VANDENYNŲ ŽEMĖLAPIŲ KARTOGRAFINĖS PROJEKCIJOS

IX. Vandenynų kartografinės projekcijos

Visos Žemės gamtos sąlygas lemia globalūs gamtiniai procesai, vykstantys vandenynuose, formuojantys jūrų sroves ir oro masių srautus, lemiantys klimato dėsningumus, fizinių ir cheminių savybių sklaidą bei daugelį planetos gamtinių savybių. Tyrėjų dėmesys sutelktas į okeaninių procesų dėsningumų išaiškinimus ir jų įtakos visai Žemei nustatymą, jūrų ir vandenynų floros ir faunos paplitimą, jų biologinės struktūros bei produktyvumo nustatymą. Šiuo metu labai aktualiu tampa teminis vandenynuose vykstančių reiškinių kartografavimas ir su tuo susijęs tikslingas tinkamiausių kartografinių projekcijų parinkimas.

Dabartiniu metu teminiam kartografavimui plačiai taikomos globalinės pozicionavimo sistemos (GPS), su jomis siejami duomenys, kartografavimo būdų kompiuterizacija, geoinformacinių technologijų taikymas, elektroninių žemėlapių paplitimas verčia vandenynų kartografavimui taikyti įvairesnes netradicines kartografines projekcijas.

Vienas iš žingsnių – vandenynų žemėlapiai sudaromi keliose – kombinuotose- projekcijose, tinkamiausiose viso vandenyno ar jo dalies kontūrui pateikti. Tai reiškia, kad palaipsniui atsisakoma tradicinių vandenynų kartografavimui naudotų projekcijų. Kombinuotų projekcijų taikymas leidžia ženkliai padidinti kartometrinių matavimų jūrlapiuose tikslumą (redukuojamos galimos matavimų klaidos). Kartometrinių matavimų tikslumui padidinti taikomi analitiniai padėties, atstumų, krypčių vertinimo metodai. Kitas plačiai smulkaus mastelio jūrlapių analizei taikomas būdas – trimačių erdvinių skaitmeninių modelių naudojimas: gaubliai ir elipsoidai.

Paprastesniu tapo objektų padėties žymėjimas bei jūrlapiuose esančių objektų padėties nustatymas. Naudojant elektroninius žemėlapius objektų padėtis nustatoma labai greitai ir tiksliai. Svarbesniu veiksniu tampa aiškesnė ir suprantamesnė žemėlapio vizualizacijos problema, nukreipta į aiškesnį žemėlapio turinio suvokimą. Taikant geoinformacines kartografavimo technologijas jūrlapių vizualinei analizei naudojami sudėtingi metodai, kita vertus suteikiantys tikslią kiekybinę ir kokybinę informaciją.

9. 43. Kartografinės Pasaulinio vandenyno projekcijos.

Pasaulinis vandenynas – tai planetarinio lygmens objektas, apimantis apie 300 milijonų km^2. Šis geografinis objektas apima milžinišką plotą, kurį sudaro penki vandenynai (Ramusis, Atlanto, Pietų, Indijos ir Arkties) bei jiems priklausančios jūros ir įlankos. Pasaulinis vandenynas iki šiol yra mažiausiai pažinta geografinė sfera. Be to, okeanosferos kartografavimo tradicijos daug trumpesnės nei litosferos, o kartografavimo įdirbis daug mažesnis. Vienu svarbiausiu okeanosferos kartografavimo uždaviniu yra tinkamų kartografinių projekcijų, kurių pagalba vizualizuojama Pasaulinio vandenyno visuminis vaizdas ir užtikrinamas vaizdo tikslumas, kūrimas. Kuriant teminius Pasaulinio vandenyno žemėlapius būtina prisilaikyti šių reikalavimų:

1. Žemėlapio vaizdumas. Jį garantuoja teisingas erdvinių formų, dydžio, padėties, pasiskirstymo, struktūros, santykių ir savitarpio ryšių suvokimas žemėlapyje, kuris turi visiškai atitikti realijas. Pasaulinio vandenyno konfigūracija, geografinių objektų forma ir santykis kartografinėje projekcijoje turi būti lengvai suvokiama vartotojui, objektai turi būti lengvai identifikuojami, o žemėlapyje turėtų išryškėti objektyviai egzistuojantys dėsningumai.

2. Žemėlapiuose būtina vienu metu kartografuoti ašigalių, vidutinių platumų ir ekvatorines sritis. Pasaulinio vandenyno žemėlapyje privalo būti kartografuoti visi vandenynai, tarp jų Arkties ir Pietų vandenynai. Ašigaliai žemėlapyje turi būti taškai, o poliarinės sritys kartografuotos taikant perspektyvinį metodą.

3. Pasaulinis vandenynas turi būti kartografuotas kaip viena visuma, be akvatorijų, kranto linijų ir vandens cirkuliacinių sričių pertrūkių. Toks būdas įgalina perteikti Pasaulinio vandenyno vienovę, parodyti jo įtaka sausumai ir perteikti globalius dėsningumus.

4. Perteikti atskirų vandenynų simetriją. Pasaulinio vandenyno biologinė struktūra turi aiškiai išreikštas ekvatorinę ir meridianinę simetrijos plokštumas. Ekvatorinė plokštuma perteikia platuminę simetriją. Į abi puses nuo ekvatoriaus tęsiasi specifinio temperatūrinio ir biologinio režimo zonos: viena ekvatorinė biologinio minimumo zona, dvi vidutinių platumų biologinio maksimumo zonos ir dvi poliarinės biologinio minimumo zonos. Meriodianinė simetrija pasireiškii laipsnišku biologinių reiškinių kitimu nuo vandenyno centrinės ašies link pakraštinio šelfo zonų. Ši simetrija sutampa su žemynų biologinių reiškinių meridianine simetrija, kuri aiškiai matoma abipus vidurinių žemynų ašių.

5. Biologiniai reiškiniai vandenynuose yra intensyviausi sąlytyje su žemynais: šelfe, salų archipelagų srityse, ekvatorinio ir okeaninio orų frontų linijose. Visuose vandenynuose ir žemynuose aiškiai išreikštas cirkumokeaninis ir cirkumkontinentinis zoniškumas. Kartografinė projekcija turi aiškiai perteiti šių cirkumokeaninių sistemų ribas, jų formą ir jomis paremtą Pasaulinio vandenyno rajonavimą.

6. Kartografinėse projekcijose būtinai nturi būti pateikti žemynų kartotiniai kontūrai, parodantys sąveikos tarp atskirų vandenynų vietas ir sritis.

7. Kartografinės projekcijos turi pasižymėti mažais atstumų, plotų ir kampų iškraipymais. Tai susiję su tuo, kad vandenynų žemėlapiuose dažnai vykdomi kartometriniai matavimai: atskirų gyvūnų ar augalų rūšių apimamų plotų, nuosėdų tipų arealų, zooplanktono masės skaičiavimai.

Išvardinti reikalavimai yra kontravesiški ir net vieni kitiems prieštarauja. Integralus poliarinių, vidutinių ir ekvatorinių platumų vaizdo pateikimas be trūkių ir maži vaizdo iškraipymai yra nesuderinami vienoje kartografinėje projekcijoje. Dėl šios priežasties Pasaulinio vandenyno kartografavimui naudojamos įvairios arba kombinuotos kartografinės projekcijos. Dažniausiai Pasaulinio vandenyno reiškiniams kartografuoti naudojamos kartografinių projekcijų serijos, kur kiekvienoje išryškinamos vienos ar kitos vandenyno charakteristikos.

Plačiai Pasauliniam vandenynui kartografuoti taikomos cilindrinės projekcijos. Šiose projekcijoje laibai gerai išreiškiama ekvatorinė ir meridianinė vandenynų simetrijos. Labai dažnai tokiose projekcijoje pateikiami pasikartojantys žemynų kontūrai: Šiaurės Amerikos, Pietų Amerikos, Eurazijos, Australijos. Šios projekcijos pasižymi gana plačia iškraipymų įvairove, tačiau taikomos kartometriniams matavimams. Pavyzdžiui, lygiaplotės cilindrinės projekcijos tinka plotų matavimams. Tarp cilindrinių projekcijų žymiausia yra Merkatoriaus normali cilindrinė projekcija. Tačiau šioje projekcijoje polių kryptimi labai sparčiai didėja atstumų ir plotų iškraipymai: ± 60°platumoje atstumų iškraipymai padidėja 2 kartus, o plotų iškraipymai – 4 kartus. Be to, šioje projekcijoje šiaurės ir pietų ašigaliai visiškai nekartografuojami.

Iškraipymus poliarinėse srityse galima sumažinti naudojant sudurtines projekcijas. Sukurta keliolika sudurtinių projekcijų variantų, kur normali cilindrinė Merkatoriaus projekcija jungiam su kita cilindrine ar kitokia projekcija. Tačiau taikant kompiuterinius kartografavimo būdus sudurtinės projekcijos yra nepatogios, kadangi skirtingų projekcijų sandūroje neišlaikomas vaizdo analitinis vientisumas.

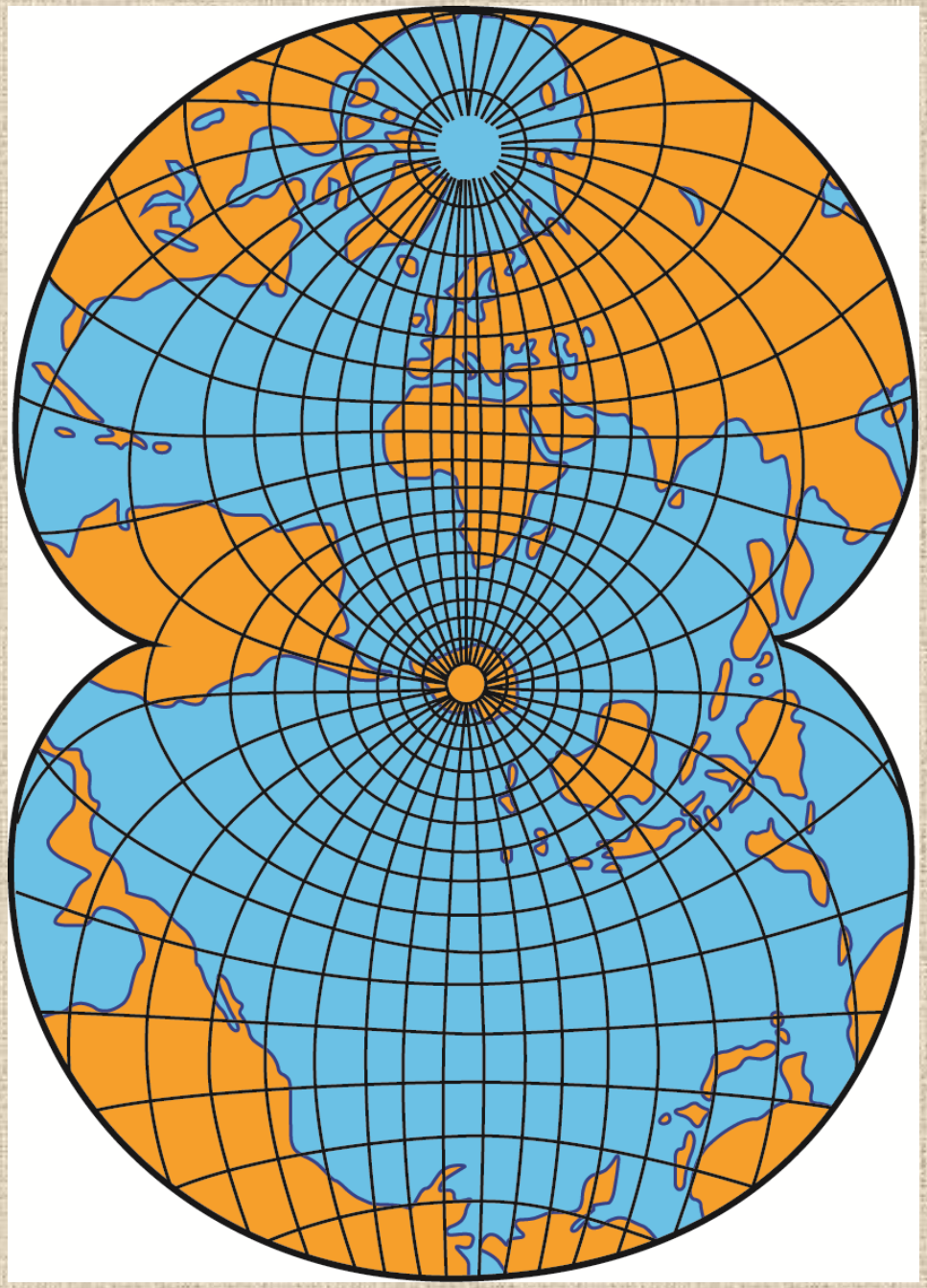
Kitas būdas vientisam Pasaulinio vandenyno vaizdui kartografuoti – laisvųjų projekcijų kūrimas. Tokia yra Milerio projekcija, sukurta Merkatoriaus projekcijos pagrindu. Poliarinėse srityse Milerio projekcijoje iškraipymai mažesni nei Merkatoriaus projekcijoje, tropinėse srityse ji tampa panašia į Merkatoriaus projekciją, o ekvatorinėse platumose šios projekcijos sutampa. Didžiausias Milerio projekcijos trūkumas – ašigaliai ištempiami į liniją, nors realiai tai turėtų būti taškai.

Cilindrinės projekcijos tinkamos ekvatorinių ir vidutinių platumų sritims kartografuoti. Poliarinės sritys kartografuojamos pseudoazimutinėse projekcijose. Derinant cilindrinių ir pseudoazimutinių projekcijų lygtis galima sukurti sudurtinę projekciją tinkamą Pasauliniams vandenynui kartografuoti.

Pasauliniam vandenynui kartografuoti taikomos pseudocilindrinės projekcijos. Šiose projekcijose išlaikoma platuminė simetrija ekvatoriaus atžvilgiu, tačiau meridianinė simetrija prastesnė nei cilindrinėse projekcijose. Pseudocilindrinės projekcijos tinka Atlanto, Ramiajam ir Indijos vandenynams kartografuoti, o Pietų ir ypač Arkties vandenynų kontūrai smarkiai iškraipomi. Lygiaplotės pseudocilindrinės projekcijos gali būti naudojamos plotų skaičiavimui. Tam tinkama Molveidės pseudocilindrinė projekcija. Pasauliniam vandenynui kartografuoti taip pat naudojamos laisvosios pseudocilindrinės Ginzburgo, Kavraiskio ir Robinsono projekcijos. Visose pseudocilindrinėse projekcijose pateikiami kartotiniai žemynų kontūrai.

Lygiakampė Spilhauzo projekcija. Ši projekcija sukurta A.Spilhauzo (A.Spilhaus) 1942 metais (142 pav.). Projekcija naudojama Pasauliniam vandenynui kartografuoti. Šioje projekcijoje visi vandenynai grupuojami apie vertikalią liniją: apačioje Ramusis vandenynas, virš jo Pietų vandenynas ir Antarktida, virš jų Indijos ir Atlanto vandenynai, dar aukščiau – Arkties vandenynas. Ši projekcija tinkama įvairioms globalinėms okeaninėms cirkuliacinėms sistemoms kartografuoti: paviršinėms ir giluminėms vandenynų srovėms. Vienas iš esminių projekcijos trūkumų – ji neperteikia ekvatorinės ir meridianinės simetrijos, kas svarbu kartografuojant kai kurių globalių okanologinių reiškinių sklaidą.

Pasauliniam vandenynui kartografuoti naudojama Centriniame geodezijos, aeronuotraukos ir kartografijos mokslo tyrimo institute (CGAKMTI) sukurta polikonusinė globalinė projekcija. Tačiau šioje projekcijoje labai generalizyotai kartografuotas Pietų ir ypač Arkties vandenynai. Dažniausiai šioje projekcijoje sudaromi žemėlapiai turi papildomas įkarpas, kuriose normalioje azimutinėje projekcijoje kartografuojamas Pietų ir Arkties vandenynai.

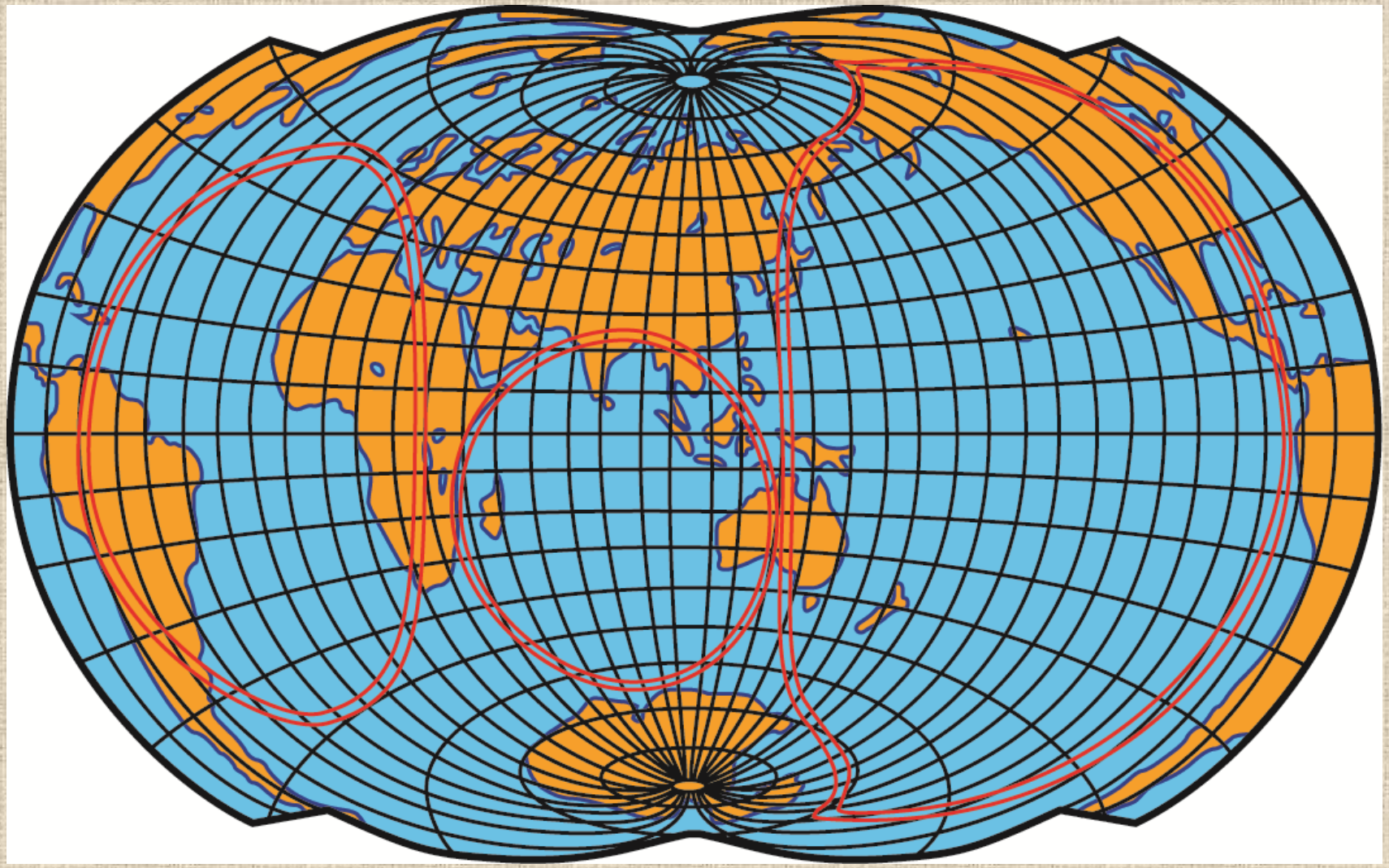


142 pav. Augusto lygiakampė Pasaulinio vandenyno projekcija.

