

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS  
TA‘LIM VAZIRLIGI**

**O‘RTA MAXSUS, KASB-HUNAR TA‘LIMI MARKAZI**

**A.S.SUYUNOV, D.O.JO‘RAQULOV,  
A.A.SALAXIDDINOV**

**MATEMATIK  
KARTOGRAFIYA**

*Kasb-hunar kollejlari uchun o‘quv qo‘llanma*

**TOSHKENT  
«DAVR NASHRIYOTI»  
2013**

UO‘K: 528.9 (075)

KBK: 26.17

S-91

*Oliy va o‘rta maxsus kasb-hunar ta’limi o‘quv metodik birlashmalar  
faoliyatini muvofiqlashtiruvchi Kengash nashrga tavsiya etgan*

O‘quv qo‘llanma texnika fanlari doktori, professor A.S.Suyunovning umumiy  
tahriri ostida nashrga tayyorlangan

### **TAQRIZCHILAR :**

**I.M.Musayev** – t.f.n, dotsent Toshkent irrigatsiya va melioratsiya instituti  
«Geodeziya va yer kadastr» kafedrası mudiri;

**G‘.A.Artikov** – t.f.n., Samarqand davlat arxitektura- qurilish instituti  
«Geodeziya» kafedrası dotsenti;

**T.U.Safarov** – Samarqand davlat arxitektura-qurilish instituti «Geodeziya»  
kafedrası o‘qıtuvchisi;

**B.T.Egamov** – Samarqand aerogeodeziya davlat unitar korxonasi yetakchi  
mutaxassisi.

**H.A. Ishmuhamedova** – Toshkent geodeziya va kartografiya kasb-hunar  
kolleji «Geodeziya, kartografiya va kadastr» kafedrası  
maxsus fan o‘qıtuvchisi.

### **Suyunov A.**

Matematik kartografiya: kasb-hunar kollejlari uchun o‘quv qo‘llanma / A. Suyunov; O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi; O‘rta maxsus, kasb-hunar ta’limi markazi. –Toshkent: «Davr nashriyoti», 2013. - 136 b.

ISBN 978-9943-4042-24

Mazkur o‘quv qo‘llanmaga matematik kartografiya fanining bugungi zamonaviy kompyuterlashgan yangi yutuqlari kiritilgan. Barcha kartografik proyeksiyalarni chuqur tahlil qilishi qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan obyektlar yoritilgan. Barcha turdagi kartalarni tuzishda ularning o‘zgarishlarida proyeksiyalarning o‘rni qandayligi atroflicha bayon qilingan.

O‘quv qo‘llanma geodeziya, kartografiya yo‘nalishi kasb-hunar kollejlari o‘quvchilari uchun tayyorlangan. Shu bilan birga qo‘llanmadan geodeziya, kartografiya yo‘nalishlari bo‘yicha tahsil olayotgan oliy o‘quv yurtlari talabalari, shu soha mutaxassislari ham foydalanishlari mumkin.

**UO‘K: 528.9 (075)**

**KBK: 26.17ya722**

**22.1ya722**

ISBN 978-9943-4042-24

© «Davr nashriyoti», 2013.

## KIRISH

Geografik kartalarning asosiy va o'ziga xos xususiyatlari bu ularning matematik aniq tuzilganligidir. Kartalarning geodezik asosiga tayanish yo'li bilan va kartalarning matematik asosi yordamida matematik aniqlikka erishiladi. Shu tufayli kartografik tasvirlarning kartaga joylashtirilishi, ular tomonidan aks ettiriladigan voqealarning va makondagi hodisalarning joylashishiga to'g'ri keladi.

Geodezik asos deganda, kartalarni yaratish uchun kerakli bo'lgan geodezik ma'lumotlarning yig'indisi tushuniladi. Bu masalalar geodeziya fanida batafsil ko'rib chiqiladi.

Matematik kartografiyani o'rganish predmeti - kartani tuzish jarayonining dastlabki, kartaning matematik asosi hisoblanadi. Mazkur masalani hal qilishda ma'lum matematik qonunlar qo'llaniladi. Ular kartografiyalanuvchi yuza va tekislik nuqtalari koordinatalarining o'zaro aloqasini o'rnatadi, ya'ni kartografik to'r tanlaydi, kartografik to'r quriladi, so'ngra ularning masshtablari, o'lchashlari, kartalarning komponovkalarini aniqlash geometrik jabhalari, chizilishi va nomenklaturasi haqidagi barcha masalalar hal qilinadi.

Shunday qilib, matematik kartografiyaning katta qismini kartografik proyeksiyalar nazariyasi egallaydi. Kartografik proyeksiyalarni yaratish qadim o'tmishda boshlangan. Bunda Yerning sharsimonligi haqidagi tasavvur asos bo'lgan. O'tmishning buyuk olimlari bu masalani hal qilishga katta hissa qo'shganlar. Mutafakkir Fales Miletskiy (er. oldingi 625-547) yulduzli osmon kartasi uchun gnomonik proyeksiyani tuzgan. Eritesfen Kirenskiy (eramizdan oldingi 276-194) teng oraliqli silindrik proyeksiyada quruqlik tasvirlangan kartani tuzdi. Matematik va astronom Apolloniy Pergayosga (er.old.

260–170) ortografik proyeksiya ma'lum edi. Buyuk astronom Gipparx (er.old. 160–125) ortografik va stereografik proyeksiyalarni qo'llab, geografik koordinatalarni keltirib chiqargan va aniq kartalar uchun kengliklari va uzoqliklari o'lchangan tayanch punktlarining kerakligini birinchi bo'lib ko'rsatgan. Klavdiy Ptolomey (er. old. 90-160-yillar atrofida) psevdokoniusli proyeksiyani tuzdi, boshqa proyeksiyalarni qo'lladi va koniusli proyeksiyalarni tuzish usulini ishlab chiqdi.

XI asrda vatandoshimiz Abu Rayhon Beruniy sharsimon globular proyeksiyasini yaratdi. XV asrda dengiz sayyohi – Genrix kvadrat-silindrlil proyeksiyani qayta tikladi. Hindistonga g'arbiy dengiz yo'lini izlash sababli Paolo Toskanelli psevdosilindrlil kartani yaratdi. Buyuk kartograf G.Merkator (Gerard Kremer, 1512-1594) dunyo kartasi uchun teng burchakli silindrik proyeksiyani qo'lladi, bu keyinchalik uning nomi bilan ataldi.

XVII–XVIII asrlarda geodeziya fani gurkirab rivojlandi. O'tkazilgan keng geodezik o'lchashlar va topografik plan tuzish ishlari kartografik proyeksiyalar nazariyasining rivojlanishiga ko'maklashdi.

Nemis olimi T.G.Lambert (1728–1777) teng burchakli proyeksiyalar nazariyasini tuzdi. Peterburg fanlar akademiyasi a'zosi L.Eyler (1707–1783) teng kattalikdagi proyeksiyalarni o'rgandi. Nemis matematigi K.F.Gauss (1777–1855) bir yuzaning boshqasiga aks etish nazariyasini ishlab chiqdi. Fransuz olimi N.A.Tisso (1824–1897) kartografik proyeksiyalarda xatoliklar umumiy nazariyasini yakunlangan ko'rinishida bayon qildi. Rus matematigi P.L.Chebishev (1821-1894) 1856-yilda «eng foydali» proyeksiya haqidagi muhim nazariya bilan chiqdi.

Qo'llanmada matematik kartografiya fanini o'rganadigan oliy o'quv yurtlari va kollejlarda talabalari uchun zarur bo'lgan ma'lumotlar, ularning turlari, xilma-xilligi, usullari tegishli misollar bilan qisqa va lo'nda tushuntirishga harakat qilindi.

O'quv qo'llanmada bir qator xorij olimlarining so'nggi yillarda chop etgan ilmiy izlanishlari va internet ma'lumotlardan atroflicha foydalanildi.

Shu o'rinda mualliflar, kitob yuzasidan qimmatli maslahat bergan, taklif va mulohazalar bildirgan Toshkent irrigatsiya va melioratsiya instituti (TIMI) Geodeziya va yer kadastri kafedrası dotsenti, texnika fanlari nomzodi, dotsent I. M. Musayevga minnatdorchilik bildiradilar.

O'quv qo'llanma shu sohada o'zbek tilida yozilgan ilk kitob bo'lgani va qisqa fursatda nashrga tayyorlangani uchun kamchiliklardan forig' emas. Shu bois mualliflar kitob haqida bildirilgan barcha fikr va mulohazalarni mamnuniyat bilan qabul qiladilar.

## **1- BOB.**

### **KARTALARNING GEODEZIK ASOSLARI**

Kartografiya fani geodeziyadan, avvalambor, kartografiyalanuvchi jismlarning matematik modellari haqidagi ma'lumotlarni oladi. Bu jismlarning shakli va hajmini tavsiflovchi parametrlar, parallellar va meridianlar yoyi uzunligi, trapetsiyalar maydonini hisoblash va kartalarni yaratish va proyeksiyalarini tuzish bilan bog'liq bo'lgan kerakli hisob-kitoblarni bajarish imkonini beradi. Shuningdek, geodezik koordinatalar tizimi qo'llanilib, joyda nuqta koordinatalarini saqlovchi bo'lib hisoblangan. Geodezik to'rlar shoxobchalari katta ahamiyatga ega. Shu shoxobchalar asosida topografik syomka ishlari bajariladi va topografik kartalar yaratiladi. Mavzuli kartalarning yaratilishida topografik kartalar asos bo'lib xizmat qiladi.

Asteroidlar, kometa yadrolari va ba'zi sayyoralarning yo'ldoshlaridan tashqari, kartografiyalanuvchi jismlarning figuralari, odatda, matematik to'g'ri jismlar bilan approksimatsiyalanishi, ko'pincha shar yoki aylanish ellipsoidi bo'lishi mumkin. Bunday jism yuzasi nisbiylik yuzasi yoki referens-yuza deb ataladi. Aynan nisbiylik yuzasi tanlangan kartografik proyeksiyada tekislikka loyihalanadi.

Uch o'qli ellipsoid kartografiyalash uchun kam qo'llaniladi, chunki uning qo'llanilishi aniqlanmagan murakkab hisoblar bilan biriktirilgandir. Odatda, uni sayyoralarning ba'zi yo'ldoshlarini kartografiyalash uchun qo'llaydilar. Masalan, Mars yo'ldoshi Fobos shularning biridir. Noto'g'ri shaklli jismga kelsak, hozirgi vaqtda kartalarda ularning haqiqiy yuzasining vizuallashuvi g'oyalari kuzatilmoqda.

Kartografiyalanuvchi modelda nuqtaning holati geografik koordinatalar-kenglik va uzoqlik bilan aniqlanadi. Kenglik ekvatorida 0 dan Shimoliy qutbda  $+90^\circ$  gacha va Janubiy qutbda  $-90^\circ$  gacha hisoblanadi.

Uzoqlik hisobi boshlang'ich meridiandan 0 dan sharqiy yo'nalishda  $+180^\circ$  gacha va g'arbiy yo'nalishda  $-180^\circ$  gacha olib boriladi. Keyinchalik uzoqlik hisobining aynan shu tizimi qo'llaniladi. Ba'zan uzoqliklar sharqiy yoki g'arbiy yo'nalishda 0 dan  $360^\circ$  gacha hisoblanadi.

Xalqaro astronomiya ittifoqi planetografik uzoqliklarni osmon jismlariga qarama-qarshi yo'nalishda hisoblashni tavsiya etadi.

Sharli model holatida sferik kenglik va uzoqlik, ellipsoidli aylanish holatida esa ellipsoidli koordinatalar qo'llaniladi.

Ellipsoidli koordinatalar, o'z navbatida, ellipsoid markaziga tegishli geosentrik va geodezik kenglik va uzunliklarga bo'linadi. Asosiysi geodezik koordinatalar hisoblanadi.

## **1-§. KARTOGRAFIYALANUVCHI JISMLARNING SHARSIMON MODEL**

Ko'plab kartografiyalanuvchi jismlar shar bilan approksimatsiyalanishi mumkin. Agar Yer globusini ekvatorial diametri 1m qilib tayyorlansa, u holda uning qutbiy diametri hammasi bo'lib 3,4 mm ga qisqa bo'ladi. Ko'plab sayyoralar yuzasidagi notekisliklar o'lchamlari ularning sferalari diametrlaridan ancha kichikdir.

Shunday, Yer holatida ham kartografiyalanuvchi yuza relyefi parametrlarining maksimal kattaligi, tog'larning balandligi va chuqurliklar sayyoraning hajmiga nisbatan katta emas. Agar yana Yer diametrini 1 m gacha kichraytirsak, u holda ancha silliq yuzali shar hosil bo'ladi.

Yerdagi Marianna novi, 0,9 mm chuqurcha bo'ladi, Everest esa 0,7 mm li balandlikni hosil qiladi. Sharining shakli va o'lchamlari

uning radiusi bilan aniqlanadi. 1-jadvalda Quyosh sistemasi sayyorolari uchun shar radiuslari qiymatlari keltirilgan. Yerning aylanish o'qi bilan yoki boshqa kosmik jismga mos ravishda moslashtiriluvchi sharning diametri, qutbiy aylanish o'qi deb qabul qilinadi. Sharning markazi orqali uning aylanish o'qidan perpendikular o'tuvchi tekislik ekvator tekisligini hosil qiladi. Shardagi nuqta holatini aniqlovchi asosiy koordinatalar sferali kenglik va uzoqlik hisoblanadi (1-rasm).

