globigerine.

Suita este dominată de gresii litice (cu conglomerate polimictice subordonate) și argile. Petrofaciesul ruditic este reprezentat de para și ortoconglomerate, cu litoclaste (cuarțite, micașisturi, gnaise) în matrice arenitică. Petrofaciesul arenitic cuprinde gresii și graywacke lito-feldspatice, feldspatolite și litice. Liantul este reprezentat de un ciment calcitic și de o matrice siliciclastică silto–lutitică. Petrofaciesul lutitic are în componență argile verzi și roșii, marne sau argile șistoase cenușii.

La diferite scări, se întâlnesc secvențe descrescătoare stratonomice – *Thinner upward* sau descrescătoare granulometric – *Finning upward*.

Consemnări asupra structurilor biotice apar în lucrări mai vechi precum G. Macovei, I. Atanasiu (1923, 1926), M.G. Filipescu (1930), M. Ilie (1932), Sb. Ștefănescu (1937), I. Dumitrescu (1952), G. Cernea (1952), I. Băncilă (1958), S. Pauliuc (1962), L. Contescu, D. Jipa, N. Mihăilescu (1963), Elena Dimian (1964), Gr. Alexandrescu (1986), Gr. Alexandrescu, T. Brustur (1980, 1982, 1984, 1987), M. Micu et al (1987), T. Brustur, L. Ionesi (1990) T. Brustur, Stoica (1993), Gr. Alexandrescu, T. Brustur, D. Frunzescu (1993), B. Vârban, Chr. Derer, N. Anastasiu, R. Roban, M. Popa (1999).

Investigațiile sedimentologice preliminare (Vârban et al., 1999; R. Roban, 2000) au identificat opt tipuri de faciesuri (fig. 3) diagnosticate compozițional, textural și structural, a căror suită de la grosier la fin granulometric este: F1 – paraconglomerate (*bouldery*) nestratificate; F2 – ortoconglomerate (*pebbly*), strate groase, amalgamate; F3 – paraconglomerate slab stratificate și gresii grosiere; F4 – gresii grosiere stratificate; F5 – strate medii, stratificate; F6 – gresii fine stratificate; F7 – gresii fine în strate subțiri și argile; F8 – argile laminitice și calcare fin stratificate.

Principiile și nomenclatura folosite în descrierea și interpretarea structurilor de bioturbație

Urmele fosile sunt forme definite doar de caracteristicile sedimentelor (Bromley, 1996). Aceste structuri sunt explicate prin prisma mișcării unui organism pe / sau într-un sediment incoerent sau rocă dură. O trăsătură esențială a urmelor fosile este aceea că sunt în același timp: 1) structuri sedimentare (cu excepția perforațiilor – *borings*); 2) urme ale activității biotice; 3) produsele unor grupuri particulare de organisme.

La început, urmele au fost denumite după codul internațional binomial, crezându-se că sunt fosile. Recent, numele propuse s-au bazat pe interpretări rezonabile dar datorită legilor priorității au rezistat numele mai vechi. Astfel de ichnogenuri celebre sunt *Cruziana*, *Chondrites*, *Zoophycos*. Acestea au fost denumite ca nume de alge iar *Nereites* ca nume de vierme. Ca o alternativă a apărut nomenclatura comportamentală (Seilacher, 1964), dar se preferă sistemul binomial cu genuri și specii. În descrierea urmelor fosile se folosesc normele de clasificare conservatoare ale lui Seilacher (1964) și Martinsson (1970).

În clasificarea după Seilacher (1964), urmele fosile pot fi descrise ca: 1) *Full relief* – bioturbații păstrate în cadrul stratului; 2) *Semirelief* – bioturbații păstrate la suprafața litologică (reliefuri de limită sau reliefuri de separare) care pot fi de tip *hiporelief* (semirelief care se găsește pe talpa stratului, relieful putând fi convex sau concav) și *epirelief* (semirelief de limită ce se găsește în topul stratului, relieful putând fi convex sau concav).

Clasificarea lui Martinsson (1965, 1970) utilizează pentru descrierea urmelor fosile următorii termeni: *Endichnion* – structura de bioturbație păstrată în interiorul unui corp a unui *casting medium*; *Exichnion* – structura de bioturbație păstrată în partea superioară a unui corp principal a unui *casting medium*, ce poate apare sub formă de creastă (*ridge*) sau șanț (*groove*); *Hypichnion* – structura de bioturbație păstrată în partea inferioară a unui *casting medium*, ce poate apare de asemenea, ca o creastă (*ridge*) sau șanț (*groove*).

Tot pentru descrierea urmelor fosile se mai utilizează cele zece categorii morfologice ale lui Książkiewicz (1977): 1) forme circulare și eliptice; 2) forme simple; 3) forme ramificate; 4) forme de rozetă; 5) forme spreite; 6) forme sinuoase; 7) forme spirale; 8) forme meandrice; 9) forme sinuoase, meandrate și ramificate; 10) forme de rețea.

În lucrare, încadrările taxonomice s-au făcut după Książkiewicz, deși după revizia făcută de Uchman (1999), o parte din structurile clasice (exemplu *Taphrehelminopsis* sunt trecute la alte ichnogenuri cum ar fi *Scolicia*). Pentru interpretare s-au folosit clasificările comportamentale ale lui Seilacher (1962) și Bromley (1996).

După Bromley (1996), clasificarea cuprinde unsprezece categorii. Aceste categorii se suprapun, însă justificat deoarece modul de hrănire de exemplu poate fi foarte divers necesitând detalii sau un animal, în mod particular poate face un tip de urmă în mai multe scopuri. Ca o încercare de răspuns la întrebările de ce și cum fac animalele, urmele, Bromley (1996) stabilește următoarele motivații: respirație, hrănirea din suspensie, hrănirea din depozit, hrănirea pe suprafață, grădinarit, chemosimbioza, vânatoare, reproducere, protecție și adăpost.

Pe seama acestor caracteristici principale s-au definit următoarele categorii de urme fosile:

1) *Resting traces (cubichnia)* = urme de odihnă - sunt acele urme făcute de animalele vagile prin săpare sau înfigere pentru stabilitate în partea superficială a sedimentului. După studiile animalele actuale, pot fi urme de refugiu, ascunzișuri sau urme ale animalelor care se hrănesc staționar, dar își schimbă poziția din când în când. Exemplu: *Lockeia*, *Rusophycus*, *Asteriacites*.

2) *Crawling traces (repichnia)* = urme de târâre – reprezintă locomoția. Urmăresc planele de stratificație și pot fi atât endogene cât și exogene. Animalul se poate hrăni în timpul locomoției dar acest lucru nu se reflectă direct în morfologia urmei. În această categorie mai pot fi incluse și urmele de înot și alergare numite *naticchia* și respectiv *cursichnia*. Exemplu: *Cruziana*, *Diplichnites*.

3) *Grazing traces (pascichnia)* = urme de locomoție în căutarea hranei – reprezintă o urmă (*trackway*) de locomoție ce urmărește un curs meandric. Animalul a exploatat o regiune particulară pentru hrană. Exemplu: *Phycosiphon*, *Nereites*, *Scolicia*.