Zatonskio projekcija. Geriausiai integraliam Pasaulinio vandenyno kartografavimui keliamus reikalavimus atitinka laisvoji eliptinė L.K.Zatonskio projekcija (143 pav.). XX amžiaus pabaigoje taikant šią projekciją buvo sudarytas Pasaulinio vandenyno bioprodukcijos sklaidos žemėlapis masteliu 1:160 000 000. Šiame žemėlapyje pateikta informacija apie gyvųjų organizmų, fitomasės produkcijos ir dugno nuogulų sklaidą. Šiame žemėlapyje apibendrinti Pasaulinio vandenyno, kaip vieningos materialios sistemos – okeonografinės sferos – duomenys. Panaudota projekcija leido tinkamai įvertinti gyvybės ir visos ekologinės sistemos funkcionavimo dėsningumus.

Zatonskio projekcija suskurta remiantis kartografinio tinklo – paralelių ir meridianų – eskizu. Vidurinis žemėlapio meridianas yra statmenas ekvatoriui. Jų susikirtimo taškas (centrinis žemėlapio taškas) yra koordinačių pradžios taškas. Projekcija yra simetriška viduriniojo meridiano ir ekvatoriaus atžvilgiu. Dalinis mastelis ties viduriniuoju meridianu lygus 1,135, o dalinis mastelis ekvatoriuje lygus 1.

Šioje projekcijoje paralelės yra elipsių lankai. Elipsių centrai yra viduriniame meridiane ir išdėstyti taip, kad poliarinėms sritims būtų sukurtas perspektyvos įvaizdis. Elipsių pusašių dydžiai nustatyti empiriniu būdu, remiantis projekcijos eskizu.



143 pav. Laisvoji elipsinė Zatonskio kartografinė projekcija. Vidurinis meridianas λ_0 = 105°.

Visas projekcijos plotas padalintas į keturias segmentus. Pirmasis apima centrinę žemėlapio dalį. Ekvatoriuje atidedama atkarpa nuo 90° vakarų ilgumos iki 90° rytų ilgumos, kurios ilgis lygus viduriniojo meridiano ilgiui nuo šiaurinio iki pietinio ašigalio. Šiame segmente visi meridianai brėžiami kaip elipsių lankai, jungiantys šiaurės ir pietų ašigalius ir atitinkamą ilgumos reikšmę ekvatoriuje. 90° vakarų ir 90° ilgumos meridianai sudaro elipsę, kurios ilgoji pusąšis yra lygi atstumui nuo ekvatoriaus iki ašigalių, trumpoji – ketvirčiui žemėlapio ekvatoriaus ilgio, o elipsės centras yra centriniame žemėlapio projekcijos taške. Šiame sektoriuje tarpai tarp meridianų ekvatoriuje yra vienodi.

Antrasis sektorius apima visus meridianus kurių reikšmės didesnės nei 90°. Šie meridianai taip pat yra elipsių lankai, jungiantys šiaurės ir pietų ašigalius ir atitinkamas ilgumos reikšmes ekvatoriuje. Tarpai tarp meridianų ekvatoriuje yra nevienodi – didėjant ilgumų reikšmėms tarpai tarp meridianų didėja. Antrasis sektorius apima juostą tarp 50° šiaurės ir pietų platumos.

Poliarinėse srityse yra identiški trečiasis (ties šiaurės ašigaliu) ir ketvirtasis (ties pietų ašigaliu) sektoriai, esantys tarp ašigalių bei 50° šiaurės ir pietų platumos. Šiems sektoriams sukurti naudojami įstrižų azimutinių projekcijų algoritmai.

Poliarinių regionų perspektyvinis vaizdas leidžia integraliai kartografuoti globalius reiškinius, neiškraipant geografinės realybės. Vartotojui toks pateikimo būdas leidžia geriau suvokti visą Pasaulinio vandenyno vaizdą.

Zatonskio projekcija sukurta taikant gana komplikuotus būdus. Kartografinio tinklo sankirtos taškų koordinatės nustatomos vienu metu sprendžiant paralelių ir meridianų lygtis. Šių lygčių spendimo algoritmas sudėtingas: kiekvienu individualiu atveju kinta lygčių nariai. Kartografinių tinklo linijų tolygumas pasiektas taikant kvadratinę dviejų kintamųjų funkcijos interpoliaciją. Interpoliacija atlikta naudojant 10° žingsnį paralelėms ir meridianams.

Integralus Pasaulinio vandenyno vaizdas, kur ištisai kartografuoti visų vandenynų plotai bei pasikartojantys žemynų kontūrai yra viena geriausiai pavykusių projekcijų. Žemėlapio centrinėje dalyje yra Indijos vandenynas, Zundo salynas ir keletas tropinių jūrų, kurios labais svarbios globaliai vandens masių apykaitai. Daugelyje projekcijų šios jūros atsiduria žemėlapių pakraštyje, jų kontūrai stipriai deformuojami. Esminis projekcijos trūkumas – tai pažeista vakarų – rytų meridianinė simetrija. Vidurinis žemėlapio meridianas yra 105° rytų ilgumoje.

Zatonskio kartografinė projekcija priklauso laisvųjų projekcijų grupei, kas lemia žymius plotų, ilgių ir formos iškraipymus. Mažiausi iškraipymai yra centrinėje dalyje, didžiausi – žemėlapio periferijoje. Parkeliant viduriniojo meridiano vietą galima sumažinti konkrečių akvatorijų iškraipymo mastus. 34 lentelėje pateikti vandenynų plotų, ilgio ir formos iškraipymo rodikliai, esant skirtingoms viduriniojo meridiano padėtims. Žemėlapiai, sudaryti Zatonskio kartografinėje projekcijoje dažniausiai naudojami vizualinei reiškinių analizei, o kartometriniams matavimams šie žemėlapiai nėra tinkami.

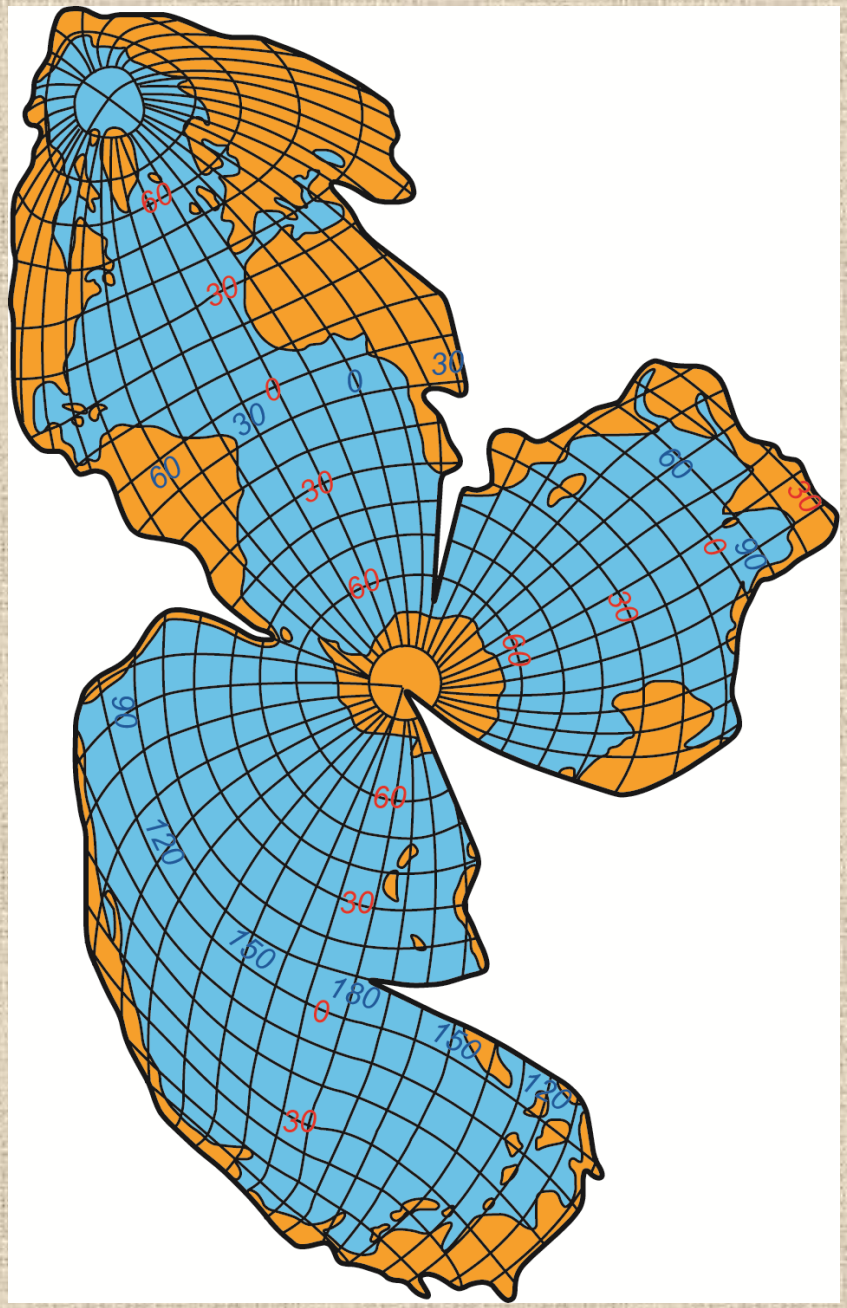
34 lentelė. Iškraipymo dydžiai Zatonkio kartografinėje projekcijoje.

Vandenynas (λ_0 = 105°)	Iškraipymai, %			
	plotų	atstumų	formos	apskritimo formos
Ramusis	80	36	78	277
Atlanto	82	46	81	191
Indijos	25	11	16	18
Vandenynas (λ_0 = - 52°)	Iškraipymai, %			
	plotų	atstumų	formos	apskritimo formos
Ramusis	76	36	70	258
Atlanto	23	10	17	24
Indijos	87	51	105	142

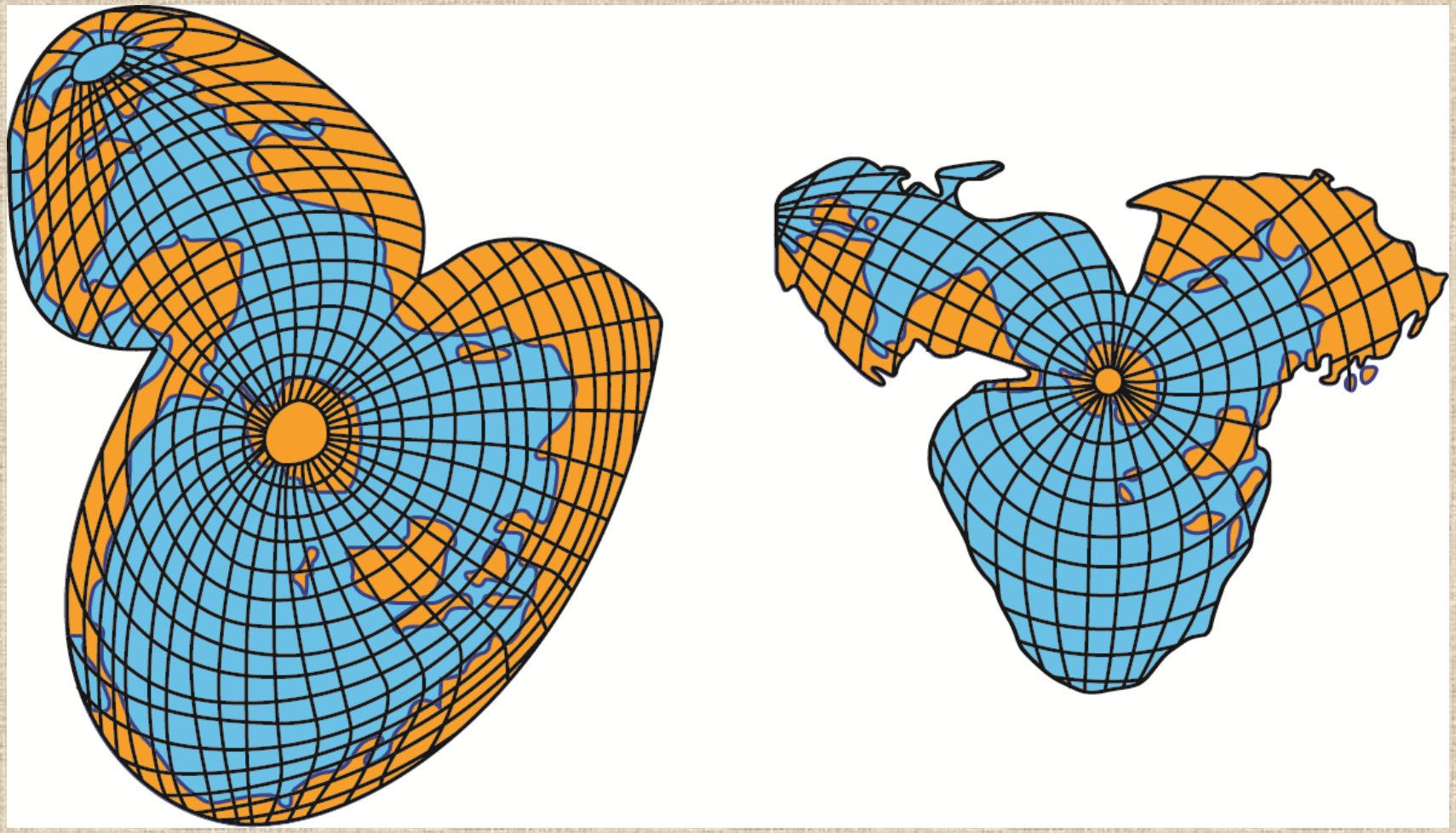
Neintegralaus vaizdo kartografinės projekcijos. Integralios Pasaulinio vandenyno kartografinės projekcijos pasižymi dideliais iškraipymais. Iškraipymų sumažinimui kuriamos neintegralaus vaizdo kartografinės projekcijos – projekcijos su “trūkiais”. Vienas iš variantų – pseudocilindrinė Molveidės projekcija.

Vieną iš neintegralaus vaizdo projekcijų, skirtų Pasauliniam vandenynui kartografuoti sukūrė V. Murevskis (144 pav.). Projekcijos centre yra Antarktida, kurią supa Pietų vandenynas. Nuo centrinės dalies skirtingomis kryptimis atsišakoja Ramusis, Atlanto ir Indijos vandenynai. Arkties vandenynas integruotas į Atlanto vandenyno akvatoriją. Trūkiai žemėlapyje brėžiame per vandenynų takoskyras. Tokia projekcija gali būti naudojama Pasaulinio vandenyno okeanografiniams ir geomorfologiniams reiškiniams, geologinėms struktūroms kartografuoti. Be to, ši projekcija pasižymi pakankamu tikslumu ir gali būti naudojama kartometriniams matavimams.

Dviejų segmentų neintegralią lygiakampę Pasaulinio vandenyno kartografinę projekciją sukūrė Augustas (145 pav.).



144 pav. Murevskio Pasaulinio vandenyno kartografinė projekcija su žemynų vandenskyromis.

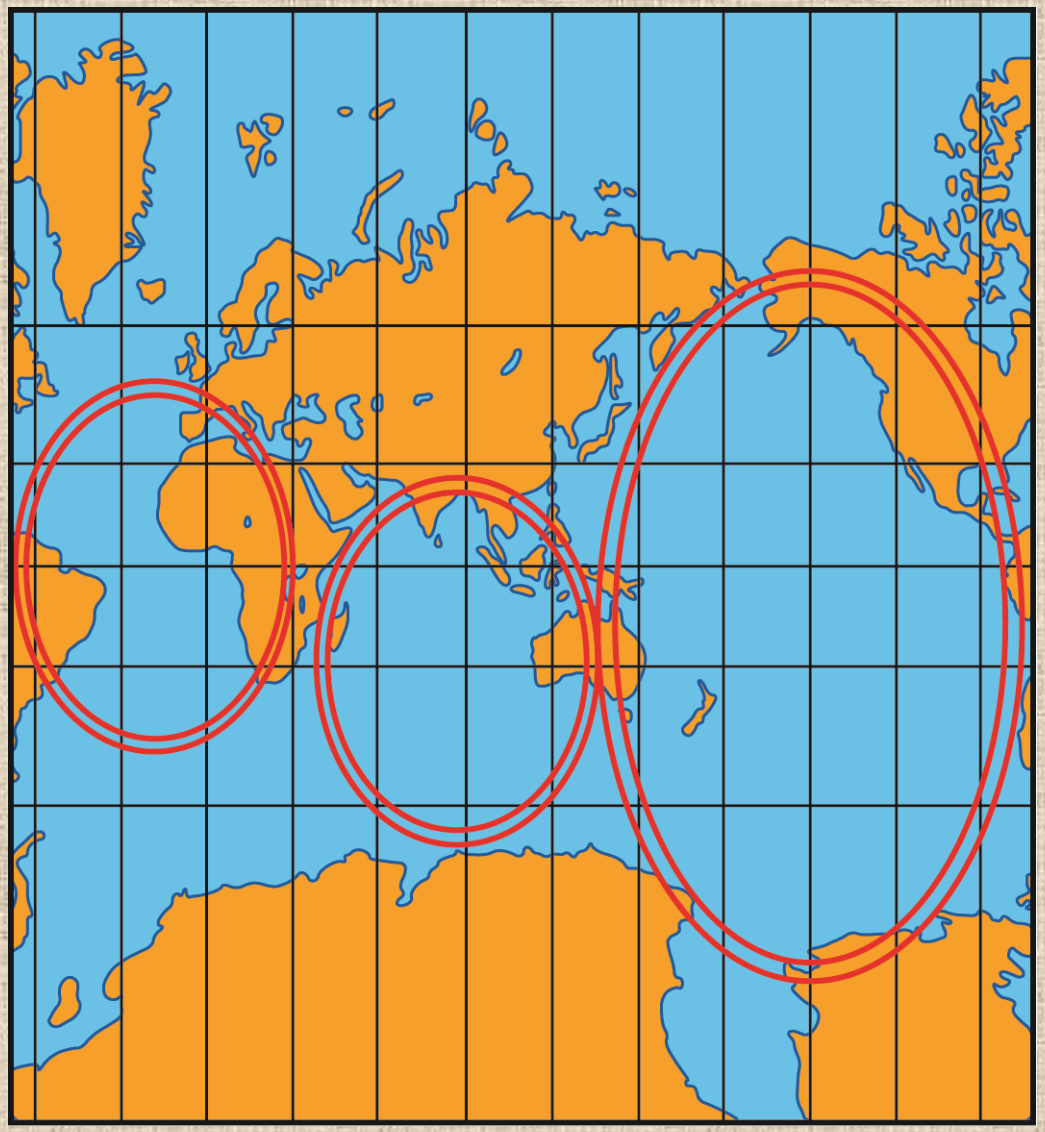


145 pav. Augusto lygiakampė Pasaulinio vandenyno dvismailė kartografinė projekcija.

9.44. Ramiojo, Atlanto ir Indijos vandenynų projekcijos.

Dažnai kartografuojant žmonių veiklos įtaką Pasauliniam vandenynui tenkinamasi „supaprastinta“ jo forma. Tokiuose žemėlapiuos integraliai ir gana tikslai kuriamas trijų – Ramiojo, Atlanto ir Indijos – vandenynų vaizdas. Pietų vandenyno vaizdas tokiuose žemėlapiuose yra labiau iškraipytas, tačiau integruotas į visumą. Arkties vandenyno kontūrai labai iškraipyti. Trims „pagrindiniams“ vandenynams integraliai kartografuoti dažniausiai naudojamos cilindrinė Merkatoriaus (146 pav.) ir pseudocilindrinė eliptinė Kavraiskio (112 pav.) projekcijos.