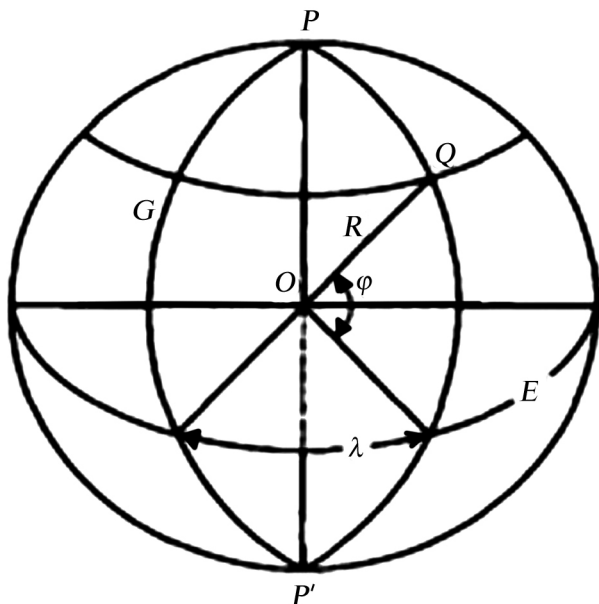
Sferik kenglik  $\varphi$ -burchak, ekvator tekisligi va berilgan nuqtaning normal chizig'i orasidagi burchakdan iborat.

*1-jadval*

**Quyosh sistemasi sayyolarining radiuslari va yarim o'qlari**

Sayyolar	Shar radiusi R, km	Ekvatorial radius a, km	Qutbiy radius b km
Merkuriy	2439,7	2439,7	2439,7
Venera	6051,8	6051,8	6051,8
Yer	6371,00	6378,14	6356,75
Mars	3390	3397	3375
Yupiter	69 911	71492	66 854
Saturn	58232	60268	54 364
Uran	25 362	25 559	24 973
Neptun	24 622	24 764	24 341
Pluton	1195	1195	1195

Sferaga bo'lgan normal uning radiusiga to'g'ri keladi, kenglik shar radiusi o'rtasidagi markaziy burchakka teng. **Ekvator tekisligi** ekvator bo'ylab shar yuzasini kesib o'tadi. Ekvatorga parallel bo'lgan tekisliklar tizimi shar yuzasini kesib o'tib, unda **parallellarni** hosil qiladi. Istalgan meridianning tekisligi sharning aylanish o'qi orqali o'tadi.



**1-rasm.  $R$ -radiusli shar nuqtalarining geografik koordinatalari:**

$\varphi$ -sferik kenglik;  $\lambda$ -sferik uzoqlik;  $P, P'$ -geografik qutblar;

$G$ -Grinвич (boshlang'ich) meridiani;  $E$ -ekvator.

$Q$  -yer yuzidagi berilgan nuqta.

**Sferik uzoqlik  $\lambda$**  berilgan nuqta meridianning tekisligi va boshlang'ich (Grinвич) meridiani o'rtasidagi ikki qirrali burchak bilan aniqlanadi. Shardagi meridian va parallellar to'ri geografik to'rni yaratadi.

**Parallellar va meridianlar yoyi.** Sferada parallel aylana yoyi hisoblanadi. Uning radiusi ( $r$ ) kenglikka bogʻliq va

$$r = R \cos \varphi \text{ ga teng.}$$

$\lambda_1$  va  $\lambda_2$  boʻlgan uzoqlikka teng boʻlgan, ikkita nuqta oʻrtasidagi parallel yoyi uzunligi ( $s$ )

$$s = r(\lambda_2 - \lambda_1) \text{ ga teng.}$$

Uzoqliklar farqi radianli oʻlchamlarda ifodalangan.

Meridianlar – aylana yoyidir, ularning radiusi shar  $R$  radiusiga teng. Radianlarda ifodalangan ekvator va kenglik  $\varphi$  paralleli oʻrtasidagi meridian ( $S$ ) yoyi uzunligi uchun

$$S = R\varphi \text{ ga ega boʻladi.}$$

**Sferik trapetsiya maydoni.** Teng kattalikdagi proyeksiyalarni qurishda matematik kartografiyada sferik trapetsiya maydoni qoʻllaniladi, u sharda ekvatorida, berilgan kenglik  $\varphi$  paralleli va ikkita meridian bilan cheklangan, ularning uzoqliklari farqi bir radianga teng. Bu maydon ( $P$ ) qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$P = R^2 \sin \varphi.$$

Sharli model ancha oddiy va muhim amaliy ahamiyatga ega. Bu model Yerni kichik masshtabli kartografiyalashda qoʻllaniladi. U, shuningdek, oraliq yuza sifatida ham qoʻllaniladi, unda «qoʻsh loyihalash» usuli deb ataladigan kartografik proyeksiyani tuzishda dastlab yer ellipsoidi tasvirlanadi. Sfera yuzasi murakkab shaklga ega boʻlgan jismlarni kartografiyalashda qoʻllaniladi. Bunday holatda sfera ushbu jism modeliga tushiriladi. Undan kartografiyalanuvchi yuza balandligi hisoblanadi.

## 2-§. KARTOGRAFIYAGA MANSUB JISMLARNING SFERASIMON MODELI

O'zgarmas o'q atrofida aylanuvchi katta jismlarning aniqroq modeli **sferoid** hisoblanib, u zarralarining o'zaro tortishish kuchi ta'siri ostida bo'lgan jism qabul qiluvchi figuradir. Qutb o'qi bo'ylab kichik siqilishli aylanish ellipsoidi eng oddiy sferoidlar hisoblanadi.

**Aylanish ellipsoidi** – geometrik jism bo'lib, ellipsning kichik o'qi atrofida ellipsning aylanishidan hosil bo'ladi. Agar sferani faqat bitta parametr-radiusi aniqlasa, u holda aylanish ellipsoidini ikkita parametr tavsiflaydi. Asosiy parametr bo'lib ellipsoidning katta ekvatorial yarim o'qi  $a$  hisoblanadi. Ikkinchi parametr sifatida ko'pincha qutbiy siqilish  $\alpha$  yoki meridianli ellips eksentritetlarining birinchi ( $e$ ) yoki ikkinchi ( $e'$ ) yoki qutbiy kichik yarim o'q  $b$  qo'llaniladi. Aytilgan kattaliklar quyidagicha o'zaro bog'liqdir:

$$\alpha = (a - b)/a; \quad e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}; \quad (e')^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2};$$

$$b = a(1 - \alpha) = a \sqrt{1 - e^2}; \quad \alpha = 1 - \sqrt{1 - e^2}; \quad e^2 = \alpha(2 - \alpha).$$

Quyosh sistemasi sayyorolari uchun aylanish radius va yarim o'qlari ellipsoidlari parametrlarining qiymatlari 1-jadvalda, tarqalgan yer ellipsoidlari uchun esa 2-jadvalda ko'rsatilgan.

Bu yer ellipsoidlarining aylanishlari yaxshi ma'lumdir. **Delambra** ellipsoidi bo'yicha, Parij meridiani uzunligining qirq milliondan bir qismiga teng bo'lgan metr uzunligi keltirib chiqarilgan. **Valbek** ellipsoidi XIX asrda Rossiyada qo'llanilgan, Eyri ellipsoidi Buyuk Britaniyada kiritilgan, **Everest** ellipsoidlari Hindistonda qo'llanilgan, **Bessel** ellipsoidi Yevropa va Osiyo mamlakatlarida qo'llanilgan. Shimoliy va Markaziy Amerika mamlakatlarida esa 1866-yil **Klark**

ellipsoidi kiritilgan. Osiyo, Afrika va Markaziy Amerikaning ba'zi mamlakatlarida 1880-yildan boshlab **Klark** ellipsoidi qo'llanildi. Amerikalik geodezist Xeyfordning ellipsoidi 1924-yilda Madridda xalqaro miqyosda tan olinib, Yevropa, Osiyo va Janubiy Amerika mamlakatlarida va hattoki Antarktidada qo'llanilgan. Biroq uning hajmi yetarlicha to'g'ri aniqlanmagan va u hozirgi sharoitda xalqaro umumiyer ellipsoidi sifatida qo'llanila olmaydi.

*2-jadval*

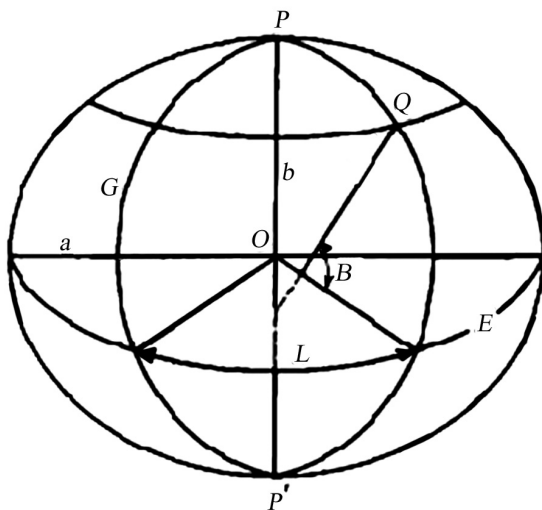
**Asosiy yer ellipsoidlari va ularning parametrlari**

Ellipsoid	Yil	Katta yarim o'q a, m	Siqilish $\alpha$
Delambra	1800	6 375 653	1/334
Valbek	1819	6 376 896	1/303
Eyri	1830	6 377563	1/299,3250
Everest	1830	6 377276	1/300,8017
Bessel	1841	6 377397	1/299,15
Klark	1866	6 378 206	1/294,98
Klark	1880	6 378249	1/293,46
Xeyford	1909	6 378388	1/297
Krasovskiy	1940	6 378245	1/298,3
Avstraliya	1965	6 378160	1/298,25
GRS-67	1967	6 378160	1/298,2472
WGS-72	1972	6 378 135	1/298,26
GRS-80	1979	6 378 137	1/298,25722
WGS-84	1984	6 378 137	1/298,25722
PZ-90	1990	6 378 136	1/298,25782

**Krasovskiy** ellipsoidi sobiq SSSRda geodezik va kartografik ishlar uchun 1940-yili tasdiqlangan. Bu ellipsoid va uning parametrlari olim F.N. Krasovskiy (1878-1948) va uning shogirdi A.A. Izotov

(1907-1988) tomonidan hisoblangan. Krasovskiy ellipsoidi bugungi kungacha MDH mamlakatlarida qoʻllanilmoqda.

XIX asrning 60–70-yillarida xalqaro astronomiya ittifoqi tomonidan tavsiya qilingan **GRS-67** va **WGS-72** ellipsoidlar parametrlari Avstraliya va uning atrofida, shu bilan birga Janubiy Amerikada qoʻllanilgan. Bu ellipsoidlar zamonaviy texnika yutuqlarining dastlabki avlodlaridir.



**2-rasm. a va b yarim oʻqli aylanish ellipsoidi nuqtalarining geodezik koordinatalari.**

*B- geodezik kenglik; L- geodezik uzoqlik; P, P' –geografik qutblar; G- Grinvich (boshlangʻich) meridiani; E- Ekvator. Q - yer yuzidagi berilgan nuqta.*

Hozirgi vaqtda zamonaviy aniqlik parametrlariga ega boʻlgan **GRS-80** Ellipsoid sistemasiga egamiz (Geodetic Reference System, 1980 – Geodezik referensli tizim 1980-y.). Uning asosida Yevropa, Shimoliy va Markaziy Amerika mamlakatlari, shuningdek, Avstraliyaning zamonaviy koordinata tizimlari yaratilgan. **WGS-84** (World Geodetic System, 1984-yil Jahon geodeziya tizimi) ellipsoidi dunyo

miqyosida tan olinib, yo‘ldoshli **GPS** Amerika global tizimi tufayli keng tarqaldi.

Kosmik apparatlarni qo‘llash bilan bog‘liq masalalarni yechish uchun Rossiyada **PZ -90** ellipsoidi qo‘llanilmoqda.

Ellipsoiddagi istalgan nuqtaning geodezik holati **kenglik** va **uzoqlik** bilan aniqlanadi ( 2-rasm).

Geodezik  $V$  kenglik - mazkur nuqtada yer ellipsoidi yuzasiga normal bilan va ekvator tekisligi orasida hosil bo‘lgan burchakdir. Geodezik  $L$  uzoqlik - mazkur nuqta tekisligi va boshlang‘ich meridian o‘rtasidagi ikki qirrali burchakdir.

Ellipsoiddagi meridianlar va parallellar to‘ri geografik to‘rni shakllantiradi.

Shardan farqli aylanish ellipsoidi bir nechta radiusga ega. Aylanish ellipsoidining eng muhim radiuslari quyidagilar:

**M** – meridian egrilik radiusi;

**N** – birinchi vertikal egrilik radiusi;

**R** – uning mazkur nuqtasida normal orqali o‘tuvchi turli tekisliklar bilan ellipsoidlarning kesishuvi bilan hosil bo‘lgan chiziq egriligining o‘rtacha radiusi;

**r** – parallel radiusi.

Aytilgan radiuslar quyidagi formulalar bo‘yicha hisoblanadi:

$$M = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 B)^{3/2}};$$

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}};$$

$$R = \sqrt{MN};$$

$$r = N \cos B.$$

Meridian radiusi meridianlar yoyi uzunligini hisoblash va shu yoylar bo'yicha kenglikni topish uchun qo'llaniladi. Birinchi vertikalning egrilik radiusi parallellar radiuslarini va o'rta radiuslarni hisoblash uchun kerak bo'ladi. Qutbda radiuslar  $M=N$ . Boshqa kengliklarda barcha radiuslardan eng kattasi  $N$ , eng kichigi esa –  $M$  dir. Shuning uchun meridian va birinchi vertikal radiuslari egrilikning **asosiy radiuslari** deb ham ataladi. O'rta radius ellipsoid yuzasini shar yuzasiga aylantirish bilan bog'liq bo'lgan masalalar yechimida qo'llaniladi.