4) *Feeding traces (fodichnia)* = urme de hrănire – sunt caracterizate de o funcție combinată între cea de litofag (*feeding*) și cea de locuitor (*dwelling*). Structurile indică un grad de permanență și reflectă exploatarea substratului pentru hrană. Exemplu: *Thalassinoides suevicus*, *Dactyloidiles ottoii*, *Rhizocoralium irregulare* sunt caracteristice iar *Zoophycos*, incert.

5) *Dwelling traces (domichnia)* = urme de locuire – structurile plasate în acest grup au servit ca domiciliu semipermanent. Bioturbatorul (*tracemarker*) poate fi un suspensivor sesil, un carnivor activ așteptând în ambuscadă sau un vierme hrănindu-se cu sedimentul înconjurător. Totuși, urmele fosile accentuează funcția de locuire staționară și nu de grup trofic (Bromley, 1996). Exemplu: *Skolitos*, *Ophiomorpha*, *Arenicoltes*.

6) *Traps and gardening (agrichnia)* = capcane și urme de grădinarit – sunt modele structurale regulate având semnificații comportamentale variate. Sunt grupate toate la *Graphoglyptide*. Au fost

considerate anterior a fi *pascichnia*. Seilacher (1977) a demonstrat că o parte din aceste structuri sunt complicate de urme de zgâriere și cutare. Aceste forme complexe arată branșări adevărate și trebuie de aceea să fi funcționat ca *burrows*-uri deschise disponibile pentru vizite multiple ale constructorilor. Cele mai simple structuri ar putea să fi fost capcane pentru meiofauna migratoare similare cu *burrows*-urile lui *Paraonis fulgens* (Bromley, 1996). Acestea, având numeroase aperturi spre suprafață, rezultă că au fost irigate și indică un exemplu pentru un sistem de grădinărit (*gardening*). Ekdale et al. (1984) a propus această categorie pentru a accepta acele graphogliptide necutate. Exemple pentru capcane: *Spiroraphe*, *Cosmoraphe*. Exemple pentru grădinărit: *Palaeodyction*, *Helicolites*.

7) Urme de prădare (*praedichnia*) – sunt urme comune într-un substrat tare (cochilii). Substratul moale disturbat de prădători este greu de distins. Bergstrom și Jensen (1990) au demonstrat că *Cruziana dispar* care este în relație cu *Planolites* indică o activitate de prădare, animalul *Cruziana* fiind capturat de animalul care a produs *Planolites*.

8) Urme de echilibru (*equilibrichnia*) – în funcție de mișcările oscilatorii ale interfeței sediment / apă, poziția animalului și a excavației lui trebuie ajustată în continuu deoarece trebuie menținut contactul cu interfața.

9) Urme de scăpare (*fugichnia*) – puține specii endobentonice nu pot tolera o îngropare rapidă în sediment. În aceste condiții de panică, sedimentul este prelucrat într-o manieră rapidă prin contrast cu reglarea calmă a urmelor de echilibru.

10) Edificii construite deasupra substratului (*aedificichnia*) – structuri construite din sediment mai mult sau mai puțin cimentat de către „arhitecți”. Au fost aplicate pentru „recifii” de nisip construiți de sabulariide și polichete (Ekdale și Lewis, 1993). Pentru această categorie, Donovan (1994) a sugerat chiar și pâna de păianjen și tuburile larvare (*caddis*).

11) Urme făcute în scopul creșterii (*calichnia*) – urme propuse exclusiv pentru creșterea larvară sau juvenilă a organismelor.

Este greu de găsit un sistem bun de lucru fără un grad ridicat de subiectivitate (Bromley, 1996). Frey și Pemberton (1985) au clasificat *Zoophycos* și *Planolites* ca *pascichnia* și *fodichnia*, în timp ce Ekdale (1985) a plasat aceleași genuri la *fodichnia* și respectiv *pascichnia*. Bromley (1996) preferă clasificarea lui Ekdale. Activitatea de hrănire este esențială pentru principalele categorii. Grupurile trofice recunoscute de ecologiști intersectează comportamentele clasificării ethologice, aceasta fiind o reflectare a muncii grele de îndosariere a ichnotaxonilor sau urmelor fosile individuale în grupuri trofice precise. De aceea, există tendința de a se atașa foarte rapid o diagnoză funcțională, atât urmelor fosile individuale cât și *traits*-urilor morfologice.

Descrierea și interpretarea urmelor fosile

În descrierea și interpretarea urmelor fosile sunt urmărite descrierile morfologice conform terminologiei consacrate, distribuția tipurilor de urme în cadrul faciesurilor litologice, ponderea lor, diversitatea lor, precum și încercarea de stabilire a originii depoziționale a categoriei ethologice și, acolo unde este posibil, și a animalului care a produs structura. În tabelul 1 sunt centralizate principalele caracteristici ale structurilor de bioturbație.

Ichnogenul *Ophiomorpha* Lundgren 1891, ichnospecia *Ophiomorpha nodosa*: 1) Descriere – tuburi preponderent oblice, nebranșate. Excavația centrală este înconjurată de pelete fecale sau probabil de mâl peletat. Diametrul tuburilor este variabil, 1–2 cm. Sunt păstrate în interiorul stratelor de gresie – full relief (*endichnia*). Ocurența este rară, exemplarele fiind găsite în faciesurile proximale de canal. La acest ichnogen, Uchman (1998) încadrează tipurile *Granularia* și *Sabularia*. 2) Interpretare – reprezintă structuri de domiciliu ale animalelor suspensivore (Rhoads și Young, 1970) judecând după căptușirea pereților, deși după Kern (1980) în mediile cu energie mare astfel de comportament nu este posibil. Categoria comportamentală: *domichnia*; origine postdepozițională.

Ichnogenul *Thalassinoides*: 1) Descriere – tuburi branșate la unghiuri obtuze, 120-140° (formă de y). În zona branșărilor prezintă îngroșări. Diametrul tubului este de 1,5 cm iar la branșări este de 3 cm. Distanța dintre branșări este de ordinul centimetrilor. Materialul din compoziție este mai grosier decât roca gazdă. Sunt păstrate pe partea inferioară (semirelief convex) a unui strat ruditic. Se observă tendința de a intra în stratul suprajacent ruditic (*full relief*). Intersectează structuri erozionale ale suprafeței de strat de tipuri calenurilor de eroziune și urmelor de impact (*bounds*). Ocurența acestui ichnogen este rară, putând fi decelate în faciesuri grosiere. 2) Interpretare – reprezintă un sistem de tunele făcute de un

animal litofag. Acest tip de urme pot fi încadrate la categoria *fodichnia*. Deoarece intersectează structurile sedimentare și intră în stratul suprajacent au un caracter postdepozițional. În ceea ce privește semnificația ambientală, sugerează un mediu de apă puțin adâncă (Seilacher, 1964) cu energie de bazin ridicată, fapt susținut și de structurile erozionale pe care le intersectează. În astfel de condiții, salinitatea, temperatura, cantitatea de oxigen prezintă variații mari dând calitatea de specie oportunistă acestui ichnogen.