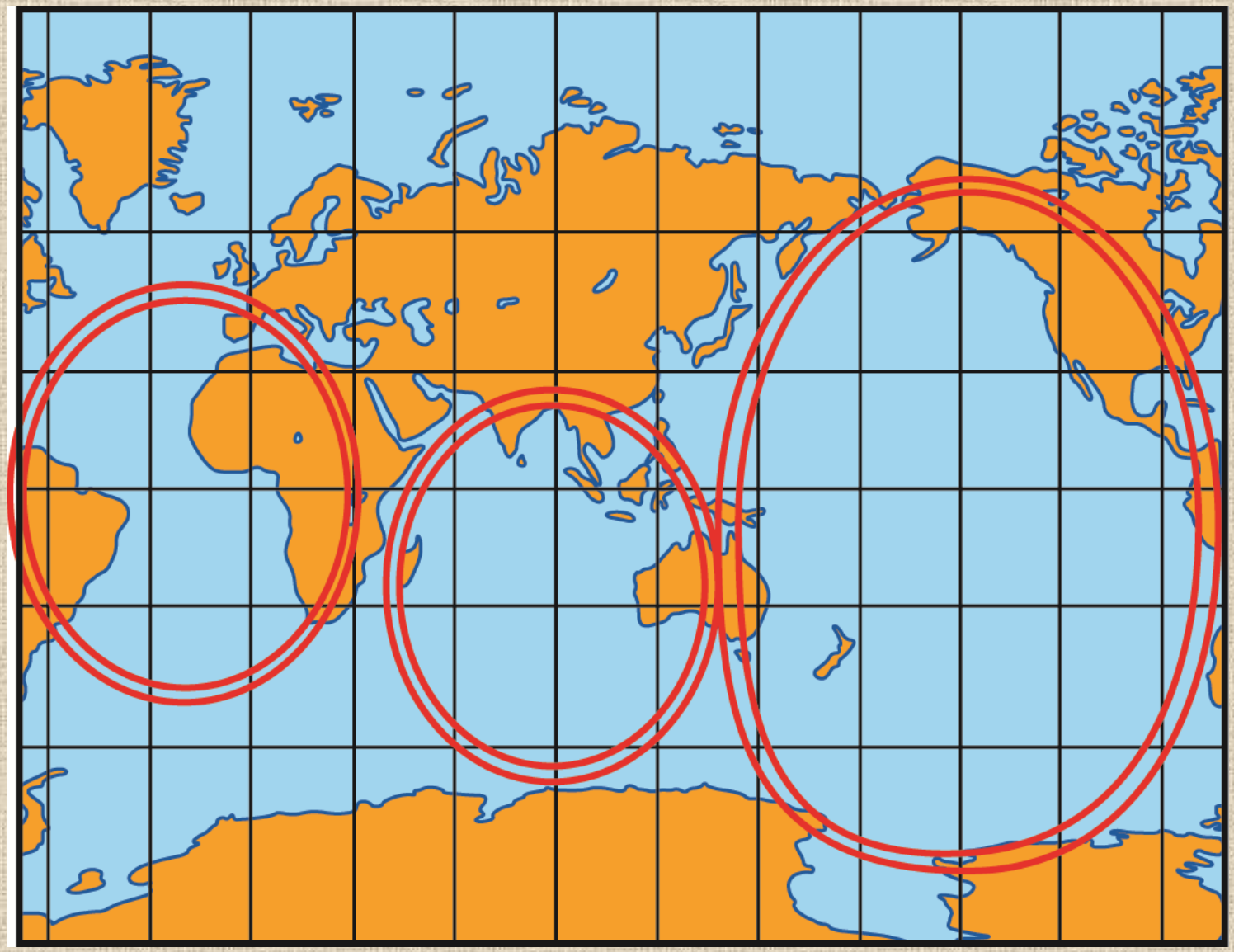
Be paminėtų viena plačiausiai taikomų yra cilindrinė Milerio projekcija. Iškraipymo dydžiai šioje, kaip ir Mekartoriaus projekcijoje, priklauso nuo pagrindinių paralelių padėties, kartografuojamų objektų dydžio ir geografinės platumos. Milerio projekcijoje iškraipymo izokolos sutampa su paralelėmis. Normalaus projektavimo atveju, kai cilindras liečia gaublį ties ekvatoriumi, iškraipymo dydžiai didėja ašigalių link. Kertančio cilindro atveju iškraipymo dydžiai taip pat kinta nuo pagrindinių paralelių: tarp jų iškraipymo dydžiai mažėja, o į išorę nuo jų – didėja. Tokios tendencijos būdingos lokaliems nedidelių teritorijų iškraipymams.



146 pav. Normali cilindrinė Merkatoriaus projekcija su apkritimų iškraipymo izokolomis.

Normaliose cilindrinėse Merkatoriaus ir Milerio projekcijas matomi gana ryškūs formų iškraipymo skirtumai. Skirtingose gaublio paviršiaus vietose – ties 0°, 60° ir 70° platumomis – nubrėžus apskritimus, kurių zenitinis nuotolis siekia 10°, jų spinduliai gaublio paviršiuje bus lygūs 1112 km. Kai apskritimų centrai yra ties ekvatoriumi (0° platumos) atstumų ir plotų iškraipymų dydžiai abiejose projekcijose bus vienodi, o formų iškraipymai mažais skirsis. Kai apskritimų centrai yra ties 60° ir 70° platumomis, Merkatoriaus projekcijoje plotų iškraipymai bus 2 kartus, o atstumų 1,5 karto didesni nei Milerio projekcijoje. Tačiau formų iškraipymas ties 60° ir 70° platumomis Milerio projekcijoje bus 20 kartų didesnis nei Merkatoriaus projekcijoje.

Didėjant kartografuojamai teritorijai, iškraipymų dydžiai kinta vienos ar kitos projekcijų naudai. Merkatoriaus (146 pav.) ir Milerio (147 pav.) pateikti Atlanto, Indijos ir Ramiojo vandenynų formų iškraipymai, leidžia vizualiai įvertinti vienos ir kitos projekcijos privalumus. 35 lentelėje pateikti duomenys, parodo, kokie iškraipymai galimi ties ekvatoriumi (0°) ir vidutinėse platumose (45°). Iškraipymų dydžiams didelės įtakos turi cilindro pagrindo ir gaublio spindulių santykis. Kai cilindro pagrindo spindulys lygus gaublio spinduliui, Milerio cilindrinėje projekcijoje iškraipymai yra žymiai mažesni nei Merkatoriaus projekcijoje. Kertančiojoje cilindrinėje projekcijoje kai cilindro pagrindo spindulys yra mažesnis už gaublio spindulį, Merkatoriaus projekcijoje mažiai iškraipomi atstumai ir plotai, tačiau Milerio projekcijoje du kartus mažesnis formų iškraipymas.



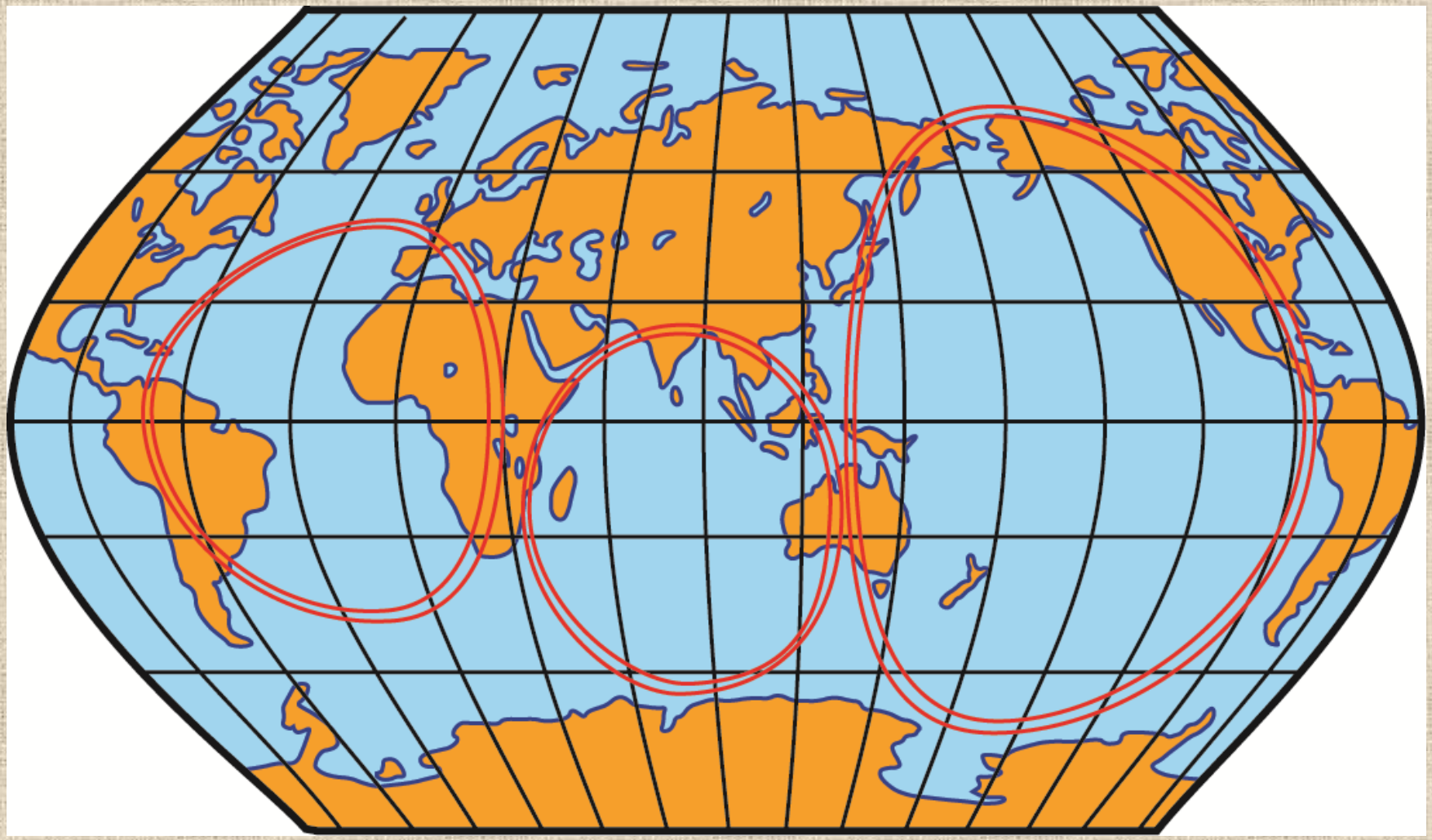
147 pav. Atlanto, Indijos ir Ramiojo vandenynų Milerio projekcija su apskritimų iškraipymo izokolomis.

Pseudocilindrines projekcijas tikslinga naudoti integraliai kartografuojant Ramųjį, Atlanto ir Indijos vandenynus, ypač tuomet, kai norima kad ekvatorius ir paralelės būtų tiesėmis, su mažesniu jų ilgių iškraipymu. Tokiu atveju vienos tinkamiausių yra pseudocilindrinė Ginzburgo, sinusoidinė pseudocilindrinė Urmajevo, eliptinės pseudocilindrinės Kavraiskio ir Robinsono projekcijos (148 – 151 pav.). Visuose minėtuose paveiksluose pateiktų projekcijų vidurinis meridianas yra 105° rytų ilgumoje.

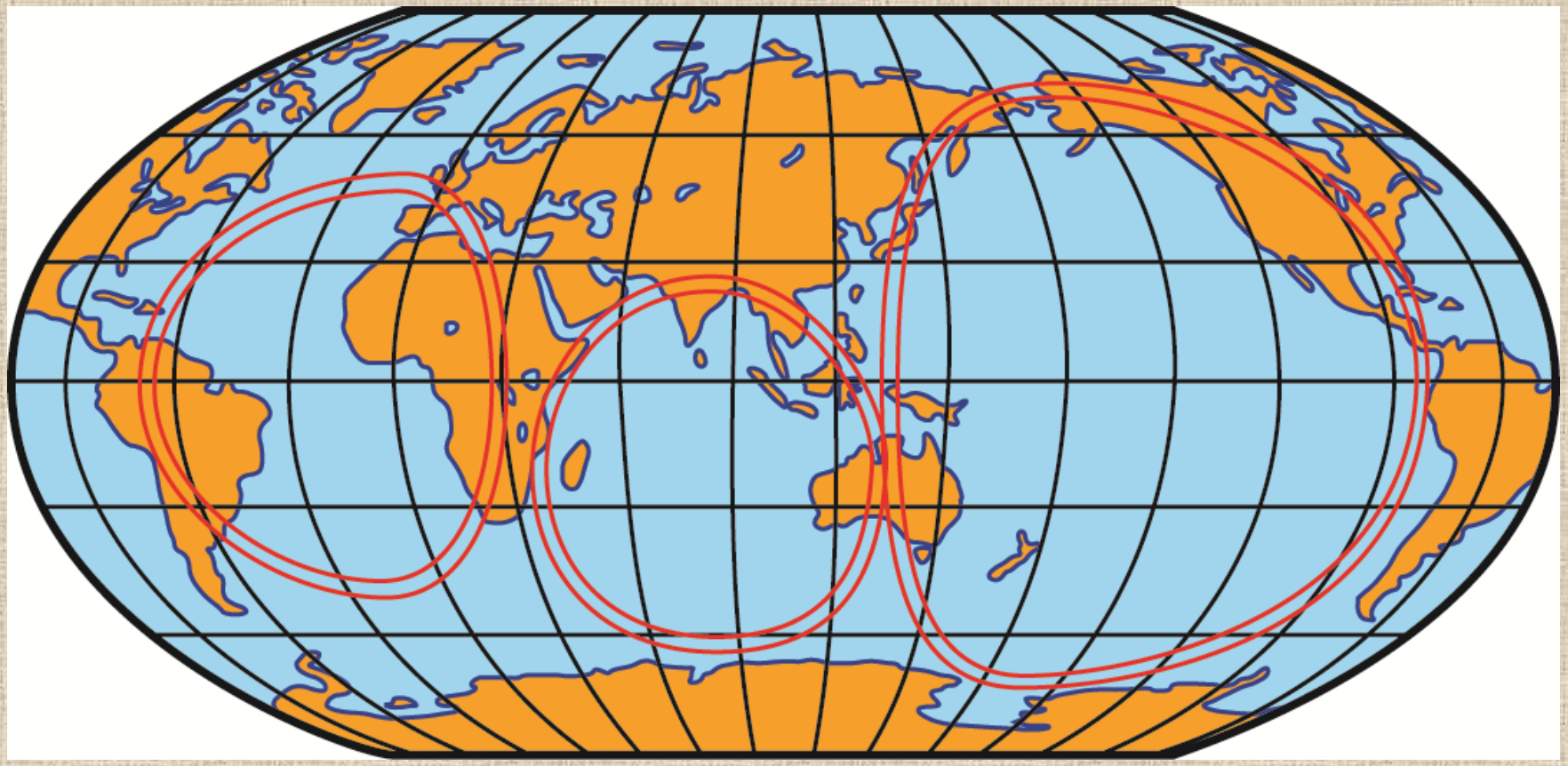
Mažiausi Atlanto vandenyno iškraipymai yra Ginzburgo projekcijoje, Indijos vandenyno – Kavraiskio, Ramiojo vandenyno – Robinsono ir Kavraiskio projekcijose (36 – 38 lentelės).

36 lentelė. Atlanto vandenyno plotų, atstumų ir formų iškraipymai pseudocilindrinėse projekcijose.

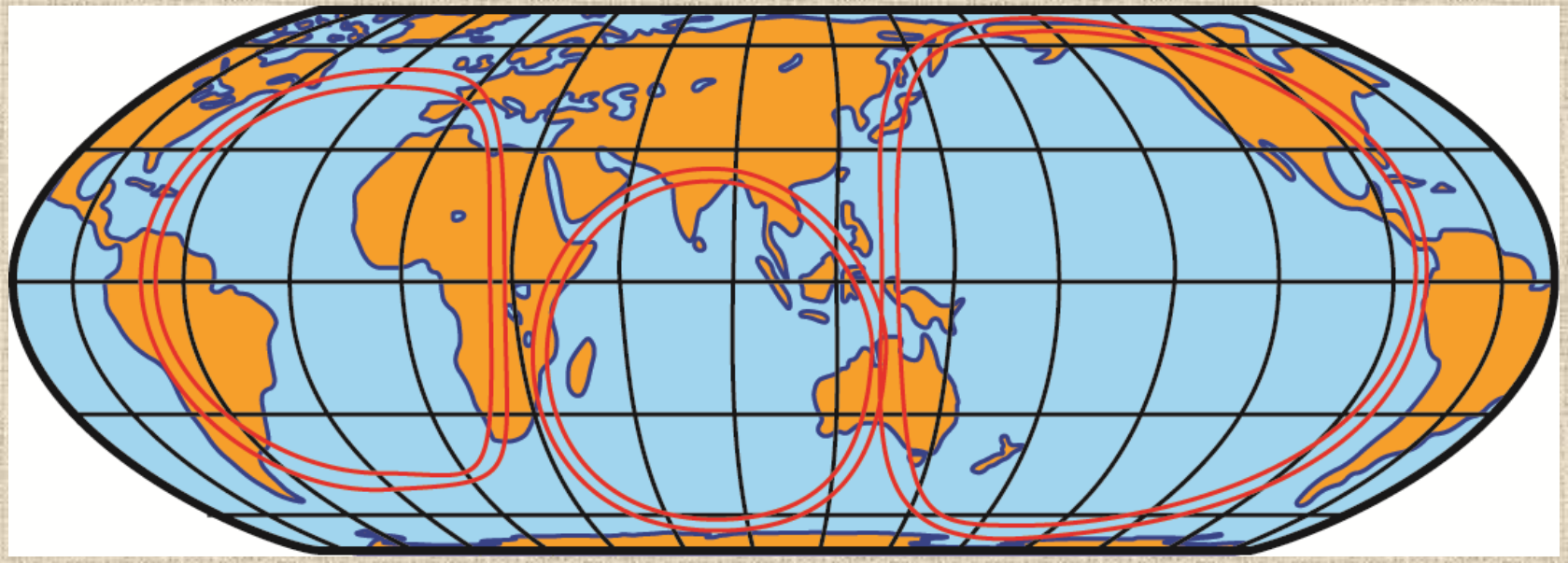
Projekcija	Iškraipymai, %			
	plotų	atstumų	formos	apskritimo formos
Ginzburgo	3	9	28	72
Kavraiskio	-7	10	27	68
Urmajevo	-5	13	46	145
Robinsono	-13	12	26	69



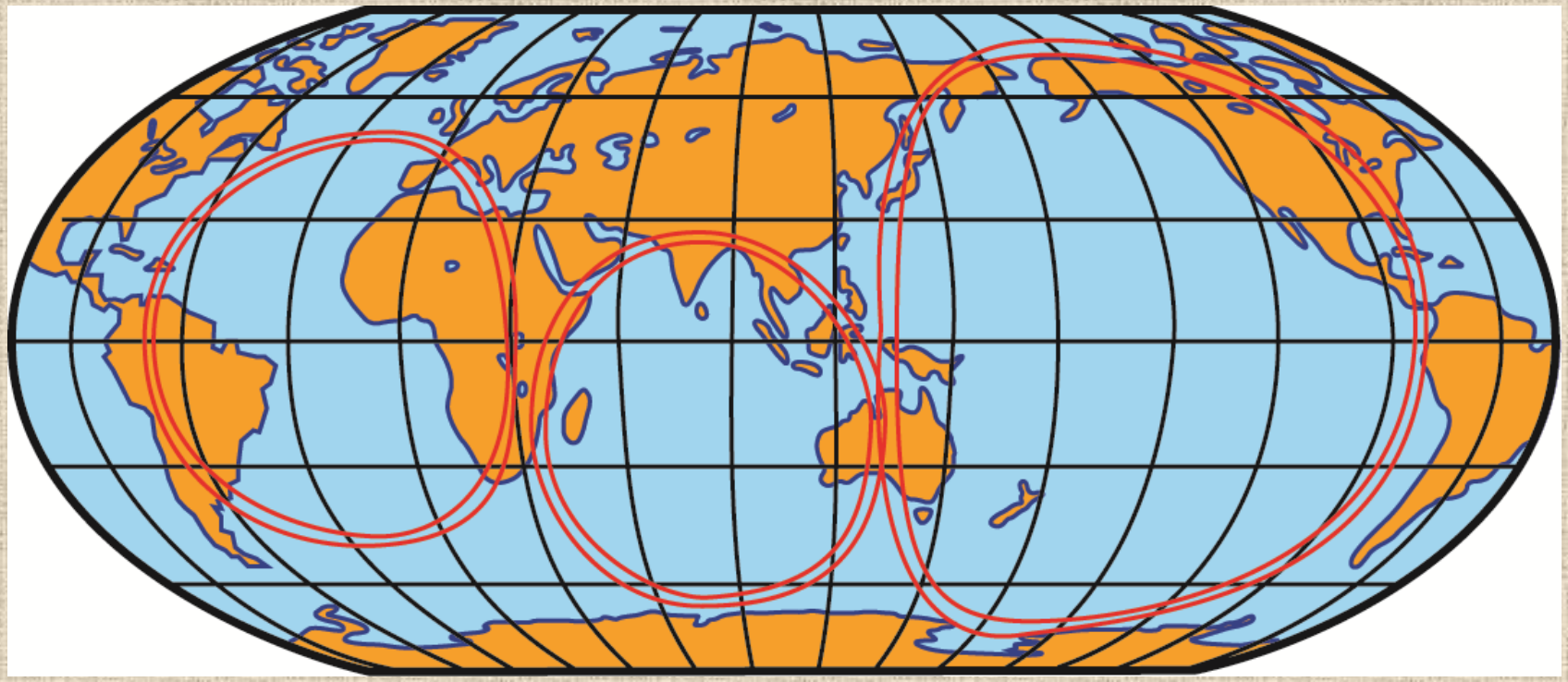
148 pav. Atlanto, Indijos ir Ramiojo vandenynų Ginzburgo kartografinė projekcija su apskritimų iškraipymo izokolomis.