### Parallellar va meridianlar yoylari

Aylanish ellipsoididagi parallel aylana hisoblanadi. Ikkala nuqta o'rtasidagi yoylarning uzunligi parallel radiusining  $r$  ko'paytmasiga teng:

$$s = r(L_2 - L_1).$$

Meridian ellipsni anglatadi. Uning yoylari uzunligining hisoblash ancha murakkab. Ekvatordan parallelgacha meridian yoyi uchun quyidagi formulaga egamiz:

$$S = \int_0^B M dB.$$

Bu integral sonli usul bilan yoki integralosti ifodasi qatoriga joylashtirish yo'li bilan yechiladi.

Matematik kartografiyada yoylar uzunligini hisoblash ko'pincha Krasovskiy ellipsoidining kartografik proyeksiyalarini tuzish yoki yangilash bilan bog'liq. Radianlarda ifodalangan Krasovskiy ellipsoidi va kengliklari uchun formula quyidagicha bo'ladi:

$$S = 6367558,5 B - \sin B \cos B (32005,6 + 134,6 \sin^2 B).$$

Yoylarni bu formula bo'yicha hisoblash xatoligi 0,2 m dan oshmaydi. S o'q belgisi bo'yicha B kenglikning ketma-ket yaqinlashuvini hisoblashda ham shu formuladan foydalaniladi. Bunda birinchi yaqinlashishda  $B = \beta$  deb qabul qilinadi, unda:

$$\beta = S/6367558,5.$$

**Sferoidli trapetsiya maydoni.** U ekvator, berilgan kenglik V paralleli va turli uzoqlikdagi ikkala meridianlar bilan cheklangan bo'ladi va ular quyidagi formulalar bilan hisoblanadi:

$$P=b^2/2\cdot[(\sin B/1-e^2\sin^2 B)+(1/2e\cdot 1n)(1-e\sin B)/1-e\sin B]$$

$$R=b^2(\sin B+2/3\ e^2\sin^3 B+3/5e^4\sin^5 B+4/7\ e^6\sin^7 B+...).$$

Yerning aniq figurasini uch o'qli ellipsoid namoyish etadi. Biroq kartografik ishlarda Yerning uch o'qli ellipsoididan uch o'qlilikning zaif ko'rinish va hisoblash formulalarining haddan ortiq murakkabligi sababli, u juda kam ishlatiladi.

### **3-§. ELLIPSOIDNI SHARNING YUZASI BILAN ALMASHTIRISH**

Barcha hollarda, aniqlik imkon berganda ellipsoid yoki uning qismlari sharning yuzasi bilan almashtiriladi. Bunday almashtirish mayda masshtabli kartografiyalashda juda dolzarbdir. Undan tashqari, aytib o'tganimizdek, matematik kartografiyada ikkilamchi loyihalash usuli qo'llaniladi, avval ellipsoid sharga proyeksiyalanadi, keyin esa shar tekis berilgan proyeksiyaga aks ettiriladi.

Ellipsoidni sharga proyeksiyalashda sharning radiusini tanlash va ellipsoidning kengligi V va uzoqligi L dan sharning kengligi  $\varphi$  va uzoqligi  $\lambda$  ga o'tish usulini tanlash masalasi kelib chiqadi. Odatda, ellipsoid shar bilan shunday moslashtiriladiki, ularning markazi ayla-

nish o‘qi va meridianlar boshlang‘ich tekisligi to‘g‘ri kelsin. Bunda ekvatorlar tekisligi va barcha meridian tekisliklari bir-biriga mos keladi va uzoqliklar o‘zgaras bo‘lib qoladi:

$$\lambda = L.$$

Faqat kengliklar o‘zgartiriladi. Bunda qutblarda va ekvatoridagi ularning qiymatlari o‘zgarasdan qoladi. O‘rta kengliklarda yaqinlashgan sari ular tez o‘zgaradi. Sferik kenglik qiymati va sharning radiusini tanlash ellipsoidning sharda aks ettirish usuli bilan aniqlanadi. Bunday usullarning bir nechtasi mavjud.

**Sferik aks etish.** Bu holatda sfera va ellipsoidning tegishli nuqtalarida normallar o‘zaro parallel joylashadi. Shuning uchun joriy sferik va geodezik kengliklar bir-biriga teng deb qabul qilinadi:

$$\varphi = B.$$

Katta bo‘lmagan hududlar uchun sharning radiusi kartaning markaziy nuqtasida o‘rtacha radiusga  $R$  tenglashtiriladi. Butun sayyoralar shar bilan almashtirilganda, uning radiusi quyidagi uchta qiymat o‘rtacha arifmetigidan hisoblanadi:

– ellipsoidning uchta yarim o‘qining o‘rtachasiga teng sharning radiusidan;

– ellipsoid yuzasining maydoniga teng shar radiusidan;

– hajmi ellipsoid hajmiga teng shar radiusidan.

Yer uchun sharning o‘rtacha radiusi  $R = 6371\text{km}$ . Chiziqli o‘lchamlari hajmi, yuza maydoni va hajmiga ko‘ra bunday radiusli shar yer ellipsoidiga yaqindir. Bu sharda ekvator va qutb o‘rtasidagi meridian yoyi 5,6 km ga (0,05%) uzunroqdir, chorak ekvatorning yoyi esa aylanish ellipsoidiga nisbatan 11,2 km ga (0,1%) qisqaroqdir. Bunday xatoliklar mayda masshtabli geografik kartalarda namoyon bo‘lmaydi.

**Teng burchakli aks etish.** Ellipsoiddan burchaklar sharga xatoliksiz ko‘chiriladi. 1807-yilda taklif qilingan Molveyde usulida sharning radiusi ellipsoidning katta yarim  $\alpha$  o‘qiga tenglashtiriladi. Kengliklar  $\varphi$  radianlarda quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\varphi = B - \alpha \sin^2 B + \beta \sin 4B;$$

$$\alpha = \frac{e^2}{2} + \frac{5e^4}{24} + \frac{3e^6}{32} + \dots; \quad \beta = \frac{5e^4}{48} + \frac{7e^6}{80} + \dots$$

Krasovskiy ellipsoidi uchun burchak sekundlarga aylantirilgandan ko‘chirishdan keyin  $\alpha = 692,234''$ ,  $\beta = 0,963''$  deb olinadi. Uzunliklarning maksimal xatoligi qutblarda hosil bo‘ladi va u 0,3% ni tashkil etadi. Ellipsoid va sharning kenliklar bo‘yicha eng katta farqi  $45^\circ$  - parallelda bo‘lib u  $11' 32,23''$  ni tashkil etadi. Bu degani, sharda mazkur parallel uning ellipsoiddagi holatiga nisbatan ekvatorga 21,4 km ga siljiganligini bildiradi.

**Teng kattalikdagi aks etish.** Shardagi obyektlar maydoni ellipsoiddagi mos maydonlarga tengdir. Sferik kenglik radianlarda quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\varphi = B - \alpha \sin 2B + \beta \sin 4B;$$

$$\alpha = \frac{e^2}{2} + \frac{31e^4}{180} + \dots; \quad \beta = \frac{17e^4}{360} + \dots$$

Krasovskiy ellipsoidi uchun burchak sekundiga aylantirilgandan so‘ng  $\alpha = 461,797''$ ,  $\beta = 0,436''$  kelib chiqadi. Shar radiusi esa shar va ellipsoidlarni yuza maydonlarining tengligi sharti bilan quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$R = a \left( 1 - \frac{e^2}{6} - \frac{17e^4}{360} - \frac{201e^6}{9072} - \dots \right).$$

Krasovskiy ellipsoidi uchun bunday sharning radiusi 6371116 m ni tashkil etadi. Uzunlik va burchaklarning maksimal xatoligi o'zgarishi ekvator nuqtalarida hosil bo'ladi va 0,1% va 3,8' ni tashkil etadi. Kengliklarning eng ko'p uzoqlashuvi 45° parallelda bo'ladi va u 7' 43,8" ga teng. Bu parallel sharda taxminan 14,3 km ga ekvator tomonga siljiydi.

**Teng oraliqli aks etish.** Ellipsoidni sharga proyeksiyalash ikki xil usulda: meridianlar yoki parallellar uzunligini saqlab bajarilishi mumkin. Agar meridianlar uzunligi sharda ellipsoiddagi  $S$  qiymatlariga teng bo'lib qolsa, unda sferik kenglikning  $\varphi$  radianlarda va sharning radiusi  $R$  quyidagi formulalar yordamida hisoblanadi:

$$\varphi = S/R;$$

$$R = \frac{a}{1+n} \left( 1 + \frac{n^4}{4} + \frac{n^4}{64} + \dots \right); \quad n = \frac{a-b}{a+b}.$$

Krasovskiy ellipsoidi holatida  $R = 6\,367\,558,5$  m ga teng.

Agar ellipsoid sharga shunday proyeksiyalansa, ya'ni shardagi parallellar uzunligi ellipsoiddagi tegishli parallellar uzunligiga tenglashsa, bu holatda sharning radiusi aylanish ellipsoidining katta yarim o'qiga ( $a$ ) tenglashadi. Sferik kengliklar esa quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\operatorname{tg} \varphi = \sqrt{1 - e^2} \operatorname{tg} B.$$

Parallellarning siljish kattaligi kartalarning qaysi masshtablarida nuqtalar kengligini hisoblash kerak, yoki bo'lmasa qaysisida buni bajarish shart emasligini ko'rsatuvchi omil bo'lib xizmat qiladi. Masalan, parallellarning eng katta siljishlar proyeksiyalashning ikkita birinchi usulda sodir bo'ladi. Yer holatida aytib o'tilganidek, ular 21,4 km ga yetadi. 1:20 000 000 masshtabli kartada bu 1,07 mm ni tashkil etadi.

Butun dunyoni yoki uning bir qismini tasvirlovchi mayda masshtabli kartalarda ellipsoidni sharga almashtirish tufayli xatoliklar

sferik yuzadan tekislikka o'tishda hosil bo'luvchi xatolikdan nisbatan kichik bo'ladi. Masalan, oliy maktablar uchun mavzuli dunyo kartasida 1:1500 000 masshtabda ekvator -ellipsoidning sfera bilan almashtirilishi sababli 0,1% ga va sferaning tekislikda aks etish tufayli 15,7% ga qisqargan.

#### **4-§. SHARNING SHARDA AKS ETISHI**

Kartografik proyeksiyalarni konstruksiyalashning ba'zi hollarida boshlang'ich sharni tasvirlashdan foydalaniladi. Masalan, Yer sharini boshqa oraliq sharga. Gilbertning usuli sharni sharga proyeksiyalashga misol bo'la oladi (3-rasm). Butun Yer shari teng burchaklilik shartida yangi sferaning bitta yarim shariga proyeksiyalangan. Bunda uzoqlik va kenglik quyidagi formulalar bo'yicha hisoblanadi, yangi shar nuqtalari uchun koordinatalar shtrix bilan belgilangan:

$$\lambda' = \lambda/2; \quad \sin \varphi' = \operatorname{tg} \varphi/2.$$



**3-rasm. Butun Yer shari bitta yarimsharda tasvirlangan.**

## 5-§. QUTBLI SFERIK KOORDINATALAR

Sharda meridianlar va parallellarning geografik to‘ri, ekvator va geografik qutblar o‘rniga qator hollarda sferik qutbli koordinatalarni qo‘llash qulay hisoblanadi. Buning uchun sferada koordinatalarning qutbli tizimi qutbi deb, polusini qabul qilinuvchi nuqta tanlanadi. Qisqacha qilib aytganda, uni shartli qutb deb ataymiz. Qutbdan  $90^\circ$  ga orqada qoluvchi sferadagi katta aylana yoyi shartli ekvator deb qabul qilinadi. Bu qutb bilan ekvatorga nisbatan koordinata chiziqlarining yangi to‘ri quriladi, ularni biz shartli parallel va meridianlar deb ataymiz.

Geografik to‘rli globusga shaffof sfera tortilgan deb tasavvur qilaylik. Bu sferada yana qutb, ekvator mavjud, meridian va parallellarining geografik to‘ri qurilgan. Shaffof sferani aylantirib, uning qutbi, to‘ri va ekvatorini globusdagi geografik to‘rga nisbatan siljitamiz. Endi globusdagi har qanday nuqtaning holatini yangi sferik koordinatalar bilan aniqlash mumkin: shaffof sfera to‘rlariga nisbatan hisoblanuvchi shartli kenglik  $\varphi$  va shartli uzoqlik  $\lambda$ .