Ichnogenul *Granularia*: 1) Descriere – sunt păstrate predominant pe partea inferioară a stratelor de gresie (semirelief convex) și mai rar traversează stratele de gresie sau argile (*full relief* și *epirelief*). După Uchman (1998), aceste ichnospecii sunt încadrate la *Ophiomorpha*. Sunt comune în faciesurile câmpiei bazinale și de lob și intercanal, având o distribuție rară în faciesurile de canal. 2) Interpretare – excavații (*tunnel*) predominant orizontale dar și înclinate făcute de animalele litofage în explorarea pentru hrană. Umplerea a fost de tip activă neexistând evidențe ale unui colaps sau umplerii gravitaționale. Granulometria mai mare decât a sedimentului înconjurător este explicată prin fenomenul de peletare și de umplere înapoi (*backfilling*) (Bromley, 1996). Categoria comportamentală: *pascichnia*. Originea postdepozițională este arătată de intersecția canelurilor de eroziune, traversarea unor strate ale faciesurilor fine și ale faciesurilor grosiere, natura umplerii care are caracteristicile stratului de deasupra.

Ichnogenul *Sabularia*: 1) Descriere – tuburi umplute cu nisip, parțial căptușite cu particule argiloase. Sunt drepte sau slab sinuoase, foarte rar ramificate. Diametrul tuburilor este de 2–4 mm iar distanța dintre brașări este de ordinul centimetrilor sau zecilor de centimetri. Se observă că formele sinuoase brașează mai des. Sunt păstrate preponderent pe talpa stratelor de gresie dar și în interior (*semirelief* și *full relief*). 2) Interpretare – sunt interpretate a fi urme de hrănire și deplasare făcute de crustacee (Crimes et al., 1981). În acest caz, nu sunt în asociație cu *Ophiomorpha*, drept pentru care denumirea bioturbatorului este incertă. Intră în categoria *pascichnia*. Au origine postdepozițională. Sunt făcute de specii oportuniste și nu sunt un indicator al parametrelor paleobiotopului.

Ichnogenul *Palaeophycus* Hall 1847: 1) Descriere – forme cilindrice brașate la unghi ascuțit. Diametrul tuburilor este de 1- 2 cm, iar lungimea este 30 – 40 cm iar distanța dintre ramificații este variabilă. Materialul de umplură are aceeași compoziție cu materialul înconjurător. Existența pereților căptușiți nu este clară. Prezintă ornamentații cu aspect rugos. Distincția dintre *Palaeophycus* și *Planolites* este greu de făcut și este parțial controversată (Pemberton și Frey, 1982; Uchman, 1998). Se găsesc pe suprafața inferioară (*semirelief* convex) a gresiilor. 2) Interpretare – reprezintă urme de târâre și hrănire după aspectul căptușit al pereților. Se încadrează la categoria *fodichnia* (Ekdale, 1985; Bromley, 1996). Este un ichnogen euribatic, preferabil intermediar, produs probabil de polichete (Pemberton și Frey, 1982; Uchman, 1998).

Ichnogenul *Planolites* Nicholson 1873, ichnospecii *Planolites beverleyensis* Alpert 1975, *Planolites montanus* Richter 1937: 1) Descriere – galerii cilindrice, umplute și neramificate. În secțiune transversală sunt circulare sau eliptice. Nu prezintă ornamentații ci semne clare de căptușire a pereților. Traiectoriile sunt drepte sau puțin curbate. Se găsesc cu precădere în interiorul stratelor de gresii (*full relief*). După dimensiuni s-au determinat două ichnospecii: *Planolites montanus* cu diametrul cuprins între 1- 7,5 mm și *Planolites beverleyensis* cu dimensiuni mai mari ale diametrului tuburilor, 8 – 15,5 mm. 2) Interpretare – sunt urme de târâre și hrănire. Se încadrează la categoria *pascichnia* (Ekdale, 1985; Bromley, 1996). Este un ichnogen euribatic produs de polichetele vermiforme litofage (Uchman, 1999). Au un aspect postdepozițional indicat de procesul de umplere activă în urmă (*backfilling*).

Ichnogenul *Scolicia* Quaterfrages 1849, ichnospecia *Scolicia plana*: 1) Descriere – urme trilobate, aplatizate, sub formă de panglică cu structuri transversale asemănătoare unei bronhii. Lobul median este sub forma unui șnur cu diametru de circa un centimetru. Este separat de lobi exteriori prin șanțuri adânci. Toate exemplarele au o formă sinuoasă și lungime de circa 20–25 cm și o lățime de 4–5 cm. Unele urme nu prezintă lobul median în relief convex (șnur), probabil aparțin altui ichnogen. Sunt păstrate doar pe suprafața exterioară a stratelor de gresie (*epirelief*) formate în timpul deplasării și explorării zonelor cu nutrienți. Sunt mai numeroase în faciesuri distale. 2) Interpretare – urme de târâre (*trails*) ale echinodermelor (Crimes et al., 1981; Ksiazkiewich, 1970). Structurile „nervurate” sunt explicate prin dispunerea repetată a sedimentului. Se încadrează la categoria *pascichnia*. După morfologia nervurilor acestor urme, par să fie formate, mai degrabă, prin umplerea activă decât prin colaps sau mulaj. După aceste trăsături i se poate atribui o origine postdepozițională. După Crimes et al. (1981) indică adâncimi intermediare, între șelf și câmpia bazinală.

Ichnogenul *Subphylochora*: 1) Descriere – urmă trilobată, găsită pe suprafața inferioară a stratelor de gresie. Este aplatizată sub formă de panglică. Are o lățime de 15 mm, distanța dintre striuri este de 3

mm iar grosimea striurilor este de 2 mm. Pe lângă striurile longitudinale prezintă și striuri transversale dispuse la distanțe submilimetrice. 2) Interpretare – urme de târâre făcute probabil de echinoderme (Alexandrescu, Brustur, 1990). După Ksiazkiewich (1970) reprezintă echivalentul ichnogenului *Scolicia*. Uchman (1999) încadrează acest ichnogen la *Scolicia*. Se încadrează la categoria *pascichnia*. Are origine postdepozițională după relația cu sedimentul (tendință de *full relief*) (Kern, 1980).

Ichnogenul *Taphreilmintopsis* Sacco 1888, ichnospeciile *Taphreilmintopsis plana*, *Taphreilmintopsis auricularis*, *Taphreilmintopsis recta*: 1) Descriere – șanțuri (piste) neregulate, sinuoase, cu șanțul median distinct, concav și adânc. Crestele prezintă riduri transversale. Distanța dintre creste este de 1,5 cm. Lungimea șanțurilor este de 40 cm până la 1,5 m. Trajectoriile sunt diverse, acesta fiind criteriul de departajare al ichnospeciilor. Materialul de umplutură este mai grosier decât cel înconjurător. Stratele care conțin astfel de structuri sunt rare, însă în cadrul lor se găsesc două sau trei structuri pe m². 2) Interpretare – urme de târâre pe un substrat mălos. După unii autori (Crimes et al., 1981) sunt atribuite echinodermelor. Forma traiectoriilor poate fi în relație cu cantitatea de nutrienți (Brustur, 1992), argumentul principal fiind caracterul intermediar al acestor urme. De fapt, sunt urme făcute de același individ în același timp dar cu caracteristici diferite. Grosimea stratelor de aproximativ 10 cm, concentrarea de detritus mai grosier în părțile mai adânci și structurile interne laminate sunt argumente ale originii predepoziționale, trait-urile fiind mulate cu nisip din următorul eveniment depozițional. După sinuozitatea formelor este un ichnogen aparținând domeniului mărilor adânci (Seilacher, 1964) și o specie echilibristică (Bromley, 1996).