149 pav. Atlanto, Indijos ir Ramiojo vandenynų elipsinė Kavraiskio projekcija su apskritimų iškraipymo izokolomis.



150 pav. Atlanto, Indijos ir Ramiojo vandenynų sinusoidinė pseudocilindrinė Urmajevo projekcija su apskritimų iškraipymo izokolomis.



151 pav. Atlanto, Indijos ir Ramiojo vandenynų elipsinė pseudocilindrinė Robinsono projekcija su apskritimų iškraipymo izokolomis.

37 lentelė. Indijos vandenyno plotų, atstumų ir formų iškraipymai pseudocilindrinėse projekcijose.

Projekcija	Iškraipymai, %			
	plotų	atstumų	formos	apskritimo formos
Ginzburgo	4	8	29	24
Kavraiskio	-4	6	15	22
Urmajevo	-6	10	34	33
Robinsono	-10	8	13	18

38 lentelė. Ramiojo vandenyno plotų, atstumų ir formų iškraipymai pseudocilindrinėse projekcijose.

Projekcija	Iškraipymai, %			
	plotų	atstumų	formos	apskritimo formos
Ginzburgo	8	14	49	105
Kavraiskio	1	11	33	90
Urmajevo	-8	14	45	61
Robinsono	-7	13	33	31

Visos nagrinėtos normalios cilindrinės ir pseudocilindrinės projekcijos pasižymi pakankamu tikslumu ir sąlyginai mažais iškraipymais. Jų taikymas leidžia išplėsti Pasauliniam vandenynui kartografuoti naudojamų kartografinių projekcijų ratą.

Normali cilindrinė Merkatoriaus projekcija kartais papildoma Arkties ir Pietų vandenynų įkarpomis, kurios sudaromos azimutinėse stereografinėse projekcijose. Toks metodas leidžia sukurti labiau integruotą vientisą Pasaulinio vandenyno vaizdą.

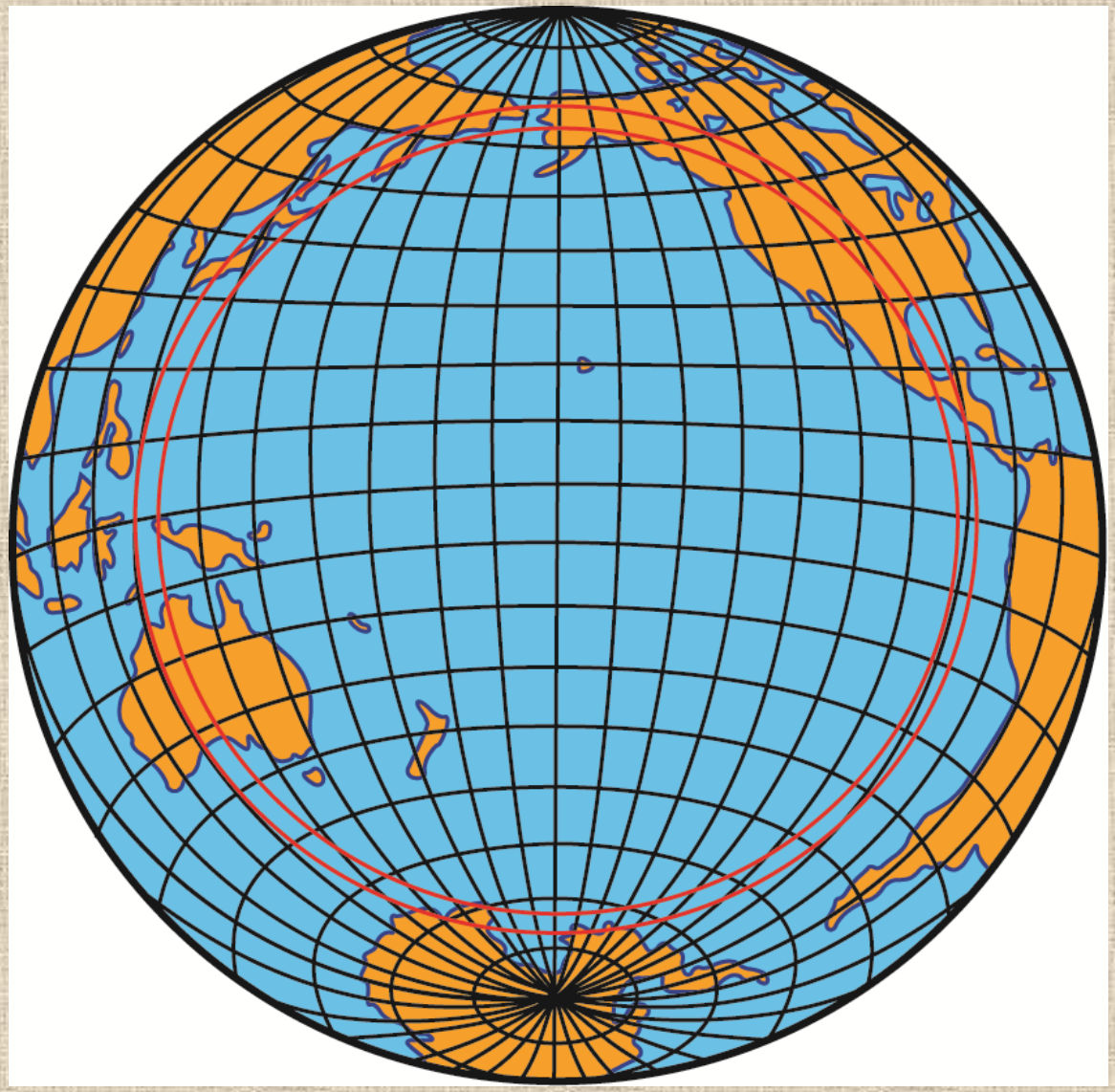
9.45. Ramiojo vandenyno projekcijos.

Ramiajam vandenynui kartografuoti dažniausiai naudojamos lygiaplotės azimutinės, pseudoazimutinės bei lygiaplotės ar artimos joms pagal iškraipymų pobūdį pseudocilindrinės projekcijos.

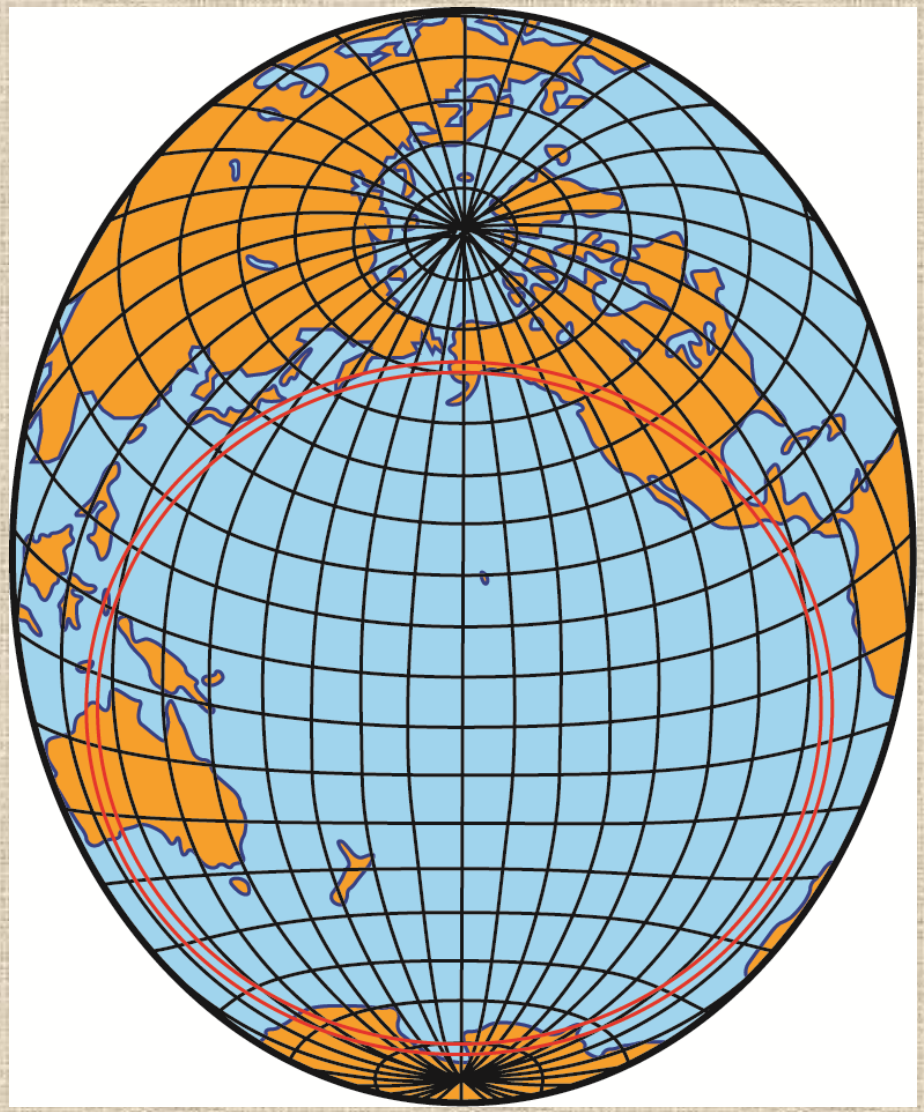
Projekcijų charakteristikų analizei tikslinga gaublio paviršiuje nubrėžti apskritimą, kurio plotas būtų lygus 178,3 milijono km^2 ir atitinkanti visą Ramiojo vandenyno plotą 178,7 km^2. Šio apskritimo spindulio zenitinis nuotolis bus lygus 72,5°, o centrinio taško koordinatės φ_0 = - 10° ir λ_0 = -160°. Minėtų projekcijų iškraipymų dydžiai pateikti 39 lentelėje.

Azimutinė lygiaplotė projekcija. Tai dažniausiai naudojama (bazinė) projekcija Ramiajam vandenynui kartografuoti. Dažnai taikomas įstrižas azimutinės projekcijos variantas, leidžiantis sumažinti formų iškraipymą (152 pav.).

Pseudoazimutinės projekcijos. Taikant pseudoazimutines projekcijas, viename žemėlapyje galima kartu kartografuoti Ramųjį ir Arkties vandenynus (153 pav.). Visai Ramiojo vandenyno akvatorijai tokia projekcija įgyja lygiatarpės projekcijos požymių, kas palengvina kartografinius matavimus.



152 pav. Ramiojo vandenyno įstriža lygiaplotė azimutinė projekcija. Centrinio taško koordinatės φ_0 = - 10° ir λ_0 = -160°.



153 pav. Ramusis ir Arkties vandenynai pseudoazimutinėje projekcijoje. Centrinio taško koordinatės φ_0 = 25°, λ_0 = -160° ir Z_{max} = 120°.

39 lentelė. Kartografinių projekcijų, naudojamų Ramiajam vandenynui kartografuoti, iškraipymų dydžiai.

Projekcija	Iškraipymai, %			
	plotų	atstumų	formos	apskritimo formos
Azimutinė lygiaplotė	0	6,6	2,9	0,3
Pseudoazimutinė (su Arkties vandenynu)	10,6	4,5	14,2	11,8
Pseudoazimutinė (su Arkties vandenynu ir Antarktida)	8,0	3,1	3,1	0,9
Seudocilindrinė Urmajevo	0	10,3	28,6	12,3
Pseudocilindrinė Molveidės	0	7,5	14,0	9,0
Pseudocilindrinė Robinsono	-6,1	10,2	10,7	17,6
Lygiakampė Lagranžo	-8,4	10,5	2,7	2,5

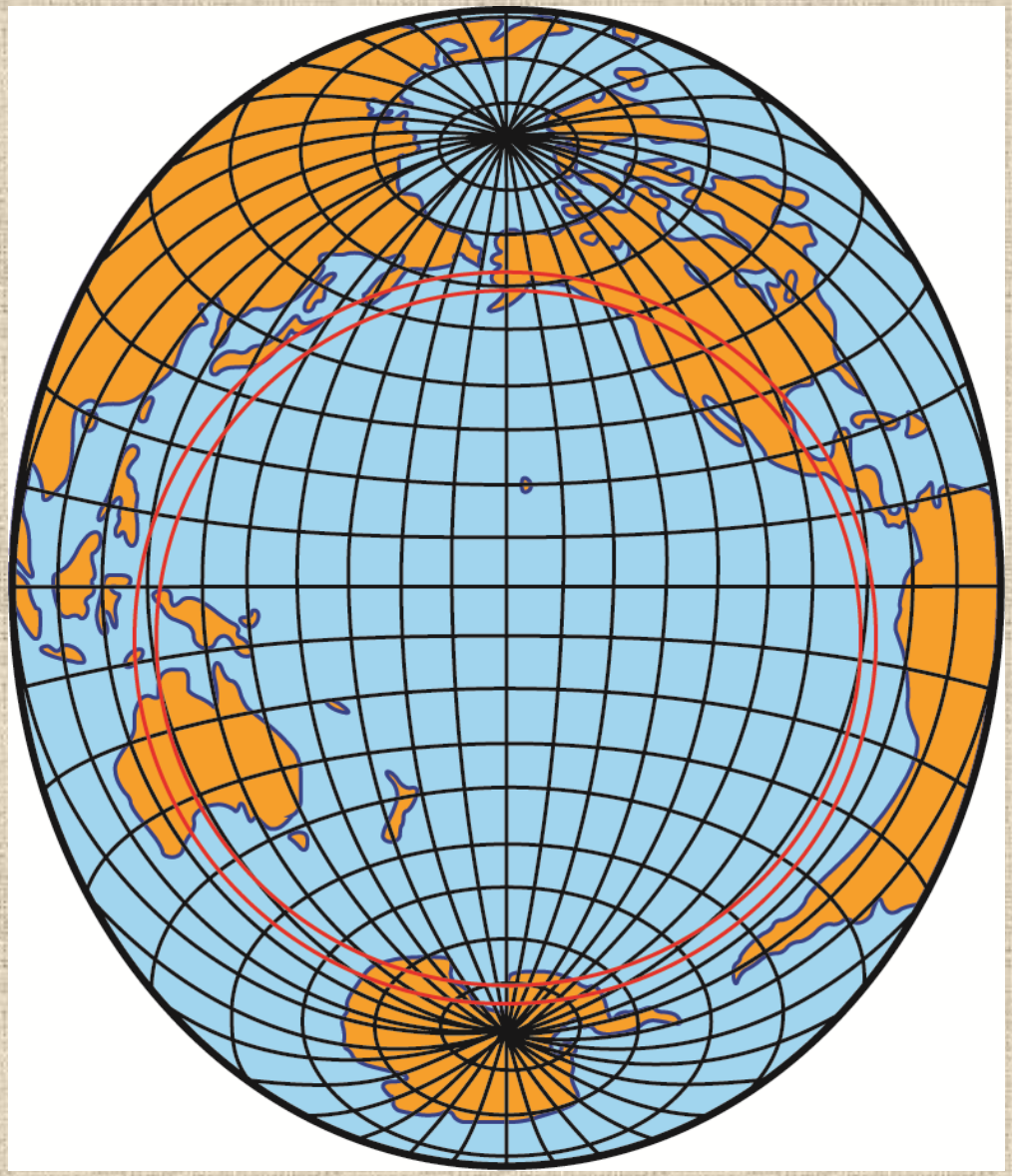
Šios kartografinės projekcijos lygtis yra tokia:

$$x = \rho \times cos\delta; \quad y = \rho \times sin\delta$$

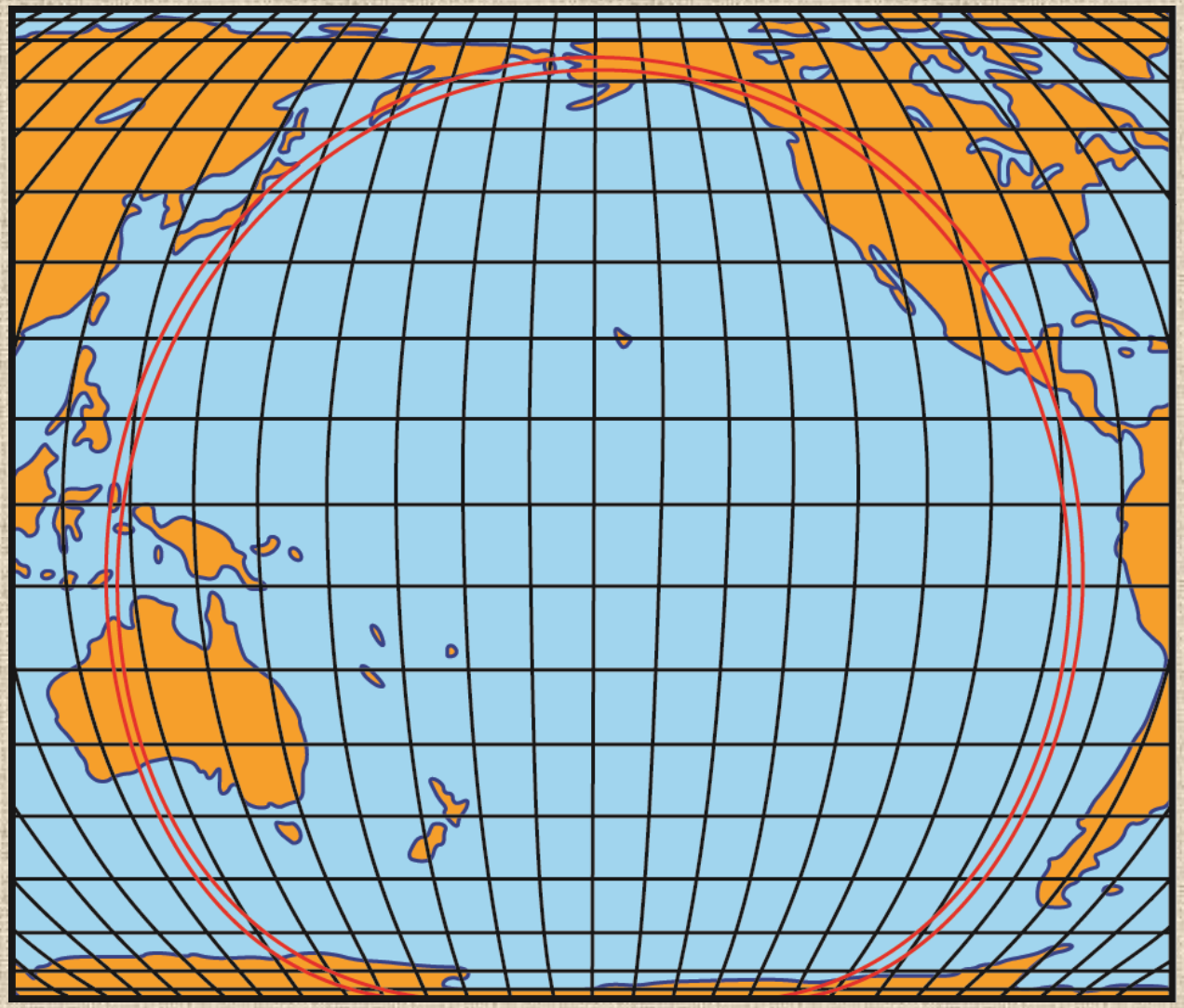
$$\delta = \alpha - 0,1\left(\frac{Z}{Z_{max}}\right) \times sin(2\alpha); \quad \rho = 3R \times sin\left(\frac{Z}{3}\right)$$

Azimutinėse lygiaplotėse projekcijose dažnai prie Ramiojo ir Arkties vandenyno prijungiama antarktida ir dalis Pietų vandenyno (154 pav.). Tai leidžia žemėlapyje kartografuoti abu ašigalius. Tokia projekcija pagal iškraipymų pobūdį yra tarpinė tarp lygiatarpių ir lygiakampių.