Shartli kenglik o‘rniga uni **zenitli masofa ( $Z$ )** deb nomlanuvchi to‘g‘ri burchakkacha uni to‘ldiruvchi qo‘llaniladi ( $Z$ ). Agar shartli kenglik shartli ekvator va sfera radiusi o‘rtasidagi burchak bilan aniqlansa, unda zenitli masofa bu radius va koordinatalarning qutbli tizim qutbiga bo‘lgan yo‘nalish o‘rtasidagi burchakka tengdir. Shuning uchun kenglik va zenitli masofa har doim bir-birini to‘g‘ri burchakkacha to‘ldiradi:

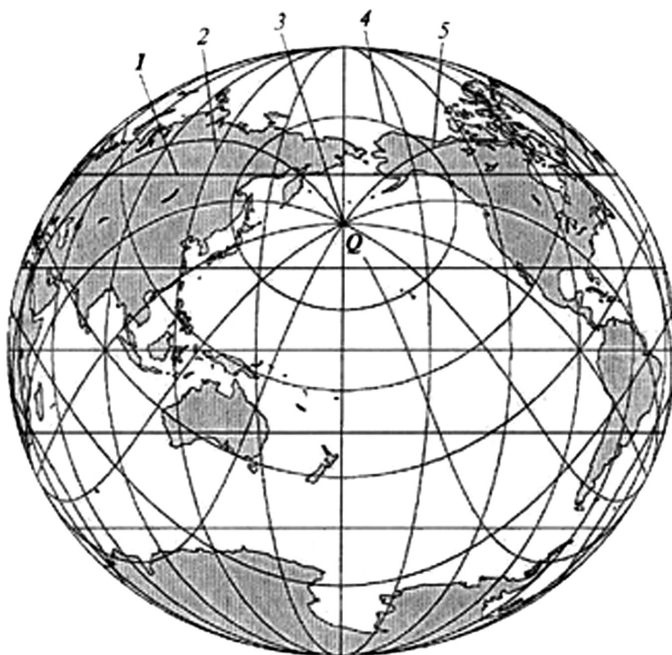
$$\varphi + Z = \pi/2.$$

Har bir shartli parallel zenitli masofaning doimiy qiymatiga to‘g‘ri keladi. Uni yana almukantarat-zenitli masofaning **teng chizig‘i** deb ham atashadi. Har bir shartli meridian ba’zi azimut ( $a$ ) ostida shartli

qutbdan kelib chiqadi. Uni vertikal deb atashadi. Bu azimutni shartli uzoqlik yoki uni belgilovchi kattalik kabi qabul qilish mumkin.

Almukantaratlar va vertikkallar to'ri meridianlar va parallel-larning siljigan to'ri kabi qarash mumkin. Unda geografik qutb koordinatalarning qutbli sferik tizimi qutb holatiga joylashtirilgan bo'ladi.

Shartli qutbning joylashish kengligidan qat'i nazar koordinatalarning bir nechta tizimi mavjud:



**4-rasm. Qiyshiq qutbiy koordinata sistemalarining geografik va yordamchi to'rlari.**

*1 – parallel; 2 – meridian; 3 – qutb, qiyshiq koordinata sistemalarining  $\sigma$  qutbi (sananing o'zgarishi va  $45^\circ$ -parallellar kengligining meridianda joylashuvi); 4 – almukantarat; 5 – vertikal.*

– **normal koordinatalar tizimi** - qutbli sferik koordinatalar tizimi; uning qutbi geografik qutb bilan moslashtirilgan;

– **ko‘ndalang koordinatalar tizimi** – qutbli sferik koordinatalar tizimi, uning qutbi ekvatorida joylashgan;

– **qiyshiq koordinatalar tizimi** – qutbli sferik koordinatalar tizimi, uning qutbi geografik qutb va ekvator o‘rtasida joylashgan bo‘ladi.

Shunga mos ravishda kartografik proyeksiyalar **normal, bo‘ylama yoki ko‘ndalang** bo‘ladi.

Geografik to‘r, almukantaratlar va vertikkallar to‘ri shartli meridianlar va parallellar 4-rasmda ko‘rsatilgan.

Joriy nuqtaning, shartli kengliklari  $\varphi'$  va zenitli masofani  $Z$  o‘rta meridiandan hisoblanuvchi uning geografik kengligi  $\varphi$  va uzoqligi  $\lambda$  quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$\sin\varphi' = \sin\varphi_0\sin\varphi + \cos\varphi_0\cos\varphi\cos\lambda;$$

$$Z = \pi/2 - \varphi'.$$

Bu yerda  $\varphi_0$  - shartli qutbiy kenglik.

Joriy vertikal azimuti  $\lambda$  quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$tga = \frac{\cos\varphi\sin\lambda}{\cos\varphi_0\sin\varphi - \sin\varphi_0\cos\varphi\cos\lambda}.$$

Azimut qiymatini to‘g‘ri aniqlash uchun shuni unutmaslik kerakki, formulada ko‘rsatilgan suratdagi ishoralar  $\sin \lambda$  ning ishorasiga maxrajdagi ishoralar  $\cos \alpha$  ning ishorasiga to‘g‘ri keladi. Shuning uchun azimutini hisoblashda quyida keltirilgan qoidalardan foydalanish kerak:

Ishora		Azimut
suratda	maxrajda	
+	+	$\arctg \alpha$
+	–	$\pi + \arctg \alpha$
–	–	
–	+	$2\pi + \arctg \alpha$

Ba'zan kartada aralash kartografik to'rtburchikni qurish zarurati tug'ilishi mumkin, ya'ni shartli meridianlar va parallellar to'rtburchigini, masalan, agar geografik qutb u yoki bu sabab tufayli o'z holatini o'zgartirgan hollarda meridianlar va parallellarning qanday joylashuvini ko'rish muhimdir. Shuning uchun shartli kenglik  $\varphi'$  bs azimutlarning  $\alpha$  berilgan qiymatlardagi joriy nuqtalarning kenglik bs azimutlarning  $\alpha$  berilgan qiymatlardagi joriy nuqtalarning kenglik bs uzoqliklarini hisoblash uchun formulalar kerak.

Agar sferada geografik va shartli qutblar joyini almashtirsak, unda mos keluvchi meridianlar va parallellar turlari ham o'z joylarini almashtiradi.

Masalan, agar 4-rasmda geografik polusni koordinatalar qutbiy tizimi qutbi o'rtiga joylashtirsak, u holda geografik to'rtburchikning ko'rinishi vertikal va almukantaratlarining yordamchi to'rtburchigiga bo'lgan ko'rinishga ega bo'ladi. Shuning uchun masalani yechishda  $\varphi$  va  $\varphi'$  kengliklarni, shuningdek, azimutlar va uzoqliklarni  $\lambda$  o'zaro almashtirish kerak.

Bir qator qiyshiq proyeksiyalarda shartli qutb geografik qutbdan keyingi o'rta meridian davomidan joylashtiriladi, ya'ni meridian  $180^\circ$  ga siljiriladi.

$\varphi'$  (Z) va  $a$  ni hisoblash uchun keltirilgan formulalardan foydalanish mumkin, unda  $a$ 'zo oldidagi ishora o'zgartiriladi. Bunday holda azimut  $\alpha$  geografik qutb va joriy nuqta yo'nalishi orasidagi shartli qutbiy burchakni aniqlaydi. Uni berilgan shartli meridianning shartli uzoqligi deyishimiz mumkin.

### **Nazorat savollari**

1. Matematik kartografiya nimani o'rganadi?
2. Kartalarning geodezik asosi deganda nima tushuniladi?
3. Matematik kartografiyada qanday geodezik elementlar qo'llaniladi?
4. Kartalarni tuzish uchun qanday nisbiylik yuzasi qo'llaniladi?
5. Yerning sharli modeli qachon qo'llaniladi?
6. Qanday parametrlar sferoidli modelni aniqlaydi?
7. Kartografiyalashda aylanish ellipsoidining qanday egrilik radiuslari qo'llaniladi?
8. Sferik uzoqliklar va kengliklar geodezik uzoqliklar va kengliklardan nimasi bilan farq qiladi?
9. «Geografik to'r» deganda nima tushuniladi?
10. Sferada va aylanish ellipsoidida parallellar va meridianlarning yoy uzunliklari qanday va qay maqsadlarda aniqlanadi?
11. Uzoqliklarning farqi bir radian bo'lgan sferik va sferoidik trapetsiyalar maydoni nima uchun kerak?
12. Qaysi maqsadlarda ellipsoid sharga proyeksiyalanadi?
13. Nima uchun uzoqliklar ellipsoiddan sharga o'tishda qayta hisoblanmaydi? Qaysi holatlarda kengliklar ham qayta hisoblanmaydi?
14. Gilbertning «Ikki olam» proyeksiyasi qanday topilgan?
15. Qaysi maqsadlarda shartli qutb, shartli ekvator tanlanadi va almukantaratlar va vertikalalar to'ri quriladi?

16. Qutbli sferali koordinatalarning normal egri va ko'ndalang tizimlarida shartli polus qayerda joylashadi?

17. Zenitli masofa va shartli kenglik o'zaro qanday bog'liq?

18. Joriy nuqta uchun almukantaratning zenitli masofasini va vertikal azimutini hisoblash uchun qanday ma'lumotlar kerak?

## 2-BOB.

### KARTALARNING MATEMATIK ASOSLARI ELEMENTLARI

Kartalarning matematik asoslarini *matematik elementlar* yig'indisi tashkil etadi.

***Matematik element** – bu obyektiv reallik va kartani kartografiyalash modeli o'rtasida aloqani o'rnatuvchi va uni tuzish yoki qo'llashda ishlatiladigan elementdir.*

Kartalarning matematik elementlariga ularning masshtabi, kartografik proyeksiyasi, kartografik to'r, koordinatalar to'ri, karta ramkasi, proyeksiyasining o'q meridiani kiradi. Kartalarning matematik elementlariga, shuningdek, tayanch nuqtalar, kartada tasvirlangan joy obyektlari, aniq koordinatalar kirishi mumkin. Tayanch punktlarga geodezik punktlar, kartadagi aniq obyektlar, masalan, yo'l kesishmalari, orollar, ko'llar va boshqalar tayanch nuqtalari bo'lishi mumkin.

Tayanch nuqtalarining yig'indisi kartaning tasvirlanuvchi joy bilan matematik aniq aloqasini o'rnatishga imkon beradi.

### 6-§. KARTALAR MASSHTABI

Masshtablar asosiy, qisman va vaqtinchalik turlarga bo'linadi.

***Uzunlikning bosh masshtabi** –ellipsoid yoki sharning kartada tasvirlanishda chiziqli qiymatlarining necha marta kichrayganligini ko'rsatuvchi nisbatdir.*

Kartada uzunligi asosiy masshtabda tasvirlangan parallellar asosiy parallellar deb ataladi. Ular ba'zi proyeksiyalarni qurishda katta ahamiyat kasb etadi.

Maydonlarning asosiy masshtabi- ellipsoidning yoki sharning uni kartada tasvirlanishda hajmi qanchaga kamayganini ko'rsatuvchi munosabatdir.

Maydonlarning asosiy masshtabi uzunliklarning bosh masshtabi kvadratiga teng. Kartada u yozilmaydi. Kartada u faqat alohida nuqtalarda yoki chiziqlarda saqlanadi. Biroq alohida hollarda teng kattalikdagi loyihalar mavjud bo'lib, maydonlarining asosiy masshtabi butun kartada o'zgarmasdan qoladi.

Maydonlarning bosh masshtabining uzunliklarning bosh masshtabidan farqi ana shundadir.

**Asosiy masshtab** juda muhim matematik element hisoblanadi. U kartani tayyorlash funksiyasi va uning asosiy material bilan ta'minlanganligi hisoblanadi.

Kartalar yirik, o'rta va mayda masshtabli bo'ladi. Har bir hududiy darajaga bosh masshtablarning ba'zi optimal diapazoni to'g'ri keladi.

Mayda masshtabli kartalar tabiat zonalarini, tog' tizmalarini, planetalar tuzilishlarini kuzatish uchun qulaydir. O'rta masshtabli kartalar materik va okeanlarni rayonlashtirish, yirik halqa tuzilishlarni, lineamentlarni topish uchun yaxshidir. Yirik masshtabli kartalar landshaftlar, oddiy tuproq zonalarining, mikrorelyef, mikroiklim tuzilishi va hokazolarni batafsil o'rganish uchun qo'llaniladi.

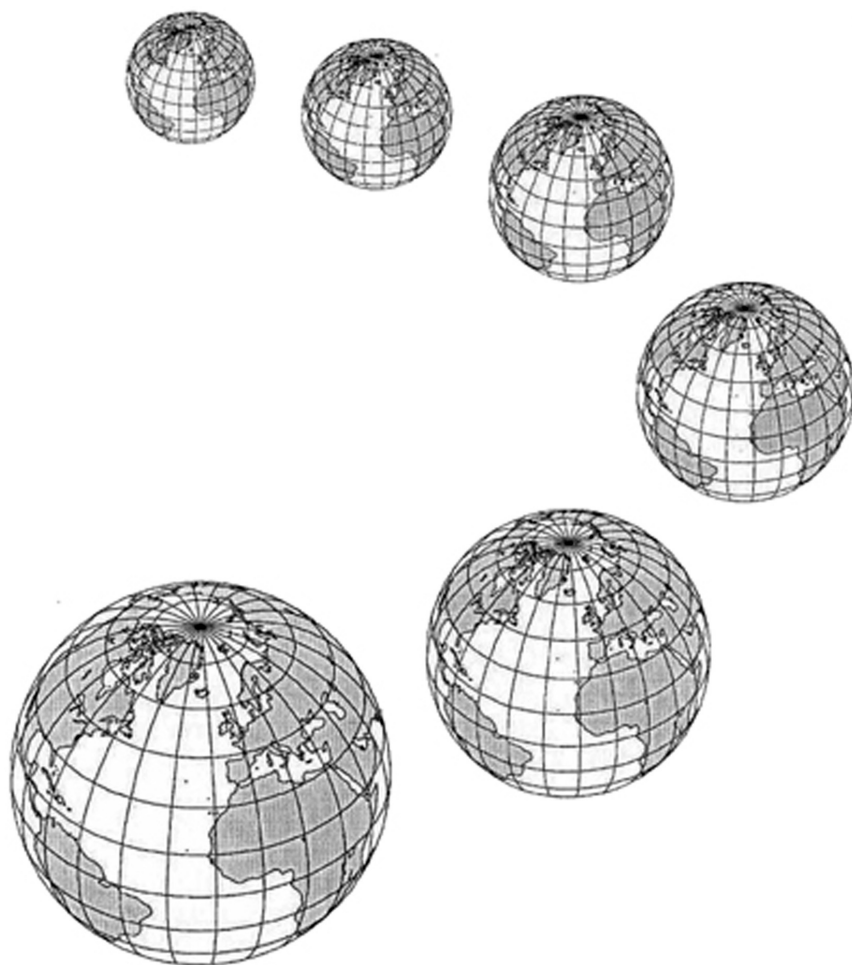
Kartaning turli joylarida masshtablar asosiydan yo katta yo kichik bo'lish mumkin. Ular **xususiy masshtablar** deb ataladi.

