

MODIFICĂRI PALEOBIOTICE ȘI PALEOECOLOGICE ÎN PARTEA DE NV A MĂRII NEGRE

MIHAELA-CARMEN MELINTE, GHEORGHE OAIE

INCD GEOECOMAR, Str. D. Onciul, nr. 23-25, 024053 București, Sect. 2, melinte@geoecomar.ro; goaie@geoecomar.ro

Abstract. Investigațiile prezentate au fost realizate pe două profile din partea de NV a Mării Negre, localizate în fața Gurii Portița și în partea sudică a Insulei Sahalin. Probele de pe profilul Portița, analizate din punct de vedere nanofloristic, conțin (până la adâncimea apei de 40 m) specii de nanofosile cretacice și terțiare remaniate. La o adâncime a apei mai mare de 40 m, în primii 10 cm de sediment, a fost observată dezvoltarea explozivă a speciei *Emiliana huxleyi*, asociată cu prezența unor asociații de foraminifere bentonice diversificate generic și specific. În carotele colectate din partea sudică a Insulei Sahalin, până la adâncimea de 300 cm, nu au fost întâlnite asociații de nannoplancton calcaros *in situ*.

Cuvinte cheie. NV Marea Neagră, paleobiologie, paleomediul, paleoecologie, Holocen

1. INTRODUCERE

În timpul ultimei glaciațiuni cuaternare, Marea Neagră a devenit un imens lac cu apă dulce. Nivelul lacului era, probabil, cu cel puțin 100 m mai coborât decât actualul nivel al Mării Negre (Lancelot *et al.*, 2002). În Holocenul inferior, acum circa 7.000 de ani, în evoluția bazinului Mării Negre a avut loc trecerea de la stadiul lacustru la stadiul marin, prin reluarea comunicării dintre Marea Neagră și Marea Mediterană, prin Marea Marmara (Fig. 1). Dacă comunitatea științifică internațională este, în general, de acord că vârsta acestei schimbări paleoambientale majore este de aproximativ 7000 de ani (*i.e.*, Arthur și Dean, 1998; Lericolais *et al.*, 2006 și sinteza datelor cunoscute în Yanko-Hombach *et al.*, 2006), modalitatea în care a avut loc această schimbare suscită încă vii dezbateri științifice.

În ceea ce privește transformarea Mării Negre într-un bazin anoxic marin, acum 7.000 de ani, există două teorii mai importante (Fig. 2). Una dintre acestea indică o creștere bruscă a nivelului apei, care a dus la restabilirea conexiunii dintre Marea Neagră și Marea Mediterană, prin Marea Marmara și strâmtoarea Bosfor. Ballard *et al.*, 2000; Ryan *et al.*, 2003 și alți autori consideră că această transgresiune majoră și rapidă reflectă miturile preistorice legate de "potopul" lui Noe. O altă teorie arată că invazia apelor sărate dinspre Marea

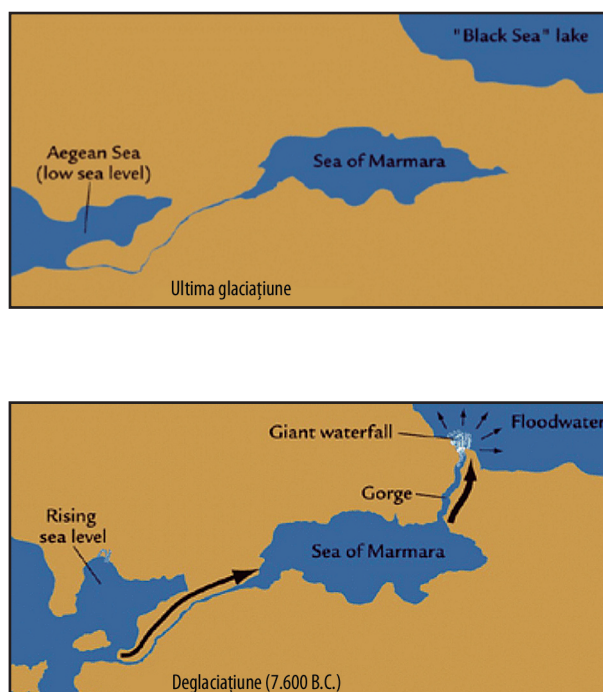


Fig. 1 Paleogeografia SE Europei (modificată după Popov *et al.*, 2006)

Mediterană spre bazinul Mării Negre a avut loc în mod treptat (Panin, 1997; Görür *et al.*, 2001; Yanko-Hombach *et al.*, 2006).