Ichnogenul *Helmintopsis* Sacco 1888, ichnospecia *Helmintopsis tenuis*: 1) Descriere – sunt forme neregulate (șnururi) de sinuozitate diferită. După acest criteriu se întâlnesc două tipuri: forme meandrate, cu meandre de două ordine dar ambele neregulate. Meandrele de ordinul I sunt înalte de 7 cm iar baza este mai îngustă de 2 cm. Diametrul șnururilor este de 2 mm. Datorită neregularității și proprietății bazei, nu se poate atribui acest ichnogen lui *Cosmoraphe* cu care se aseamănă. Al doilea tip este reprezentat de forme sinuoase neregulate. Diametrul șnururilor este de 1,5–2 mm. Se găsesc pe fața inferioară a stratelor de gresie (semirelief convex) cu grosimi de 10–12 cm. 2) Interpretare – reprezintă urme de târâre făcute de animale litofacies. Se încadrează la categoria *pascichnia*. După morfologie și relația cu stratul de care aparține această structură are un caracter predepozițional. Sunt interpretate a fi indicator de apă adâncă și formate de specii echilibristice.

Ichnogenul *Helminthoida* Schafthaul 1851, ichnospecia *Helminthoida crassa*: 1) Descriere – forme (șnururi) meandrate paralele. Meandrele sunt apropiate și neregulate. Grosimea șnururilor este relativ constantă de circa de 2 – 3 mm și lărgimea de 1 cm. Sunt păstrate pe suprafața inferioară a stratelor de gresie (semirelief convex). 2) Interpretare – urme de târâre ale viermilor litofagi cu corpul moale (Crimes et al., 1981; Ksiazkiewich, 1970). Se încadrează la categoria *pascichnia*. Sunt intersectate de structuri postdepoziționale de tip *Granularia*, de unde caracterul predepozițional. Se găsesc sub forma de *epirelief* dar contactul cu stratul de care aparțin nu este cu jumătate din suprafață ci doar cu o treime. În acest context, umplerea excavațiilor nu a fost una gravitațională și nici prin mulaj. Originea post sau predepozițională este incertă. Dar sigur este faptul că erau un sistem de excavații (*burrows*) făcute în mal, în partea finală a structurii Bouma (*Te*) și că erau deschise tot timpul iar umplerea a fost una activă. Morfologia actuală este un rezultat al proceselor de eroziune și compactare. După Seilacher (1964) indică apa adâncă și o specie echilibristică după Bromley (1996).

Ichnogenul *Megagraption* Ksiazkiewich 1961, ichnospecia *Megagraption tenue*: 1) Descriere – șnururi drepte sau puțin curbate, ramificate în unghi drept formând o rețea rectangulară neregulată. Grosimea șnururilor este de un milimetru. Se găsesc pe partea inferioară a stratelor de gresie în semirelief. 2) Interpretare – urme de târâre și hrănire. Categoria funcțională este *pascichnia*. Originea predepozițională este dedusă după contactul cu stratul de care aparține și după faptul că sunt tăiate de structuri postdepoziționale de tip *Granularia*. Astfel de structuri sub formă de rețea indică un mediu de apă adâncă (Seilacher, 1964) făcute de specii echilibristice (Bromley, 1996).

Ichnogenul *Palaeodyction* Meneghini 1850, ichnospecii *Palaeodyction minimum*, *Palaeodyction strozzi*, *Palaeodyction problematicum*: 1) Descriere – șnururi sub formă de rețea hexagonală. Diametrul ochiurilor rețelei și cel al șnururilor este diferit, acesta fiind și criteriul de departajare a ichnospeciilor (Ksiazkiewich, 1970). Ochiiurile rețelei sunt de 3–5 mm cu creste foarte fine de 0,5 mm. Toate formele sunt păstrate pe suprafața inferioară a stratelor de gresie în semirelief convex. 2) Interpretare – sistem de galerii făcute de organisme litofage, probabil animale vermiforme, echilibristice, în scopul exploatării sistematice a substratului, utilizând o anumită tehnică pentru edificarea rețelei hexagonale. Se încadrează

la categoria funcțională *agrighnia*. Au o origine predepozițională după unele caractere erozionale și deformaționale ale rețelei datorate curenților, dar pentru *Palaeodyction minimum* sunt evidențe ale unei origini postdepoziționale fapt rezultat din eroziunea neuniformă (Kern, 1980).

Ichnogenul *Spirophycus*, ichnospecii *Spirophycus bicornis* Herr 1876, *Spirophycus involutossimus* Ksiazkiewich 1970: 1) Descriere – urme (șnururi) spirale. Există două moduri de spiralare, acesta fiind și criteriul de delimitare al ichnogenurilor. La *Spirophycus bicornis* tuburile sunt încolăcite la un singur capăt iar la *Spirophycus involutossimus*, spiralarea este totală. Diametrul tuburilor este de circa un centimetru iar grosimea este neregulată. Diametrul spirei este de 8–15 cm la *Spirophycus bicornis* și de 15–20 cm la *Spirophycus involutossimus*. Materialul de umplură este mai grosier decât cel înconjurător. Se întâlnesc pe suprafața inferioară a stratelor de gresie în semirelief convex. 2) Interpretare – urme de târare făcute în substrat mâlos (faciesuri fine turbiditice) de către polichete și „viermii cu formă de ghindă” (Heezen și Hollister, 1971 din Ksiazkiewich, 1977). Categoria funcțională este discutabilă, după unii autori încadrându-se la *pascichnia* (Bromley, 1996) iar după alții la *agrighnia* (D' Alessandro, 1980). Materialul mai grosier, siliciclastic, laminațiile de curent din umplură (riduri la suprafață), ocurența în semirelief pe baza stratelor de gresie mai mari uneori de 30 cm, contactul cu jumătate din suprafața cu stratul arenitic de care aparține, toate acestea sunt argumente ale unei origini predepoziționale. Indică un eveniment erozional, adâncime mare și condiții constante de salinitate și temperatură. De asemenea, indică cantitate mică de oxigen dizolvat (sub 1 ml/l) și cantitate mică de nutrienți.

Ichnogenul *Spiroraphe* Fuchs 1895: 1) Descriere – șnururi în formă de spirală. Diametrul spiralei este de circa 12 cm iar distanța dintre două creste de 1 cm. Sunt păstrate pe partea inferioară a stratelor de gresie în semirelief. 2) Interpretare – urme de târare în faciesuri lutitice. Morfologia reflectă exploatarea resurselor de hrană prin tehnica grădinaritului. Sunt atribuite categoriei *agrighnia*. Astfel de urme au fost descrise ca indicatoare de apă adâncă, fiind făcute de specii oportuniste.

Concluzii

Structurile de bioturbație fac parte integrantă din structofaciesul biotic, fiind relevante pentru reconstituirea ulterioară de ambianțe sedimentare locale. În această lucrare, au fost descrise cincisprezece ichnogenuri și cincisprezece ichnospecii.

Densitatea urmelor fosile depinde de rata de rulare a populației. Rata bioturbării este în general slab corelată cu densitatea faunei dar este strâns corelată cu mobilitatea bioturbatorilor. Turbiditatea și descreșterea concentrației de oxigen exclud organismele suspensivore.

