

SEMNIFICAȚII GEODINAMICE ALE VITEZELOR UNDELOR SEISMICE LONGITUDINALE ÎN UNITĂȚILE VORLANDULUI ȘI OROGENULUI CARPAȚILOR ORIENTALI

AURICĂ DAMIAN, DOREL ZUGRĂVESCU

*Institutul de Geodinamică „Sabba S. Ștefănescu” al Academiei Române
Str. Jean-Louis Calderon 19–21, București 37, 020032, România*

1. INTRODUCERE

Vitezele undelor seismice longitudinale în formațiunile geologice ale vorlandului, avanfosei și orogenului Carpaților Orientali (fig. 1) sunt strâns legate de fenomenele dinamice; geneza și evoluția formațiunilor au depins de dinamica mediului.

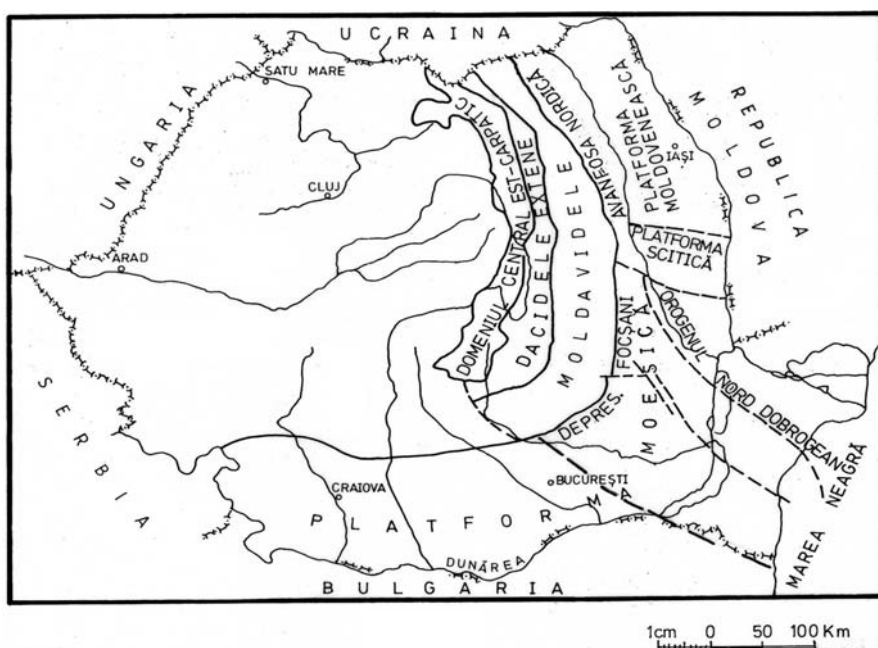


Fig. 1 – Localizarea unităților vorlandului (Platformele Moldovenească, Scitică și Moesică și orogenul nord-dobrogean), a avanfosei nordice și a celei a zonei de curbură (depresiunea Focșani) și a domeniilor orogenului Carpaților Orientali (Centrul est-carpatic, al Dacidelor externe și al Moldavidelor) pe teritoriul României.

Vorlandul cuprinde, de la nord la sud, Platformele Moldovenească și Scitică, orogenul Dobrogei de Nord și partea estică a Platformei Moesice; avanfosa are un flanc extern pe marginile platformelor și unul intern către orogen. Carpații Orientali constau din sistemele de pânze ale Dacidelor mediane (Central-Est Carpatice), Dacidelor externe și Moldavidelor (Dumitrescu *et al.*, 1962; Săndulescu, 1984).

Pe baza datelor de viteze din carotaje seismice și sonice, s-a încercat descifrarea și/sau înțelegerea mai bună a unor fenomene dinamice din unitățile vorlandului și din Dacidele externe și Moldavidele din orogen. Pentru cercetare, valorile de viteze din carotaje sonice s-au asimilat cu cele din carotaje seismice, de care sunt apropiate, dar în fiecare caz s-a menționat tipul de măsurători din care provin.

2. ASPECTE DINAMICE ABORDATE

Au fost abordate probleme privitoare la:

- particularități ale litofaciesurilor și dinamicii mediilor depozitionale paleozoice-mezozoice din depresiunea Călărași, amplasată în partea de sud-est a Platformei Moesice;

- particularități ale sedimentării și dinamicii consedimentare neogene din depresiunea Focșani (situată în nord-vestul părții de est a Platformei Moesice): influențe ale dinamicii consedimentare din depresiune asupra compactării și diagenizării formațiunilor; variații litofaciale și relații cu morfostructura și dinamica locală; relații cu dinamica orogenului;

- particularități ale structurilor din unitățile vorlandului, relații cu fenomenele dinamice;

- un fenomen dinamic specific;

- particularități ale structurilor orogenului, relații cu fenomenele dinamice;

- moduri de implicare a unităților și compartimentelor tectonice în dinamica determinată de stresul compresional.

2.1. PARTICULARITĂȚI ALE LITOFACIESURILOR ȘI DINAMICII MEDIILOR DEPOZIȚIONALE PALEOZOICE-MEZOZOICE DIN DEPRESIUNEA CĂLĂRAȘI

Descrierea formațiunilor deschise prin foraj în zona Călărași făcută de Răileanu *et al.* a fost publicată în 1967.

Vitezele în formațiunile paleozoice și mezozoice din depresiunea Călărași (Paraschiv *et al.*, 1979) sunt bine diferențiate, sugerând grade diferite de compactare și diagenizare. Diferențierea a fost cauzată de schimbările consedimentare ale condițiilor batimetrice și dinamice. Datele din carotajul seismic al sondei 2 881 Călărași (fig. 2) au permis identificarea mai multor regimuri de viteze.

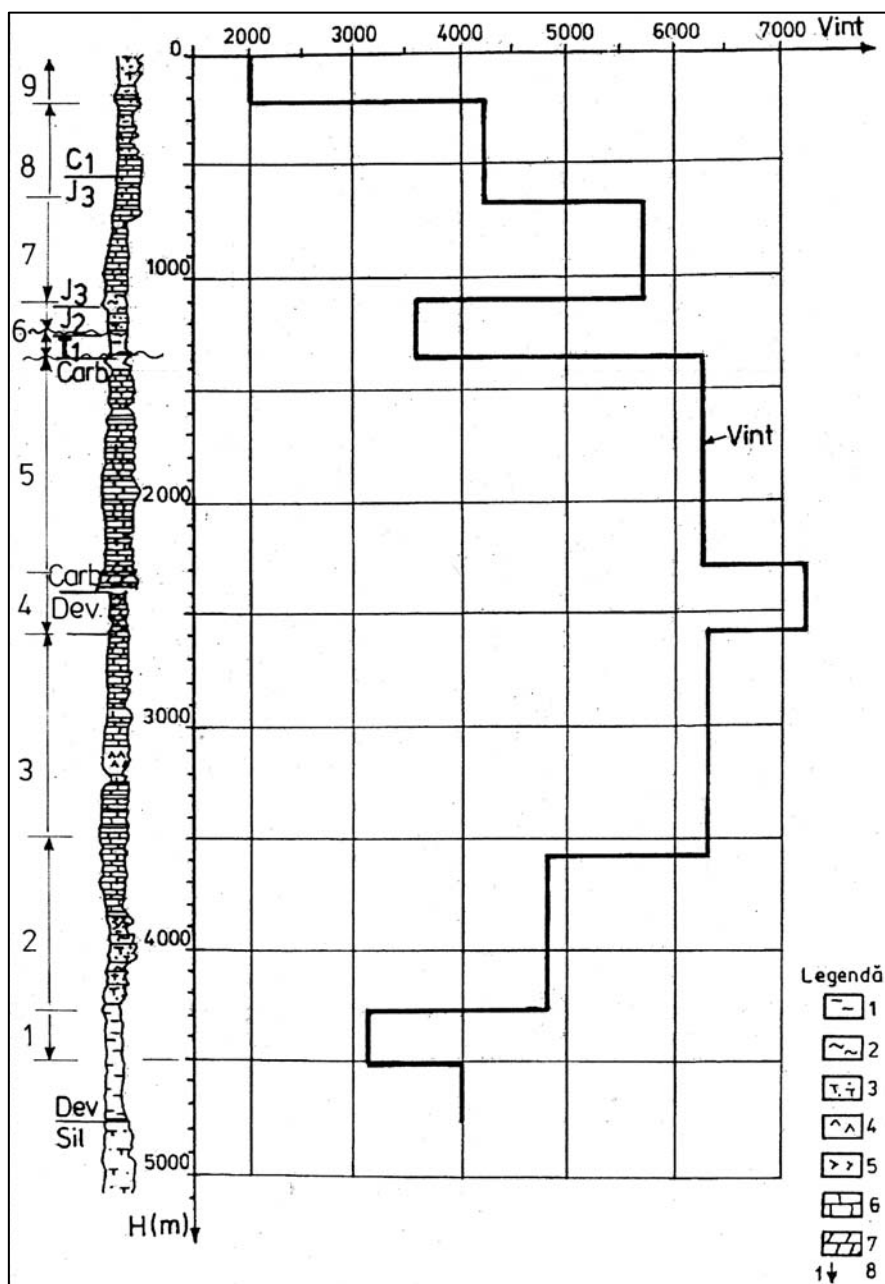


Fig. 2 – Diagrafia electrică și graficul valorilor vitezelor de interval din seismocarotajul sondei 2 881 Călărași, cu specificarea etapelor și sensurilor mișcărilor oscilatorii paleozoice-mezozoice sugerate de datele de viteze și litofaciesuri.

1, argile; 2, marne; 3, gresii; 4, anhidrite; 5, gipsuri; 6, calcare; 7, dolomite; 8, etapa și sensul mișcării oscilatorii sugerate de datele de viteze și litofaciesuri.

1. Primul regim de viteză este de 3 250 m/s în formațiunea argilitică devoniană aflată la adâncimi de 4 500 – 4 250 m. Viteza relativ mică (compactarea redusă) poate fi pusă pe seama lipsei libertății acțiunii directe a compresiunii tectonice asupra formațiunilor cuverturii Platformei Moesice și/sau lipsei unor intercalații psamitice (permeabile) importante, în cuprinsul argilitelor, care să fi permis expulzarea apei și compactarea mai avansată a formațiunii sub presiunea litostatică. Argilele au fost depuse în ape relativ adânci, episodic puțin adânci, favorabile proliferării coralilor.