**Uzunlikning xususiy masshtabi** – kartada cheksiz kesma uzunligining ellipsoid yoki shar yuzasida cheksiz kichik kesmaga nisbatan munosabatidir.

**Maydonning xususiy masshtabi** - ham kartada, ham ellipsoid yoki sharda uzunlik va maydonlar kesmasi belgilari xususiy masshtabini hisoblashda bosh masshtab birligida ifodalanadi.

Shu sababli mazkur nuqtada masshtab asosiydan necha marta farq qilishini shaxsiy masshtablar ko'rsatadi. Masalan, uzunlik yoki

maydonlarning shaxsiy masshtabi 0,85 yoki 2,25 ga teng bo'lishi mumkin. Birinchi holatda kartada kesma yoki maydonlar asosiy masshtabga nisbatan 0,85 marta o'zgartirilishi mumkin, ya'ni kamaytirilgan, ikkinchi holatda esa 2,25 marta, ya'ni kattalashtirilgan.



**5-rasm. Asosiy masshtabning o'zgarishiga yaqinlashish yoki uzoqlashish natijasida erishiladi.**

Hozirgi sharoitda geoinformatsion texnologiyasini qo'llash natijasida protsesslarning vaqt davomida o'zgarishini ko'rsatuvchi elektron kartografik alimatsiyalar keng qo'llaniladi. Elektron kartalarning ko'plab matematik elementlari dinamik o'zgaruvchandir. Ular elektron kartalarning dizayni, mazmuniga, qo'llanilishiga ta'sir etadi.

Asosiy masshtab ***dinamik o'zgaruvchanliklardan*** biri hisoblanadi.

Asosiy masshtabning o'zgarishiga tasvirlanayotgan obyektga yaqinlashganda yoki uzoqlashganda erishiladi.

5-rasmda Yerning turli bosh masshtablardagi tasviridan bir nechta ko'rinish keltirilgan.

***Vaqtinchalik masshtab*** kartalar qadrini namoyish qilish vaqtining protsesslarning real vaqtiga nisbiydir.

5-rasmdagi kabi vaqt masshtab kosmik kemaning Yerga uchib kelish vaqtiga ko'rsatilgan kadrlarni namoyish etish davomiyligi nisbati bilan aniqlanadi. Masalan, vaqtinchalik masshtab 1: 86 000 filmni ko'rsatishning bir sekundi 1- sutkaga to'g'ri keladi. 1: 600 000 vaqt masshtabida kadrlarni ko'rsatishning 1 - sekundi 1- haftaga, 1: 2500 000 masshtabidagi 1-oyga, 1: 31 500 000 masshtabidagi esa 1-yilga to'g'ri keladi.

Kartalar bir necha soatdan 200–350 yilgacha bo'lgan jarayonlarni aks ettiradi; paleografik kartalar – million yillar uchun har bir vaqt qurshoviga vaqt masshtabining ba'zi optimal diapazoni to'g'ri keladi. Vaqtli masshtabni kiritish bilan sekin, o'rta va tez masshtabli jarayonlarni aks ettiruvchi kartalarni farqlash imkoni paydo bo'ladi.

## 7-§. KARTOGRAFIK PROYEKSIYA

***Kartografik proyeksiya*** - ellipsoid yoki shar yuzasining kartada tasvirlashning matematik tasviridir.

Kartografik proyeksiya bilan shar yoki ellipsoidda tegishli nuqtalarning kenglik va uzunlik  $\varphi, \lambda$  yassiligida to'g'ri burchakli koordinatalar  $(x, y)$  o'rtasidagi o'zaro bir xil o'xshashlik o'rnatiladi. Bu o'zaro aloqa kartografik proyeksiya tenglamasi bilan aniqlanadi.

**Kartografik proyeksiya tenglamalari** – ikkita tenglama bo'lib, kartalardagi nuqtalar koordinatalari va shu nuqtalarning ellipsoid yoki shar yuzasidagi o'zaro bog'liqligini aniqlaydi.

Masalan, shar uchun tenglamalar quyidagicha yozilishi mumkin:

$$x = f_1(\varphi, \lambda); \quad y = f_2(\varphi, \lambda);$$

$$\varphi = F_1(x, y); \quad \lambda = F_2(x, y).$$

Ikkita birinchi tenglama shar yuzasining yassilikda to'g'ri tasvirini beradi; boshqa ikkitasi yassilikning sharga qayta tasvirini beradi. Yozilgan tenglamalar murakkab ko'rinishga ega bo'lishi mumkin. Ayniqsa, bu qayta tasvir funksiyalariga tegishlidir.

Keyinchalik taxmin qilinishicha, yassilikda absissa o'qi karta-da shimolga qarab yuqoriga qaratilgan, ordinatalar o'qi esa o'ngga sharqqa qaratilgan. Odatda, absissa o'qi kartaning to'g'ri chiziqli meridianiga qo'shiladi yoki unga parallel o'tkaziladi.

Kartografik proyeksiyalar tenglamalariga shak-shubhasiz matematik talablar qo'yiladi: ular bir ma'noli, uzluksiz. Geometrik ma'noga ega tasvirni berishi kerak. Kartografik proyeksiyalar tenglamalarining muhim tarkibiy qismi ularning parametrlari hisoblanadi. Parametrlarni o'zgartirib proyeksiya xususiyatlarini o'zgartirish mumkin.

**Kartografik proyeksiya parametrlari** – kartografik proyeksiya tenglamalariga kiruvchi doimiy kattaliklardir.

Masalan, azimutli proyeksiyalarning almukantaratlar  $r$  radiusi parametrlari  $k$  tenglamalar bilan aniqlanadi:

$$p = kR \sin (Z)k.$$

R ning qiymatiga qarab proyeksiyalar xususiyati o'zgaradi.  $k = 1$  bo'lganda ortografik proyeksiya o'rinlidir. Agar  $k = 2$  bo'lsa, proyeksiya teng katta bo'ladi, unda maydonlar hech bir o'zgarishsiz tasvirlanadi.

Har xil bir sinfdagi parametrli ikkita proyeksiya o'z xususiyatlari bilan farq qilishi mumkin. Vaqtli jarayonlarni tasvirlashda kartografik proyeksiya dinamik o'zgaruvchan sifatida chiqishi mumkin.

## 8-§. KARTOGRAFIK TO'RLAR

**Kartografik to'r** – bu kartada meridianlar va parallellar to'ring tasviridir.

Kartografik to'r – bu proyeksiya portretidir. U bo'yicha bir proyeksiya boshqasidan farq qiladi.

Har qanday karta har doim qandaydir proyeksiyada tuzilgan. Geografik karta proyeksiyasiz mavjud bo'la olmaydi. Biroq kartada kartografik to'r mavjud bo'lmashligi ham mumkin. Yirik masshtabdagi ko'plab mavzuli kartalar kartografik to'rga ega emas.

Sferik, qutbiy koordinatalar sistemasining qutbda joylashgan o'rniga qarab, koordinatalar to'ri quyidagilarga bo'linadi:

– **kartografik proyeksiyaning normal to'ri** – koordinatalarning sferali qutbiy sferik polus koordinatalar sistemasining geografik qutb bilan bog'langanda hosil bo'ladigan kartografik to'rdir;

– **kartografik proyeksiyaning ko'ndalang to'ri** – qutbiy sferik polus koordinatalar sistemasining ekvatorida joylashganda olinadigan kartografik to'rdir;

– **kartografik proyeksiyaning egri to'ri** – koordinatalarning sferali qutbiy sferik polus koordinatalar sistemasining geografik qutbiy va ekvator o'rtasida joylashganda olinadigan kartografik to'rdir.

Kartografik proyeksiyalar tenglamalari bir vaqtning o'zida meridianlar va parallellarning tenglamasi hisoblanadi. Ular to'r turini

aniqlaydi. Meridianlar va parallellar xili tenglamalar turini aniqlaydi. Meridianlar va parametrlar turli chiziqlar bilan tasvirlanadi; to‘g‘ri, shuningdek, aylana yoyi, sinusoid, ellipslar, parabola, giperbola yoylari bilan kartografik proyeksiyalar va ularning to‘rlari doimiy egrilikning mavjud parallellar va o‘zgaruvchan egriliklar parallellariga ajratiladi. O‘zgaruvchan egrilik parallellari ellipslar. Parabola, giperbola, eng murakkab egriliklar va ularning yoylar bilan tasvirlanishi mumkin.

Parallelli to‘rlar o‘rtasida parallellar, to‘g‘ri parallel chiziqlar, konsentrik yoki eksentrik aylanishlar yoki aylana yoylari bilan ko‘rsatilganlari ajratiladi. Bular katta ahamiyatga ega va keng tarqalgan asosiy proyeksiyalardir. O‘zgaruvchan egrilik parallellarni ellipslar, parabolalar, giperbolalar, murakkab egriliklar va ularning yoylari bilan tasvirlanishi mumkin.

To‘rlarning qalinligi va ravshanligi uning qadami bilan meridianlar va parallellar o‘rtasidagi masofa bilan aniqlanadi. ***Qalin to‘r*** kartaning o‘qilishini murakkablashtiradi. ***Siyrak to‘r*** kartografik o‘lchash ishlarini qiyinlashtiradi, uning aniqligini pasaytiradi.

3 - jadval

**Kartografik to‘rlarning meridianlari  
va parallellari o‘rtasidagi masofasi**

Kartalar	Karta masshtablari		
	1:1 500 000 dan 1:2 500 000 gacha	1: 500 000	1: 1 000 000 dan 1:15 000 000 gacha
Yoyma	1*	2*	5*
Devoriy	1*	4-6*	10*

\* Jadvalda kartografik to‘r chiziqlari o‘rtasidagi eng ko‘p qo‘llaniladigan masofa ko‘rsatilgan.

Meridian va ekvatorga nisbatan kartografik to'rlar ham simmetrik, ham asimmetrik bo'lishi mumkin. Kartografik to'rlarning eng muhim xususiyatlaridan biri ularining ortogonalligidir. Ortogonal to'rdagi meridianlar va parallellar chizig'i to'g'ri burchak ostida kesishadi.

***Kartografik to'rlarning tugunli nuqtalari*** – meridianlar va parallellar chiziqlarining kartada kesishish nuqtalaridir.

Tugunli nuqtalar proyeksiyalarni tuzishda, yangilashda va qo'llashda katta ahamiyatga egadir. Proyeksiyalar noma'lum bo'lganda yoki parametrlari noaniq bo'lganda tugunli nuqtalar ularni tiklashga imkon beradi. Kartografik proyeksiyalar tenglamalar bilan berilmasdan, tugunli nuqtalarning to'g'ri burchakli koordinatalari yoki uzoqlik va kenglik jadvallari orqali ham berilishi mumkin.

## **9-§. KARTALAR RAMKASI VA KOORDINATALAR TO'RI**

Ramkalar kartani qurshab turuvchi dekorativ elementlar hisoblanadi. Odatda, kartada ular bir nechta: bunda ramkalar kartaning matematik elementi kabi qaraladi. Asosiysi bu ichki ramka hisoblanadi.

***Kartaning ichki ramkasi*** – *kartografik tasvirni cheklovchi ramkadir.*

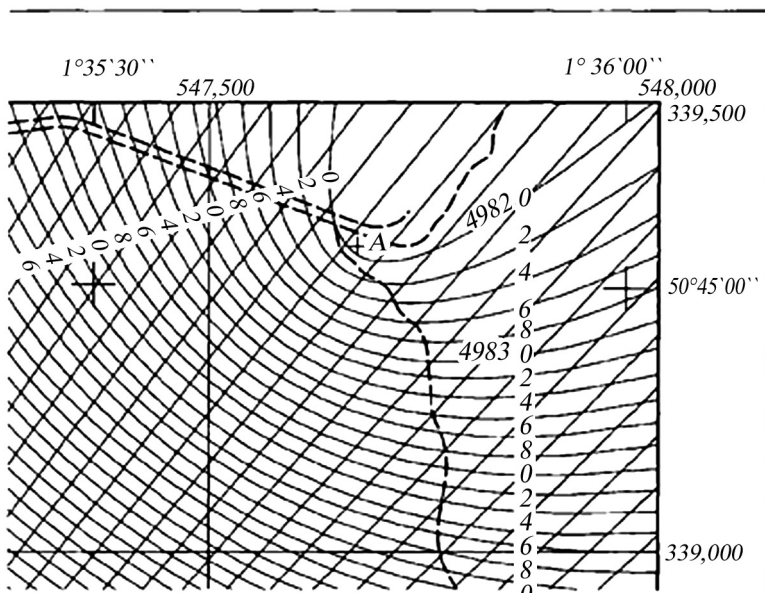
Ichki ramka kartada tasvirlanayotgan tashqi chegarani ko'rsatadi. U to'g'ri burchakli, trapetsiya, oval, yumaloq yoki boshqa shaklda bo'lishi mumkin. Ramka shakli ma'lum darajada kartografiyalanuvchi hudud yoki akvatoriya shakli bilan aniqlanadi.

