

RELJEF U PODMORJU SJEVERNOGA LEDENOG MORA*

JOSIP RIĐANOVIĆ

Najnovijim istraživanjima reljefa u podmorju Sjevernoga ledenog mora promijenila se geografska struktura mora polarnih krajeva na sjevernoj hemisferi. Izmjerena je i predočena najveća dubina (Molloy Deep, 5 608 m). Ustanovljene su dvije nove makrogeostrukture (Nansen-Gakkelov greben i Alpha-Mendeleva skupina uzvišenja), četiri strukture većih udubljenja (Makarovo, Amundsenovo, Nansenovo i Kanadsko) i tri manje specifične reljefne jedinice (Chukchi-Arlis-Yermak).

Submarine Relief of the Arctic Ocean

The most recent studies of the Submarine relief in the Arctic Ocean have contributed to the knowledge of the geographical structure of polar seas in the Northern Hemisphere. The deepest point (Molloy Deep, 5608 m) has been measured and inspected. Two new macrogeostuctures have been established (Nansen-Gakkel Ridge and the Alpha-Mendelyev Ridges), four great basins (Makarov, Amundsen, Nansen, and Canada Basin) and three smaller plateaus (Chukchi, Arlis, Yermak).

Uvod

Geoznanstvena problematika Sjevernoga ledenog mora poznata je samo u općim crtama. Istraživanja podmorja uopće a posebno u morima polarnih krajeva omogućena su tehničkim razvitkom i drugim uvjetima u suvremenom razdoblju. U posljednja dva desetljeća postignut je velik napredak osnivanjem i radom brojnih stručnih, poglavito znanstvenih komisija. Vrlo istaknuto mjesto pripada Komisiji za geo-

logiju mora (CMG) u sklopu Međunarodnog saveza za geološke znanosti (IUGS), te Pododboru za geologiju i geofiziku Artika u okviru Internacionalne komisije za litosferu (ICL) s radnim grupama za bušenje dna (podloge) ispod stalno zaleđenog mora.

* Izvadak iz referata »Suvremene geografske značajke mora polarnih krajeva« održanog na Zimskom seminaru za nastavnike geografije, 23. siječnja 1990.