2. Cel de-al doilea regim de viteză este de 4 800 m/s în roci terigene psamopelitice (gresii, cuarțite, argile) și carbonatice-evaporitice, devoniene medii. Viteza mare arată compactarea puternică. Compactarea calcarelor s-a putut realiza timpuriu, prin diagenizare. Compactarea argilelor a fost favorizată de posibilitatea expulzării apei conținute, prin intercalațiile de roci grezoase permeabile din cuprinsul secvenței, sub presiunea litostatică, în timpul și după îngroparea la adâncimea importantă de 4 300 – 3 600 m la care se află. Un factor favorizant a fost și timpul de acțiune îndelungat (385 – 380 Ma) al presiunii litostatice. Termenii grezoși sugerează un mediu depozițional turbulent, de adâncime mică. Pe baza conținutului de agnothe, placodermi și plante psilofitale, formațiunea a fost caracterizată de Paraschiv (1979) ca fiind subcontinentală de apă dulce. Prezența evaporitelor (anhidrite) arată că în timpul depunerii acesteia au existat și episoade lagunare.

3. Al treilea regim de viteză este de 6 300 m/s într-o formațiune neodevoniană de dolomite, cărora li se asociază, la partea de jos, anhidride și gipsuri, iar la cea de sus, calcare organogene și calcarenite, de ape de adâncime mică, episodic restrictive, lagunare, aflată între 3 600 – 2 600 m adâncime.

4. Cel de-al patrulea regim de viteză este de 7 300 m/s în dolomite puternic compactate, aflate între 2 600 – 2 300 m adâncime, a căror vârstă, conform cu Beju (1972), este neodevoniană – eocarboniferă. Dolomitele puternic compactate sunt compatibile cu dolomitizarea în ape relativ reci, de medii depresionare de șelf, bogate în ioni carbonatici. Pierderea porozității timpurii a rocilor carbonatice în timpul dolomitizării a fost denumită *overdolomitization* (supradolomitizare, Lucia, 1981, în Halley și Schmoker, 1983). Comparând rezultatele cercetărilor anterioare cu cele proprii, Halley și Schmoker au ajuns la concluzia că procesul diagenzei timpurii exercită o puternică influență asupra permeabilității și modificărilor diagenetice mai târzii ale rocilor carbonatice, dar un rol deosebit în pierderea porozității îl are continuarea compactării determinată de îngropare. Pe baza valorilor de viteză foarte mari menționate, ce indică un grad foarte ridicat de compactare, dolomitele neodevoniene–eocarbonifere menționate pot fi considerate ca formate în ape relativ reci și adânci, de depresiune de șelf. În favoarea acestei interpretări pledează și conținutul lor ridicat de bitumene și lipsa de resturi fosile

menționate de Paraschiv (1979), ce atestă condițiile de formare amintite; compactarea puternică a fost favorizată și de îngroparea adâncă și timpul îndelungat ($\cong 370$ Ma) de acțiune a presiunii litostatice suferite.

5. Următorul regim de viteză este cel de 6 300 m/s în calcare compacte, calcare organogene, calcare grezoase și calcarenite, carbonifere inferioare (dinațiene). Litofaciesurile sugerează că succesiunea de calcare s-a format în ape de adâncime mai mică, temporar agitate. O secvență terigenă de ape puțin adânci, a cărei formare a fost legată de diastrofismul sudetic (Paraschiv, 1979) a încheiat succesiunea. În coloana sedimentară, intervalul se află între 2 300 – $\cong$ 1 300 m adâncime.

6. Cel de-al șaselea regim de viteză este de 3 550 m/s în rocile terigene (gresii, microconglomerate, argile) triasice inferioare și terigene (argile, gresii, nisipuri) jurasice medii; formațiunile s-au depus în ape de mică adâncime, prezintă trăsături de litofacies și foarte probabil, grade de compactare asemănătoare; chiar dacă în Triasicul inferior – Jurasicul mediu au avut loc mișcări oscilatorii de sens diferit (în Triasicul inferior, la început de ușoară afundare, apoi de ușoară ridicare și exondare, iar în Jurasicul mediu de ușoară afundare), acestea au fost de amplitudini reduse. În mod firesc, etapa de mișcări de amplitudini mici și sensuri opuse, cuasistabilă, cu litofaciesuri similare, a fost percepută ca un interval de viteză unitară.

7. Al șaptelea regim de viteză este de 5 750 m/s, în calcare micritice și pseudo-oolitice, de medii liniștite, relativ adânci, interrecifale, jurasice superioare.

8. Cel de-al optulea regim de viteză este de 4 200 m/s în calcare grezoase, cu intercalații de marne și nisipuri, de ape puțin adânci, în general agitate, crețacice inferioare.

9. Al nouălea regim de viteză este de 2 000 m/s în gresii depuse în ape agitate, puțin adânci, crețacice inferioare, precursore exondării zonei.

Mediile sedimentare și litofaciesurile au fost factorii majori ce și-au pus amprenta asupra gradelor de diagenizare și compactare a formațiunilor din depresiunea Călărași. Cele nouă regimuri de viteze diferențiate corespund litofaciesurilor unor medii sedimentare de șelf. Ele reflectă modificările batimetrice și fenomenele dinamice ce le-au determinat și corespund unor etape cu tendințe diferite ale mișcărilor oscilatorii. Datele de viteze reprezintă un element de sugestie important pentru diferențierea și caracterizarea etapelor de evoluție dinamică manifestată prin mișcări oscilatorii din Paleozoic (Devonian $\cong$ 370 Ma) până în Mezozoic (Cretacicul inferior $\cong$ 105 Ma) din depresiune. Asocierea la acestea a datelor de litofacies arată că în timpul fiecărei etape, tendința dinamică a bazinului a fost constantă sau a înregistrat variații mici, ce au permis menținerea sau schimbarea slab perceptibilă a litofaciesurilor. Sensurile și duratele relative ale mișcărilor oscilatorii din cele nouă etape sunt sugerate pe planșa carotajului seismic (fig. 2).

2.2. PARTICULARITĂȚI ALE SEDIMENTĂRII ȘI DINAMICII CONSEDIMENTARE NEOGENE DIN DEPRESIUNEA FOCȘANI, PARTEA DE EST A PLATFORMEI MOESICE

Aceste particularități constau în: influențe ale dinamicii consedimentare din depresiune asupra compactării și diagenizării formațiunilor; variații litofaciale și relații cu morfostructura și dinamica locală; relații cu dinamica orogenului.

2.2.1. Influențe ale dinamicii consedimentare din depresiune asupra compactării și diagenizării formațiunilor

Cercetarea caracterului subsidenței și sedimentării neogene s-a făcut în avanfosa zonei de curbură a Carpaților Orientali (depresiunea Focșani). Datele de viteze și alte date privind formațiunile aflate pe subasment platformic pun în lumină amprenta pronunțată a influenței dinamicii consedimentare asupra proceselor de compactare și diagenizare a acestora.

Înregistrările în formațiunile miocene superioare–pliocene „de umplură” efectuate în numeroase sonde în flancul estic al depresiunii arată creșteri mici și treptate ale valorilor vitezelor de interval, indicând că în timpul depunerii acestora subsidența și sedimentarea s-au desfășurat relativ uniform și rapid; datele din partea mediană a depresiunii și din golful Râmnicu Sărat (ramificație sud-estică a depresiunii Focșani, separată de aceasta prin ridicarea Bobocu) sugerează că acolo subsidența și sedimentarea au favorizat îngroparea de corpuri pelitice în stare subcompactată (Damian, 1993, 1996). Condiția necesară îngropării unor corpuri în stare subcompactată a fost parcurgerea de arealurile respective a unor episoade consedimentare cu dinamică foarte activă (subsidență și sedimentare rapide) în care viteza expulzării apei din sedimente a fost mult depășită de cea a îngropării acestora.

2.2.2. Variații litofaciale și relații cu morfostructura și dinamica locală

Variațiile litofaciale în relație cu morfostructura și dinamica locală au fost cercetate în golful Râmnicu Sărat. Un profil de corelare a diagramele electrice din sonde (fig. 3) pe care sunt urmărite tranzițiile de facies din formațiunea ponțiană de la sonda 100 Bobocu, situată în partea vestică, până la sonda 3 503 Dedulești, situată în partea estică a golfului, permite observarea următoarelor aspecte:

– La sonda 100 Bobocu, coloana ponțiană de cca 900 m grosime este constituită din pachete groase de roci psamitice (nisipuri, gresii) alternante cu pachete subțiri de roci pelitice (marne). În zona ridicării consedimentare Bobocu au prevalat condiții de ape puțin adânci, cu energie ridicată, unde s-au depus psamite, iar persistența unor viteze ale subsidenței și sedimentării cvasiconstante a asigurat menținerea pe durate lungi a acestora. Episodic, subsidența a fost foarte rapidă,

apele devenind mai adânci și liniștite, s-au depus pelite. În etapele de sedimentare pelitică a fost posibilă îngroparea de corpuri subcompactate. Carotajul sonic arată, însă, valori de viteze crescătoare treptat cu adâncimea (fig. 4), sugerând compactarea normală a formațiunilor și lipsa indiciilor de existență a vreunor corpuri subcompactate. Acestea nu s-au păstrat; menținerea lor a fost incompatibilă cu vecinătatea pachetelor psamitice permeabile prin care apa din pelite s-a expulzat ușor în timpul îngropării către marginile de bazin. Contextul litofacial ce a defavorizat păstrarea acestora a contribuit în mod implicit la ștergerea locală a mărturiilor privind episoadele de dinamică foarte activă, cu subsidență și sedimentare foarte rapidă.

– La sonda 5 561 Zamfirești, situată în flancul estic al golfului, formațiunea ponțiană este pelitică și are grosime <500 m; viteza subsidenței a fost destul de mare pentru menținerea unui mediu de ape liniștite. Totodată, zona a fost îndeajuns de depărtată de aria sursă. În aceste circumstanțe, formațiunea și-a menținut caracterul pelitic; episoade de subsidență foarte rapidă au asigurat îngroparea de corpuri subcompactate; încadrate și etanșate de marne compactate, acestea s-au păstrat. Condiția păstrării corpurilor subcompactate a fost o dinamică adecvată instalării și supraviețuirii litofaciesurilor pelitice (roci impermeabile) care să le etanșeze.