Restabilirea comunicării dintre Marea Neagră și Marea Mediterană prin Marea Marmara este indicată de apariția mălurilor coccolitice ‘coccolith ooze’ (Arthur și Dean, 1998), alge marine unicelulare *Coccolithophoridae*, care trăiesc la suprafața apei.

Aceste alge trăiesc în zona fotică (0-50 m coloană de apă), și sunt foarte sensibile la modificări ambientale. De aceea, modificările în compoziția asociațiilor de nannoplancton calcaros au fost utilizate pentru a reconstitui paleomediul depozițional-marin, inclusiv paleoecologia și paleogeografia unor intervale din istoria planetei (Melinte, 2006). În prezent, algele coccolithophoridae (prin specia cosmopolită *Emiliana huxleyi*) proliferază în toate mările și oceanele lumii, abundența lor fiind remarcabilă. Astfel, 1 litru de apă din Marea Neagră conține în jur de 40-50 milioane de celule ale speciei de nannoplancton calcaros *Emiliana huxleyi* (Lancelot *et al.*, 2002). Este de remarcat că, deși specia *Emiliana huxleyi* a apărut la nivelul oceanului planetar acum circa 300.000 ani, ea a fost identificată pentru prima oară în Marea Neagră în sedimente nu mai vechi de 3.000 ani (Bukry, 1974; Panin, 1997; Oaie *et al.*, 2005; Oaie și Melinte, 2005; Popescu *et al.*, 2006; Giunta *et al.*, 2007), marcând momentul în care salinitatea bazinului s-a apropiat de cea actuală, permițând proliferarea acestor alge.

În bazinul Mării Negre, sedimentarea marină din ultimii 7.000 de ani este caracterizată atât de sedimente laminitice coccolitice, cât și de măluri sapropelice, ciclurile alternând cu o frecvență remarcabilă (posibil și multianual). De aceea, este posibil, în opinia unor cercetători (Yanko-Hombach *et al.*, 2006), ca, pe baza studierii modificărilor biotice, sedimentologice și geochimice, să se evidențieze variabilitatea climatică holocenă cu o înaltă rezoluție (decadal sau chiar anual). Nu în ultimul rând, evoluția Mării Negre, ca zonă tipică pentru dezvoltarea depozitelor bogate în carbon organic, poate oferi răspunsuri asupra fluctuațiilor ciclurilor biogeochimice prezente și asupra modalității de adaptare a unor specii de faună și floră la schimbări ambientale din epoca actuală.

2. STUDII ANTERIOARE ALE HOLOCENULUI DIN MAREA NEAGRĂ

Unele dintre primele studii sistematice în depozitele holocene ale Mării Negre au fost publicate în anii '70. Ross și Degens (1974) au identificat: mălurile coccolitice (depuse în intervalul 3000 ani-Actual) sau “Unitatea I”, mălurile sapropelice sau “Unitatea II” (depusă în intervalul 3500-7100 ani) și mălurile neoeuxinice sau “Unitatea III” (depusă în intervalul 7100-7600 ani). Studii mai recente, întreprinse în perioada 1998-2005, în cadrul proiectelor europene *Blason* și *Assemblage*, au confirmat prezența acestor trei unități litologice în partea de NV a Bazinului Mării Negre (Panin & Jipa, 1998; Strehie *et al.*, 2002; Oaie *et al.*, 2005; Panin & Strehie, 2006; Lericolais *et al.*, 2006; Strehie-Sliwinski, 2007).

Aceeași succesiune a unităților litostratigrafice din NV Mării Negre, menționată anterior, a fost identificată și în SV Mării Negre (Dimitrov, 1982; Slavova, 2004). În Holocenul inferior (11.000-7.500 ani B.C.), depozitele din SV Mării Negre sunt caracteristice unei sedimentări într-un mediu dulcicol +/- salmastru, salinitatea fiind de aproximativ 11 ‰. Macrofauna este dulcicolă și salmastră, fiind reprezentată prin taxonii *Dreissenia polymorpha*, *Monodacna caspia*, *Abra ovata* și *Cardium edule*.

În Holocenul mediu (7500-3000 ani B.C.), începe sedimentarea depozitelor sapropelice, salinitatea în SV Mării Negre ajungând la 15 ‰. Asociațiile faunistice sunt caracterizate prin prezența speciilor *Mytilus galloprovincialis*, *Abra ovata*, *Cardium edule* și *Corbula mediteranea*.