În zonele proximale, medii cu energie mare, cu grosime mare a stratelor de gresii și raport mare nisip/argilă, urmele fosile sunt preponderent verticale și destul de rare, în timp ce în zonele distale, în medii cu energie scăzută, cu strate subțiri de gresie și raport mic arenit/lutit, urmele fosile spirale, radiare și mendrate (graphogliptidele) sunt destul de frecvente.

Graphogliptidele care prezintă diversitatea cea mai mare se găsesc la adâncimi de 600–2000 m (Ksiazkiewich, 1970, 1977), batimetrie corelată cu cea reieșită în urma studiului foraminiferelor. Au fost înregistrate și urme de apă puțin adâncă în depozite de canal din zonele proximale ale unui sistem turbiditic. După Ksiazkiewich, *Sabularia*, *Granularia*, *Spiroraphe*, se găsesc la adâncimi situate la adâncimi între 200 – 1 500 m.

În domeniul apei adânci, condițiile de temperatură și salinitate erau relativ constante, lucru dedus și din numărul mare de specii echilibrice. În zonele proximale existau perioade cu salinități diferite, structurile din aceste zone fiind preponderent verticale. Organismele îngropate la mai mult de 5 cm trăiesc aproape într-un mediu izohalin.

Urmele de hrănire cu diametrul mic al graphogliptidelor denotă un mediu cu o concentrație mică de oxigen dizolvat sub 1 ml/l. cantitatea mică de oxigen este dată de o mare proporție de urme fosile ce prezintă conectări cu interfața sediment-apă, și de absența împărțiri în orizonturi, așa numitele nivele de bioturbație care sunt caracterizate de urme tipice.

Graphogliptidele sunt făcute într-un sediment de tip *softground* hemipelagic. Prezența graphogliptidelor și altor excavații predepoziționale este un indicator al faptului că eroziunea a precedat depunerea.

Distribuția urmelor este mai degrabă în relație cu variațiile mediului depozițional de con turbiditic decât de modul de păstrare și sursa de sediment. Sisteme turbiditice diferite, datorită ariei sursă, prezintă aceleași tipuri de urme cu aceeași distribuție în cadrul subsistemelor sale.

Bibliografie

- 1) Alexandrescu Gr., Brustur T., *Paleobiocenoza cu Subphylacorda din formațiunea gresiei de Tarcău din Valea Troțușului, Carpații Orientali*, D.S. Inst. Geol. Geofiz., v. 74/3, p. 5-26, București, 1990.
- 2) Alexandrescu Gr., Brustur T., Frunzescu D., *Sabularia Paleoichnocenosis between the Teleajen valley and Buzău valley (East Carpathians)*, Bul. Soc. Geol. Rom. , v. 14, p. 7-14, București, 1993.
- 3) Brustur T., Alexandrescu Gr., Frunzescu D., *On the presence of the ichnogenus Rhizocorallium in the Vrancea Oligocene*, Rom. Jour. Paleontology, 76, p. 57 - 62, București, 1995.
- 4) Crimes T.P., Goldring R., Homewood P., Stuijvenberg J., Winkler W., *Trace fossil assemblages of deep-sea fan deposits, Gurnigel and Schlieren flysch (Cretaceous – Eocene) Switzerland*, Eclogae Geol. Helv., 74, 3, p. 953 – 995, Basel.
- 5) Ekdale A.A., *Paleoecology of the marine endobenthos*, Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, 50, p. 63 – 81, Amsterdam, 1985.
- 6) Frunzescu D., *Studiul stratigrafic și sedimentologic al evaporitelor miocene dintre valea Buzăului și valea Teleajenului*, Teza de doctorat, Universitatea București, 1998.
- 7) Kern J.C., *Origin of trace fossils in Polish Carpathian Flysch*, Lethaia 13, p. 347 – 362, 1980.
- 8) Książkiewicz M., *Observation on the Ichnofauna of the Polish Carpathians*, din *Traces Fossils*, Crimes T.P. and Harper J.C., Geol. Jour. Spec. Issue 3, 283, Seel House Press, Liverpool, 1970.
- 9) Książkiewicz M., *Trace fossils in the flysch of the Polish Carpathians*, Palaeontologica Pol., 36, p. 208, Warszawa.
- 10) Pemberton S.G., Frey W.R., Bromley G.R., *The ichnotaxonomy of Conostichus and other plug-shaped ichnofossils*, Can. J. Earth Sci., 25, p. 866 – 892, Montreal.
- 11) Roban R., *Analiza și distribuția structurilor de bioturbație în cadrul depozitelor turbiditice din flișul est carpatic de vârstă Paleocen – Eocen, Siriu – Valea Buzăului*, Univ. București, 2000.

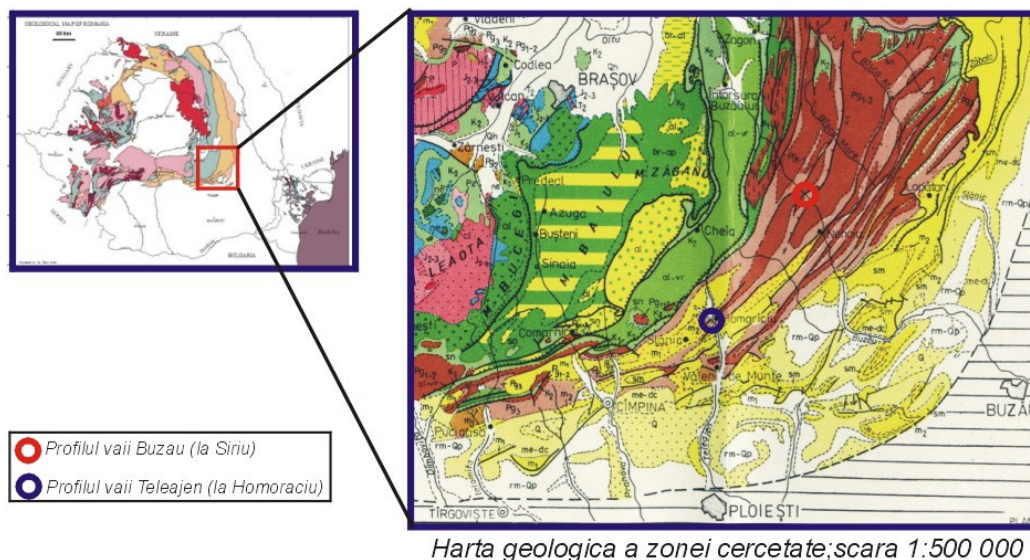


Fig. 1. Localizarea perimetrului.