2.2.3. Relații cu dinamica orogenului

În figura 5a sunt redate diagrame de carotaj sonic, de densitate și cavernometrie din sonda 5 561 Zamfirești. Înregistrările arată înscrierile pe diagrame ale unui interval subcompactat aflat aproape de limita superioară a secvenței de marne ponțiene. Graficul valorilor vitezelor de interval din carotajul sonic al sondei (fig. 5b) arată existența unor intervale cu viteze anormal de mici (subcompactate) la șapte nivele de adâncime în rocile pelitice ponțiene și meoțiene. Dinamica activă cu faze de venituri foarte abundente de material terigen, sedimentare și subsidență foarte rapide, favorabilă îngropării de corpuri subcompactate din depresiunea Focșani și golful Râmnicu Sărat (aria depozitională) a fost determinată de dinamica activă, sacadată, cu faze foarte rapide de ridicare, creșterea energiei de relief și denudație puternică din orogenul zonei de curbură a Carpaților Orientali (aria sursă). Distanța mare de aria sursă și condițiile batimetrice de ape relativ adânci, liniștite, de la Zamfirești, au favorizat instalarea și menținerea în Meoțian, dar mai ales în Ponțian, a unor litofaciesuri pelitice cu episoade de îngropare de corpuri subcompactate. Datele de viteze reliefează caracterul sacadat imprimat dinamicii din avanfosă de cea din orogen și permit identificarea fazelor de sacade și a duratei acestora. Dacă durata Ponțianului este de 2 Ma, pe baza datelor din carotajul sonic menționat, se poate estima că durata unei sacade importante din Ponțian a fost de 400 – 600 mii ani.

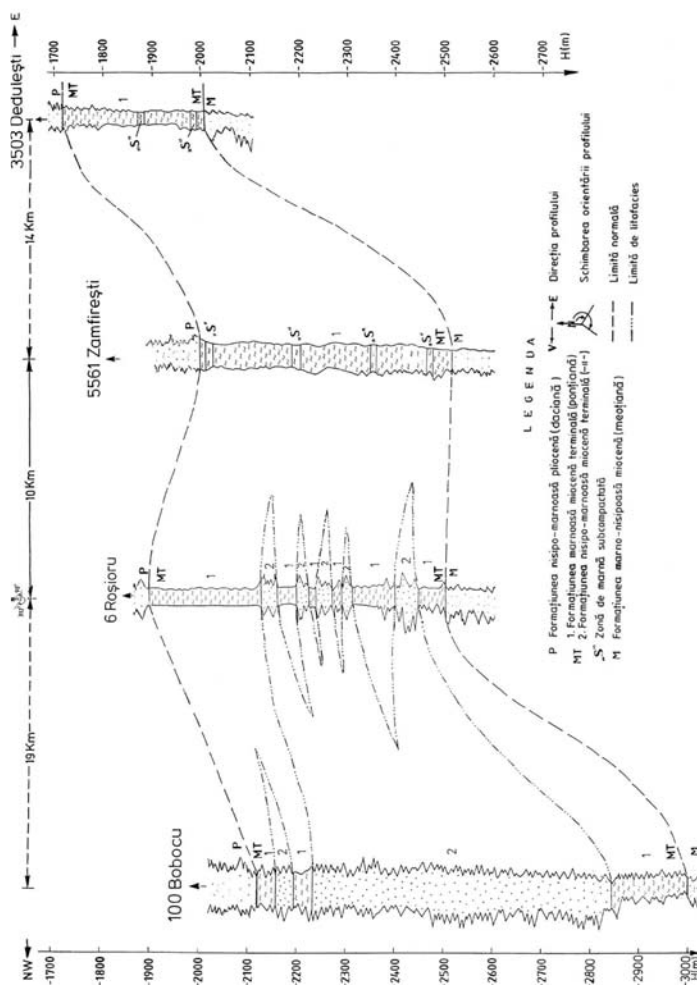


Fig. 3 – Profil de corelare a diagrafiilor pe un traseu V–E în golful Râmnicu Sărat al depresiunii Focșani între sondele 100 Bobocu și 3 503 Dedulești, la tranziția între două zone cu litofaciesuri și regimuri de viteze diferite din formațiunea pontiană. Carotajul sonic al sondei 100 Bobocu arată viteze crescătoare treptat cu adâncimea în zona ridicării Bobocu, în care mediul depozitional a fost o mare parte din Pontian caracterizat prin ape puțin adânci, cu energie ridicată și depunere de pachete de nisipuri groase; nisipurile au favorizat expulzarea apei din sedimente către marginile de bazin și compactarea formațiunii în pas cu creșterea adâncimii de îngropare și a presiunii litostatice. Carotajul sonic în sonda 5 561 Zamfirești arată prezența unor intervale cu viteze anormal de mici, de corpuri pelitice subcompactate; viteza subsidenței și sedimentării au favorizat menținerea acolo a unui mediu de ape liniștite, cu depunere de roci exclusiv marnoase; în episoadele de desfășurare foarte rapidă a subsidenței și sedimentării a avut loc îngroparea de corpuri subcompactate. Momentele de subsidență și sedimentare foarte rapidă din depresiune (aria depozitională) au fost determinate de momentele de paroxism dinamic (ridicări) din orogenul zonei de curbură a Carpaților Orientali (aria sursă).

Sda 100 BOBOCU

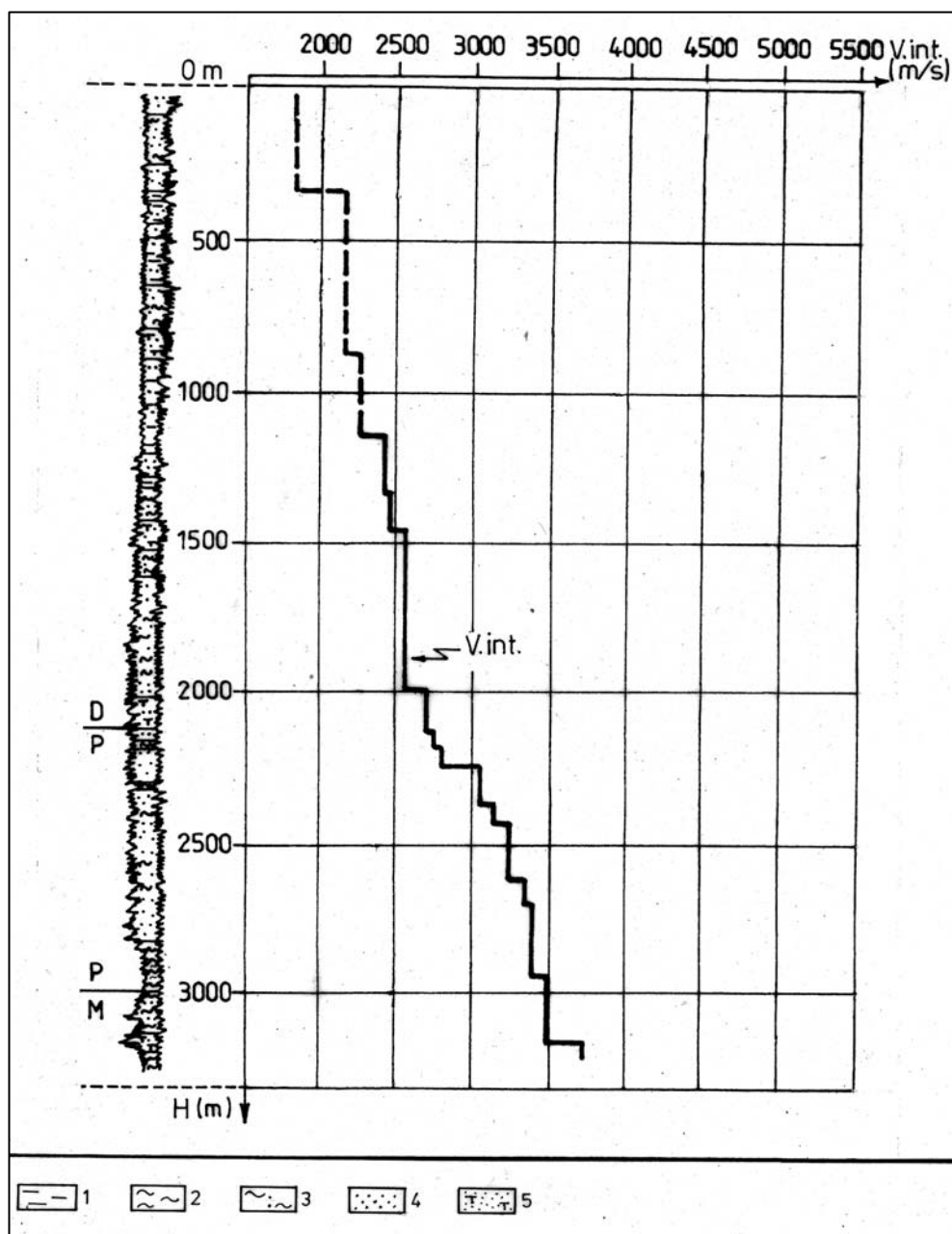


Fig. 4 – Diagrama electrică și graficul valorilor vitezelor de interval din carotajul sonic al sondei 100 Bobocu. 1, argile; 2, marne; 3, marne nisipoase; 4, nisipuri; 5, gresii.