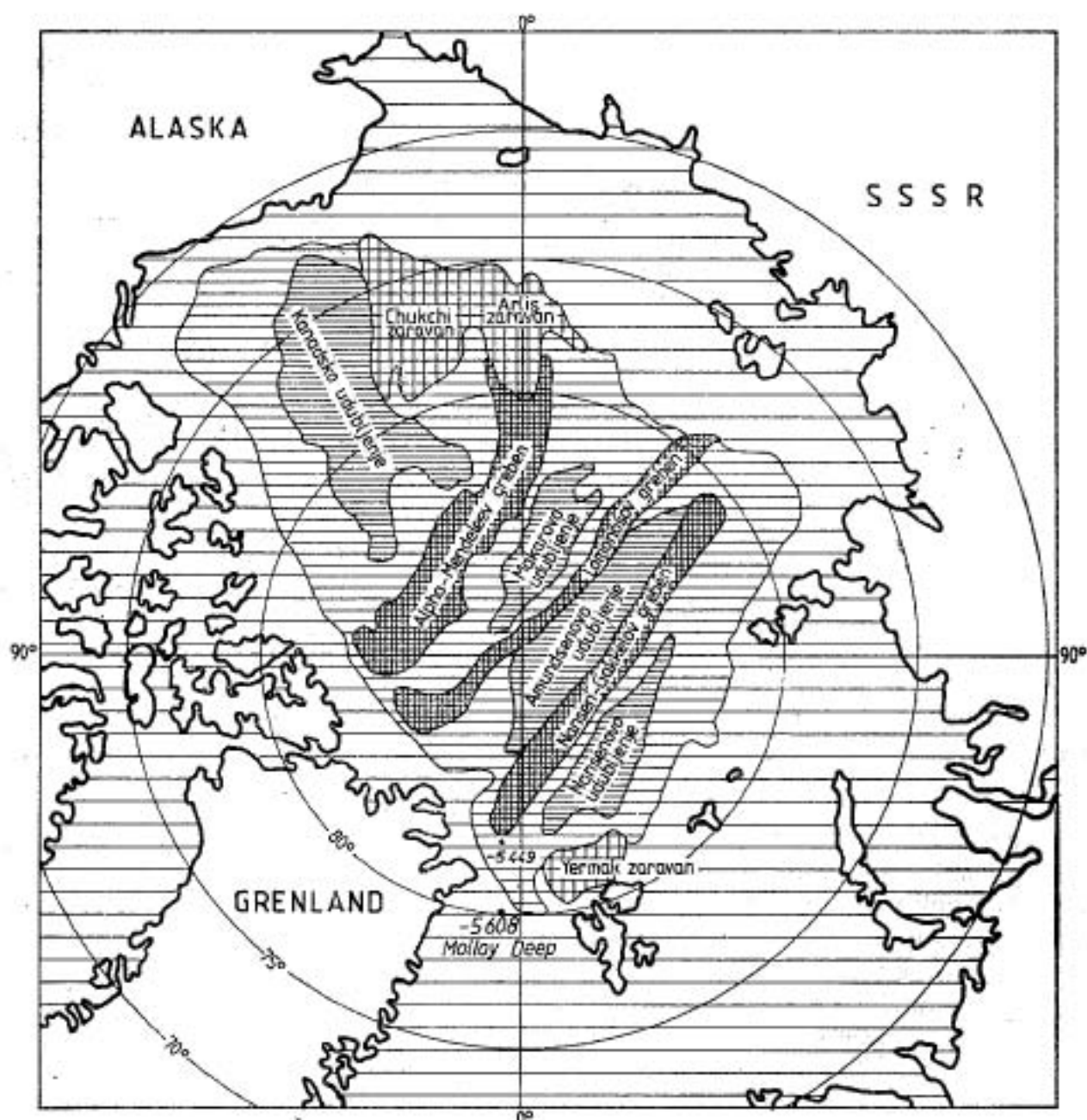
Rezultati

Rezultati njihovih istraživanja objavljeni su i predočeni na preglednim kartama. To su 1. GEBCO (General Bathymetric Chart of the Ocean) ili Opća dubinska karta oceana (Gorshkov, S. G., 1983). 2. Geografska karta Arktika u izdanju AGS (American Geographic Society) godine 1975. i 3. Atlas za oceanografiju

(Dietrich, G. i J. Ulrich, 1968). Listovi GEBCO-karte su pouzdaniji jer su na njima ucrtana mjesta i osnovni smjerovi gdje su izmjerene dubine ultrazvučnim eholotom (dubinomjerom).

Najveća dubina u Sjevernom ledenom moru je Molloy Deep, 5 608 m ili 18 339 ft (sl. 1).

Za reljef podmorja Sjevernoga ledenog mora u usporedbi s oceani-



Sl. 1. Reljef u podmorju Sjevernoga ledenog mora, Izvor: Johnson, G. L. i ostali, 1978.

Fig.1. Submarine relief of the Arctic Ocean, Source: Johnson, G. L. et al., 1978

ma bitno je važno da je više od polovice njegove površine na plićaku (Sobczak, L. W. i J. F. Sweeney, 1978). Plićak uz obale Sjeverne Amerike širok je 100—200 km, a na strani Euroazije širina mu doseže i do 1700 km! Iz plićaka u podmorju sjeverne Alaske vadi se već godinama nafta.



Sl. 2. Shematski presjek Sjevernoga ledenog mora s glavnim strukturnim jedinicama, Izvor: Johnson, G. L. i ostali, 1978.

Fig. 2. Schematic cross section of the Arctic Ocean in principal structural units, Source: Johnson, G. L. et al., 1978

Reljef dna u dubljim dijelovima Sjevernoga ledenog mora karakteriziraju tri makrostrukture (Lomonosov greben, Nansen-Gakkelov greben i Alpha-Mendeleeva skupina uzvišenja), četiri strukture većih udubljenja (Amundsenovo, Nansenovo, Makarovo i Kanadsko) i na rubu tri reljefne jedinice manjeg reda veličine tipa zaravni (Chukchi-Arlis-Yermak). Takav reljef se može objasniti s pomoću mehanizma tektonike ploča.