Bu ramkaning ichida kartada qo'shimcha ma'lumot uchun joy ajratilgan chegarali chiziqlar bo'lishi mumkin.

Shuningdek, ***gradusli va minutli*** ramkalar mavjud, ularda kartografik to'rlarning meridianlari va parallellari chiqishi ko'rsatiladi.

***Kartalarning koordinata to'ri*** koordinatalar sistemasining kartada qo'llaniladigan koordinatali chiziqlar to'ridir.

Topografik plan va kartalarda yassi to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasida koordinatalar to'ri qo'llaniladi. Bu karta va planlar dunyoning ko'plab davlatlarida Gauss-Kryuger yoki to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasida tuziladi. Topografik kartalarda koordinatali chiziqlar kilometrlarning aniq soniga tegishli ma'lum vaqt oralig'i orqali o'tkaziladi, ba'zi mamlakatlarda esa – ma'lum mil orqali o'tkaziladi. Shuning uchun bu turlarni, odatda, kilometrlar to'ri deb atashadi.



6-rasm. Maxsus kartaning ichki va tashqi ramkasi; kengligi va uzunligi, to'g'ri burchakli to'r va maxsus to'r yozilgan kartografik to'rning chiziqlari ko'rsatilgan.

Topografik kartalarda koordinata chiziqlari ma'lum kilometrlar soniga to'g'ri keladigan, ba'zi mamlakatlarda ma'lum mil soniga to'g'ri keluvchi oralig' orqali o'tkaziladi. Shuning uchun bunday to'rlar kilometrli yoki milli deb ataladi.

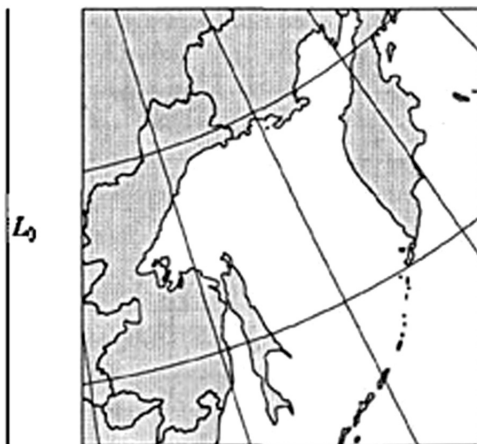
Maxsus kartalarda, masalan, navigatsion kartalarda navigatsiya o'tkaziladigan parametrlar tizimida koordinata to'rlari tuziladi. 6-rasmida giperbola to'riga ega karta ko'rsatilgan. Har bir giperbola shu giperbola oilasi fokusiga kosmik kemadan ikkita bazali stansiyagacha bo'lgan masofa farqiga to'g'ri keladi. Masofaning ikkita o'lgangan farqini ikkita giperbola aniqlaydi. Kemaning o'rnini giperbolalarning kesishgan joyiga to'g'ri keladi.

## 10-§. PROYEKSIYALARNING O'RTACHA MERIDIANI

**Proyeksiyalarning o'rtacha meridiani** – berilgan kartografik proyeksiyadagi boshlang'ich deb qabul qilishgan uzoqlik meridianidir.

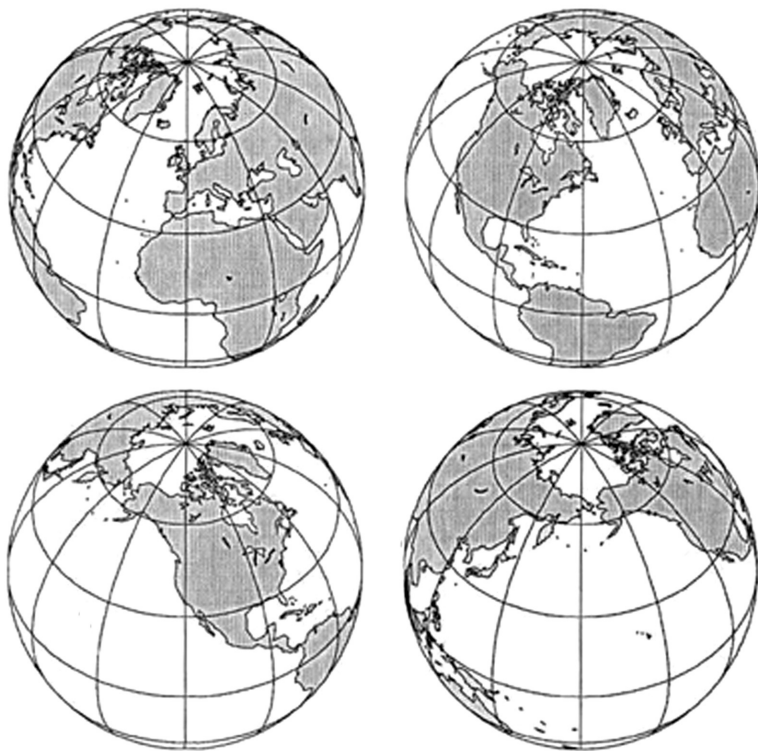
Dunyo kartasida bu meridian kartaning o'rtasiga joylashtiriladi. Shuning uchun ham u o'rta meridian deb ataladi.

O'rta meridian, odatda, to'g'ri chiziq bilan tasvirlanadi. O'rta va yirik masshtabli kartalarda cheklangan hajmdagi hududlar ko'rsatilganda o'rta meridian karta o'rtasida bo'lmisligi mumkin (7-rasm).



7-rasm.  $L_0$  – O'rtacha meridian uzoqligi kartaning ichki ramkasidan tashqarida joylashgan.

O'rta meridian – muhim dinamik o'zgaruvchidir. Uning yordamida kompyuter ekranida kartografiyalanuvchi jismning o'z o'qi atrofida aylanish samarasi yaratiladi. 8-rasmda animatsion ketma-ketlikda Yerning qutb o'qi atrofida aylanish samarasini ko'rsatuvchi to'rtta turli o'rtacha meridianli kadrlar ko'rsatilgan. U yana o'q meridian deb ham ataladi. Topografik kartalarda bunday o'q absissa o'qi (x) hisoblanadi.



8-rasm. Yerning qutb o'qi atrofida aylanishini ko'rsatuvchi o'rtacha meridianlarning 0, -60, - 120 va 180° uzoqligiga ega kadrlarning animatsion ketma-ketligi.

Bu o'q o'rta meridian bo'ylab shimolga yo'naltiriladi a koordinata o'qi (y) o'qi bo'yicha yo'naltiriladi. Bunday oriyentatsiya matematik kartografiyada ham qo'llaniladi.

## Nazorat savollari

1. Kartaning matematik elementlari nimalar? Qanday matematik elementlar qo'llaniladi? «Kartalarning matematik asosi» deganda nima tushuniladi?
2. Asosiy uzunlik va maydon masshtablari nimalar?
3. Maydon bosh masshtabi uzunlik bosh masshtabidan nimasi bilan farq qiladi?
4. Qaysi parallellar asosiy deb ataladi?
5. Uzunliklarning shaxsiy masshtabi va maydonlarning shaxsiy masshtabi tegishli bosh masshtablardan nimasi bilan farq qiladi?
6. Uzunlik va maydonning shaxsiy masshtabi nimani ko'rsatadi, ular qaysi birlikda ifodalanadi? Ularni misollarda tushuntiring.
7. Vaqtli masshtab nimani aniqlaydi?
8. Kartografik proyeksiya tenglamalari nimani aniqlaydi? Ularga bo'lgan umumiy talablar nimalardan iborat?
9. Kartografik loyihalarning tenglama parametrlari qanday belgiga ega? Misollar keltiring.
10. Koordinatalarning sferali qutbli tizimi polusining joylashuviga qarab kartografik to'rlar qanday klassifikatsiyalanadi?
11. Kartografik proyeksiya to'rlarining turlarini ayting.
12. Kartalarning qanday ramkalari matematik elementlar hisoblanadi?
13. Qaysi meridian kartada o'rtacha deb ataladi? Nima uchun u ko'pincha o'qli meridian deb yuritiladi?
14. Qaysi matematik elementlar dinamik o'zgaruvchanlar hisoblanadi? Misollarda tushuntiring.

### **3-BOB.**

## **KARTOGRAFIK PROYEKSIYALARDA XATOLIKLAR**

Xatoliklar to'g'risidagi ta'limot kartografik proyeksiyalar nazariyasida asosiy o'rinni egallaydi. Na sferani, na ellipsoid yuzasini yassilikka tekislab bo'lmaydi – ularning ba'zi uchastkalari toraytiriladi, boshqa qismi – cho'ziladi. Kartadagi barcha xatoliklar o'zaro bog'liqdir va birining o'zgarishi boshqasining o'zgarishiga olib keladi.

Burchak va maydonlar xatolari o'rtasidagi aloqa asosiy xarakterga ega. Ular bir-biriga qarama-qarshi qiymatlarga ega bo'ladi, masalan, burchaklarning xatolari bo'lmagan proyeksiyalarda maydonlarning juda katta xatolari kuzatiladi.

Xatosiz maydonli proyeksiyalarda esa burchak xatolilari mavjud bo'ladi.

Proyeksiyalarda nuqta yoki chiziqlar bo'lib, ularda alohida yoki barcha xatoliklar turlari uchramaydi. Ular nolinchi xato nuqtalari va nolinchi xato chiziqlari deb ataladi.

## **11-§. YUZANING METRIK ELEMENTLARI**

Kartografik proyeksiyalar xususiyatlari va ulardagi xatolar yuzada metrik elementlarning belgisi solishtirilib o'rganiladi: kesma uzunligi, ular o'rtasidagi burchaklarni, uchastka maydonlarini. Yuza metrikasini o'rganishda differensial geometriya ishlanmasi qo'llaniladi.

Kartografik proyeksiya quyidagi formulada berilgan bo'lsin:

$$x = f_1(\varphi, \lambda); \quad y = f_2(\varphi, \lambda).$$

Kenglik  $\varphi$  va uzoqlik  $\lambda$  li yuza nuqtasiga  $x$  va  $y$  koordinatali yassilik nuqtasi to'g'ri keladi. Kenglik va uzunlikning cheksiz kichik  $d\varphi$  va  $d\lambda$  kattaliklarga o'zgarishda yuzada nuqtaning siljishiga bu nuqta obrazining  $dx$  va  $dy$  kattalikka siljishi to'g'ri keladi. Bunda:

$$dx = x_{\varphi} d\varphi + x_{\lambda} d\lambda;$$

$$dy = y_{\varphi} d\varphi + y_{\lambda} d\lambda.$$

Bunda  $-X_{\varphi}, X_{\lambda}, Y_{\varphi}, Y_{\lambda}$  simvollar bilan hosila belgilandi. Quyidagi belgilardan foydalanamiz:

$$e = x_{\varphi}^2 + y_{\varphi}^2; \quad g = x_{\lambda}^2 + y_{\lambda}^2; \quad f = x_{\varphi} x_{\lambda} + y_{\varphi} y_{\lambda};$$

$$h = x_{\varphi} y_{\lambda} - y_{\varphi} x_{\lambda} = \sqrt{eg - f^2}; \quad e, g, h > 0.$$

Differensial geometriyada bunday kattaliklar birinchi kvadratlilik shaklining koeffitsiyentlari deb ataladi; matematik kartografiyada esa **Gauss koeffitsiyenti** deb ataladi. Gauss koeffitsiyentini bilib uzunlik, burchak va maydonlarni tasvirlovchi yuza proyeksiyasini yassilikda aniqlash mumkin. Ular yuzaning geometrik holatini aniqlaydi.

Proyeksiya yassiligida oddiy kesma dl uzunligi oddiy bog'liqlik bilan aniqlanadi:

$$dl^2 = dx^2 + dy^2.$$

$$dl_1 = \left( \frac{dx_1}{dy_1} \right); \quad dl_2 = \left( \frac{dx_2}{dy_2} \right);$$

ikkala vektor yoʻnalishlari oʻrtasida  $\beta$  burchak vektorlarning skalar

$$\cos\beta = \frac{dl_1^r dl_2}{dl_1 dl_2} \quad \text{koʻpaytmasidan aniqlanadi.}$$

Aytaylik,  $dl$ , kesmasi meridian boʻyicha qaratilgan,  $dl_2$  kesmasi esa parallellar boʻyicha. Bunda  $d\lambda = 0$  va  $d\varphi = 0$ .

Kartaning koʻriladigan nuqtasidagi  $\beta$  burchak meridian va parallellarning ijobiy yoʻnalishlari oʻrtasidagi  $\Theta$  burchakka teng.  $dl_m$   $dl_n$  tomonli va burchakli oddiy parallelogramma  $dF$  maydoni.

4-jadval

**Yassilikda uzunlik, maydon, burchaklarni tahlil qilish uchun formulalar**

Koʻrsatkichlar	Hisoblash formulalari
Uzunlikning elementar boʻlagi $dl$	$dl^2 = ed\varphi^2 + 2fd\varphi d\lambda + gd\lambda^2$
Meridian $dl_m$ va parallel $dl_n$ yoʻylari uzunligi	$dl_m = \sqrt{e}d\varphi; \quad dl_n = \sqrt{g}d\lambda$
Musbat miqdorli meridianlar va parallellar tomonlari orasidagi $\theta$ burchak	$\cos\theta = \frac{f}{\sqrt{eg}}; \quad \sin\theta = \frac{f}{\sqrt{eg}};$ $tg\theta = \frac{h}{f}$
Azimut yoʻnalishi $\alpha$	$h = \frac{d\lambda}{d\varphi}$ $tg\alpha = \frac{d\lambda}{e+f\frac{d\lambda}{d\varphi}}$
Elementar parallelogramning $dF$ maydoni, $dl_m$ $dl_n$ tomonlari va ular orasidagi $\theta$ burchak	$dF = hd\varphi d\lambda$

$$dF = dl_m dl_n \sin \theta.$$

Yuqorida keltirilgan formulalarni qayta hisoblash va Gauss koefitsiyentlarini qo'yib turli proyeksiyalarda burchak, uzunlik va maydonlarni tahlil qilish uchun qulay bo'lgan tanish formulalarni olamiz (4-jadval).