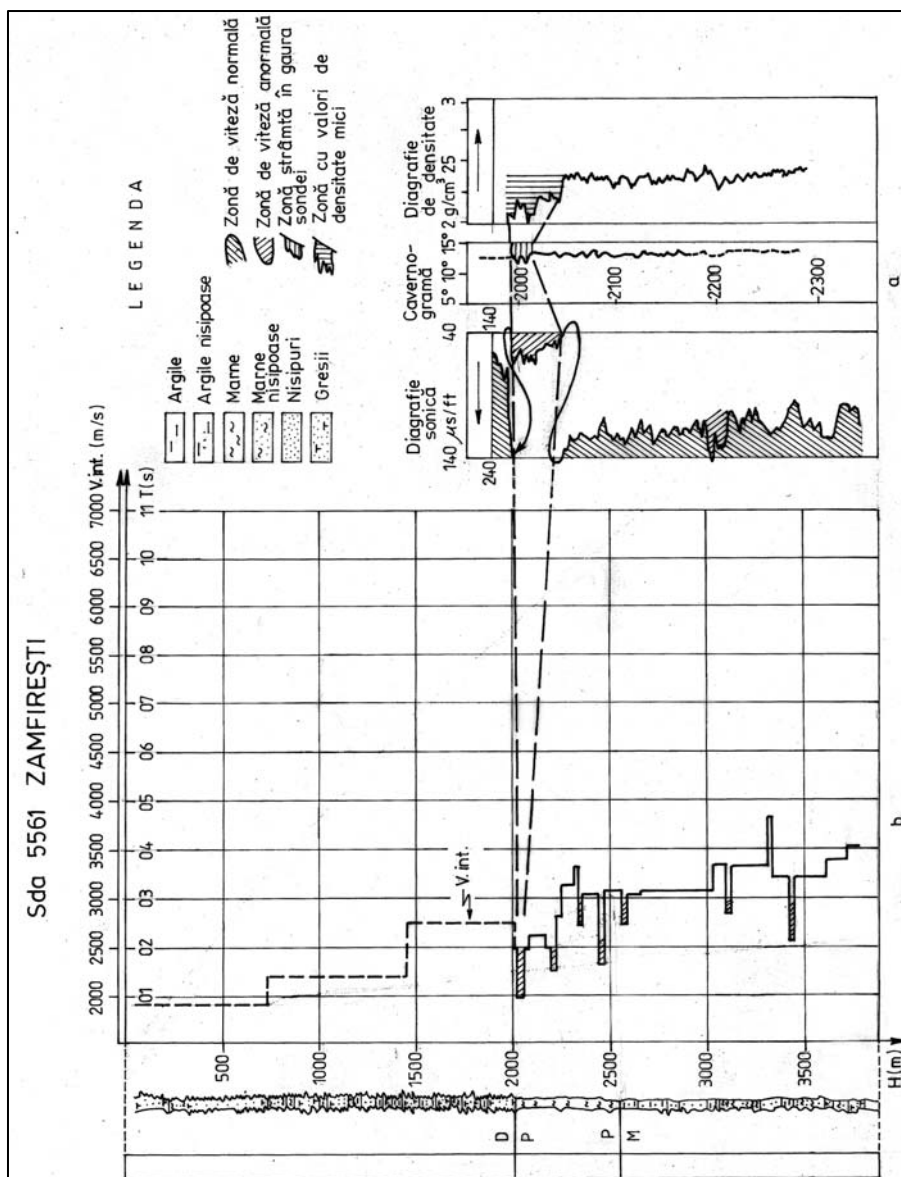


Fig. 5a – Diagrame de carotaj sonic, cavernogramă și diagrame de densitate în sonda 5 561 Zamfărești pe intervalul de adâncime 2 300–2 000 m; 5b – Diagrama electrică și graficul valorilor vitezelor de interval din carotajul sonic al sondei 5 561 Zamfărești.

2.3. PARTICULARITĂȚI ALE STRUCTURILOR DIN UNITĂȚILE VORLANDULUI ȘI RELAȚII CU FENOMENELE DINAMICE

Sonda 6 Boldu este situată în flancul estic al depresiunii Focșani, constituit prin afundarea părții dinspre orogen a Platformei Moesice. Sonda a deschis o coloană miocenă superioară-pliocenă groasă de 3 000 m. În schimb, sonda 158 Buhuși, situată în sectorul nordic al avanfosei și care are ca subasment Platforma Moldovenească, a deschis o coloană miocenă de peste 3 000 m grosime. Înregistrările de carotaje seismice pe dispozitive cu câte două direcții perpendiculare între ele, au dat hodografii cu valori de timpi identice sau foarte apropiate, la fiecare dintre acestea. Datele de pandajmetrie arată înclinări mici ale stratelor (2° – 6°) deci amplitudini mici ale structurilor pe parcursurile integrale ale coloanelor deschise de cele două sonde (fig. 6). Valorile identice ale timpilor sunt compatibile cu diferențe mici de anizotropie între traseele undelor, cum este cazul când înregistrarea cu astfel de dispozitive se face pe structuri cu amplitudini mici pe toată adâncimea. Și alte înregistrări de seismocarotaje în condiții similare, în Platformele Moldovenească (la sonda 82 Suceava), Scitică (la sondele 3 815 Umbrărești, 100 Buciumeni, 9 Adjud) și Moesică, inclusiv cele executate în coloane sedimentare de vârste mult mai cuprinzătoare (paleozoice, mezozoice și cenozoice), spre exemplu cele de la sondele 904 Urziceni, 90 Ciochina, 2 681 Zăvoaia ș.a. și cele din formațiunile de cuvertură din orogenul nord-dobrogean au date similare. Hodografiile de timp ai seismocarotajelor arată că structurile din cuverturile unităților cu subasment platformic din fața Carpaților Orientali au amplitudini mici pe toată adâncimea, de structuri domale, rezultate prin îmbrăcarea formelor de relief preexistente și compactare diferențiată, fără implicarea stresului tectonic, fapt ilustrat și de secțiunile seismice (fig. 7, 8).

2.4. UN FENOMEN DINAMIC SPECIFIC

Un caz de acțiune dinamică deosebită, urmărit și interpretat pe baza datelor de viteze, este în zona sondei 101 Buda–Buhuși. Sonda, situată în apropierea limitei dintre sectorul nordic al avanfosei Carpaților Orientali și pânza subcarpatică, a străbătut o coloană de formațiuni miocene prebadeniene superioare terigene, cu sare la mai multe nivele, groasă de peste 3 200 m. Carotajul seismic în sondă indică viteza de 4 500 m/s într-un pachet de roci terigene gros de 300 m, situat imediat deasupra corpului de sare aflat la adâncimi de peste 3 200 m – 2 860 m. Viteza mare arată compactarea foarte puternică a pachetului de roci terigene menționat; mai sus, vitezele sunt mai mici.

În rocile terigene compactate puternic, înclinările de strat măsurate prin pandajmetrie sunt foarte mari (70° – 80°). Imediat deasupra pachetului terigen de 300 m menționat, înclinările de strat sunt mici (8° – 24°). În contextul structural în care se află zona, stresul tectonic a fost puternic în fazele stirică nouă și moldavă (post sare), când a determinat șariajul pânzei subcarpatice.

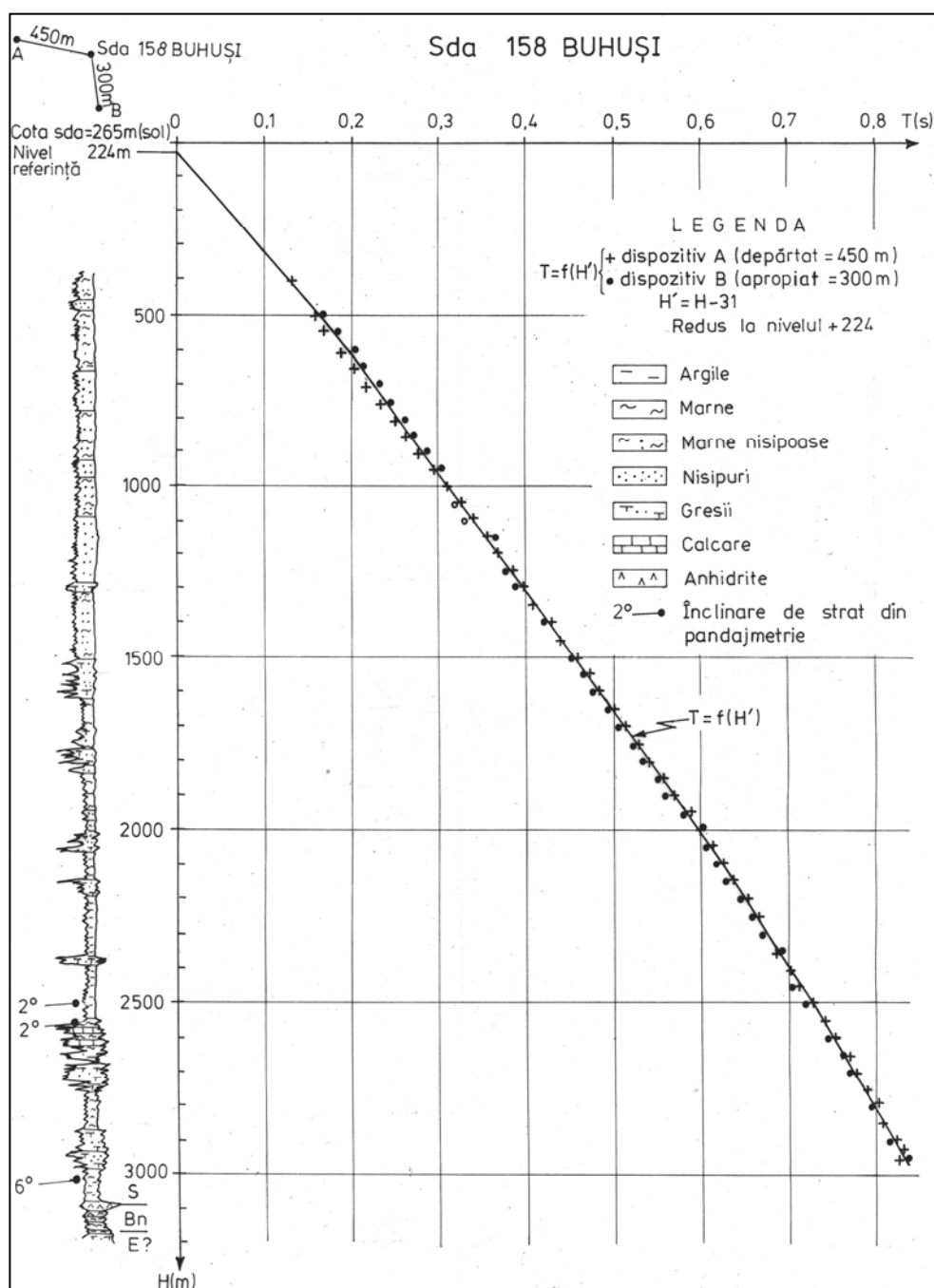


Fig. 6 – Diagrafia electrică, valorile înclinărilor de strat din pandajmetrie și hodografii de timp înregistrați pe două direcții perpendiculare de la sonda 158 Buhuși.