Începând cu Holocenul superior (acum aproximativ 3000 ani B.C.), începe sedimentarea mălurilor coccolitice, iar salinitatea crește până la 18 ‰. Macrofauna conține taxonii *Modiolus phaneolinus*, *Mytilus galloprovincialis*, *Abra ovata*, *Cardium edule*, *Pitar rudis*, *Corbula mediteranea* și *Cerithidium pusillum*. Acum trei milenii, în partea de SV a Mării Negre, apare specia de nannoplancton calcaros *Emiliana huxleyi*, a carei prezență indică faptul că salinitatea a crescut semnificativ, permițând proliferarea algelor coccolithophyceae.

Sedimentele Holocene ale zonei nordice ale Mării Negre au fost intens studiate de către cercetători ucrainieni și ruși (sinteza acestor investigații este exhaustiv prezentată în Yanko-Hombach *et al.*, 2006). În nordul Mării Negre, ca și în celelate zone ale acestui bazin, a fost identificată prezența sapropelului de vârstă Holocen mediu.

Depozitele subiacente sedimentelor sapropelice conțin dinoflagelate caracteristice unor ape cu salinități scăzute. În zona de șelf, au fost identificate faune de moluște de tip neoeuxinic (*Dreissenia polymorpha*, *D. rostriformis*, *Monodacna caspia*, *Clathrocaspiia gmelini* și *Theodoxus pallas*), cu afinități caspice. Unele dintre speciile menționate anterior continuă să supraviețuiască până în zilele noastre în ape dulcicole și salmastre, inclusiv în zonele cu salinitate redusă ale mărilor Azov și Caspică.

Asociațiile faunistice și floristice, identificate atât în zona de șelf cât și în zonele nordice mai adânci ale bazinului Mării Negre, la baza sapropelului, au evidențiat prima ocurență post-glaciară a imigranților de tip mediteranean, marcată de prezența moluștelor marine eurihaline (*Cardium edule*, *Mytilaster lineatus*, *Mytilus galloprovincialis*, *Hydrobia ventrosa*, și *Abra ovata*). Acest bio-orizont a fost datat cu izotopul ¹⁴C, folosindu-se specimene intacte de *Cardium edule* și *M. caspia* (bivalve care se poziționează în substrat, la o adâncime nu mai mare decât diametrul cochiliei lor), precum și exemplare aparținând speciei *Mytilus galloprovincialis* (taxon epibentic, care se poziționează pe substrat). În carote prelevate de la adâncimi ale apei cuprinse între -49 și -123 m, datările prin metoda descrisă anterior au indicat vârste de 7150±100 ani (Yanko-Hombach *et al.*, 2006). Este posibil ca sedimentarea depozitelor bogate în carbon organic să fi început simultan în tot bazinul Mării Negre, în momentul în care comunicarea sa