Tabelul 1. Caracteristici ale structurilor de bioturbație (dupa Roban, 2000)

Urma	Caractere morfologice	Termeni funcționali	Aspect depozițional	Habitat	Poziție	Ecologie	Ichnofacies	Bioturbator	Mediu depozițional
Granularia	drepte branșate	burrows tunels	postdepozițional	nisip mal	edichnia hypichnia endichnia	oportunist pascichnia	Zoophycos ?	crustacei animale viermiforme	complex canal lob câmpie bazinală
Planolites	drepte branșate	burrows tunels	postdepozițional	nisip mal	edichnia hypichnia endichnia	oportunist pascichnia	Zoophycos ?	crustacei animale viermiforme	complex canal lob câmpie bazinală
Palaeophycos	drepte branșate	burrows tunels	postdepozițional	nisip mal	edichnia hypichnia endichnia	oportunist pascichnia	Zoophycos ?	crustacei animale viermiforme	complex canal lob câmpie bazinală
Sabularia	drepte branșate	burrows tunels	postdepozițional	nisip mal	edichnia hypichnia endichnia	oportunist pascichnia	Zoophycos ?	crustacei animale viermiforme	lob complex canal
Scolicia	sinuoase	trails	postdepozițional	nisip	epichnia	oportunist pascichnia	Zoophycos	echinoderme	lob complex canal
Subphylochora	sinuoase	trails	postdepozițional	nisip mal	hypichnia	oportunist pascichnia	Zoophycos	echinoderme	lob complex canal
Helminthoida	meandriforme	trails	predepozițional post?	nisip mal	edichnia hypichnia	litofag pascichnia	Nereites	animale viermiforme	lob câmpie bazinală
Helmintopsis	meandriforme	trails	predepozițional	nisip mal	hypichnia	litofag pascichnia	Nereites	animale viermiforme	lob câmpie bazinală
Taphrehelminopsis	meandriforme	trails	predepozițional	mal	hypichnia	litofag pascichnia	Nereites	echinoderme	lob câmpie bazinală
Spirophycus	spirale	trails	predepozițional	mal	hypichnia	agrighnia	Nereites	echinoderme polichete viermi „acorn”	lob câmpie bazinală
Megagraption	rețele	trails	predepozițional	mal	hypichnia	agrighnia	Nereites	?	lob câmpie bazinală
Palaeodyction	meandriforme	trails	predepozițional post	mal	hypichnia	agrighnia	Nereites	?	lob câmpie bazinală
Ophiomorpha	burrows shaft	burrows	postdepozițional	nisip	hypichnia edichnia	domichnia	Nereites	artropode	complex canal lob
Thalassinoides	burrows shaft	sistem de burrows	postdepozițional	nisip	hypichnia edichnia	fodichnia	Nereites	artropode	lob complex canal

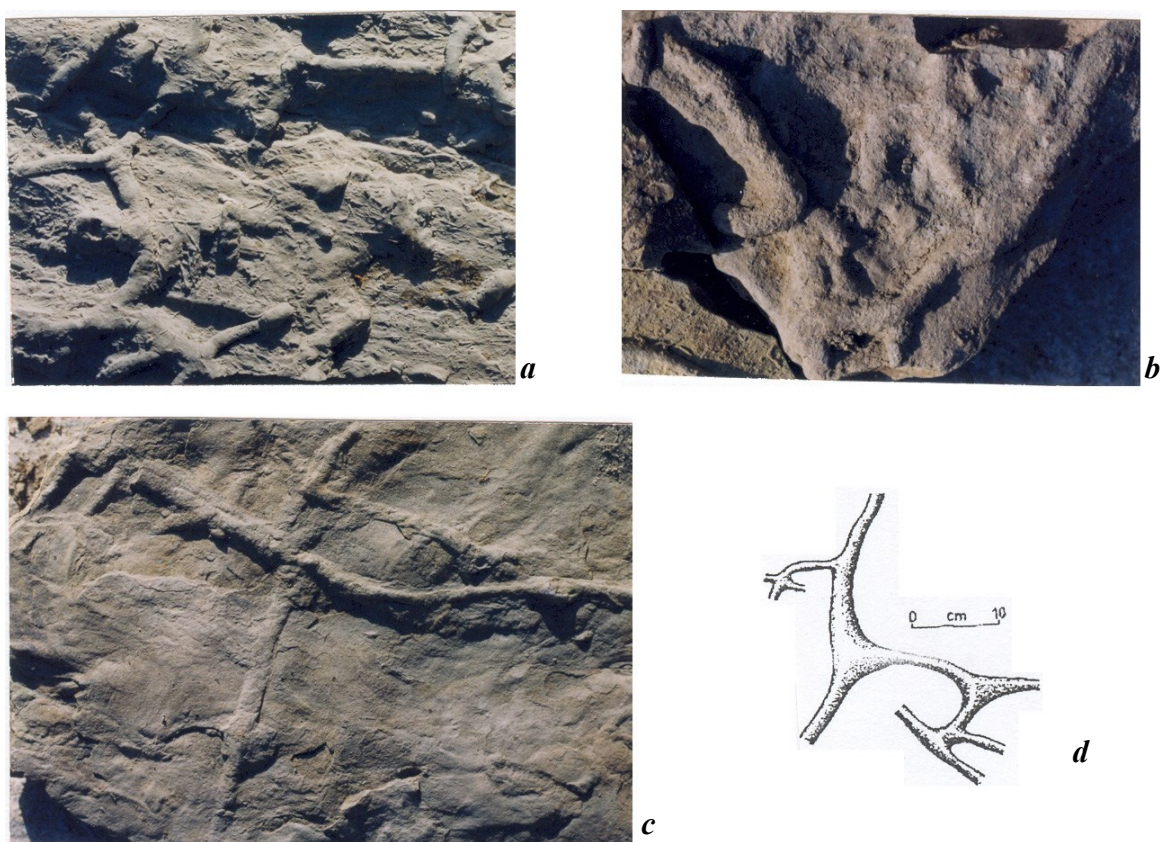


Fig. 2. a, b, c – *Thalassinoides*; d – schiță după Ksiazkiewich (1970).