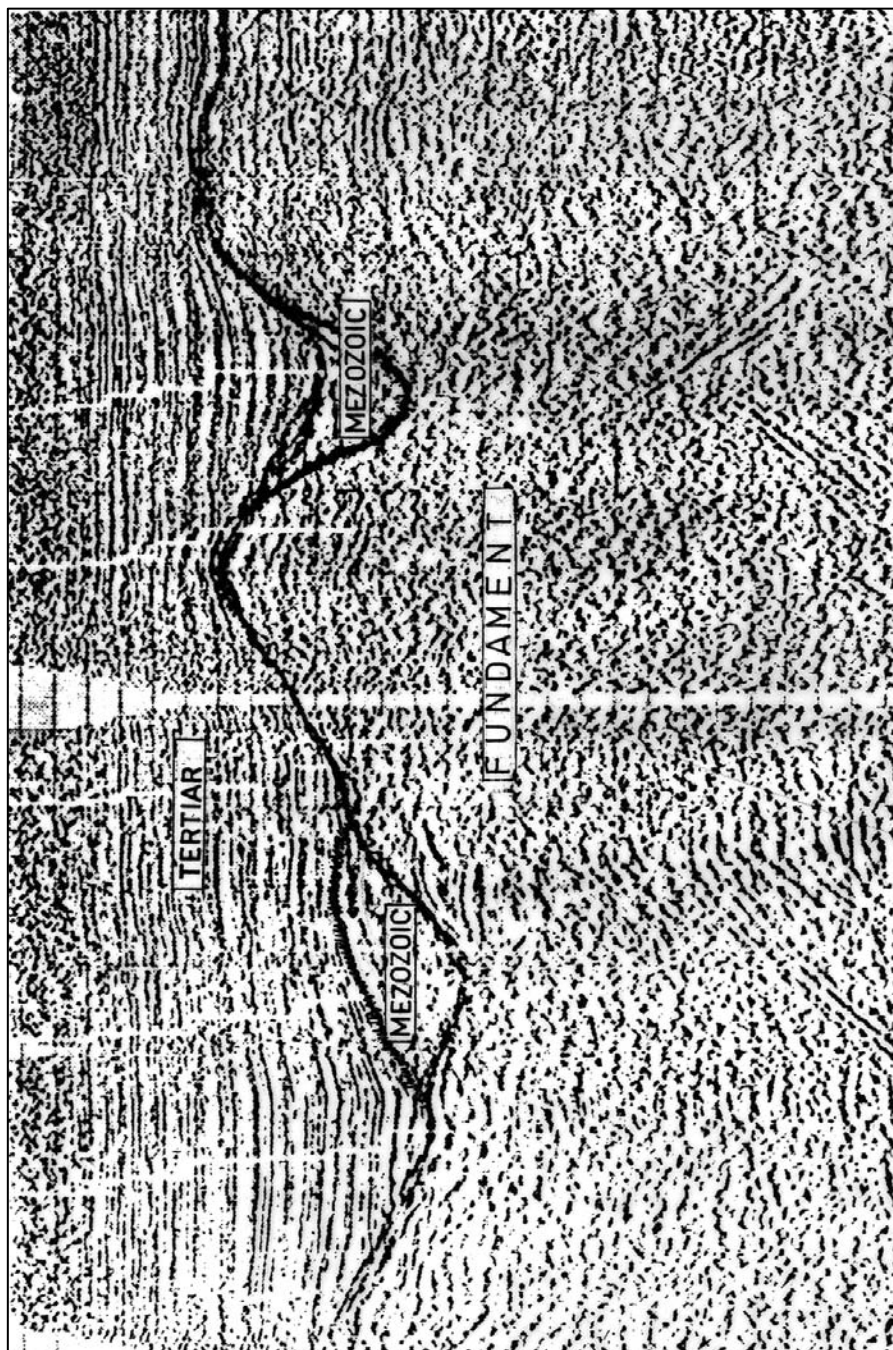


Fig. 7 – Structuri de amplitudine mică în formațiunile cuverturii terțiare rezultate prin înbrăcarea formelor de relief preexistente ale fundamentului cristalin și formațiunilor mezozoice, ilustrate de un profil seismic executat în partea de est a Platformei Moesice. Profil după Dicea și Ionescu (1979).

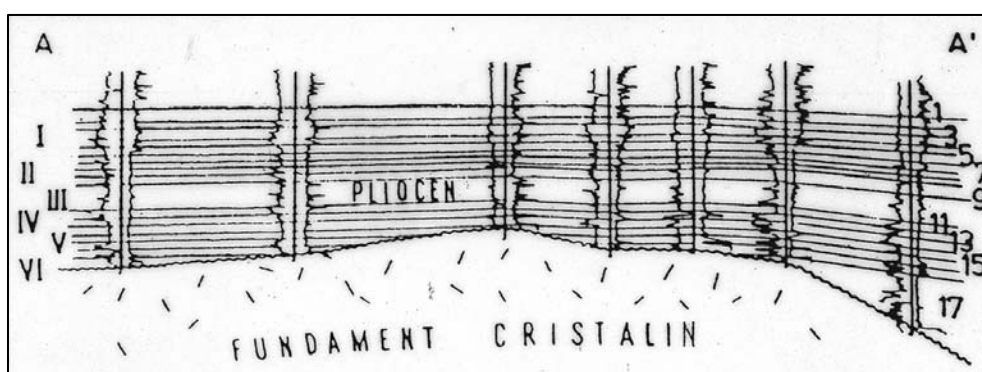
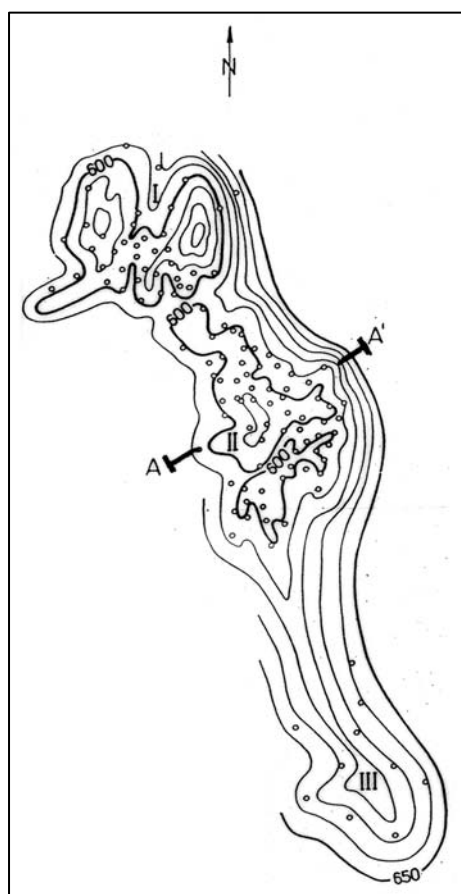


Fig. 8a – Hartă structurală la acoperişul complexului IV (Pliocen). 8b – Secțiune transversală a structurii Independența din zona promontoriului nord-dobrogean (nord-estul orogenului nord-dobrogean), adaptare după Gh. Stancu, din Dicea și Ionescu (1979). Se observă structura de amplitudine mică din formațiunile pliocene (formată prin îmbrăcarea formelor de relief ale fundamentului cristalin).

O explicație ce ar admite acțiuni ale mai multor faze de stres asupra formațiunii îngropate adânc și a puține faze asupra celei aflate mai sus este nesatisfăcătoare pentru a justifica marea discrepanță între gradele de compactare și deformare menționate. Dacă stresul ar fi fost cauza majoră a compactării și structurării, rezultatele s-ar fi resimțit comparabil în întreaga coloană; aici datele arată slaba implicare a stresului tectonic în compactarea și deformarea formațiunilor.

Tentativa de interpretare a acțiunii dinamice pe care o prezentăm (fig. 9) admite prevalența presiunii litostatice (în sens descendent) în partea de sus a coloanei și în părțile laterale și prevalența presiunii diapirice, dinspre partea de jos a coloanei, unde se află corpul de sare în sens ascendent, locală, așa cum sugerează datele de viteze și pandajmetrie. Pachetul terigen situat imediat deasupra sării, prins între cele două tendințe compresionale cu sensuri contrare a suferit o compactare și deformare puternică. Structura în care a fost implicată dinamica sării de la Buda – Buhuși este de tip criptodiapir; cu sau fără participarea stresului tectonic, presiunile litostatică și diapirică pot fi considerate responsabile în mod semnificativ de compactarea și structurarea formațiunii terigene situată imediat deasupra sării adânci de la Buda – Buhuși; în acest context merită a fi menționată neimplicarea stresului tectonic tangențial în compactarea și deformarea formațiunilor miocene (badeniene, sarmațiene) ce a fost constatată pe baza datelor de viteze și pandajmetrie, cum s-a menționat mai sus, la sonda 158 Buhuși (fig. 6) situată pe același meridian cu sonda 101 Buda – Buhuși, la cca 10 km către nord.

2.5. PARTICULARITĂȚI ALE UNOR STRUCTURI DIN UNITĂȚILE OROGENULUI ȘI RELAȚII CU FENOMENELE DINAMICE

2.5.1. Structuri cu amplitudini crescătoare în adâncime

Sonda 3 856 Scăriga a deschis o coloană de formațiuni terigene și evaporitice miocene din pânza subcarpatică. Locația este amplasată pe o structură îngustă și alungită cu orientare nord-vest–sud-estică (fig. 10 a, b).

Înregistrarea carotajului seismic în sondă s-a făcut pe un dispozitiv cu două direcții, una fiind longitudinală față de structură, cealaltă traversând-o oblic.

În figura 10 c se dă o reprezentare spațială a dispozitivului de înregistrare a seismocarotajului. În figura 10 d se prezintă planșa cu diagrapia electrică, datele de pandajmetrie și hodograful de timp obținuți prin înregistrări din cele două puncte de împușcare (A și B) a seismocarotajului. Divergența în adâncime a hodografilor obținuți din cele două puncte de împușcare este determinată de creșterea diferenței de anizotropie între drumurile urmate de unde pe cele două direcții de înregistrare și sugerează creșterea valorilor amplitudinii structurii în adâncime (fig. 10 c). În acord cu această supoziție, măsurătorile prin pandajmetrie arată schimbarea de la înclinări ale stratelor de 40° – 50° , între adâncimile de 400–1 000 m, la 85° la

adâncimea de 2 300 m (fig. 10 d). Aici presiunea litostatică a avut o contribuție importantă la compactarea formațiunilor îngropate adânc și mai slabă la cea a formațiunilor de la partea de sus a coloanei, dar factorul major în compactare, ce a determinat și deformarea formațiunilor, a fost stresul tectonic polifazic. Acționând încă din faza stirică veche asupra formațiunilor miocene inferioare, adânci, pe care le-a compactat și deformat mai puternic și numai în fazele subsecvente asupra celor mai tinere, de la partea de sus, pe care le-a compactat și deformat mai slab, acesta și-a lăsat amprenta în mod diferențiat în structurare. Divergența pronunțată a valorilor timpilor hodografilor înregistrați în condițiile menționate caracterizează structuri din unitățile orogenului, în care stresul tectonic a avut o mare libertate de acțiune asupra formațiunilor sedimentare desprinse de pe soclul lor și le-a compactat și deformat diferențiat. Compactarea și deformarea au fost diferențiate în funcție de numărul și intensitatea fazelor de stres ce au acționat asupra formațiunilor.