Pseudocilindrinės projekcijos. Ramiojo vandenyno žemėlapiai dažnai sudaromi naudojant pseudocilindrines projakcijas. Viena populiariausių yra pseudocilindrinė sinusoidinė Urmajevo projekcija, mažai iškraipanti plotus (155 pav.). Vidurinis šios projekcijos meridianas yra 160° vakarų ilgumos. Plotų iškraipymai šioje projekcijoje kinta nuo 0 ekvatoriuje iki 30% poliarinėse srityse. Maksimalūs kampų iškraipymai kinta nuo 14,9° ekvatoriuje iki 50°vandenyno šiaurinėje ir pietinėje dalyse.



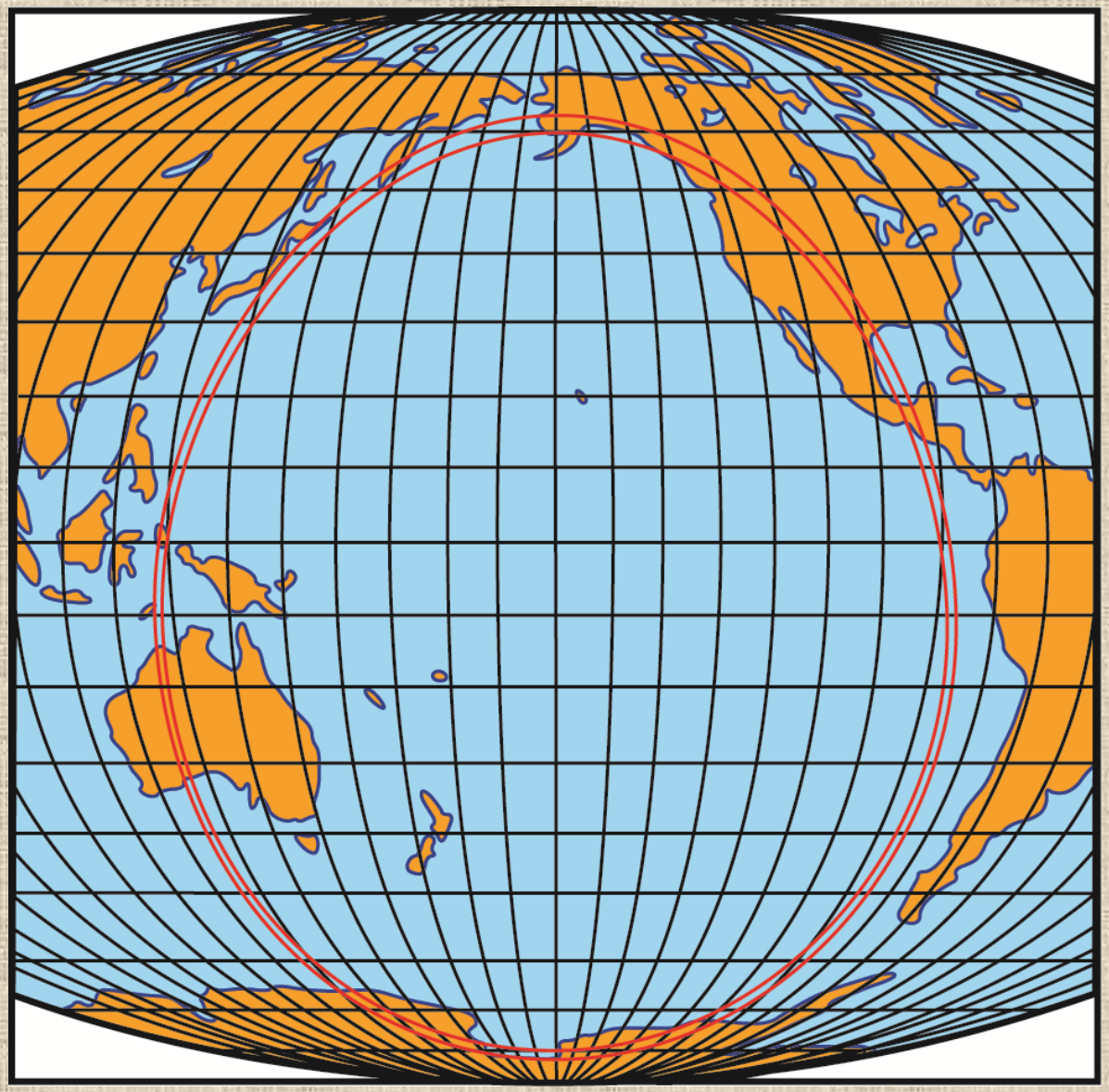
154 pav. Ramusis, Arkties, Atlanto ir Pietų vandenynai pseudocilindrinėje projekcijoje. Centrinio taško koordinatės φ_0 = 0°, λ_0 = -160°.



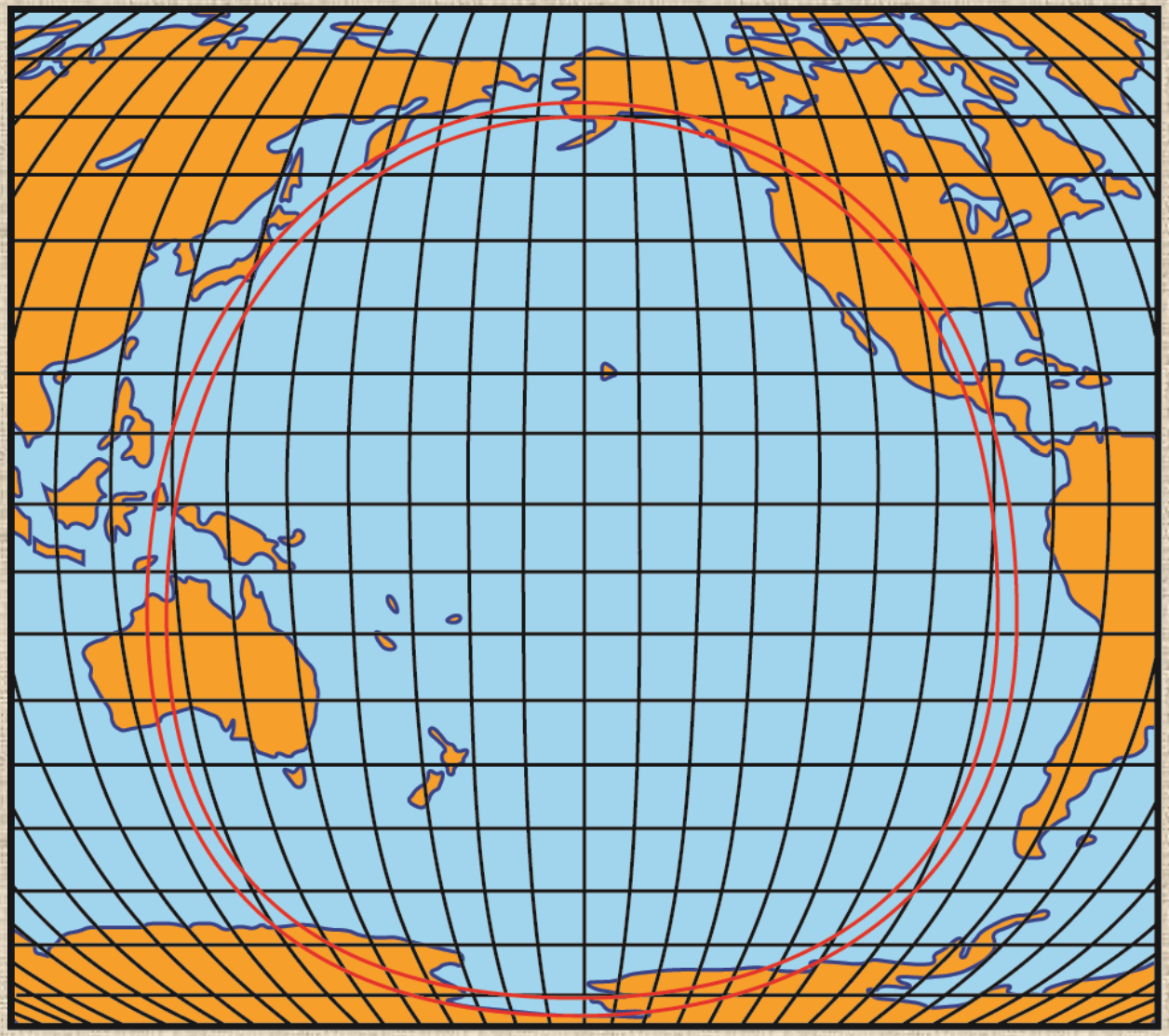
155 pav. Ramusis vandenynas pseudocilindrinėje sinusoidinėje Urmajevo projekcijoje. Centrinio taško koordinatės φ_0 = -10°, λ_0 = -160°.

Kompiuteriniam žemėlapių sudarymui patogios yra pseudocilindrinės Molveidės ir Robinsono projekcijos (156 ir 157 pav.). Pseudocilindrinėse projekcijose dažnai kartu integruojamos Ramiojo ir Indijos vandenynų akvatorijos. Tokiu atveju vidurinis žemėlapio meridianas yra 160° rytų ilgumoje.

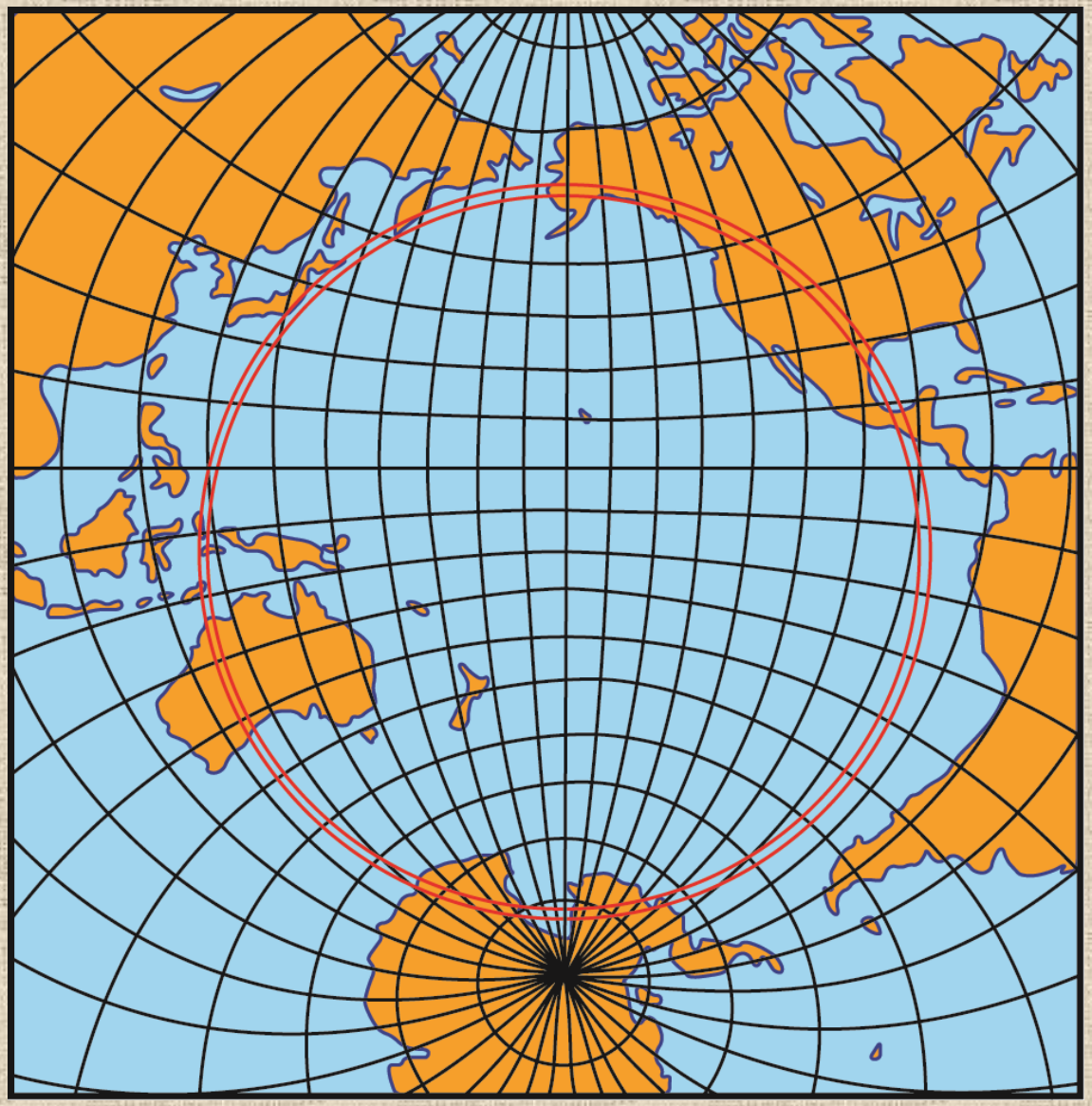
Jūrų srovėms kartografuoti naudojamos lygiakampės projekcijos. Viena jų – Lagranžo projekcija (158 pav.). Lagranžo projekcijoje yra galimybė reguliuoti iškraipymų izokolą. Dažniausiai ovalinės izokolos taško koordinatės yra φ_0 = - 10° ir λ_0 = -160°. Šios izokolos pusažių susikirtimo kampas kinta 75° – 80 ° intervale. Daliniai plotų ir atstumų masteliai centriniame projekcijos taške meridiano kryptimi lygūs m_0 = 0,772, o paralėlės p_0 = 0,596. Pačioje izokoloje daliniai masteliai atitinkamai lygūs m_0 = 1,276 ir p_0 = 1,627. Dėl šios priežasties lokaliniai iškraipymai kinta nuo -22,8 (žemėlapio centre) iki + 27,6 % (izokolos pakraščiuose). Plotų iškraipymai atitinkamai kinta nuo -40,4 iki +62,7%.



156 pav. Ramusis vandenynas lygiaplotėje pseudocilindrinėje elipsinėje Molveidės projekcijoje. Centrinio taško koordinatės φ_0 = -10°, λ_0 = -160°.



157 pav. Ramusis vandenynas laisvojoje pseudocilindrinėje elipsinėje Robinsono projekcijoje. Centrinio taško koordinatės koordinatės φ_0 = -10°, λ_0 = -160°.



158 pav. Ramusis vandenynas polikonusinėje Lagranžo projekcijoje. Centrinio taško koordinatės φ_0 = -10°, λ_0 = -160°.

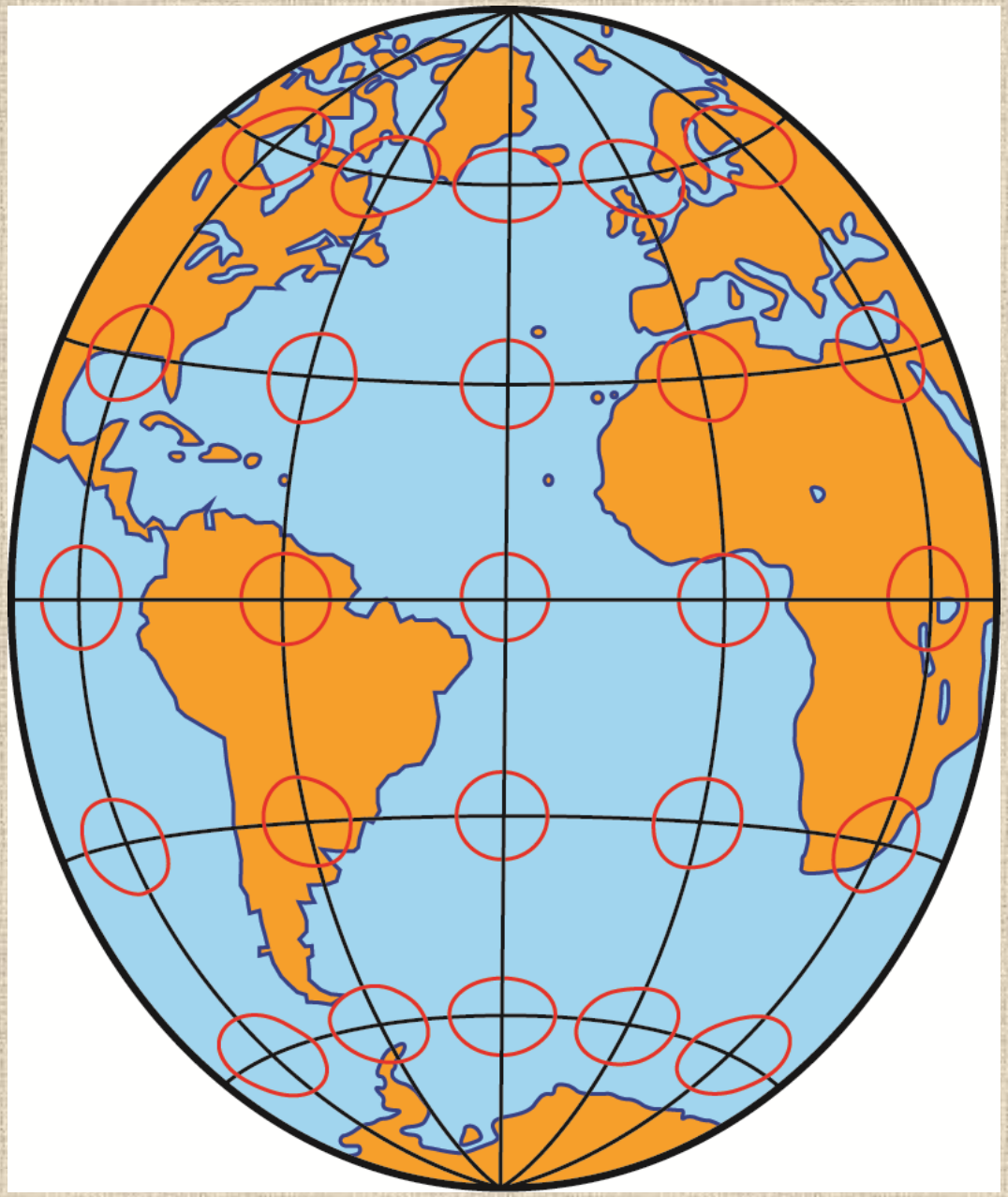
Regioniniai iškraipymo rodikliai yra mažiausi klasikinėje lygiaplotėje azimutinėje projekcijoje. Šiuo požiūriu tai pati tinkamiausi projekcija. Parenkant konkrečią projekciją atsižvelgiama ne tik į iškraipymo dydžius, bet ir į kitus svarbius faktorius, kuriuos lemia būsimo žemėlapio paskirtis, turinys, mastelis. Pseudoazimutinėse projekcijose iškraipymo dydžiai didesni, tačiau šiose projekcijose be Ramiojo vandenyno integruotai kartografuojamas arkties vandenynas ir Antarktida. Pseudocilindrinėse projekcijose paralelės yra lygiagrečios tiesės, kas taip pat yra privalumas. Lygiakampėje Lagranžo projekcijoje tiksliai kartografuojami atkarpų azimutai, leidžiantys paprasčiau matuoti kryptis. Į visus šiuos dalykus atsižvelgiama galutinai parenkant kartografinę projekciją.