Metrik elementlarni hisoblash uchun sharda  $e = R^2$ ;  $g = r^2$ ;  $f = 0$ ;  $h = rR$  ni qabul qilish kerak.

5-jadval

**Ellipsoiddagi uzunlik, burchak va maydonni tahlil qilish uchun formulalar**

Ko'rsatkichlar	Hisoblash formulari
Uzunlikning elementar bo'lagi $dl$	$dD^2 = M^2 dB^2 + r^2 dL^2$
Meridian $dl_m$ va parallel $dl_p$ yoylari uzunligi	$dS = M dB$ ; $ds = r dL$
Musbat miqdorli meridianlar va parallellar tomonlari orasidagi $\theta$ burchak	$\theta = \pi / 2$
Azimut yo'nalishi $\alpha$	$tg A = \frac{r}{M} \frac{dL}{dB}$
Ellipsoiddagi elementar trapetsiya $dF$ maydoni	$dF = r M dB dl.$

5-jadvalda aylanish ellipsoidi uchun formulalar keltirilgan.

$$e = M^2; \quad g = r^2; \quad f = 0; \quad h = rM.$$

Ulardan shar uchun formulalar olishda  $V$  kenglikni  $\varphi$  ga, uzunlik  $\alpha$  ni  $\lambda$  ga, meridian egrisi radiusini  $M$  shar radiusi  $R$  ga almashtirish kerak, parallel radiusini  $r$  shar uchun hisoblash kerak.

4- va 5- jadvallar yordamida oddiy kesmalar uzunligini va oddiy maydonchalar maydonini aniqlab, bu kattaliklar munosabatining ellipsoid yoki shardagi kattalikka ta'sirini hisoblab uzunlikning shaxsiy masshtabi va maydonlarning shaxsiy masshtabini olamiz.

## 12-§. UZUNLIKLAR XATOSI

Kartada uzunliklar xatosi shunda ifodalanadiki, uzunliklar masshtabi nuqta joyning almashishi bilan o'zgaradi. Shu tufayli kartada turli geografik obyektlarning chiziqli o'lchami nisbati noto'g'ri uzatiladi. Uzunliklar xatosi haqida uzunliklarning shaxsiy masshtabi bo'yicha aytish mumkin. Kartaning har bir nuqtasida quyidagilar farq qiladi:

$m$  – meridian bo'yicha uzunlikning shaxsiy masshtabi;

$n$  – parallel bo'yicha uzunlikning shaxsiy masshtabi;

$\mu$  – istalgan yo'nalish bo'yicha uzunlikning shaxsiy masshtabi.

Shaxsiy masshtab ellipsoid yoki shar uchun hisoblangan tegishli kesmasiga kartaning kichik kesma uzunligi nisbatiga teng.

Yassilik va ellipsoidda tegishli kesmalar nisbatini olib va Gauss koeffitsiyentidan foydalanib, shaxsiy masshtablar  $m$  va  $n$  uchun

$$m = \frac{\sqrt{e}}{M}; \quad n = \frac{\sqrt{g}}{M} \quad \text{olinadi.}$$

Yuqoridagi masshtablar quyidagicha o'zaro bog'liqdir:

$$\mu^2 = m^2 \cos A + mn \cos(\theta) \sin(2A) + n^2 \sin^2 A.$$

Bunda A—uzunlikning shaxsiy masshtabi aniqlanadigan yoʻnalish azimuti;  $\theta$ —kartaning mazkur nuqtasidagi meridian va parallel oʻrtasidagi burchak.

Karta bilan ishlashda quyidagi ifoda qulayroqdir:

$$\frac{1}{\mu^2} = \frac{\sin^2(\theta - \alpha)}{m^2 \sin^2(\theta)} + \frac{\sin^2 \alpha}{n^2 \sin^2 \theta},$$

$\alpha$  - shaxsiy  $\mu$  masshtab qidiriladigan azimut  $\alpha=0$  da  $\mu = m$ .  $\alpha=\theta$  da  $\mu = n$  dir.

Yuqoridagi formulalardan koʻrinib turibdiki, kartaning har bir nuqtasida uzunlikning shaxsiy masshtabi qiymati shu nuqtaning kengligi va uzoqligiga hamda yoʻnalish azimutiga bogʻliqdir.

Agar xaritada kartografik toʻr mavjud boʻlsa, xaritaning har bir nuqtasidagi uzunliklarning xususiy masshtablarini aniqlash uchun xaritada meridian va parallellarning kichik kesmalarini oʻlchash, ularning ellipsoiddagi qiymatini hisoblash va ularning munosabatini topish kerak boʻladi. Shu yoʻl bilan  $m$ ,  $n$  masshtablar aniqlanadi. Keyin meridian va parallel oʻrtasidagi  $\theta$  burchakni oʻlchash kerak, yuqoridagi formula boʻyicha uzunlikning  $\mu$  shaxsiy masshtabi hisoblanadi. Har bir kartaning ikkita yoʻnalishi mavjud, ular boʻyicha uzunlikning shaxsiy masshtablari ekstremal ahamiyatga ega boʻladi. Bu yoʻnalishlarning azimuti quyidagi formula boʻyicha aniqlanadi:

$$\operatorname{tg}(2\beta) = \frac{n^2 \sin(2\theta)}{m^2 + n^2 \cos(2\theta)}.$$

Tangens davri  $\pi$  ga teng ekan, bu tenglama ikkita javobni beradi:  $\beta$  va  $\beta + 90^\circ$ . Bu degani, ekstremal masshtablarning yoʻnalishi oʻzaro perpendikularidir.

**Kartografik proyeksiyada asosiy yo‘nalishlar** – *kartaning har bir nuqtasidagi ikkita o‘zaro perpendikular yo‘nalish, xususiy uzunlik masshtabda eng yuqori va eng kichik ko‘rsatkichlarga ega bo‘ladi.*

Agar kartada meridian va parallel o‘rtasida to‘g‘ri burchak ( $\theta=90^\circ$ ) bo‘lsa, unda asosiy yo‘nalishlar har doim meridian va parallellar bo‘yicha yo‘naltirilgandir. Shunday qilib, ortogonal proyeksiyalarda shaxsiy masshtablar  $M$  va  $n$  ekstremollar bo‘ladi.

Odatda, ekstremal masshtablar quyidagi harflar bilan belgilanadi:

$\alpha$  - eng katta masshtab;

$v$  - eng kichik masshtab.

Bundan kelib chiqadiki, ortogonal proyeksiyalarda quyidagi nisbatlar to‘g‘ri:

$$\alpha = m, \quad d = n;$$

$$\alpha = n, \quad d = m.$$

Noortogonal proyeksiyalar uchun meridian va parallellar bo‘yicha shaxsiy masshtablar  $m$  va  $n_1$ , shuningdek, meridian va parallel o‘rtasidagi burchak  $\theta$ , uzunliklarning ekstremal masshtabi  $\alpha$  va  $v$  kartada asosiy yo‘nalishning azimuti  $\beta$  quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$a + b = \sqrt{m^2 + n^2 + 2mn \sin \theta};$$

$$a - b = \sqrt{m^2 + n^2 - 2mn \sin \theta};$$

$$\operatorname{tg} \beta = \pm \frac{b}{a} \sqrt{\frac{a^2 - m^2}{m^2 - b^2}} = \pm \frac{b}{a} \sqrt{\frac{n^2 - b^2}{a^2 - n^2}}.$$

Tangens bo‘yicha  $\beta$  burchakning 4 ta belgisi aniqlanadi,  $\beta$  belgisini to‘g‘ri topish uchun esda tutish kerakki, kartada uzunliklarning

eng katta shaxsiy masshtab yoʻnalishi meridian va parallel oʻrtasida oʻtkir burchak ichida joylashgan.

Proyeksiyada uzunlik xatosi nisbiy kattalik bilan, masalan:

$$v = \mu - l; v = \ln \mu$$

bilan aniqlanadi.

Koʻpincha bu kattalik % da ifodalanadi. Masalan,  $\mu=1,37$  (Bosh masshtab qiymatidan 137%), shunda  $v=0,37$  yoki 37%.

**Eyri omili:**

$$\sigma^2 = \frac{1}{2} [(a-1)^2 + (b-1)^2];$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{a}{b} - 1 \right)^2 + (ab-1)^2 \right].$$

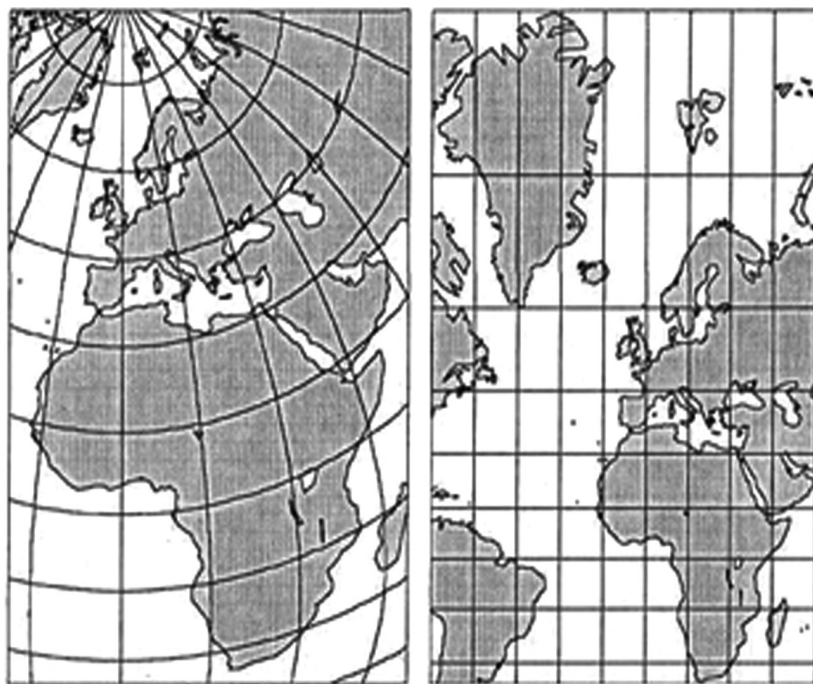
**Kavrayskiyning Eyri omili:**

$$\sigma^2 = \frac{1}{2} [\ln^2 a + \ln^2 b].$$

Boshqa omillar ham qoʻllaniladi. Ularning hammasi **lokal** hisoblanadi, chunki kartaning mazkur nuqtasidagi xatolikni tavsiflaydi.

### 13-§. MAYDONLAR XATOSI

Kartadagi maydonlar katta xatoliklarga ega boʻlishi mumkin. 9 a-rasmda geografik obyektlar maydonlarining toʻgʻri nisbatlari koʻrsatilgan. 9 b-rasmda Merkator proyeksiyasida burchaklar xatosi yoʻq. Grenlandiya kattaligi boʻyicha Afrika bilan solishtirilgan, biroq Afrika maydon jihatidan Grelandiyadan 15 marotaba kattadir.



a

b

### 9-rasm. O'zgarishlar.

a – geografik obyektlar maydoni o'zgarishsiz ko'rsatilgan;

b – maydonlar ancha o'zgartirilgan (Grenlandiyani Afrika bilan taqqoslang).

Maydonning shaxsiy masshtabi quyidagi formulalarning biri bilan aniqlanadi:

$$p = \frac{h}{rM}; \quad p = mn \sin \theta; \quad p = ab.$$

Shunday qilib, kartaning har bir nuqtasi uchun maydonning shaxsiy masshtabi meridian, parallel bo'yicha uzunliklarning ular o'rtasidagi burchaklarini o'lchab aniqlash mumkin.

Maydonlar xatosi quyidagi formulalar bilan hisoblanuvchi nisbiy kattalik bilan tavsiflanadi:

$$v = p - l; \quad v = \ln p.$$

Ular foizlarda ifodalanishi mumkin. Bu ko'rsatkichlar lokaldir.

## 14-§. BURCHAK KATTALIKLARI XATOSI

**Azimutlar xatosi.** Ellipsoiddagi ba'zi yo'nalish azimuti  $A$  kartadagi o'sha yo'nalish azimutiga teng emas. Azimutlar o'rtasidagi tafovut quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{n \sin \theta \operatorname{tg} A}{m+n \cos \theta \operatorname{tg} A}.$$

Bu ifodadan ko'rinib turibdiki, to'rtli ( $0=q_0$ ) proyeksiyada va bir xil masshtabli meridian va parallel uzunligi ( $m=n$ ) azimutlar qiymati o'zgarmaydi.