2.5.2. Structuri cu amplitudini mari pe întreaga adâncime

În numeroase sonde forate în formațiuni aparținând pânzelor orogenului (la Zăbala, Ojdula, Manișca, Valea Rece, Oituz, Asău, Ața-Brateș, Cuejdiu, Suha, Gura Humorului ș.a.), vitezele măsurate în formațiuni de vârste diferite, de la adâncimi de mai multe mii de metri până în apropiere de suprafața pământului au valori mari, de cca 4 000 m/s. Înclinările de strat sunt mari; stresul tectonic compresional polifazic, ce a avut libertate de acțiune asupra formațiunilor acestor unități, a determinat compactarea avansată și deformarea lor puternică. Dar și în unitățile orogenului există diferențieri de viteze sesizabile; la sondele 1 Bârsești și 1 Jitia din pânza subcarpatică, înregistrările au arătat viteze de 4 500–4 900 m/s în unele formațiuni miocene inferioare. Măsurătorile prin pandajmetrie arată înclinări de strat mari, cele mai multe cuprinse între 40°–80° pe coloanele complete ale celor două sonde. Este evident că formațiunile au fost supuse mai multor faze de compresiune tectonică, stresul având un rol important în compactare și structurare, dar litofaciesul poate să aibă și aici o contribuție ce nu scapă observației. Este remarcabil că la Bârsești, între adâncimile de 2 000–1 000 m, unde predomină conglomerate cu elemente centimetrice – decimetrice de șisturi verzi și cuarțite, viteza de interval se detașează net printr-o valoare foarte mare (4 900 m/s), iar la Jitia, între 1 825–1 630 m în roci similare, viteza este de 4 750 m/s. Nota de supracompactare din aceste intervale este dată de predominanța elementelor de roci metamorfice (șisturi sericito-cloritoase, micașisturi și cuarțite) și diagenizarea puternică a rocii, ce explică vitezele atât de mari. Aceasta are mare importanță pentru arealurile din pânza subcarpatică sau alte structuri din Carpați în care conglomeratele de tip Bârsești au grosime și răspândire mare și au influență semnificativă și asupra altor însușiri fizice, cum este densitatea. De influența acestora trebuie să se țină seama în cercetarea și interpretarea fenomenelor dinamice.

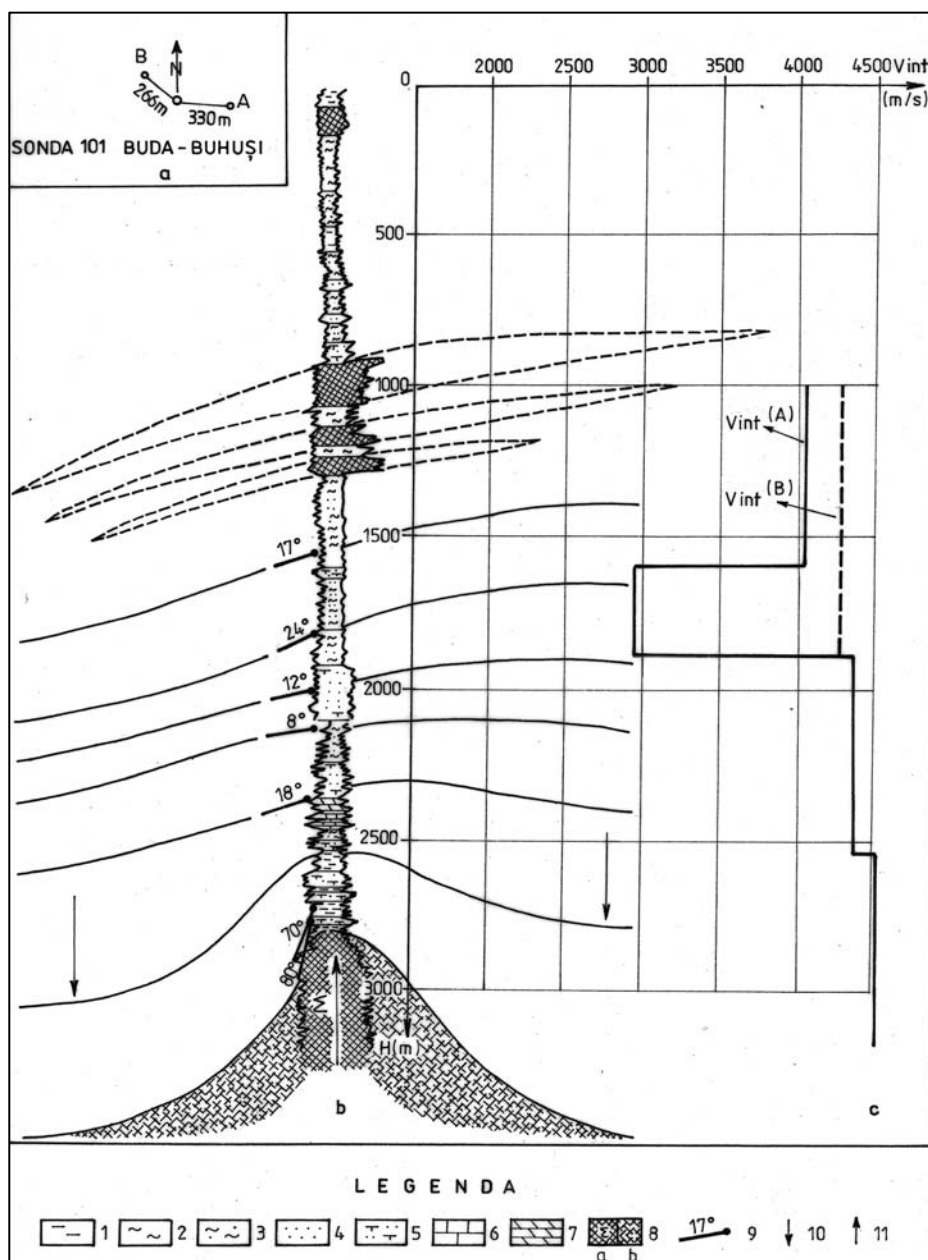


Fig. 9 – Diagrafia electrică, valorile înclinărilor de strat din pandajmetrie, graficul valorilor vitezelor de interval și tentativă de interpretare a structurii geologice din zona sondei 101 Buda-Buhuși. 1, argile; 2, marne; 3, marne nisipoase; 4, nisipuri; 5, gresii; 6, calcare; 7, dolomite; 8, sare; 9, valoarea înclinării de strat din pandajmetrie; 10, sensul presiunii litostatice; 11, sensul presiunii diapirice.

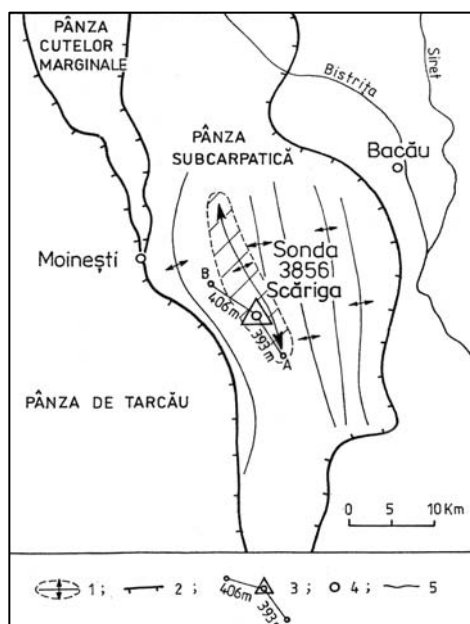


Fig. 10a – Schița tectonică a zonei vest Bacău cu localizarea sondei 3 856 Scăriga. 1, zona anticlinalului Scăriga; 2, linie de șariaj; 3, amplasamentul seismocarotajului; 4, oraș; 5, râu.

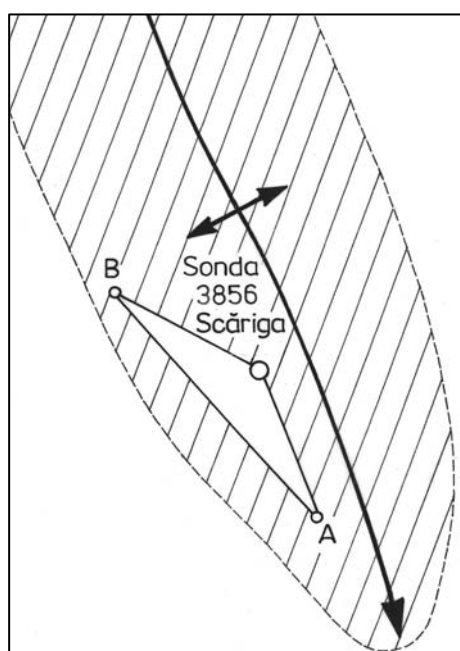


Fig. 10b – Reprezentare a anticlinalului Scăriga cu amplasamentul dispozitivului de seismocarotaj pe suprafața acestuia.

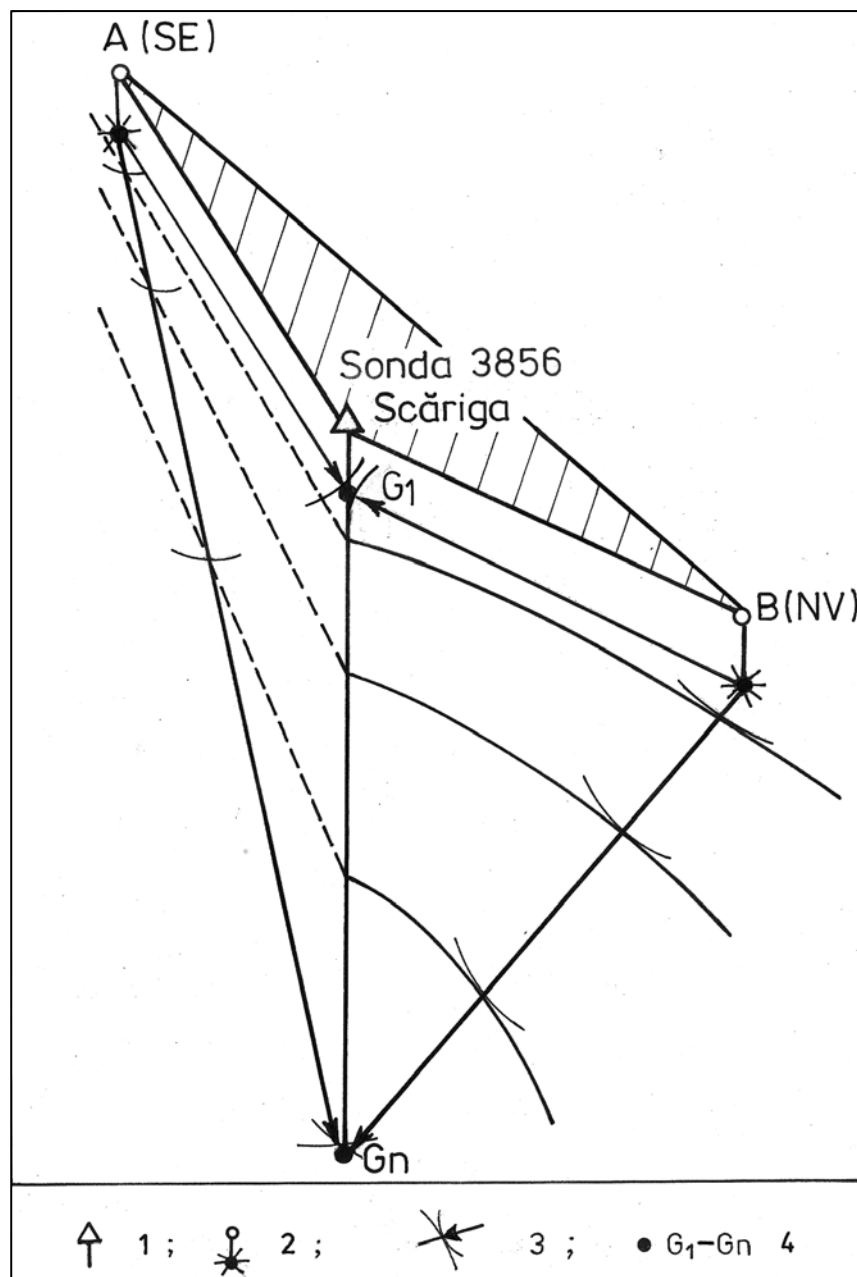


Fig. 10c – Reprezentare în spațiu a dispozitivului de înregistrare a seismocarotajului. 1, sonda mare; 2, punct de împușcare; 3, punct de intersecție a unei limite geologice pe drumul cel mai scurt de propagare a energiei generate în unul din punctele A, B; 4, adâncimi de înregistrare a seismocarotajului.