9.46. Atlanto vandenyno kartografinės projekcijos.

Atlanto vandenynui kartografuoti dažniausiai naudojamos lygiaplotė azimutinė, pseudoazimutinės, pseudocilindrinės ir kai kurios kitos.

Atlanto vandenynas turi specifinę konfigūracija. Jį kartografuojant svarbu atsižvelgti į galimus formos iškraipymus. Visos didžiosios Atlanto vandenyno jūros (Baltijos, Šiaurės, Viduržemio, Juodoji, Karibų) bei didžiosios įlankos (Biskajos, Gvinėjos) yra šiaurės pusrutulyje. Dėl šios priežasties figūrų iškraipymo redukcija orientuojama į šį pusrutulį. Nubrėžus Atlanto vandenyno šiaurinėje dalyje apskritimą, kurio zenitinis nuotolis lygus 60°, o centrinio taško koordinatės φ_0 = 10° ir λ_0 = -30° galima įvertinti figūrų iškraipymą (40 lentelė). Gaublio paviršiuje, kartografinio tinklo susikirtimo taškuose nubrėžiamos mažo spindulio apskritimai. Išskleidus vaizdą į plokštumą šie apskritimai transformuojasi, įgaudami elipsių pavidalą. Lyginant elipsių formą tarpusavyje, galima įvertinti ir realių kontūrų formų deformacijas.

Skersinė lygiaplotė azimutinė projekcija. Tai viena dažniausiai naudojamų projekcijų Atlanto vandenynui kartografuoti (159 pav.). Maksimalus kampų iškraipymas šioje projekcijoje kai zenitinis nuotolis lygus 60°, rytinėje ir vakarinėje vandenyno dalyse siekia 16°. Kai zenitinis nuotolis lygus 90°, kampų iškraipymai šiaurinėje ir pietinėje žemėlapio dalyse siekia 39°.



159 pav. Atlanto vandenynas skersinėje lygiaplotėje azimutinėje projekcijoje. Centrinio taško koordinatės φ_0 = 10°, λ_0 = - 30°.

40 lentelė. Kartografinių projekcijų, naudojamų Atlanto vandenynui kartografuoti, iškraipymų dydžiai.

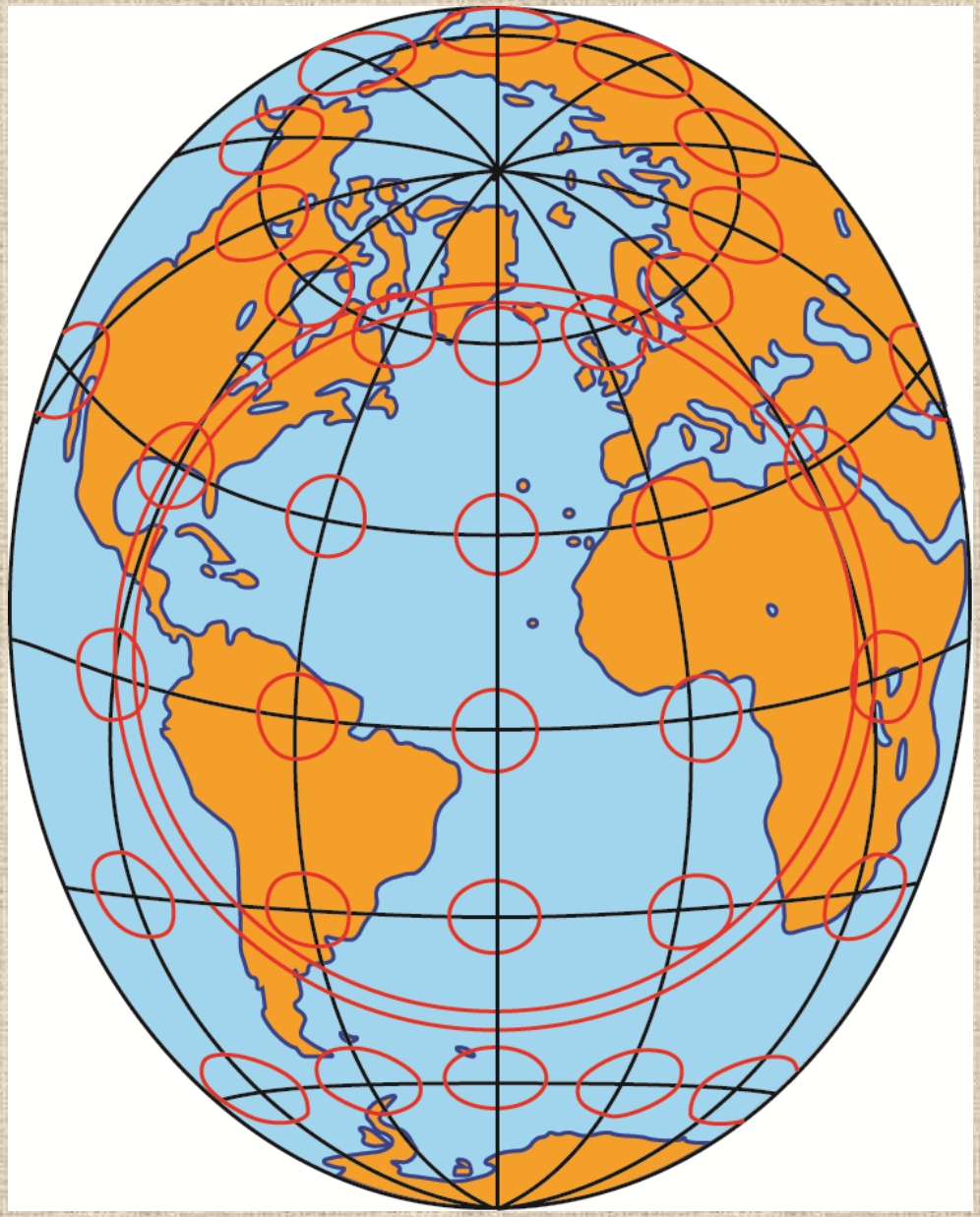
Projekcija	Iškraipymai, %			
	plotų	atstumų	formos	apskritimo formos
Azimutinė skersinė lygiaplotė	0	4,7	4,8	2,0
Azimutinė įstriža lygiaplotė)	0	4,7	4,8	2,0
Pseudoazimutinė (su Arkties vandenynu)	5,5	2,4	4,2	1,5
Pseudoazimutinė (su Arkties vandenynu ir Antarktida)	5,4	2,2	2,7	1,9
Pseudocilindrinė lygiaplotė Urmajevo	0	6,1	16,6	10,9
Lygiakampė su reguliuojama izokola Lagranžo	-7,9	9,1	11,0	7,1

Įstriža lygiaplotė azimutinė projekcija. Ji taikoma kai kuriuose teminiuose atlasuose. Prie Atlanto vandenyno akvatorijos prijungiamas ir Arkties vandenynas bei aplinkinės poliarinės sritys. Centrinio žemėlapio taško koordinatės dažniausiai yra tokios: φ_0 = 20° ir λ_0 = -30° (160 pav.).

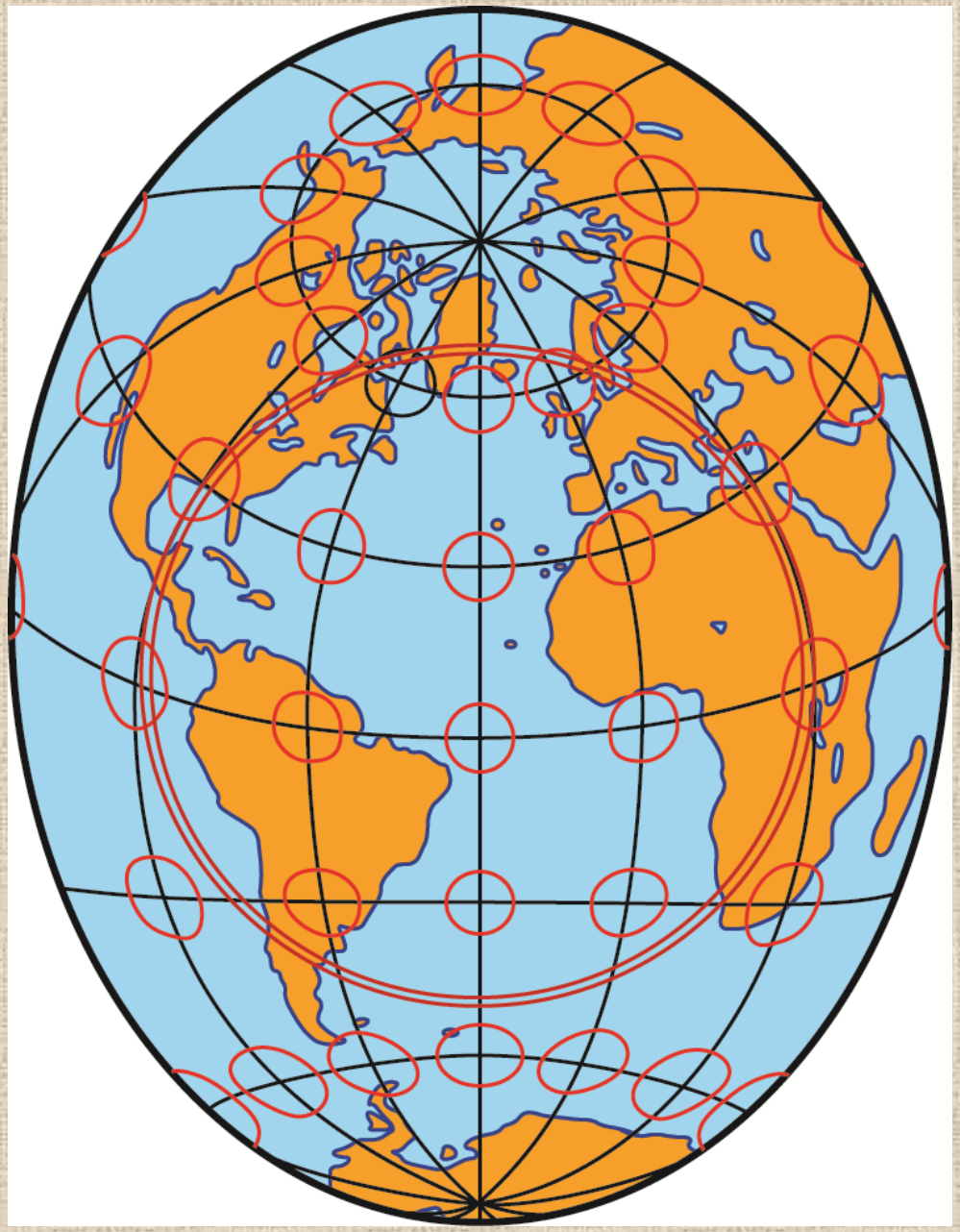
Įstriža pseudoazimutinė projekcija. Šioje projekcijoje Atlanto vandenynas kartografuojamas su arkties vandenynu ir aplinkinėmis poliarinėmis sritimis (161 pav.). Centrinio žemėlapio taško koordinatės dažniausiai yra tokios: φ_0 = 25° ir λ_0 = -30°. Projekcija turi tokius parametrus: q = 1, k = 2, C = 0,1. Almukantaratų spinduliai nustatomi naudojant formulę:

$$\rho = 3R \times sin\left(\frac{z}{3}\right)$$

Kartografuojamoje akvatorijoje lokaliniai plotų iškraipymai kinta nuo -3% (dviejuose vidurinio meridiano taškuose) iki +23 % vakarinėje Meksikos įlankos dalyje. Maksimalus kampų iškraipymas šioje projekcijoje sieki iki 18°.



160 pav. Atlanto ir Arkties vandenynai įstrižoje azimutinėje projekcijoje su apkritimų iškraipymo izokolomis.



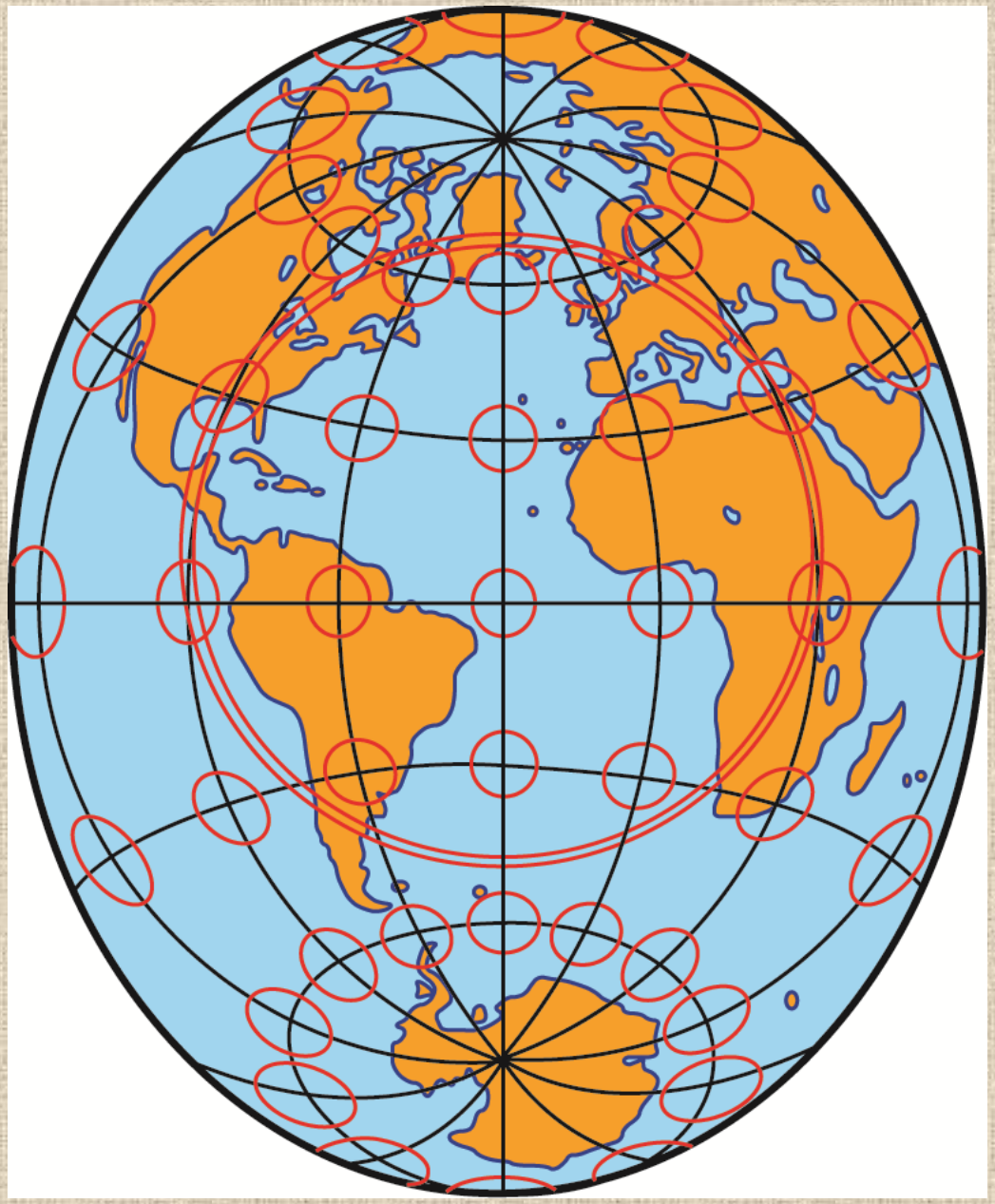
161 pav. Atlanto ir Arkties vandenynai įstrižoje pseudoazimutinėje projekcijoje su iškraipymo elipsėmis.

Skersinė pseudoazimutinė projekcija. Šios projekcijos parametrai yra tokie pat kaip ir įstrižos pseudoazimutinės projekcijos. Ši projekcija kiek praplėsta šiaurės – pietų kryptimi. Todėl be Atlanto vandenyno akvatorijos šioje projekcijoje kartografuojama Antarktida, didžioji dalis Pietų ir visas Arkties vandenynai (162 pav.).