1. Lomonosov greben je najizrazitija reljefna struktura koja dijeli Euroazijski od Amerazijskog bazena Sjevernoga ledenog mora. Na temelju magnetskih i seizmičkih podataka taj je greben određen kao kontinentski ulomak koji je nastao

na euroazijskom kontinentalnom rubu (uporedi Johnson, G. L., 1978). Poslije otkrivanja Lomonosovljeva grebena godine 1948. (o tome vidi Riđanović, J., 1955) uslijedila su dalja intenzivnija istraživanja i dobiveni su novi rezultati.

2. Otkriven je Nansen-Gakkelov greben u Euroazijskom dijelu Sjevernoga ledenog mora koji razdvaja Nansenovo od Amundsenova udubljenja. To je i danas aktivna riftogena srednjooceanska zona — zona horizontalnog razmicanja Zemljine kore.

3. Alpha-Mendeleeva skupina uzvišenja, još uvijek neodređenog postanka, izdvaja Kanadsko udubljenje u Amerazijskom dijelu Sjevernoga ledenog mora i

4. Rubne visoravni. Najkarakterističniji detalji su lokaliteti tipa zaravni Chukchi-Arlis-Yermak (sl. 1). To su potopljeni dijelovi trupa kontinentalnih ploča manjeg reda veličine ili specifične vulkanske strukture.

Diskusija

Današnje predodžbe o geostrukturama dubokomorskih dijelova Arktika zasnivaju se ponajviše na malobrojnim aeromagnetskim snimcima, na seizmičkim mjerenjima s plutajućih stanica leda, a vrlo rijetko na izravnim uzorcima izvađenim iz Zemljine kore ispod dna mora. Mišljenja o geostrukturama u Amerazijskom dijelu Sjevernoga ledenog mora stoga su dosta prijeporna. Za Kanadsko udubljenje smatralo se dugo vremena da je potopljena kontinentalna kora. Otkrićem gotovo paralelnih magnetskih anomalija naknadno je podloga te udubine određena kao oceanska kora koja je nastala subdukcijskim procesima (razmicanjem ploča u horizontalnom smjeru) tijekom krednog razdoblja (Sweeney, J. F., 1985). Slično je i sa strukturom 400—600 km široke skupine Alpha-Mendeleevih uzvišenja koju pojedini istraživači objašnjavaju kao kontinentski fragment ili dio kontinentalne ploče što se otrgnuo (odvojio) od Barentsove platforme kada je uslijedilo otvaranje udubljenja Makarova. To se zbilo u doba krede. Pronalaskom bazalta na toj strukturi vjerojatnije je tumačenje njezina postanka vulkanskom djelatnošću (Van Wagoner, W. A. i P. T. Robinson, 1985). Da li je aseizmička Alpha-Mendeleeva struktura ipak jedna fosilizirana zona subdukcije, koja je prije 40—60 milijuna godina bila aktivna ili oceanski detalj vulkanske aktivnosti između litosfernih ploča ostaje otvoreno.

Za istraživanje vremena slijeda (rekonstrukcije) nanosa (sedimentacije) po dnu Sjevernoga ledenog mora izvađeno je klasičnim uređajima

oko 600 uzoraka sedimenata. To je malen broj u odnosu na cjelokupnu površinu dna Sjevernoga ledenog mora.