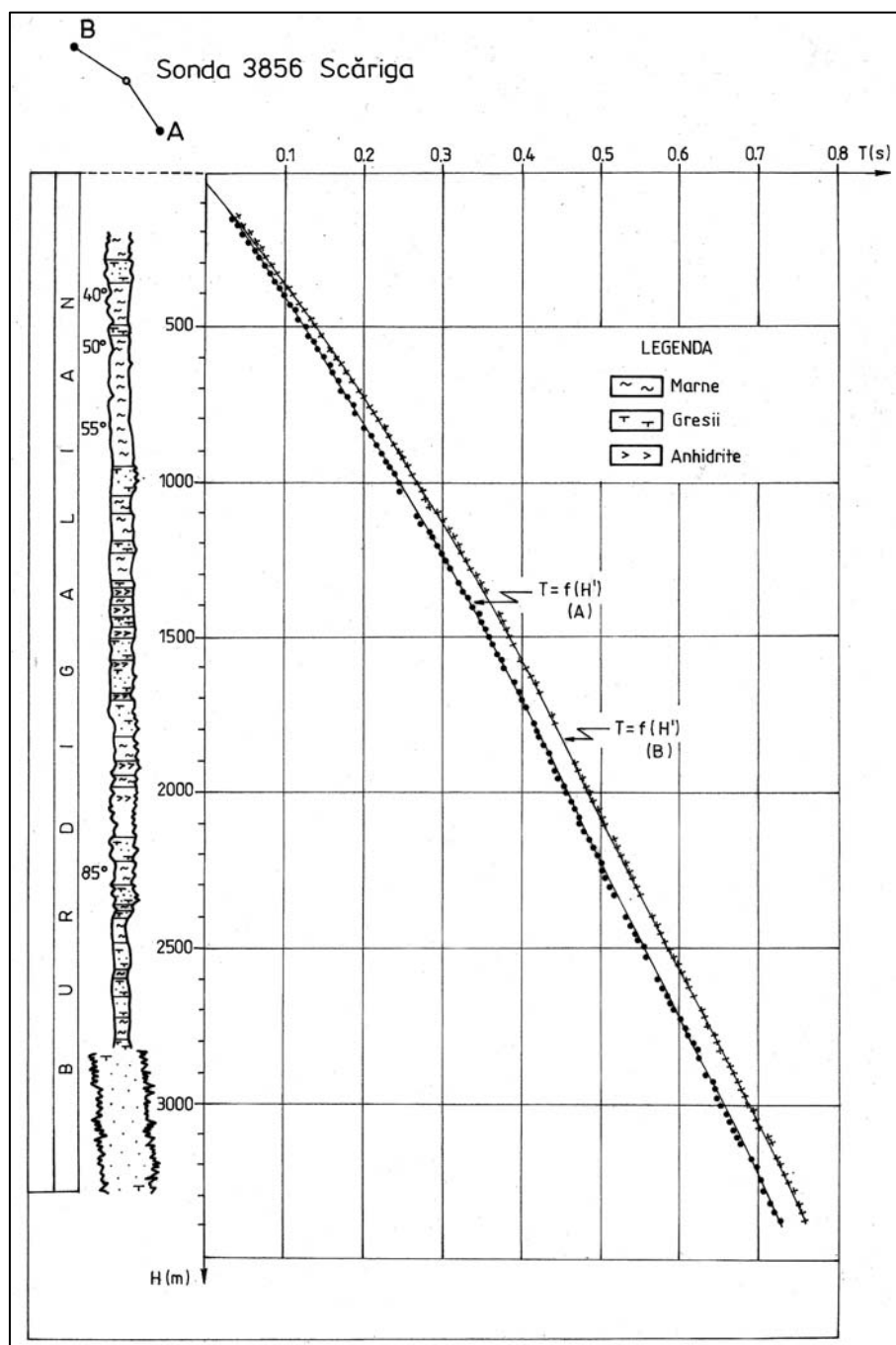


Fig. 10d – Diagrafia electrică, datele de pandajmetrie și hodografiile de timp obținute prin înregistrarea din două puncte a seismocarotajului 3 856 Scăriga.

2.6. MODURI DE IMPLICARE A UNITĂȚILOR ȘI COMPARTIMENTELOR TECTONICE ÎN DINAMICA DETERMINATĂ DE STRESUL COMPRESIONAL

Urmărirea modului de implicare a unităților și compartimentelor tectonice în dinamica determinată de stresul tectonic compresional s-a făcut în cuprinsul depresiunii Focșani, dar și în alte locuri ale unităților cercetate.

În depresiunea Focșani, formațiunea ponțiană prezintă litofacies marnos aproape unitar; considerând că marnele ponțiene au putut conserva bine nu numai dovezi ale implicării consedimentare, dar și ale celei subsecvente a compartimentelor tectonice pe care se situează depresiunea în dinamica determinată de stresul tectonic compresional, s-a încercat urmărirea în cuprinsul acestor marne a dovezilor respective.

O hartă a valorilor mediate ale vitezelor de interval din formațiunea ponțiană s-a suprapus pe o hartă a adâncimilor de îngropare ale bazei acestei formațiuni și pe o schiță a principalelor compartimente tectonice pe care s-a format și a evoluat depresiunea. S-au diferențiat trei zone (fig. 11):

În zona I, ce corespunde flancului estic, platformic al avanfosei, secvența ponțiană este îngropată la adâncimi crescătoare de la 500 m în est, la 3 000 m în vest; valorile de viteze depind de creșterile adâncimilor de îngropare (presiunii litostatice);

În zona II, ce reprezintă bordura fracturată puternic, mult afundată a platformei (partea mediană a depresiunii, formațiunea ponțiană îngropată la adâncimi mari ($\geq 3\ 000$ m) prezintă viteze mici ($\cong 2\ 200 - 2\ 300$ m/s); compactarea a fost acolo în parte inhibată de îngroparea rapidă;

În zona III, situată la vest de linia pericarpatică, ce are ca subasment formațiuni ale pânzei subcarpatice, desprinse de pe soclul lor, în marnele ponțiene aflate la adâncimi de îngropare mici ($\cong 800 - 2\ 000$ m) s-au măsurat viteze apropiate de valoarea de 3 000 m/s, mari pentru adâncimile respective. Vitezele indică gradul ridicat de compactare.

În zonele I și II lipsesc indicii ale acțiunii stresului tectonic compresional în compactarea formațiunii ponțiene; în flancul vestic al depresiunii (zona III), unde vitezele mari indică un grad ridicat de compactare a marnelor, acestea sugerează implicarea accentuată a stresului tectonic în compactarea formațiunilor pânzei subcarpatice din orogen și a formațiunilor acoperitoare ale flancului vestic al avanfosei, inclusiv în faza valahă (pliocen-pleistocenă; Hippolyte, Săndulescu, 1996).

Ilustrări ale intensităților diferite ale stresului tectonic compresional resimțite în formațiunile cuverturilor platformelor din fața Carpaților Orientali față de cele din orogen, ce rezultă din datele de viteze sunt și cele ce urmează. La sonda 6 050 Tescani, amplasată pe pânza subcarpatică, în formațiunile terigene miocene superioare (sarmațiene) ale Platformei Moldovenești subșariate, îngropate la adâncimi mari (4 250–5 200 m) s-au determinat viteze mai mici (3 750–4 500 m/s) decât în formațiunile terigene miocene inferioare ale pânzei suprașariate (4 850–5 350 m/s), aflate la adâncimi mai mici (3 200–3 450 m), dar marcate de stresul tectonic; în aceeași situație structurală, la sonda 5001 Bodești formațiunea terigenă sarmațiană din platformă prezintă viteze de 3 200–3 600 m/s, iar cea miocen inferioară a pânzei, viteze de 3 550 – 3 950 m/s.