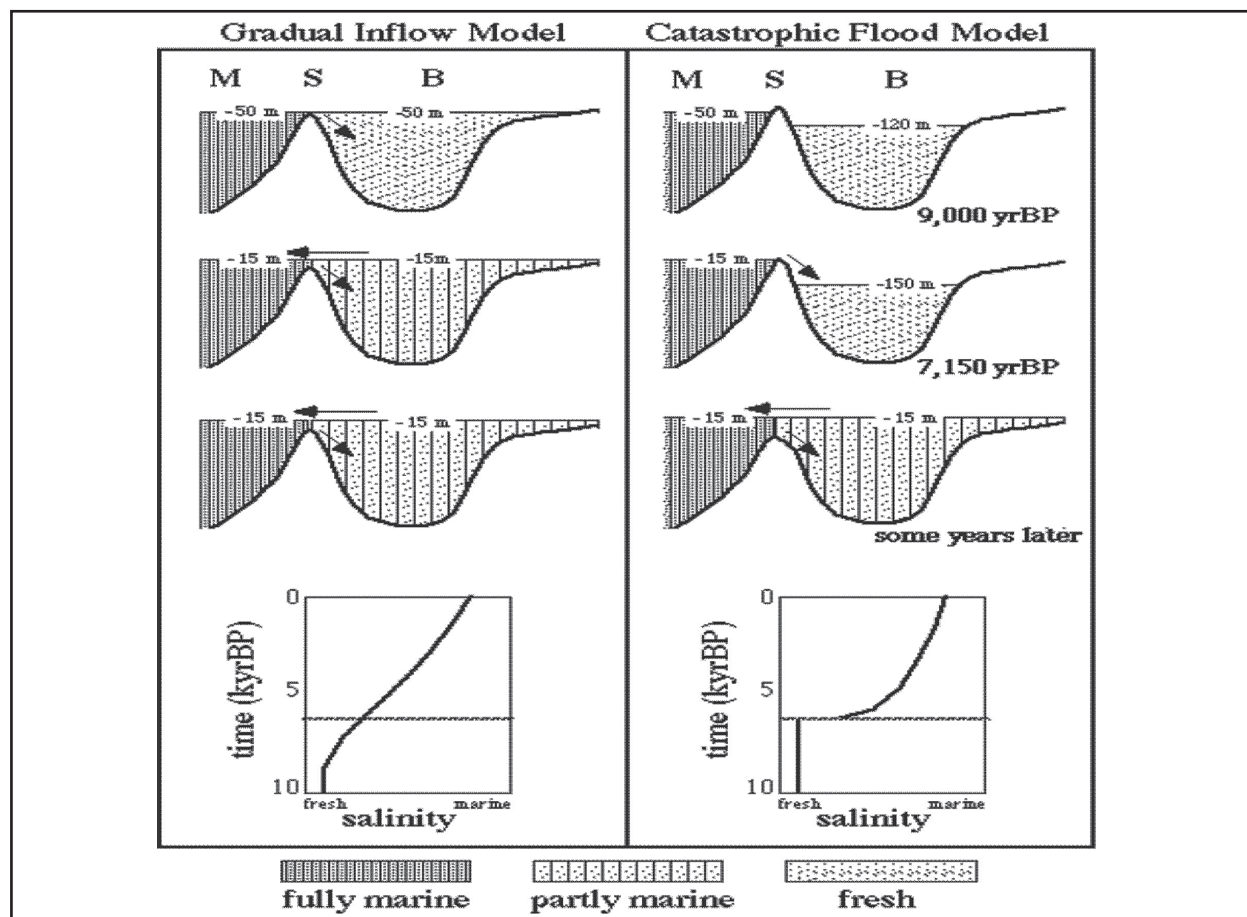


Fig. 2 Comparație între cele două modele de umplere a Mării Negre (după Aksu *et al.*, 2002).

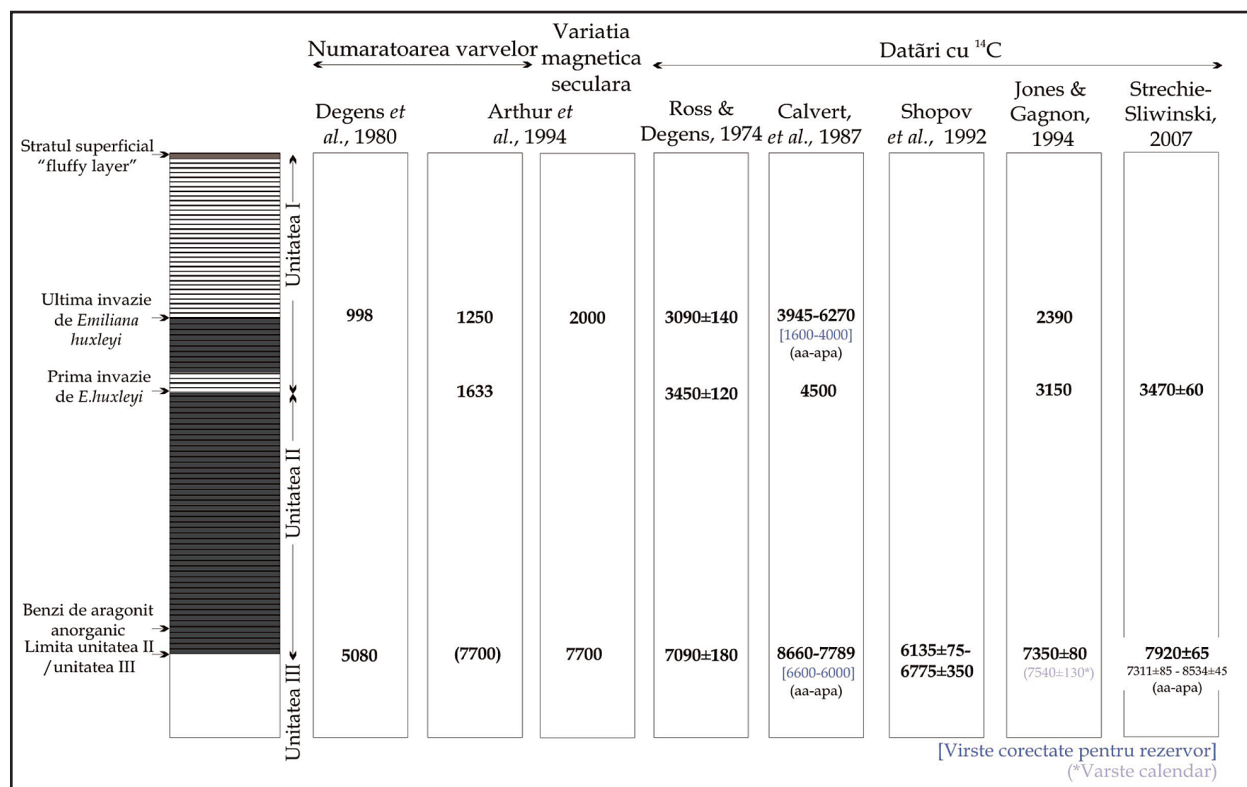


Fig. 3 Unitățile litostratigrafice holocene din NV Mării Negre (după Strechie-Sliwinski, 2007)