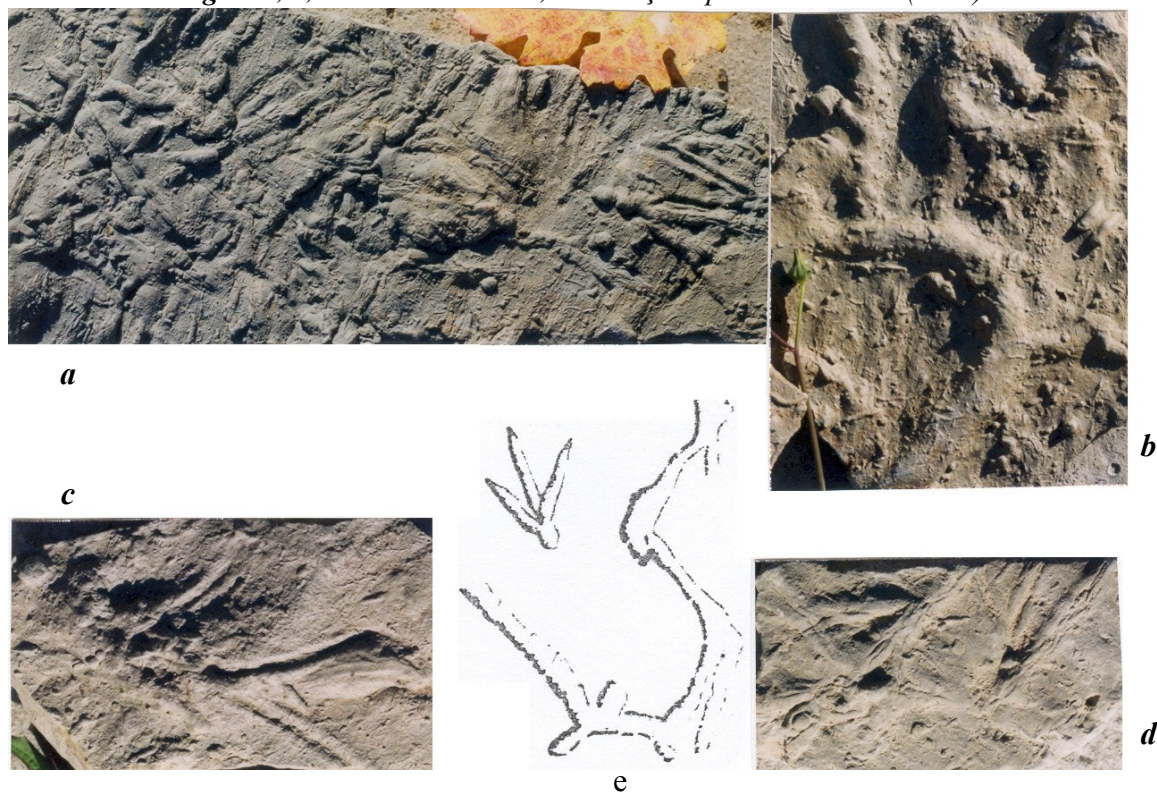


Fig. 3. a, b, c, d – *Granularia*; e – schiță după Ksiazkiewich (1970).



Fig. 4. a, b, c – Sabularia.



Fig. 5. a, b – Palaeophycus.



Fig. 6. a – Planolites beverleyensis; b – Planolites montanus.



Fig. 7. Scolicia.



Fig. 8. Subphyllocorda.

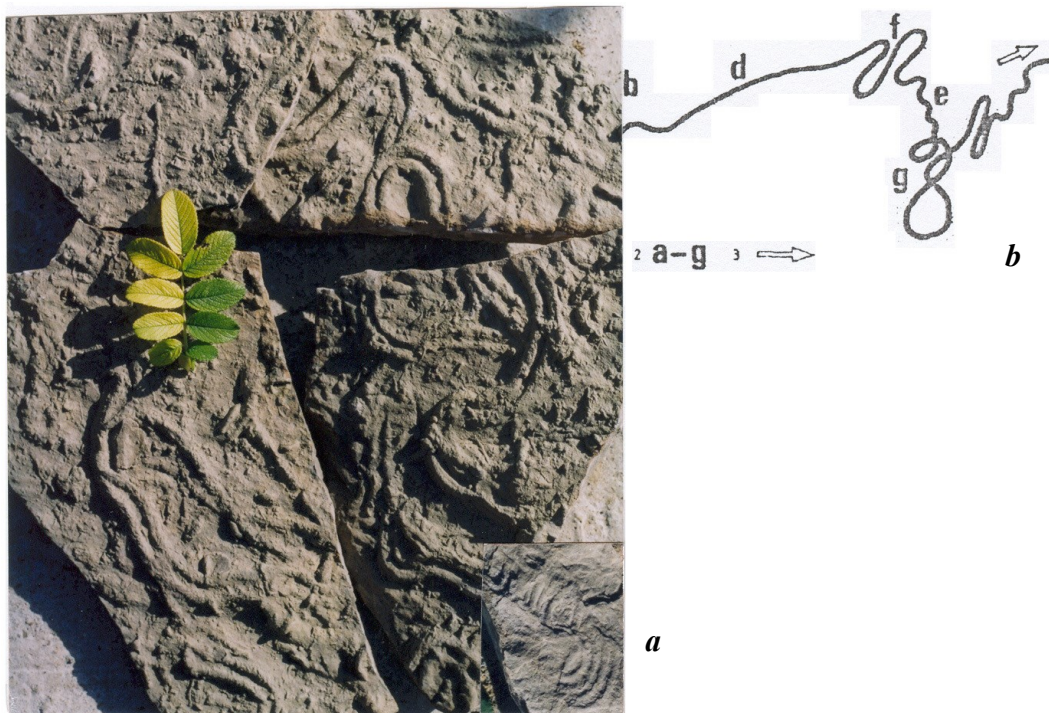


Fig. 9. a – *Taphrohelminopsis*; b – schiță după Brustur (1992) (1. Substrat bogat în nutrienți; 2. Tipuri de traiectorii: a – spiralis; b – plana; c – convoluta; d – recta; e – vagans; f – meandriformis, podhalensis; g – circularis; 3. sensul locoțiiei).

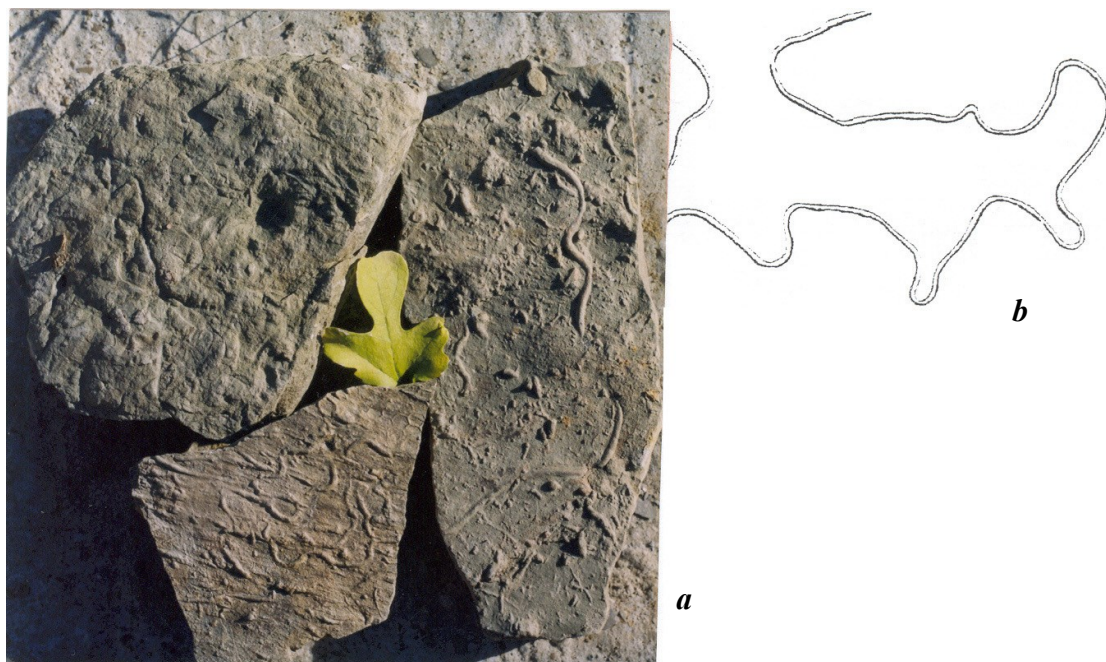


Fig. 10. a – *Helminopsis*; b – schiță după Ksiazkiewich (1970).