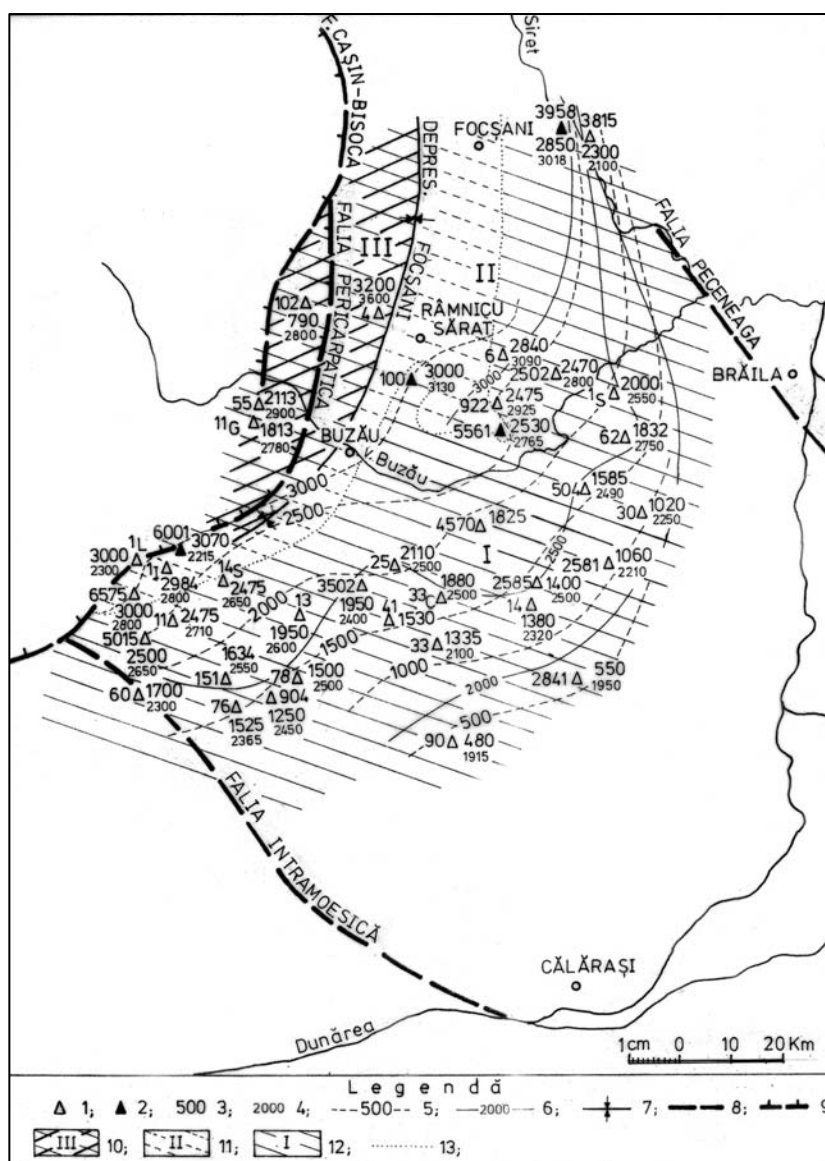


Fig. 11 – Harta valorilor mediate ale vitezelor de interval din formațiunea ponșiană, harta valorilor adâncimii bazei formațiunii ponșiene și elemente importante din schița tectonică a părții de est a Platformei Moesice și depresiunii Focșani, după harta tectonică a României executată de IGR (1970). 1, sondă carotată seismică; 2, sondă carotată sonic; 3, adâncimea bazei formațiunii ponșiene; 4, valoarea vitezei de interval mediate a formațiunii ponșiene; 5, izobată a bazei formațiunii ponșiene; 6, izolinie ce redă valoarea mediată a vitezelor de interval din formațiunea ponșiană; 7, ax depresiune; 8, falie; 9, linie de încălecare (șariaj); 10, Zona III (vestică); 11, Zona II (mediană); 12, Zona I (estică); 13, Limita estică a bordurii puternic afundate a Platformei Moesice (părții mediane a depresiunii Focșani și golfului Râmnicu Sărat).

De asemenea, la sonda 917 Frasin, amplasată pe pânza de Tarcău, suprașariată, în formațiunea terigenă pelitică badeniană ($\cong 15$ Ma) subșariată, neafectată de stresul tectonic, dar îngropată adânc (3 800–4 000 m) din Platforma Moldovenească, vitezele de interval date de carotajul sonic sunt mai mici (3 700–4 000 m/s) decât în unele roci terigene psamo-pelitice senoniene ($\cong 90$ Ma) din pânză, aflate la adâncimi de îngropare mici (250–950 m), în care s-au înregistrat valori de viteze de 4 450 – 4 850 m/s. Explicația este că stresul tectonic a avut libertate de acțiune asupra unităților din domeniul mobil al orogenului pe care le-a desprins de pe soclul lor, supus compactării, structurării și șarierii. În platformă, stresul a putut deplasa formațiunile de cuvertură numai împreună cu soclul lor, fără a le putea compacta și deforma.

Datele de viteze ajută la delimitarea mai corectă a celor două categorii de domenii cu comportări diferite.

3. CONCLUZII

Datele de viteze ale undelor seismice longitudinale din vorlandul și orogenul Carpaților Orientali, singure sau coroborate cu alte date geologo-geofizice, pun în lumină fenomene dinamice importante:

- nouă faze de mișcări oscilatorii în timpul depunerii formațiunilor de șelf devoniene – cretacic inferioare din depresiunea Călărași (estul Platformei Moesice);
- manifestări ale unor faze de subsidență și sedimentare foarte rapidă, inclusiv cu îngroparea și păstrarea de corpuri subcompactate în timpul Neogenului pe bordura vestică a Platformei Moesice puternic fracturată și afundată, ce corespunde cu zona mediană a depresiunii Focșani. Pe baza datelor de viteze din carotajul sonic s-au identificat șapte faze (sacade) de afundări rapide ale avanfosei (ridicări ale orogenului) zonei de curbură a Carpaților Orientali în timpul Miocenului superior (Meoțianului și Ponțianului); aceste date permit estimarea duratei unei sacade din Ponțian la 400–600 mii ani;
- structura de tip criptodiapir din formațiunea miocenă prebadeniană superioară de la Buda – Buhuși (Bacău);
- lipsa implicării stresului tectonic în compactarea și structurarea formațiunilor aflate pe subasment platformic (rigid), dar contribuția puternică a acestuia în compactarea și structurarea formațiunilor, inclusiv a celor tinere (miocene superioare) aflate pe subasment de orogen, mobil. În formațiunile din orogen, puternic compactate, vitezele tind către valoarea de 4 000 m/s. Unele formațiuni foarte dense din orogen (cum sunt conglomeratele cu elemente de șisturi verzi de tip Bârsești) prezintă viteze foarte mari (4 900 m/s). Prezența masivă a acestora se impune a fi luată în seamă în interpretările fenomenelor dinamice.

Mulțumiri. Autorii adresează mulțumiri deosebite Agenției Naționale a Resurselor Minerale și S.C. *Prospecțiuni* S.A. pentru posibilitatea ce li s-a oferit de a folosi datele de viteze menționate în lucrare în scopul cercetării științifice și elaborării lucrării.

Primit în redacție: 26 ianuarie 2005
Acceptat pentru publicare: 1 iulie 2005

BIBLIOGRAFIE

- BEJU, D. (1972), *Zonare și corelare a Paleozoicului din platforma Moesică pe baza asociațiilor palino-protistologice*. Petrol și Gaze, 23/12.
- DAMIAN, A. (1993), *Relations between the geological structure and the velocities information in the formations of some geological units from Romania*. Bul. Soc. Geol. Rom., 4/14.
- DAMIAN, A. (1996), *Hydrocarbons in overpressured pelitic Neogene bodies from the Focșani Depression, Romania*. Wessely & Liebl W. (eds.) Oil and Gas in Alpidic Thrustbelts and Basins of Central and Eastern Europe.
- DICEA, O., IONESCU, N. (1979), *Les études détaillées des paleoreliefs dans l'exploration de petrole*. Pan. Discuss. 10th World Petr. Congr., Bucharest.
- DUMITRESCU, I., SÂNDULESCU, M., LĂZĂRESCU, V., MIRĂUȚĂ, O., PAULIUC, S., GEORGESCU, C. (1962), *Memoire à la carte tectonique de la Roumanie*. An. Com. Geol., Inst. Geol., V, XXXII.
- HALLEY, R., SCHMOKER, J. (1983), *High Porosity Cenozoic Carbonate Rocks of South Florida. Progressive Loss of Porosity with Depth*. AAPG 2.
- HIPPOLYTE, J.C., SÂNDULESCU, M. (1996), *Paleostress characterization of the "Wallachian phase" in its type area (Southern Carpathians) Romania*. Tectonophysics, 263, p. 235–248.
- PARASCHIV, D. (1979), *Platforma Moesică și zăcămintele ei de hidrocarburi*. Editura Academiei, București.
- PARASCHIV, D., DĂNEȚ, N., POPESCU, M. (1979), *Aspecte geologice ale formațiunii de Călărași*. Mine, Petrol și Gaze, 30/11–12.
- RĂILEANU, GR., IORDAN, M., SÂNDULESCU, E. (1967), *Considerații asupra paleozoicului inferior din zona Călărași*. D. S. Inst. Geol., LIII.
- SÂNDULESCU, M. (1984), *Geotectonica României*. Editura Tehnică, București.
- *** Institutul Geologic al României (1970), *Harta tectonică a României*, scara 1:1 000 000.

SIGNIFICATIONS GÉODYNAMIQUES DES VITESSES DES ONDES SISMQUES LONGITUDINALES DANS LES UNITÉS DE L'AVANT-PAYS ET DE L'OROGENE DES CARPATHES ORIENTALES

AURICĂ DAMIAN, DOREL ZUGRĂVESCU

(RÉSUMÉ)

Les données de vitesse des carottages sismiques et soniques donnent de nouvelles suggestions sur les phénomènes dynamiques produits pendant la genèse et l'évolution des unités structurales de l'avant-pays et de l'Orogène des Carpathes Orientales:

- neuf phases de mouvements oscillatoires dans l'intervalle de temps Devonien – Crétacé inférieur dans la dépression de Călărași (sud-est de la Plate-forme Moesique);
- sept phases de saccades dans le Miocène supérieur (Méotien – Pontien) dans l'orogène et l'avant-fosse de la zone de courbure des Carpathes Orientales; la durée d'une saccade pontienne étant estimée de 400.000 à 600.000 années;
- la structuration par le tassement différencié des formations des couvertures sédimentaires des unités d'avant-pays (qui présentent des variations lithofaciales); la manque des preuves de l'influence du stress tectonique sur le compactage et la déformation des roches sédimentaires;
- les contributions majeures des pressions diapirique et lithostatique dans le compactage et la structuration de la formation miocène terrigène située immédiatement au-dessus de la masse du sel profond, sous l'influence du sel, qui constitue un diapir dans la zone de Buda – Buhuși (Bacău); les données de vitesses corroborées à celles de pendagemétrie démontrent le caractère cryptodiapir de la structure mentionnée;
- le compactage et la déformation forte des formations des unités orogéniques des Carpathes Orientales sous l'action du stress tectonique de compression; dans les unités de l'orogène ils se sont différenciés:
- des structures dont le compactage et les pendages des formations sont croissantes en profondeur (les formations de la partie supérieure ont été affectées seulement par les phases tardives de stress, mais celles basales ont supporté, en outre, les compressions précoces, par exemple, la nappe sous-carpathique);
- des structures à des formations fortement compactés et pendages des couches accentuées sur l'entière profondeur de la colonne, formées sous l'action du stress tectonique poliphasique sur toute l'épaisseur de la colonne, par exemple celles situées à l'Ouest de la nappe sous-carpathique.

Les aspects mentionnés et les autres présentés dans l'article démontrent l'apport important des données de vitesse dans le déchiffrement et l'approfondissement de la connaissance des phénomènes dynamiques.

Cuvinte cheie: carotaje, viteze, compresiune dinamică, vorland, mișcări oscilatorii, deplasări, orogen, compactări, deformări, șariaje, saccade.