cu Marea Mediterană a fost reluată. În ceea ce privește analizele izotopice $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, acestea au indicat pentru depozitele subiacente sapropelului (depozitele neoeuxinice de vârstă Holocen inferior, 11.000-7.500 ani B.C.), valori cuprinse între -8.0 to -4.0 ‰, considerate tipice pentru un mediu de apă dulce.

La baza sapropelului, în depozitele datate 7200-7100 ani, valorile raportului $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ sunt mai mici decât 0.8 ‰, fapt care sugerează o modificare substanțială în compoziția apei Mării Negre, concomitent cu invazia moluștelor euryhaline-marine. Din acea perioadă și până în epoca actuală, valoarea raportului $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ a variat în limite extrem de reduse, indicând fluctuații minime în compoziția apelor Mării Negre.

Aceeași succesiune a unităților litostratigrafice descrisă în NV Mării Negre a fost identificată și în sudul bazinului (Aksu *et al.*, 2002). În Holocenul inferior (11.000-7.500 ani B.C.), depozitele din sudul Mării Negre indică procese de sedimentare într-un mediu dulcicol sau/și salmastru. În Holocenul mediu (7500-3000 ani B.C.), începe sedimentarea depozitelor sapropelice (Fig. 4), iar în Holocenul superior (acum aproximativ 3000 ani B.C.), debutează depunerea mălurilor coccolitice, eveniment sincron cu apariția în bazinul Mării Negre a speciei de nanoplancton calcaros *Emiliana huxleyi*.

Este de presupus că depozitele sapropelice s-au acumulat ca rezultat al unei intensificări a stratificării maselor de apă, din punct de vedere al salinității, temperaturii și compoziției chimice. Existența unor asociații foarte sărace de foraminifere bentonice, la baza sapropelului, precum și ocurențele rare și sporadice ale speciilor dixosice indică faptul că, în apele adânci ale Mării Negre, condițiile depoziționale au fost aproape anoxice.

La partea superioară a sapropelului a fost observată dezvoltarea explozivă a genului de foraminifere *Globobulimina* (Aksu *et al.*, 2002), bio-eveniment care indică o îmbunătățire în oxigenarea apelor de adâncime ale Mării Negre.

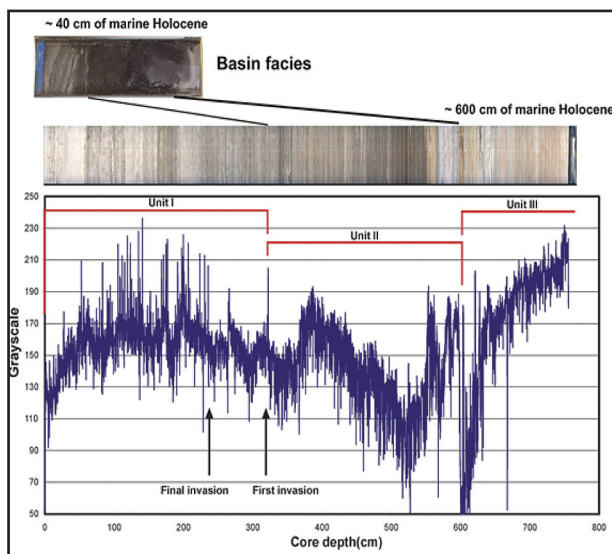


Fig. 4 Modificări depoziționale în timpul Holocenului în sudul Mării Negre (după Aksu *et al.*, 2002)

Fluctuația nannofosilelor calcaroase din sudul Mării Negre indică apariția speciei *Emiliana huxleyi* la partea superioară a sedimentelor sapropelice (prima invazie), specie care coexistă în asociațiile nannofloristice cu *Calcidiscus leptoporus* și *Pontosphaera spp.* A doua invazie (care reprezintă și stabilirea definitivă a acestei specii cosmopolite în bazinul Mării Negre) are loc odată cu apariția mălurilor coccolitice ("Unitatea A" - cea mai nouă din punct de vedere stratigrafic). Cea de-a doua invazie a speciei *Emiliana huxleyi* este sincronă cu creșterea semnificativă în abundență a taxonilor genului *Helicosphaera* (*H. wallichii*, *H. selli* și *H. kamptneri*). Baza Unității A este marcată de asemenea de un alt eveniment nannofloristic, și anume dezvoltarea explozivă a speciei *Gephyrocapsa oceanica*. Distribuția actuală a speciei *Gephyrocapsa oceanica*, la fel ca și a altor specii ale acestui gen din Marea Mediterană, indică faptul că acești taxoni apar cu o frecvență maximă în zonele cu salinitate minimă (Knappertsbusch, 1993), mai ales în estul Mării Mediterane.