Najnoviji korak u istraživanju podmorja polarnih krajeva načinio je istraživački brod »Polarna zvijezda« (FS »Polarstern«) s kojim je poduzeta ekspedicija »ARK-IV/3« u Arktiku ljeta 1987. (Fütterer, D., 1988). To je prvi put da je jedan istraživački brod dosegao geografsku širinu od 86° 11' N — rekord je držao »Fram« brod na putovanju Nansena koji je doplovio do 85° 57' N. Time se pokazalo mogućim da jedan moderni ledolamac može izvršavati i najsloženija znanstvena istraživanja u do jučer teško dostupnim polarnim morima. Tom zgodom su izvršena geološka snimanja i geofizička mjerenja na srednjooceanskoj Nansen-Gakkelovoj strukturi u središnjoj riftogenoj dolini »rift valley«. Izravno bušenje strukture radi određivanja (datiranja) starosti sedimenata pokazalo je da je Alpha-Mendeleeva struktura mogla nastati u gornjoj kredi prije otprilike 80 milijuna godina ili još prije.

Najstariji dosad poznati sediment u dubokomorskom dijelu Arktika je crni škriljavac iz gornje krede (kampan) na pristrancima uzvišenja Alpha-Mendeleeva strukturnog kompleksa. Taj sediment je otkriven s plutajuće stanice leda T₃ tijekom razdoblja 1963—1974. Crni škriljavci su bogati organskim ugljikom (15 %) što upućuje na njihovo teretističko podrijetlo. Na Svalbard (Spitzbergen) otočju ustanovljeno je stvaranje ugljena od gornje krede do paleocena. Šljunčani nanosi gornjokredne i eocenske starosti na Alpha-Mendeleevu kompleksu uzvišenja pokazuju da je klima

u najvišim geografskim širinama sjeverne hemisfere bila toplija, to jest, da je kraj bio bez leda.

Sjeverni polarni kraj je u središtu reljefno raščlanjenih dijelova Sjevernoga ledenog mora okružen starim kontinentalnim strukturama Euroazije i Sjeverne Amerike (sl. 1). U takvoj geografskoj strukturi Sjevernoga ledenog mora izmjena morske vode s Velikim oceanom vrlo je ograničena, jer se vrši preko pličaka Beringova prolaza. Između Svalbard otočja i Grenlanda prolazom Fram danas je jedina dubokomorska veza Sjevernoga ledenog mora sa Svjetskim morem. Ta veza postoji od paleocena (prije 60 milijuna godina) i morala je znatnije utjecati na klimu u sjevernom polarnom kraju.

Za razdoblje od eocena do kraja miocena nije moguće na temelju raspoloživih sedimenata iz Sjevernoga mora izvršiti relevantnu rekonstrukciju klime, jer nema još uvijek dovoljno sigurnih dokaza. To je osobito teško kad se uzme u obzir da je upravo u tom vremenskom razmaku nastupio klimatski preokret od »toplog« mezozojsko-kenezojskog polarnog mora prema mlađem kenezojsko hladnom Sjevernom ledenom moru...

Paleoceanska (paleogeografska) rekonstrukcija učinjena je s prekidima... Samo četiri sedimentacijske jezgre su starije od 40 milijuna godina. Ostale nalaze karakteriziraju nanosi mlađi od pet milijuna godina (Blasco, S., 1987). Sve sedimentacijske jezgre i uzroci koji bi se stratigrafski mogli produžiti (locirati) i do gornjeg miocena sadrže grub kao ledom prenašan materijal (Thiede, J., D. L. Clark i Y. Herman s

ostalima, 1987). Da li je za razvitak takvog facijesa sedimentacije u mlađem kenezoiku potrebna stalna zaleđenost, što je zasad pretpostavka ili će se morati potražiti drugačiji mehanizmi za objašnjenje, kod kojih će se trebati raspraviti (uskладiti) vrlo različiti i prijeporni detalji, ostaje da se vidi...

Zaključak

Najnovijim istraživanjima reljefa u podmorju Sjevernoga ledenog mora dobiveni su dragocjeni podaci o geografskoj strukturi mora polarnih krajeva na sjevernoj hemisferi.

1. Izmjerena je i predočena najveća dubina Arktika, Molloy (Deep, 5 608 m (sl. 1).

2. Ustanovljene su još dvije nove makrostrukture. To su Nansen-Gakkelov greben (hrbat) i Alpha-Mendeeva skupina uzvišenja u dubokomorskim dijelovima Sjevernoga mora (sl. 2).