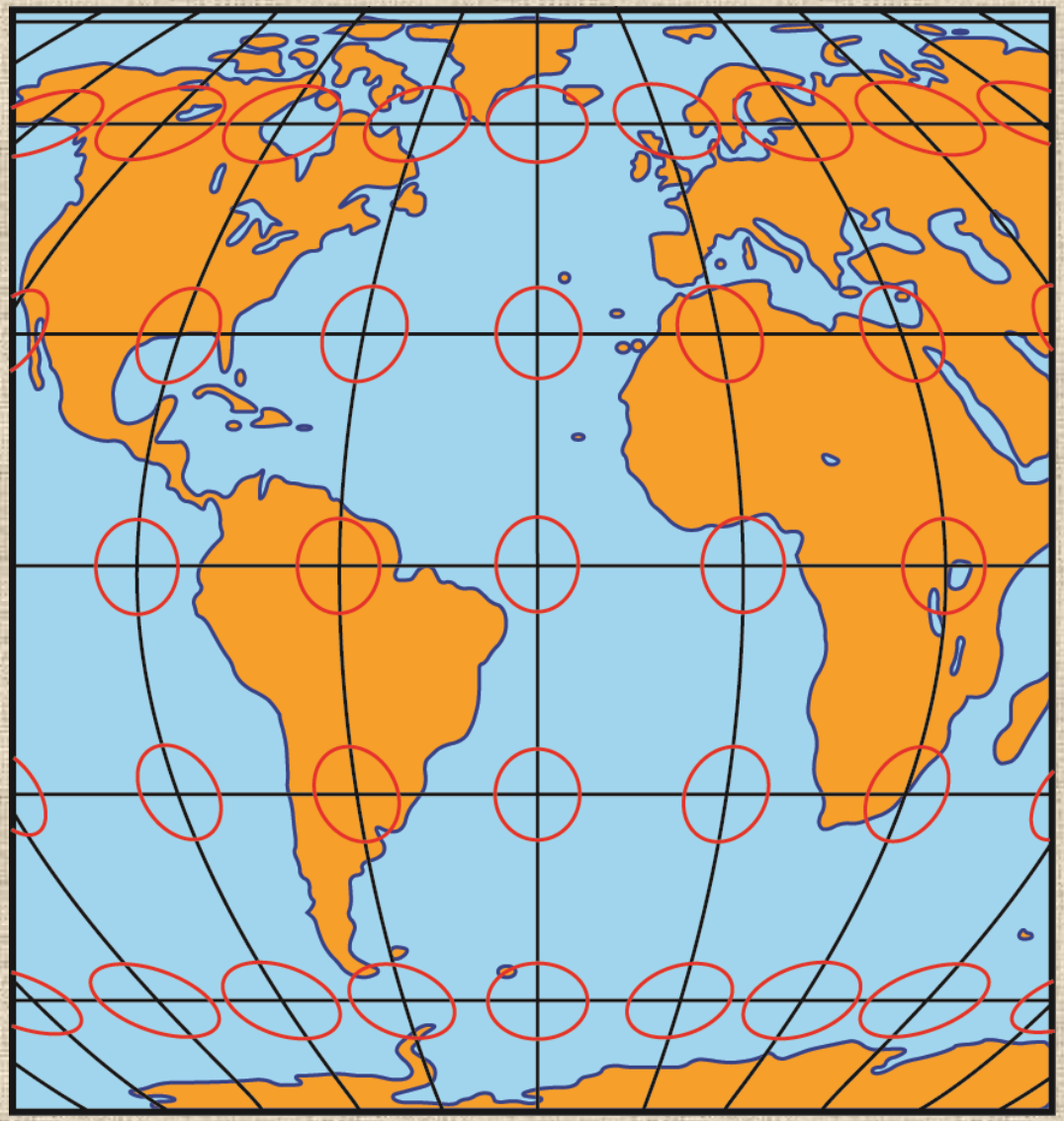
Pseudocilindrinė lygiaplotė sinusoidinė Urmajevo projekcija. Šioje projekcijoje maksimalūs kampų iškraipymai Atlanto vandenyno akvatorijoje kinta nuo 9,6° ekvatoriuje iki 45° poliarinėse srityse (163 pav.). Projekcijos skaičiavimui naudojamos šios formulės:

$$x = 1,207729 \times R\psi; \quad y = 0,92 \times R\lambda \times cos\psi; \quad sin\psi = 0,9sin\varphi$$

Plačiai naudojamose pseudocilindrinės Molveidės ir Robinsono projekcijose regioninio pobūdžio iškraipymai yra kiek didesni nei Urmajevo projekcijoje.



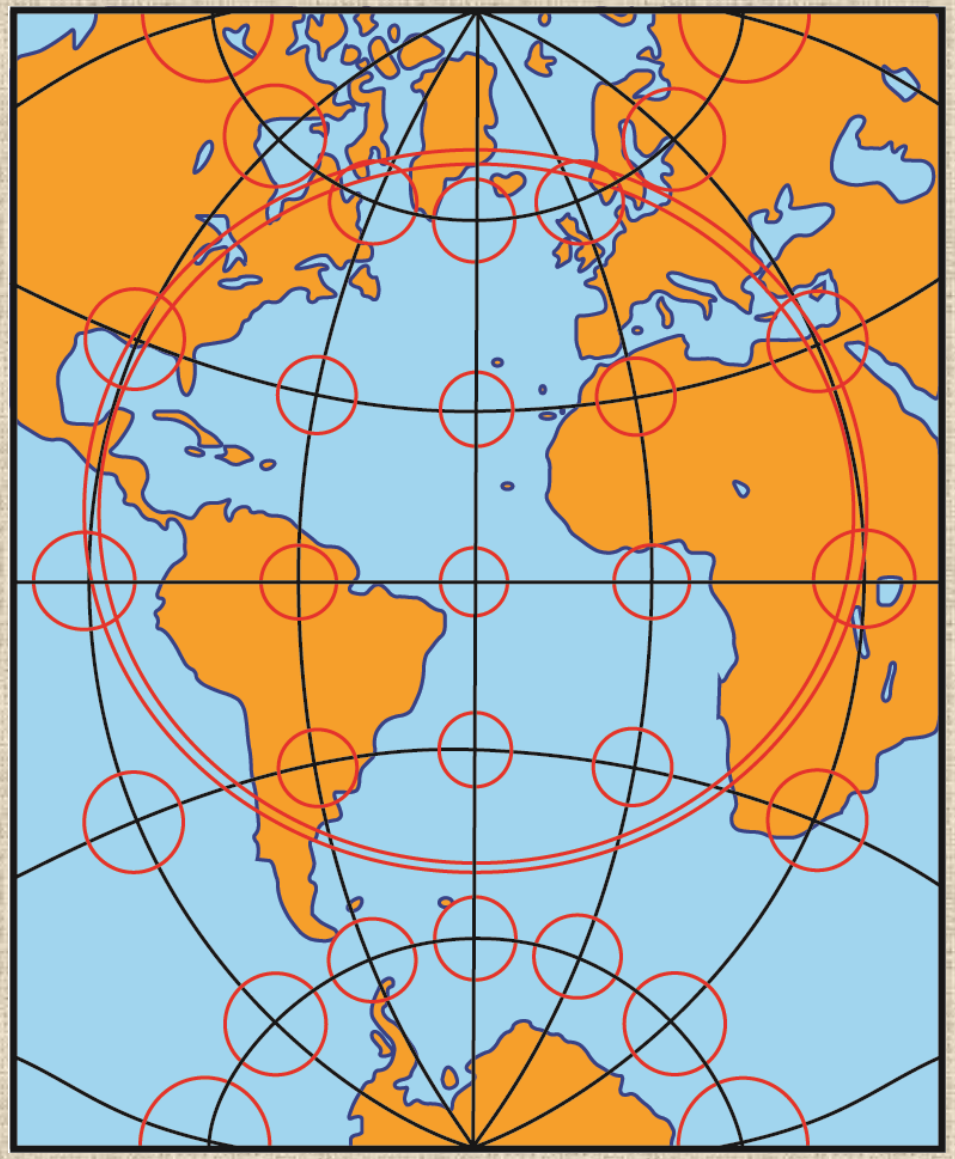
162 pav. Atlanto ir arkties vandenynai bei Antarktida skersinėje pseudoazimutinėje projekcijoje su iškraipymų izokolomis.



163 pav. Atlanto vandenynas lygiaplotėje sinusoidinėje pseudocilindrinėje Urmajevo projekcijoje su iškraipymo elipsėmis.

Atlanto vandenyne paviršinės jūrų srovės subtropinėse srityse sudaro anticikloninės krypties apytakos rato, o šiaurinėse ir vidutinėse platumose – cikloninės krypties. Šiaurinę subtropinio apytakos rato dalį formuoja šiltosios Šiaurinė pasatų ir Golfo bei šaltoji Kanarų srovės. Pietinę subtropinio apytakos rato dalį formuoja šiltosios Pietinės pasatų ir Brazilijos bei šaltosios Vakarų vėjų ir Benguelos srovės. Šiaurėje Golfo srovės tęsiniu yra šiltoji Šiaurės Atlanto srovė. Iš Arkties vandenyno išilgai Šiaurės Amerikos teka šaltoji Labradoro srovė. Dėl tokios sudėtingos srovių sistemos, atlanto vandenyno okeanografinėmis ypatybėmis kartografuoti naudojamos projekcijos, kuriose paralelės ir meridianai kertasi stačiais kampais, sudarydami stačiakampių sistemą.

Lygiakampė reguliuojamos izokolos Lagranžo projekcija. Šios projekcijos centrinio taško koordinatės yra tokios: φ_0 = 0° ir λ_0 = -30° (164 pav.). Tikslingai orientuotos ovalinės iškraipymo izokolos pusašės leidžia optimaliai kartografuoti vandenyno akvatoriją. Ilgoji pusašė a orientuota 330° azimutu, o mažoji pusašė yra jai statmena. Jos azimutas 60°. Projekcijos parametrai yra tokie: k = 9286,36 km, α = 1,131371, β = 1. Dalinis atstumų ir dalinis plotų masteliai žemėlapio centre lygūs m_0 = 0,825 ir p_0 = 0,680, o ties izokola m_0 = 1,067 ir p_0 = 1,138. Iškraipymo dydžio rodikliai Lagranžo projekcijoje yra kiek blogesni nei kitų Atlanto vandenynui naudojamų kartografinių projekcijų (40 lentelė).



164 pav. Atlanto vandenynas lygiakampėje Lagranžo projekcijoje.

9.47. Indijos vandenyno kartografinės projekcijos.

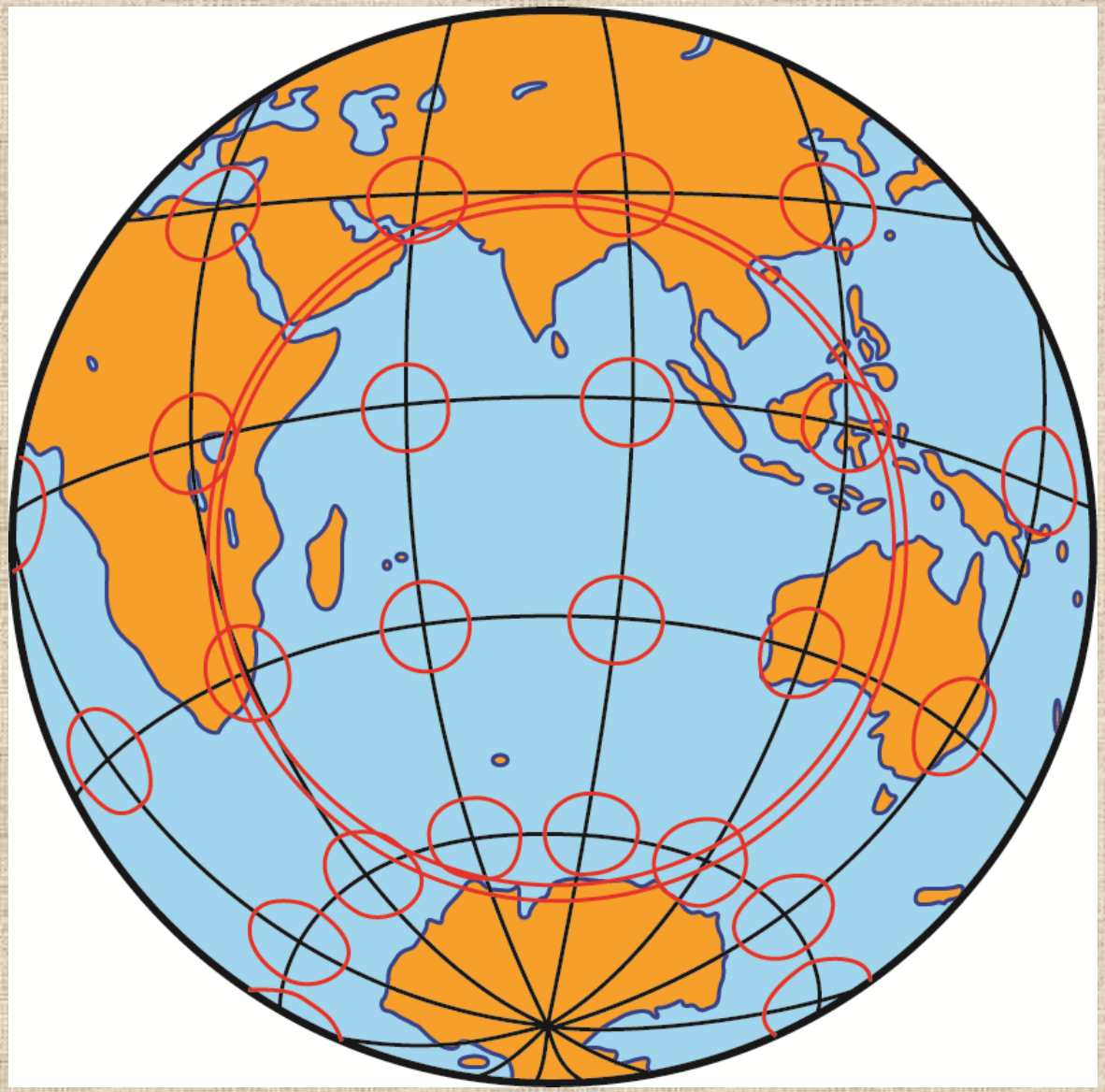
Indijos vandenyno kontūras gali būti apsoksimuotas į apskritimą. Tai reiškia, kad jam kartografuoti tinkamos azimutinės projekcijos.

Daugelyje teminių žemėlapių Indijos vandenynas ir jį supanti sausuma traktuojama kaip vieninga sistema. Pavyzdžiui, paviršiaus nuotėkio, krantų, vandenyno dugno reljefo, žemės plutos ir panašiai. Vienu iš svarbiausių faktorių, lemiančių naudojamas kartografines projekcijas yra yra vandenyno plotas bei jo dugno reljefas, lemiantys globalius okeanografinius ir geofizinius procesus. Vandenyno plotas įtakoja energijos ir masės kaitą tarp vandenyno ir sausumos bei pačiame vandenyne. Įvairių arealų ploto skiačiavimui tinkamiausios yra lygiaplotės projekcijos, todėl ir Indijos vandenyno kartografavimui jos dažnai taikomos.

Kitas svarbus faktorius, lemiantis energijos ir masės pasiskirstymą vandenyne yra jūrų srovės. Indijos vandenyne, skirtingais sezonais veikia trys – keturi srovių apytakos ratai. Apytakos ratai tęsiasi nuo vieno vandenyno kranto Iki kito ir apima visą plutuminę zoną. Šiaurinėje vandenyno dalyje, kurią beveik iš visų pusių riboja sausuma, išreikštas cirkumkontinentinis zoniškumas, lemiantis vandenyno biomas es produktyvumą. Čia vyksta musonie vandens cirkuliacija. Žiemos Jaures rytų musonu keičiantis į Vasarimi pietvakarių musoną įvyksta esminė vandens cirkuliacijos pertvarka. Kartografuojant jūrų sroves ir jų pokyčius geriausiai tinka lygiakampės kartografinės projekcijos.

Kitokio pobudžio teminiams žemėlapiams sudaryti naudojamos lygiatarpės azimutinės projekcijos, užimančios tarpinę padėtį tarp lygiapločių ir lygiakampių.

Azimutinių projekcijų centrinio taško koordinatės dažniausiai yra φ_0 = -20° ir λ_0 = -80°. Su šiuo tašku tapatinamas ir iškraipymo figūros (elipsės ar apskritimo) centras. Šio figūros zenitinis nuotolis lygus 48° (165 pav.). Lygiaplotė azimutinė projekcija atitinka minėtus parametrus. Žemėlapyje išbrėžta iškraipymo apskritimas, kurio plotas yra 10 % didesnis nei visas Indijos vandenyno plotas. Kadangi naudota azimutinė projekcija, tai iškraipymo figūros forma nepakito – gaublyje ir žemėlapyje ji yra apskritimas. Kartu iškraipymo apskritimo kontūras sutampa su su 10° kampų iškraipymo izokola. Tai reiškia, kad šio apskritimo viduje kampų iškraipymai kinta nuo 0° (centriniame žemėlapio taške) iki 10° (ties iškraipymo izokolos linija). Jeigu žemėlapis naudojamas tik vizualinei analizei, toks iškraipymas yra leistinas. Lokaliniai atstumų iškraipymai kinta nuo 0 (centriniame žemėlapio taške) iki 10 % (ties iškraipymo izokolos linija). Be to, nuo izokolos linijos centro link iškraipymai turi neigiamas reikšmes (- 8,5 %), o išilgai izokolos – teigiamas (+ 9,8 %). Vidutinis izokolos spindulio iškraipymas siekia 2,9 %.



165 pav. Indijos vandenynas lygiaplotėje įstrižoje azimutinėje projekcijoje su iškraipymo elipsėmis.

Azimutinėje stereografinėje projekcijoje, kurio parametrai yra identiški, visiškai neiškraipomi kampai, tačiau plotų iškaipymai izokolos viduje siekia iki 45 %.

Azimutinėje lygiatarpėje projekcijoje kampų iškraipymai siekia iki 6 – 7 °, o lokalūs ploto iškraipymai kinta nuo 0 iki 15 %.

Įstriža lygiaplotė azimutinė projekcija yra bazinė (pagrindinė) projekcija kartografuojant Indijos vandenyną.

9.48. Pietų vandenyno kartografinės projekcijos.

Pietų vandenynas juosia Antarktidą, o šiaurėje ribojasi su Atlanto, Indijos ir Ramiuoju vandenynu. Pietų vandenynui būdingos savarankiškos vandens ir oro masių cirkuliacinės sistemos, kur oro ir vandens masės juda iš vakarų į rytus. Be to, Pietų vandenynas pasižymi homogeniška fizine – chemine vandens masės struktūra. Pietų vandenyno plotas artimas Indijos vandenyno plotui.