3. PALEOBIOLOGIE

Au fost probate două profile, respectiv Portița (PO2, PO3 și PO4 - Fig. 5) și Sahalin (MN 07-03 - Fig. 5). Profilul Portița se află localizat în fața Gurii Portița, iar profilul Sahalin este plasat în partea sudică a Insulei Sahalin. În profilul Portița, până la o adâncime a apei de 40 m, nannoflora calcaroasă este reprezentată prin specii cretacice și terțiare pe care le considerăm în totalitate remaniate (locațiile PO2 și PO3). Nu au fost identificate specii holocene de nannofosile calcaroase *in situ*.

Probele recoltate din locația PO4 (adâncimea apei mai mare de 40 m) au indicat dezvoltarea explozivă a speciei de nanoplancton calcaros *Emiliana huxleyi* (Fig. 6), precum și prezența comună a genului de dinoflagelate calcaroase *Thorasphaera*. Odată cu apariția nanoplanctonului calcaros holocen *in situ*, în asociația microfaunistică apar foraminifere, cu o frecvență ridicată fiind identificate speciile *Ammonia beccarii* (LINNE), *A. viennensis* (d'ORB.), *A. tepida* CUSHMAN, *Criboelphidium poeyanum* (d'ORB.) și *Porosonion sp.*, precum și ostracodele *Loxocochoa granulata* SARS, *L. lepida* STEPH., *Leptocythere gracilloides* SCHORNIKOV, *L. (Callistocythere) diffusa* (MULLER), microgastropode și ciripede (piese de *Balanus*) - Popescu Gheorghe, comunicare scrisă.

În profilul Sahalin, la o adâncime de probare în sediment de până la 300 cm, nu au fost identificate tafocenoze de nanoplancton calcaros *in situ*. Probele colectate conțin exclusiv taxoni cretacici, paleogeni și neogeni remaniați.

4. PALEOECOLOGIE

Probele PO-01, PO-02, și PO-03 de pe profilul Portița, ca și probele colectate din partea sudică a Insulei Sahalin (locația MN 07-03), nu conțin specii de nanoplancton calcaros *in situ*, nici alte microorganisme marine (foraminifere bentonice, ostracode marine, etc.). Acestea conțin însă, în cadrul tafocenezelor alohtone, un număr foarte mare de taxoni remaniați din depozite cretacice și terțiare (eocene, oligocen,



Fig. 5 Amplasarea locațiilor de probare

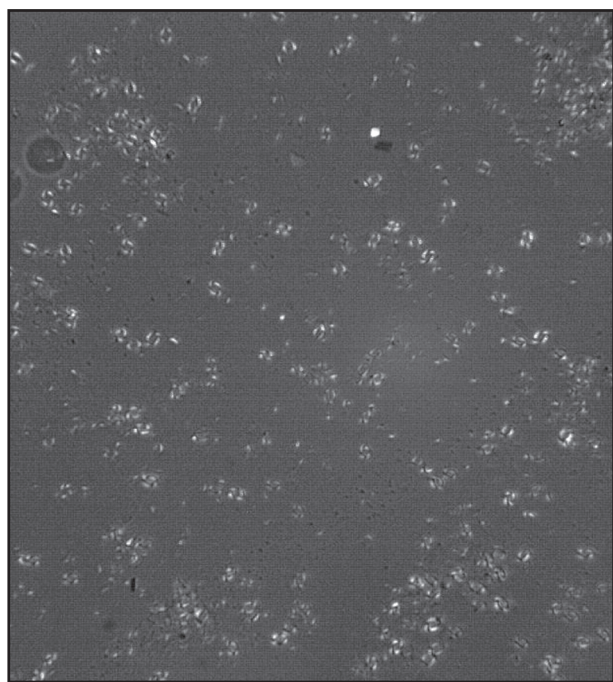


Fig. 6 Dezvoltarea explozivă a speciei de nannoplancton calcaros *Emiliana huxleyi* în Profilul Portița (adâncimea apei - 40 m, în Punctul de probare P03)

miocene, pliocene și pleistocene). În cadrul remanierilor, nu a fost observată specia actuală de nanofloră *Emiliana huxleyi*. Acest fapt indică o salinitate scăzută în ultimii 3000 ani. În consecință, în imediata apropiere a zonei Gura Portița, nu au fost îndeplinite condițiile ambientale (în special salinitate) pentru dezvoltarea acestui taxon.