3. Otkrivene su četiri strukture većih udubljenja. To su Amundsenovo, Nansenovo, Makarovo i Kanadsko udubljenje (sl. 2).

4. Na prijelazu iz dubokomorskih dijelova Sjevernoga ledenog mora prema pličaku ističu se tri manje specifične reljefne jedinice. To su strukture tipa zaravni Chukchi-Arlis-Yermak (sl. 1).

Primjenom modernijih tehnologija, bušenjem Zemljine kore na dnu plitkog i u dubokom moru s posebnih brodova-bušilica ili s umjetnih otoka, ostvarena su potpunija i suvremena istraživanja. Tim istraživanjima dobilo se obilje novih

podataka koji su omogućili egzakt-nija tumačenja o postanku specifičnih geostruktura, ali ne i o konti-

nuiranom slijedu ranijih klimatskih uvjeta u morima polarnih krajeva na sjevernoj hemisferi.

Literatura

- GEBCO, 1983: Blatt 5.18. 1:6 000 000. Canadian Hydrographic Service.
- Gorshkov, S. G., 1983: World Ocean Atlats. Vol. 3. Arctic Ocean. Oxford.
- AGS, 1975: Map of the Arctic Region. New York.
- Dietrich, G. i J. Ulrich, 1968: Atlas zur Ozeanographie. Mannheim.
- Sobczak, L. W. i J. F. Sweeney, 1978: Bathymetry of the Arctic Ocean. U: J. F. Sweeney (izdavač): Arctic Geophysical Review. Pub. Earth Phys. Pr. 45. H. 4. S. 7—14.
- Johnson, G. L. i drugi, 1978: Arctic Basin morphology. Polarforschung 48. H. 1/2. S. 20—30.
- Riđanović, J., 1955: Arktik, rezultati najnovijih istraživanja. Geografski horizont. 1—2. Zagreb. S. 23—31.
- Sweeney, J. F., 1985: Comment about the age of the Canada Basin. Tectonophysics 114. S. 1—10.
- Van Wagoner, W. A. i P. T. Robinson, 1985: Petrology and geochemistry of a CESAR bedrock sample: implications for the origin of the Alpha Ridge. Geol. Surv. Canada Pap. 84—22. S. 47—57.
- Fütterer, D., 1988: Marine polare Geowissenschaften. Geographische Rundschau. 40. H. 3. S. 6—14.
- Blasco, S. i drugi, 1987: Drilling will reveal important changes. Geotimes. S. 8—9.
- Thiede, J., D. L. Clark i Y. Herman, 1987: Late Mesozoic and Cenozoic paleoceanography of northern polar oceans. Geol. Soc. Amer.

Summary

SUBMARINE RELIEF OF THE ARCTIC OCEAN

by

J. Riđanović

Conclusion

The most recent exploration of the submarine relief of the Arctic Ocean has produced valuable data on the geographical structure of the polar seas of the northern hemisphere.

1. The deepest point in the Arctic-Ocean, Malloy Deep, has been confirmed and measured at 5608 m (Figure 1).

2. Two more new macrostructures have been established. These are the Nansen-Gakkel Ridge and the Alpha-Mendeleyev Ridges in the depths of the Arctic Ocean (Figure 2).

3. Four structures of considerable depth have been discovered. These are the Amundsen, Nansen, Makarov and Canada Basins (Figure 2).

4. In the transition from the depths of the Arctic Ocean toward the shallows, three smaller specific relief structures of less specific type have been discovered: Chuckchi, Arlis, Yermak Plateaus (Figure 1).

With the use of modern technology, drilling of the earth's crust on the bottom of the shallow and deep sea with special ship drills or from artificial islands has resulted in more complete and modern research. This research has generated abundant new data contributing to more exact explanations of the origin of specific geostructures, as well as the continuous presentation of previous climatic conditions in the seas of the north polar regions.

Dr. Josip Riđanović, red. prof.
Geografski odjel PMF
YU, 41000 Zagreb, Marulićev trg 19.

Recenzenti:
Prof. dr. Ante Kalodera
Prof. dr. Tomislav Šegota