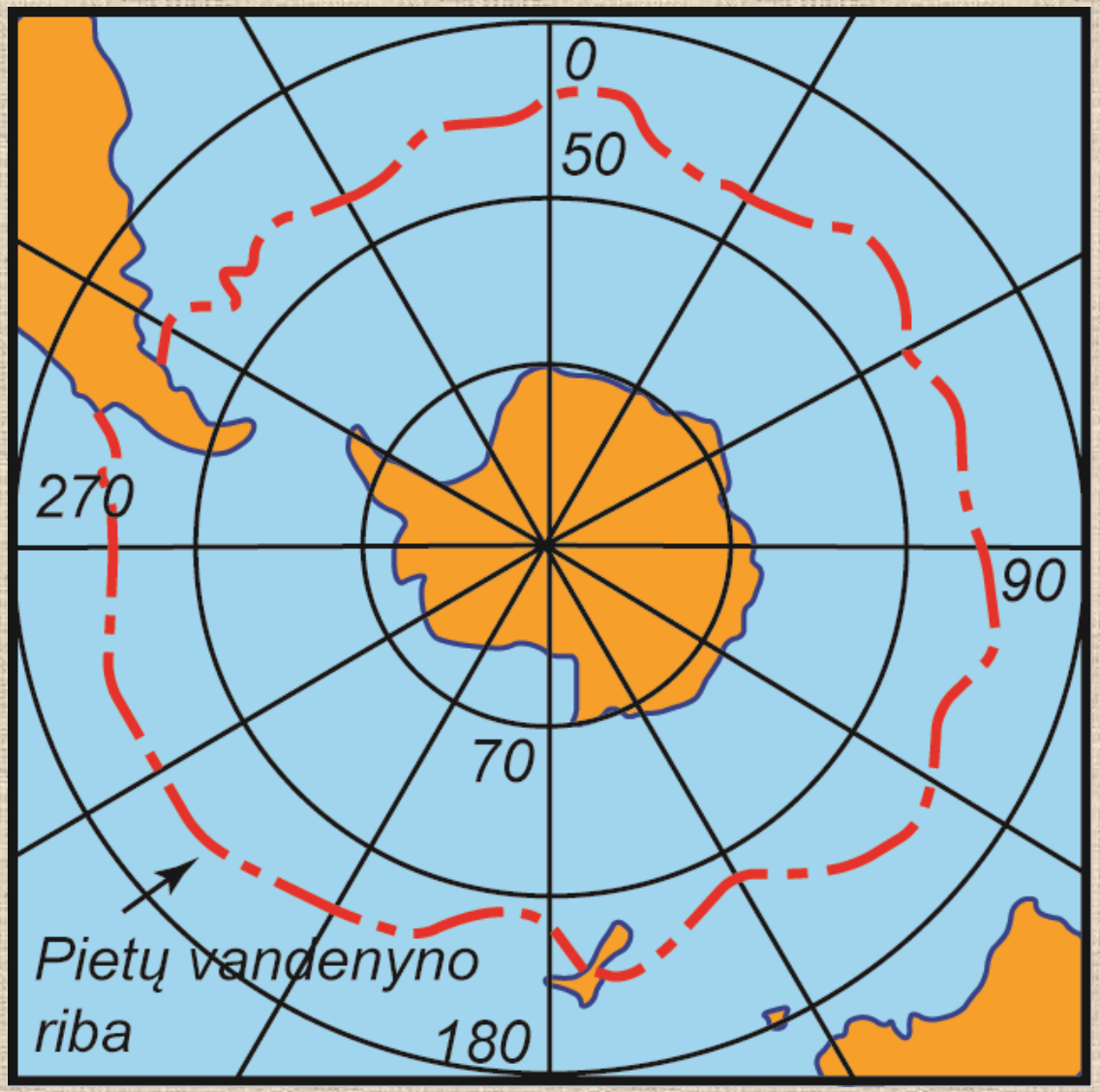
Pietų vandenyno įvardijimo ir „įteisinimo“ procedūra buvo gana ilga. Pirmą kartą oficialus Pasaulinio vandenyno skirstymas į struktūrines dalis buvo priimtas Londono Karališkosios geografų draugijos 1845 metais. Be kitų vandenynų išskirtas ir Pietų vandenynas. Jos ribos buvo sąlyginės ir tapatinamos su pietinio poliarinio rato linija. XX amžiaus viduryje ieškota būdų nustatyti natūralias Pietų vandenyno ribas. Jų buvo keli varianta: riba buvo vedama maždaug 35° pietų platuma, žyminčia vandens ir atmosferos cirkuliacines ribas ar 60 ° pietų paralele, fiksuojančia vandenyno dugno pokyčius. Orientuotasi į dvi ribas: antarktinės ir tropinės konvergencijos zonas. 1928 ir 1939 metais Tarptautinis hidrografų biuras pateikė Pasaulinio vandenyno struktūrinių dalių klasifikaciją, kurioje išskirti penki vandenynai. Tačiau 1953 metais klasifikacija buvo pakeista ir Pietų vandenynas „panaikintas“. Tą lėmė ilgos diskusijos dėl kriterijų, leidžiančių išskirti atskiras stambias Pasaulinio vandenyno dalis.

1957 – 1958 metai buvo paskelbti Tarptautiniais geofiziniais metais. Tuo laikotarpiu pradėti intensyvesni Antarktidos ir ją supančių vandenų tyrimai. 1959- 1963 metais vėl atsinaujino diskusijos apie Pietų vandenyno „egzistavimą“. Ir suformuluoti kriterijai nusakantys, kas yra vandenynas. Galutinai Pietų vandenyno ribos įteisintos 2000 metais.

Iki to laiko Pietų vandenyno ribos skirtinguose žemėlapiuose ir atlasuose buvo vedamos prisilaikant labai įvairių kriterijų. Vienu iš jų buvo pietinės Cirkumpoliarinės jūrų srovės šiaurinė riba. Tačiau šios srovės padėtis metų bėgyje kinta. Kai kuriuose atlasuose vesto formalios linijos, jungiančios salas ir jų grupes, šelfo seklumas ar geografinės platumos paralių segmentus (166 pav.). Galima teigti, kad Pietų vandenyno šiaurinė riba tapatinama su 60° pietų platumos paralele.

Specifinė Pietų vandenyno konfigūracija lemia, kad jo kartografavimui naudojamos normalios azimutinės kartografinės projekcijos.

Normali stereografinė azimutinė projekcija apima plotą nuo pietų ašigalio iki 40° pietų platumos. Ties šia paralele plotų iškraipymas siekia 45 %, o atstumų iškraipymas – 20 %. Viso ploto, apriboto 40° pietų platumos paralele iškraipymas sieki 22 %.



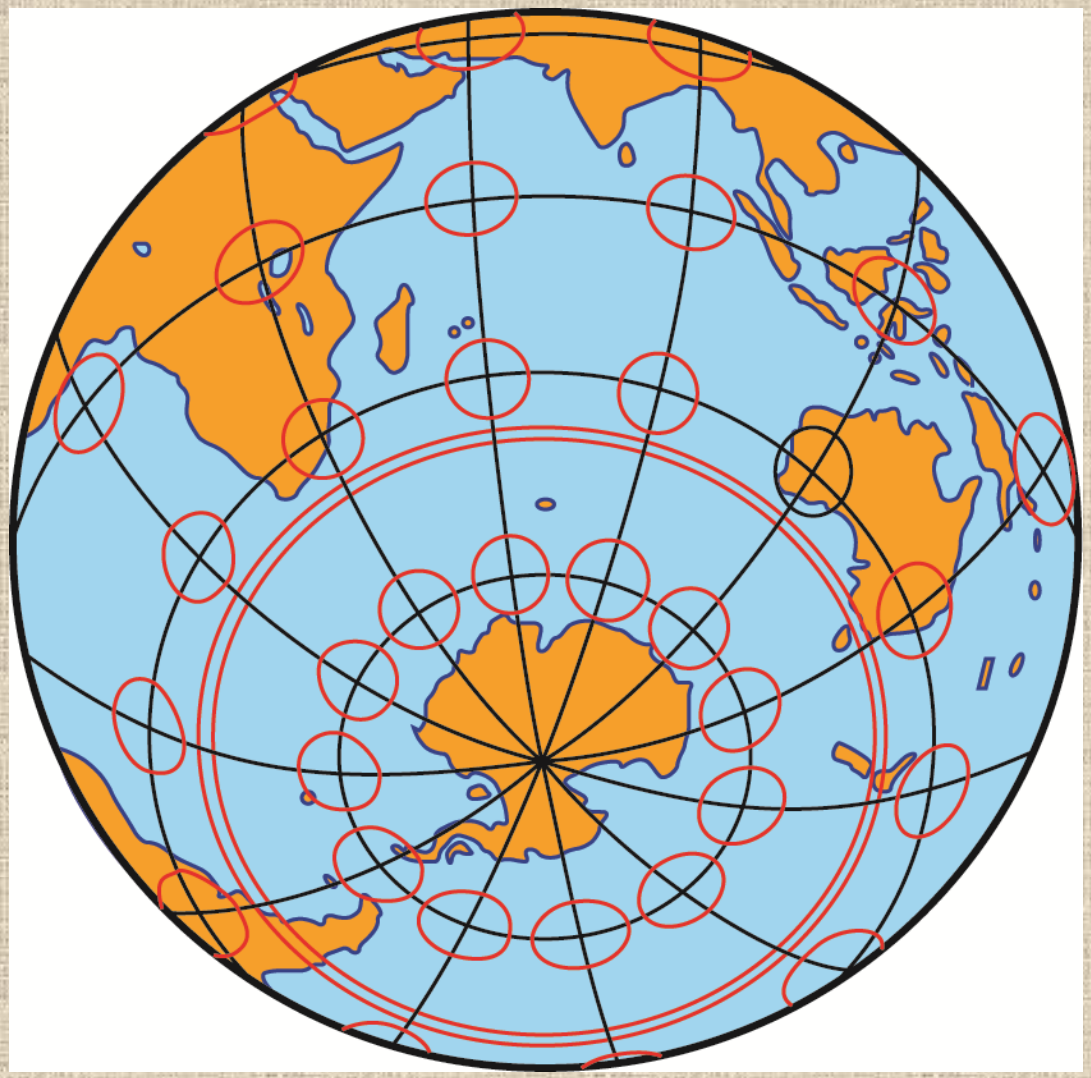
166 pav. Pietų vandenyno ribos.

Normalioje lygiatarpėje azimutinėje projekcijoje ties 40° pietų platuma plotų ir atstumų iškraipymas siekia 14 %, o maksimalus kampų iškraipymas 7 – 8 . Visas plotas, apribotas 40° pietų platumos paralele iškraipomas iki 6,5 %.

Normalioje lygiaplotėje projekcijoje ties 40° pietų platuma atstumų iškraipymas meridianų kryptimi yra neigiamas (-10 %), o paralelių kryptimi teigiamas (+10 %). Kampų iškraipymnas šioje projekcijoje viršija 10°.

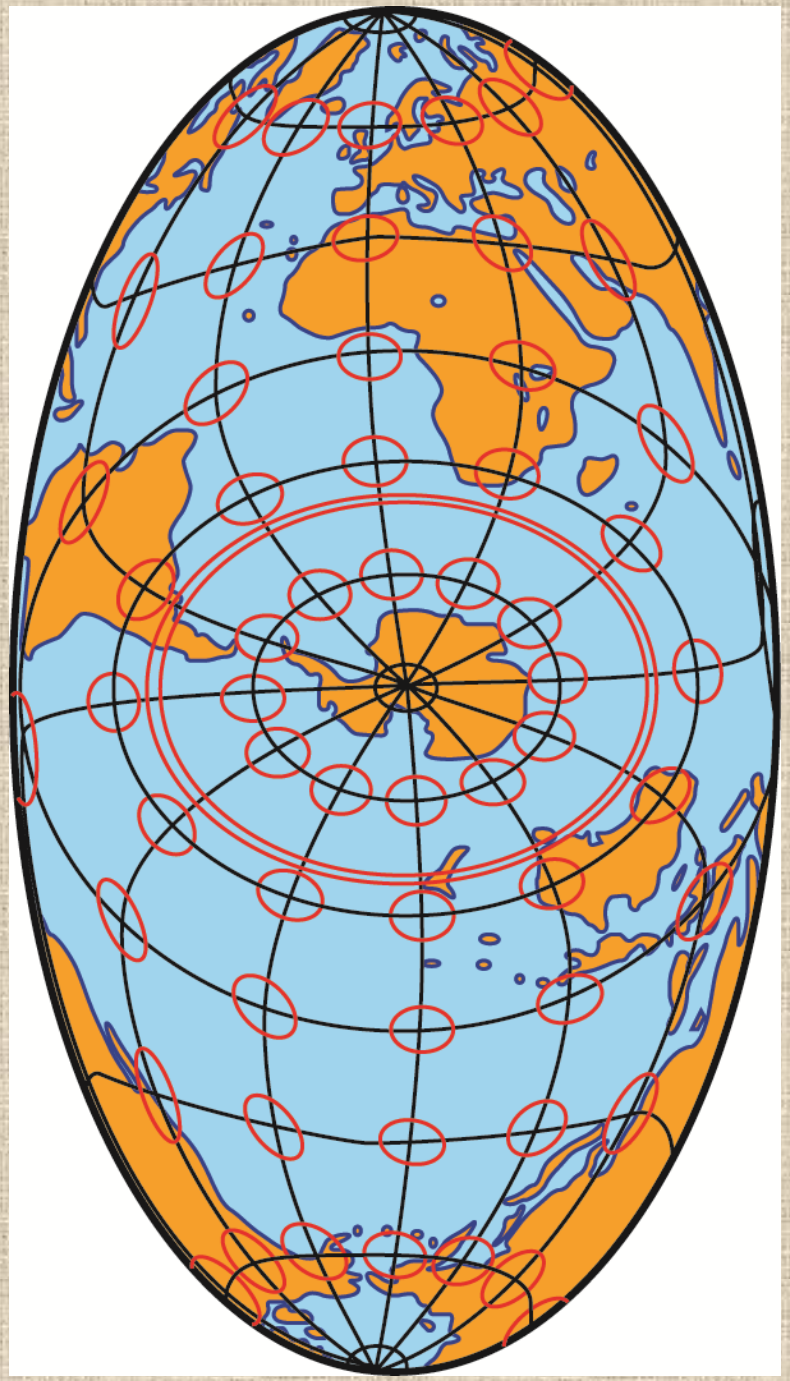
Remiantis iškraipymų dydžiais, pati tinkamiausi kartografinė projekcija Pietų vandenynui kartografuoti yra lygiaplotė arba lygiatarpė azimutinė projekcija.

Pietų vandenynui kartografuoti taikomos ir įstrižos azimutinės projekcijos. Jos pateikia ne tik Pietų vandenyno, bet ir jį supančių žemynų ir vandenynų vaizdą (167 pav.). Koordinačių tinklo susikirtimo vietose nubrėžtos iškraipymo elipsės leidžia vizualiai įvertinti iškraipymų pobūdį ir dydį. Didžioji iškraipymų izokola apima visą Pietų vandenyną. Jos centras yra pietų ašigalyje, o zenitinio nuotolio spindulys lygus 50°. Šios izokolos spildulių ilgiai padidėję 6 %, o kontūrų forma pakitus 10 %.



167 pav. Pietų vandenynas įstrižoje lygiaplotėje azimutinėje projekcijoje. Centrinio taško koordinatės φ_0 =- 55°, λ_0 = 70°.

Pietų vandenyno ryšiams su kitais vandenynais kartografuoti taikomos ne tik azimutinės projekcijos. Vienas iš galimų variantų – įstriža lygiaplotė pseudocilindrinė Molveidės projekcija (168 pav.). Šioje projekcijoje koordinačių tinklo susikirtimo vietose nubrėžtos iškraipymo elipsės leidžia vizualiai įvertinti iškraipymų pobūdį ir jų dydį. Didžioji iškraipymų izokola yra elipsės pavidalo ir apima visą Pietų vandenyną. Jos centras yra pietų ašigalyje, o zenitinio nuotolio spindulys lygus 50°. Šios izokolos spildulių ilgiai padidėję 6 %, kontūrų forma pakitus 18 %, o izokolos apskritimo forma 17 %.



168 pav. Pietų vandenynas įstrižoje lygiaplotėje pseudocilindrinėje Molveidės projekcijoje. Centrinio taško koordinatės φ_0 = 2,5°, λ_0 = - 85°.

9.49. Arkties vandenyno kartografinės projekcijos.

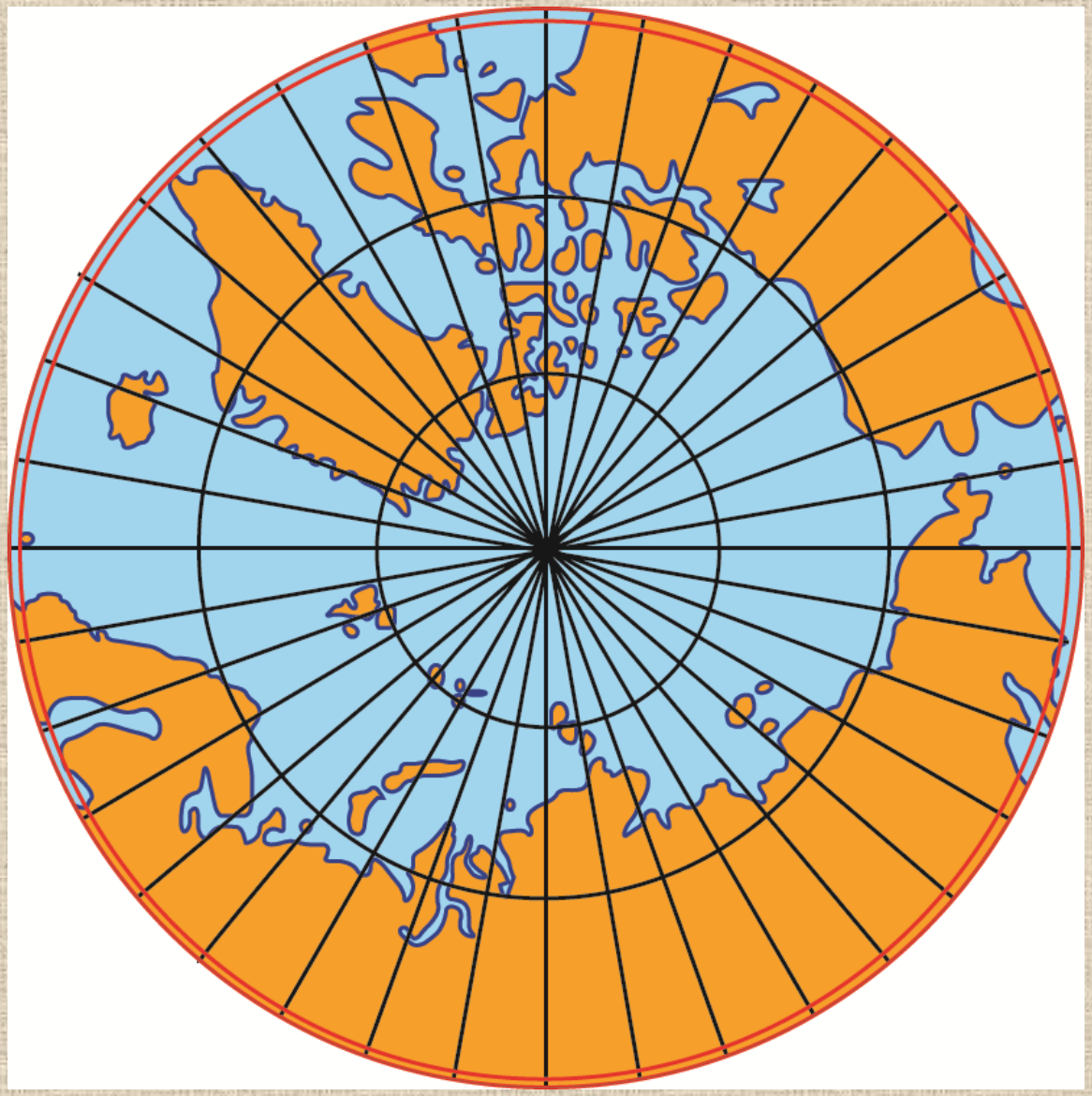
Geografinė Arkties vandenyno padėtis lemia, kad jo kartografavimui tinkamiausios yra normalios azimutinės projekcijos.

Normalioje azimutinėje stereografinėje projekcijoje plotų iškraipymas izokoloje, sutampančioje su 60° šiaurės platumos paralele, juosiančia vandenyną ir dalį su juo besiribojančios sausumos, siekia 15 %, o atstumų iškraipymas artimas 7%. Visame izokola apribotame plote formų iškraipymai sudaro 7 %.

Normalioje lygiatarpėje meridianų kryptimi azimutinėje projekcijoje plotų ir atstumų iškraipymai izokoloje, sutampančioje su 60° šiaurės platumos paralele, siekia po 5 %, o maksimalus kampų iškraipymas neviršija 3 %. Visame izokola apribotame plote formų iškraipymai siekia iki 2,2%.

Normalioje lygiaplotėje azimutinėje projekcijoje ties 60° šiaurės platumos paralele atstumai meridianų kryptimi yra sumažinti. Jų iškraipymai siekia iki – 3,5%. Paralelių kryptimi atstumai yra padidinti, o jų iškraipymas neviršija + 3,5%. Kampų iškraipymai visame izokola apribotame plote yra iki 4°.

Arkties vandenynui kartografuoti minimalių iškraipymų požiūriu tinkamiausios yra normali lygiaplotė azimutinė arba normali lygiatarpė azimutinė projekcijos. Teminiams žemėlapiams, kuriuose kartografuojami jūrų navigaciniai keliai, jūrų srovės ar oro masių judėjimo trajektorijose, gali būti naudojama normali stereografinė azimutinė projekcija (169 pav.). Ši projekcija taip pat pasižymi lygiakampiškumo maridianų kryptimi savybe.



169 pav. Arkties vandenynas ir jį supanti sausuma normalioje lygiakampėje azimutinėje stereografinėje projekcijoje. Vidurinis meridianas λ_0 = 90°.