Probele de pe locația PO-04 (adâncimea apei 40 m, probele până la 11 cm în sediment) arată dezvoltarea explozivă a speciei *Emiliana huxleyi* (asemănătoare cu cea descrisă în Unitatea I - *coccolith-ooze* din zonele mai adânci ale Mării Negre), conținând aproximativ 1800-1900 specimene/mm² secțiune subțire. În afară de *Emiliana huxleyi*, a fost indentificat, cu o frecvență ridicată (10-15 % din totalul asociației), genul de dinoflagelate calcaroase *Thoracosphaera*, asociat unor condiții de instabilitate ambientală, cu un aport semnificativ de nutrienți. Deoarece proba PO-04 nu se afla localizată departe de o posibilă linie de paleo-țârm, presupunem că această zonă a fost caracterizată de un influx important de nutrienți, adus odată cu materialul terigen, dar și printr-o salinitate mai ridicată, care a permis acumularea de tip 'coccolith ooze' a speciei *Emiliana huxleyi*. Se exclude remanierarea, deoarece, prin acest proces, ar fi fost prezente doar câteva specimene. În ceea ce privește paleoecologia foraminiferelor bentonice identificate în profilul Portița (locația PO-04), cei mai frecvenți taxoni ai asociației, *Ammonia beccarii* și *Elphidium* spp., trăiesc într-un mediu lagunar până la un mediu caracteristic șelfului intern.

5. PALEOMEDIU

Din punct de vedere litologic, probele investigate sunt caracterizate prin prezența mălurilor verzui cu frecvente fragmente de *Mytilus*, *Mya*, *Melinna*, *Abra*, *Cardium*, *Spisula* și *Balanus* (în primii 2-3 cm de sedimente) și a silturilor argiloase, negricioase, plastice, slab unsuroase (în intervalul de adâncime 3-15 cm sediment).

Toate probele analizate de pe profilele Portita și Sahalin se plasează în unitatea de apă puțin adancă (Shallow Unit),

care reprezintă echivalentul, în regiunile costiere ale Mării Negre, Unităților I și II ale lui Roos & Degenes (1974). În NV-ul Mării Negre, această unitate de apă puțin adâncă variază ca grosime între 100 cm, la o adâncime a apei de aproximativ 70 m în fața lacului Razelm, și 40 cm, la o adâncime a apei de 96 m la meridianul orașului Constanța (Giunta *et al.*, 2007).

MULȚUMIRI

Datele prezentate au fost obținute prin investigații finanțate în cadrul PNCDI II Idei - Contract 364/2007.