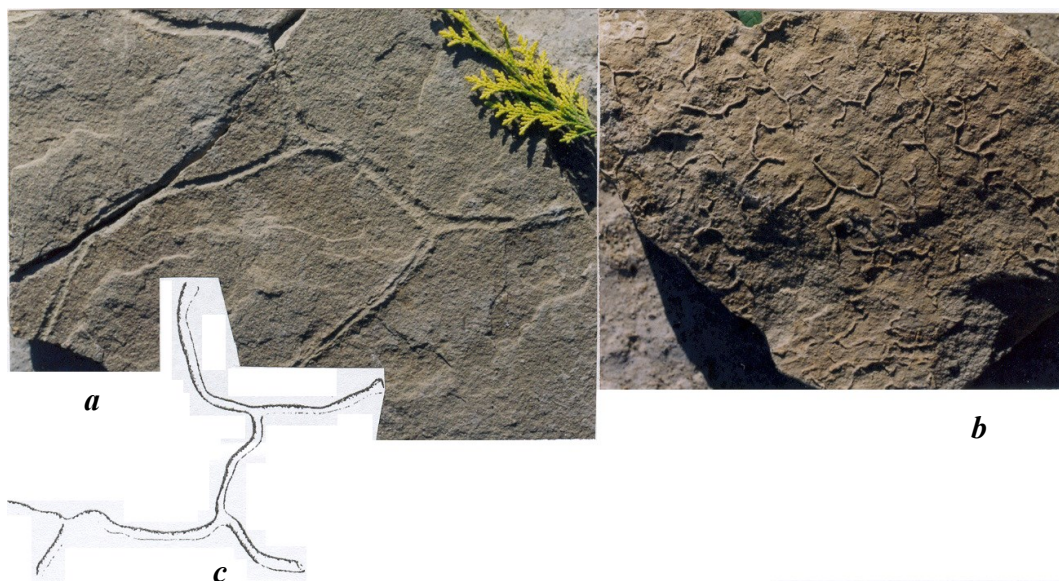


Fig. 11. *a, b* – *Megagrapton tenues*; *c* – schiță după Ksiazkiewich (1970).

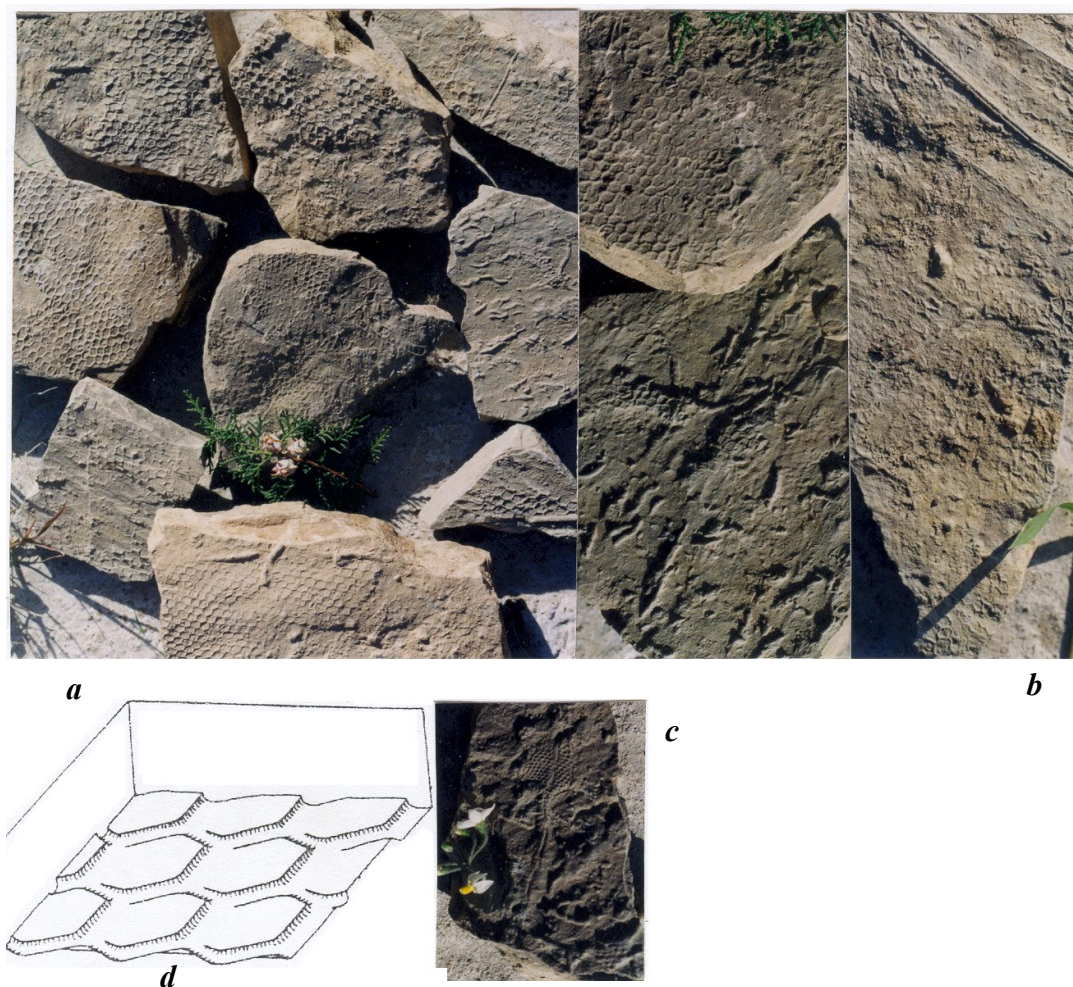


Fig. 12. *a, b, c* – *Palaeodictyon strozzi*; *d* - schiță după Kern (1980).



Fig. 13. *a* – *Spirophycus bicornis* Herr 1876;
b – *Spirophycus involutissimus*.

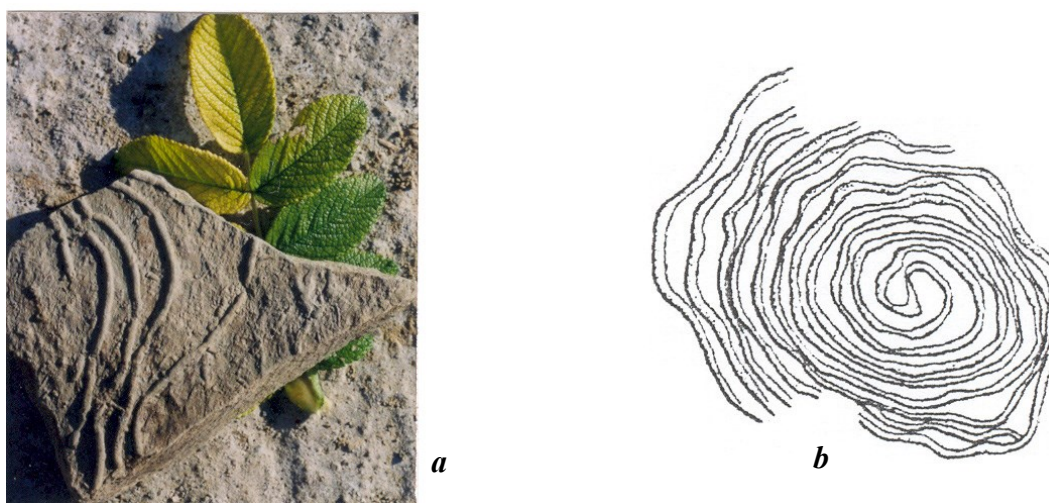


Fig. 14. *a* – *Spiroraphe*; *b* – schiță după Książkiewicz (1970).