BIBLIOGRAFIE

- AKSU, A., HISCOTT, R.N., MUDIE, P.J., ROCHON, A., KAMINSKI M.A., ABRAJANO, T., YASAR, D., 2002. Persistent Holocene Outflow from the Black Sea to the Eastern Mediterranean Contradicts Noah's Flood Hypothesis. *GSA Today*, 12, p. 4-10.
- ARTHUR A.M., DEAN, W.E., 1998. Organic-matter production and preservation and evolution of anoxia in the Holocene Black Sea, *Paleoceanography* 13, p. 395-411.
- BUKRY, D., 1974. Coccoliths as paleosalinity indicators — evidence from Black Sea. In: E.T. Degens and D.A. Ross, Editors, *The Black Sea — Geology, Chemistry and Biology, Mem. Am. Assoc. Pet. Geol.* 20, p. 353-363.
- BALLARD, R.D., COLEMAN D.F., ROSENBERG, G., 2000. Further evidence of abrupt Holocene drowning of the Black Sea shelf, 2000. *Mar. Geol.*, 170, 253-261.
- DIMITROV, P., 1982. Radiocarbon datings of bottom sediments from the Bulgarian Black Sea shelf. *Bulg. Acad. Sci. Oceanol.* 9, p. 45-53.
- GIUNTA S., MORIGI, C., NEGRI, A., GUICHARD F., LERICOLAIS, G., 2007. Holocene biostratigraphy and paleoenvironmental changes in the Black Sea based on calcareous nannoplankton. *Mar. Micropal.*, 63, p. 91-110
- GÖRÜR N., ÇAGATAY, M.N., EMRE, Ö. B., ALPAR, M., SAKINC, Y. ISLAMOGLU, O., ALGAN, T., ERKAL, M., KEÇER, M., AKKÖK R., KARLIK, G., 2001. Is the abrupt drowning of the Black Sea shelf at 7150 yr BP a myth? *Marine Geology* 176, p. 65-73.
- KNAPPERTSBUSCH, M., 1993. Geographic distribution of living and Holocene coccolithophores in the Mediterranean Sea. *Marine Micro-paleontology* 21, p. 219-247.
- LANCELOT, C., STANEVA, J., VAN ECKHOUT, D., BECKERS J.-M., STANEV, E., 2002. Modelling the Danube-influenced north-western continental shelf of the Black Sea. Part II: Ecosystem response to changes in nutrient delivery by the Danube River after its damming in 1972, *Estuar. Cost. Shelf Sci.* 54, p. 473-499.
- LERICOLAIS, G., POPESCU, I., GUICHARD, F., POPESCU S.-M., MANOLAKAKIS, L., 2006. Water-level fluctuations in the Black Sea since the Last Glacial Maximum. In: V. Yanko-Hombach, A.S. Gilbert, N. Panin and P.M. Dolukhanov, Editors, *The Black Sea Flood Question: Changes in Coastline, Climate, and Human Settlement*, pp. 437-452.
- MAJOR, C., RYAN, W., LERICOLAIS, G., HAJDAS I., 2002. Constraints on Black Sea outflow to the Sea of Marmara during the last glacial-interglacial transition. *Marine Geology*, 190(1-2), p.19-34.
- MELINTE, M.C., 2006. Cretaceous-Cenozoic Palaeobiogeography of the Southern Romanian Black Sea Onshore and Offshore. *GeoEcoMarina*, 9/10, p. 79-89.
- OAI E G., SECRIERU D., SHIMNKUS K., 2005. Black Sea Basin: Sediment types and distribution, sedimentation processes. *Geo-Eco-Marina*, p. 21-31.
- OAI E, G., MELINTE, M.C., 2005. Upper Holocene sedimentation in the NW and SE Black Sea region. In *Nakoman et al. (eds.), Volume of the International Earth Science Colloquium on Aegean Regions, Izmir 2005*, p. 87-98.
- PANIN, N., 1997. On the geomorphologic and geologic evolution of the river Danube - Black Sea interaction zone. *GeoEcoMarina* 2, p. 31-40.
- PANIN, N., JIPA, D., 1998. Danube River sediment input and its interaction with the NW Black Sea: Results of EROS-2000 and EROS 2001 projects. *GEO-ECO-MARINA* 3, p. 23-35.
- PANIN, N., STRECHIE, C., 2006. Late Quaternary Sea-level and Environmental changes in the Black Sea: A Brief Review of Published Data. *The Journal of Archaeomythology* 2 (1), 3-16.
- POPESCU I., DE BATIST, M., LERICOLAIS G., NOUZÉ H., POORT J., PANIN, N., VERSTEEG W., GILLET, H., 2006. Multiple bottom-simulating reflections in the Black Sea: Potential proxies of past climate conditions. *Mar. Geol.*, 227, p. 163-176.
- ROSS, D.A., DEGENS, E.T., 1974. Recent sediments of the Black Sea. In: E.T. Degens and D.A. Ross (Editors), *The Black Sea: Geology, Chemistry, and Biology*. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, OK, pp. 183-199.
- RYAN W.B.F., MAJOR C.O., LERICOLAIS G., GOLDSTEIN S.L., 2003. Catastrophic flooding of the Black Sea, *An. Rev. Earth Planet. Sci.* 31, pp. 525-554.
- STRECHIE, C., ANDRE, F., TUCHOULKA, P., GUICHARD, F., LERICOLAIS, G., PANIN, N., 2002. Magnetic minerals as major environmental change in Holocene Black Sea sediments: preliminary results. *Physics and Chemistry of the Earth*, 27, p. 1363-1370.
- STRECHIE-SLIWINSKI, C., 2007. Changements environnementaux récents dans la zone de Nord-Ouest de la Mer Noire. *GEO-ECO-MARINA* 13-1, Special Publication 1,270 pp.
- SLAVOVA, K., 2004. Climatic and ecological change in the Black Sea region during the period 11.000-7.500 calendar years B.C. Assemblage EU project, Varna Workshop.
- YANKO-HOMBACH, V., GILBERT, A.S., PANIN N., DOLUKHANOV, P.M., EDITORS, 2006. *The Black Sea Flood Question: Changes in Coastline, Climate, and Human Settlement*, pp. 437-452.