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} A.$$

Boshqa hollarda kartaning mazkur nuqtasida faqatgina quyidagi qiymatga ega bo'lgan azimutlar o'zgarmaydi.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{n \sin \theta - m}{n \cos \theta}.$$

**Meridianlar va parallellar o'rtasidagi burchaklarning o'zgarishi.** Ellipsoid va sferada meridianlar aylanishlari parallellar to'g'ri burchak ostida kesishadi. Kartalarda bu burchaklar faqat ortogonal proyeksiyalarda to'g'ridir. Boshqa proyeksiyalarda meridian va parallellar burchagi o'zgaradi. O'zgarishlar kattaligi kartadagi burchakning to'g'ri burchakdan farqlanishi bilan baholanadi:

$$\varepsilon = \theta - 90^\circ.$$

Bu burchakni kartada o'lchash yoki Gauss koeffitsiyenti yordamida formulalarning biri bo'yicha hisoblash mumkin:

$$\sin \varepsilon = -\frac{f}{\sqrt{eg}}; \quad \cos \varepsilon = -\frac{h}{\sqrt{eg}};$$

$$\operatorname{tg} \varepsilon = -\frac{f}{h}.$$

**Burchaklarning eng katta xatosi.** Berilgan nuqtada choʻqqiga ega turli burchaklar turlicha oʻzgaradi. Ularni hisoblash uchun bir qator formulalar mavjud:

$$\sin \frac{\omega}{2} = \frac{a-b}{a+b};$$

$$\operatorname{tg} \frac{\omega}{2} = \frac{a-b}{2\sqrt{ab}};$$

$$\operatorname{tg} \frac{\omega}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{m^2+n^2}{p}} - 2;$$

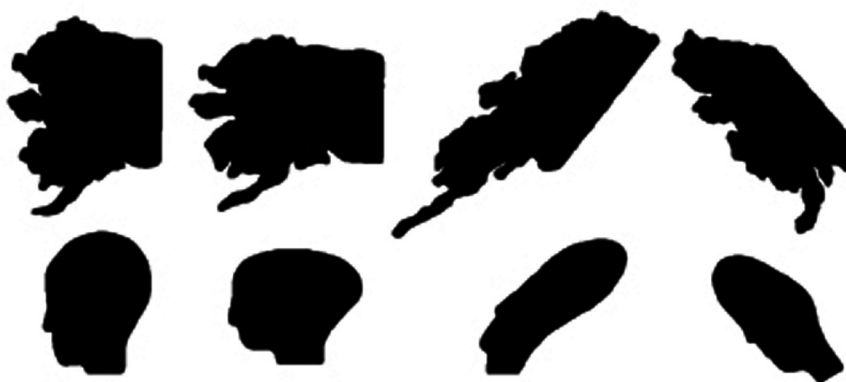
$$\operatorname{tg} \left( \frac{\pi + \omega}{4} \right) = \sqrt{\frac{a}{b}}; \quad \operatorname{tg} \left( \frac{\pi - \omega}{4} \right) = \sqrt{\frac{b}{a}}.$$

Burchaklarning eng katta oʻzgarishini  $\omega$  karta boʻyicha aniqlanadigan  $m, n, p$  kattaliklar boʻyicha hisoblash mumkin. Formulalarni koʻrsatishga proyeksiyada burchaklar oʻzgarmaydi, agar ekstremal masshtablar bir xil ( $a=b$ ) boʻlsa. Agar ekstremal masshtablar bir xil boʻlsa, bu degani, uzunliklarning shaxsiy masshtabi yoʻnalish azimutiga bogʻliq emas. *Burchaklarini oʻzgartirmaydigani proyeksiyalarda uzunliklarning shaxsiy masshtabi yoʻnalishning almashishi bilan oʻzgarmaydi.*

## 15-§. SHAKLLARNING O‘ZGARISHI

Uzunliklarning o‘zgarishi shakllarning o‘zgarishiga olib keladi. Uzunlikni o‘zgartirmaydigan proyeksiya yo‘q ekan, oxirgi o‘lchamdagi konturlar shakli istalgan proyeksiyalarda o‘zgaradi. Geografik obyektlarning to‘g‘ri tasviri har soat odamlar tomonidan kuzatiladigan predmetlar soniga kirmaydi. Ko‘plarning xotirasiga geografik obyektlarning shakli haqidagi noto‘g‘ri tasavvurlar muhrlangan. Noto‘g‘ri obrazlar geografiyani karta bo‘yicha o‘rganish jarayonida shakllangan.

Xorijiy mamlakatlarda o‘tkazilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, ko‘p odamlarda geografik obyektlarning shakli va o‘lchami haqidagi tasavvurlar Merkator proyeksiyasidagi ularning tasvirlariga to‘g‘ri keladi, unda shakl va o‘lchamlar xatosi ko‘p.



**10-rasm. Dunyo kartasining turli proyeksiyalarida Alaska yarim oroli va odam boshining yon tomonidan tasviri ko‘rsatilgan (A.V. Gedimin bo‘yicha).**

Shuning uchun kartaning istalgan kitobxon uchun yaxshi tanish bo‘lgan predmet tasvirini tushirish g‘oyasi yuzaga keldi. Bunda shu

predmetning tasviri geografik obyekt tasviri kartada qanday o'zgargan bo'lsa, shunday o'zgartirilishi kerak. Bunday predmet sifatida odam yuzining yon ko'rinishi qo'llanilgan 10-rasmda Alaska yarim oroli-ning konturi ko'rsatilgan. Har bir karta ostida odam boshining profili yon ko'rinishi mazkur proyeksiyada tayyorlangan karta proyeksiyada keltirilgan.

Burchaklar o'zgarmagan proyeksiyalarda obyektlar deformatsiya-lanadimi, degan savol tug'ilishi mumkin. Bunday proyeksiyalarda uzunliklarning shaxsiy masshtabi yo'nalish azimutiga bog'liq emas. Shu sababli bunday proyeksiyalar konformli deb ataladi (lot. Con-formis – shu kabi).

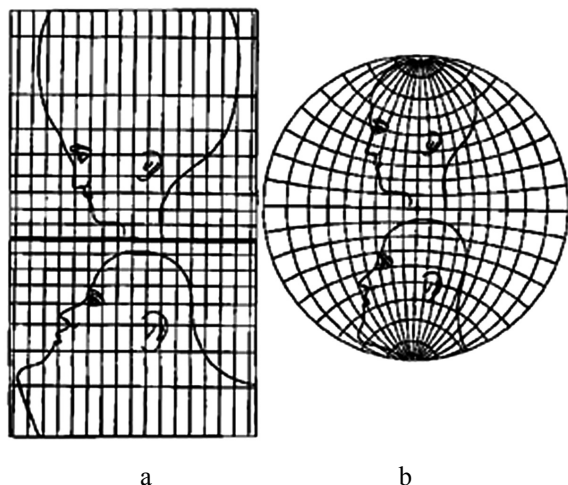
Afsus! Teng burchakli proyeksiyalarda obyektlar shakli ham o'zgaradi, obyekt hajmi qancha katta bo'lsa, shuncha kuchli. Teng bur-chakli proyeksiyalarda bu holat cheksiz kichik figuralar uchun saqla-nadi. Cheksiz kichik doira ellipsoiddan kartaga cheksiz kichik doira bilan ko'chiriladi. Biroq bu doira kartaning turli joyida turli hajmga ega bo'ladi. Qayerdadir uning o'lchami ehtimol bosh masshtabga to'g'ri keladi, kartaning boshqa joyida esa uning masshtabi bosh masshtabdan yo katta, yo kichik bo'ladi. Bu esa so'nggi o'lchamli obyektlar shaklining o'zgarishiga olib keladi.

Aytaylik, to'g'ri burchakli proyeksiyada doira shakliga ega qan-daydir orol tasvirlangan. Uning har bir elementar qismi o'ziga xos tasvirlanadi.

Janubdan shimolgacha harakatlanishda masshtab oshadi va har bir shimolroqda joylashgan qism janubdagidan ancha yiroq bo'ladi. Natijada kartada yumaloq shaklli orol uchburchak yoki noksimon bo'ladi.

11-rasmda Merkatorning teng burchakli normal proyeksiyasi (a) va ko'ndalang azimutli stereografik proyeksiya (b) keltirilgan. Unda burchaklar o'zgarmaydi. Sferaning stereografik proyeksiyasida shakl-larning o'zgarishiga nazar tashlash kerak. Unda har qanday shakl

aylana bilan tasvirlanadi. Odam boshining yon tasviri bo'yicha, stereografik proyeksiyalardagi shakllar o'zgartirilib ko'rsatiladi.



**11-rasm. Merkator proyeksiyasida (a) va azimutli stereografik proyeksiyada (b) shakllarning o'zgarishi.**

Sferaning stereografik proyeksiyasidagi shakllarning o'zgarishini ko'rib chiqishimiz kerak. Undagi har qanday aylana aylana bilan tasvirlanadi. Shuning uchun bu proyeksiyada shakllar o'zgarmaydi. Haqiqatda esa, stereografik proyeksiyadagi shakllar o'zgaradi. Proyeksiyadagi aylana va sferadagi aylana ikkita turli shakllar bo'lgani uchun ham bu sodir bo'ladi. Kartada tasvirlanganda aylana nuqtalari shunday tarqaladiki, stereografik proyeksiyadagi aylana yangi markazga ega bo'ladi. Proyeksiyada radiuslarning bir qismi siqiladi, boshqasi esa cho'ziladi. Natijada erkin figura shakli, masalan, boshning shakli o'zgaradi. Yuqoriga aytilganlar 12- va 13-rasmlarda aylananing ko'ndalang azimutli stereografik proyeksiyasi tasvirini ko'rgazmali tushuntiradi. Bu aylanalar taxminan odam boshi profili joylashgan joyda taxminan joylashgan. Ko'rinib turibdiki, aylana aylanaligicha qoldi (shakli o'zgarmadi). 12-rasmda Yer sharida konsentrik bo'lgan halqalar tasvirlangan.



**12-rasm. Ko‘ndalang azimutli stereografik proyeksiyasidagi halqalar ekvatorga yo‘nalishda aralash tasvirlangan.**



**13-rasm. Ko‘ndalang azimutli stereografik proyeksiyasida shardagi doira aylana bilan tasvirlangan.**

Proyeksiyada halqalar o'rtasidagi masofa ekvator yo'nalishida kalta bo'ldi. 13-rasmda xuddi shu proyeksiyada aylana nuqtalari sharda shu aylanishning markazini ko'rsatuvchi nuqta bilan tutashtirilgan. Bu kesmalar uzunligi ekvator yo'nalishida qutb yo'nalishi kesmalari uzunligidan ancha kichikdir.

Proyeksiyada radiuslarning bir qismi siqildi, boshqasi esa – cho'zildi. Natijada erkin figura shakli o'zgardi. Tubsiz kichik hajmli konturlar shaklining o'zgarishi **shakllarning koeffitsiyenti** bilan baholanadi.

$$K = \frac{a}{b}; \quad v_K = \frac{a}{b} - 1.$$

Uzunliklarning a va b shaxsiy masshtablari qancha ko'p farq qilsa, a yo'nalishdagi kontur kartada shunchalik kuchli cho'ziladi.

## 16-§. KARTALARDA LOKAL O'ZGARISHLARNING AKS ETISHI

Kartalarda o'zgarishlarni namoyish etish uchun turli usullar qo'llaniladi – odam boshining yon ko'rinishi, izokolalar, o'zgarish ellips lari va boshqalar. Bu usullar oddiy bo'lishi kerak. Izokolali usul keng tarqalgan.

**Izokola** – kartada xatolarni anglatuvchi ko'rsatkichlar belgisining chizig'i.

Izokolalar o'zgarishlarning istalgan ko'rsatkichlari uchun tuziladi: uzunlik, maydon, burchak shakllar uchun izokolalar alohida turlarning xatosini tavsiflaydi. Ular tuzilishining soddaligi bilan keng tarqalgan. 14-rasmda misol uchun maydonlari shaxsiy masshtabining izokolalariga ega karta maketi keltirilgan.

Izokolalar shunisi bilan qulayki, ular orqali qaysi va qanday yo'nalishda xatolar ko'payish yoki kamayishini ko'rsatish mumkin.

O'zgarishlarning eng to'la tavsifini o'zgarishlar ellipsi beradi; uni boshqacha qilib **Tisso indikatrasi** deb ham atashadi (15-rasm). Kartaning mazkur nuqtasida o'zgarishlar ellipsi yoki shar yuzasi-

dagi cheksiz kichik doirani tasvirlaydi. Ellipsning yarim o'qi  $a$  va  $b$  uzunliklarning ekstremal masshtabiga teng va ular asosiy yo'nalishga Ellipsning radius- vektori istalgan yo'nalish bo'yicha uzunliklarning shaxsiy masshtabini aniqlaydi.

Ellips shakli burchak va shakllar o'zgarishini namoyish etadi va elleps aylanadan qancha ko'p farq qilsa shuncha o'zgaradi.

Ellips maydoni maydonlar o'zgarishiga proporsionaldir. Shunday qilib, o'zgarishlar ellipsi barcha turdagi xatolarning lokal kompleksli tavsifi hisoblanadi.

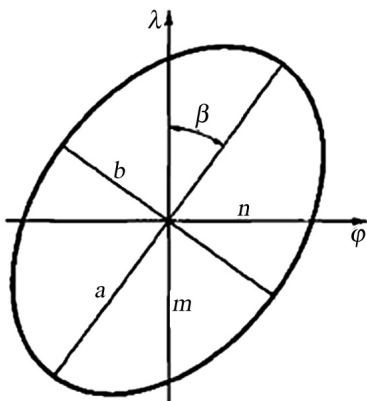
Kartada o'zgarishlar ellipslarini ko'rsatishni istasangiz, shar yoki ellipsoidda cheksiz kichik aylana radiuslariga, masalan, karta masshtabida 5 mm ga teng so'nggi belgi yoziladi. Shu masshtabda o'zgarishlar ellipsi tuziladi.

O'zgarishlar ellipsini qo'lda tuzish mumkin. Buning uchun kartada bosh yo'nalish bo'yicha ekstremal masshtablar  $a$ ,  $b$  belgilari qo'yiladi, meridian va parallellar bo'yicha esa  $m$ ,  $n$ , jami 8 ta nuqta belgilanadi.



**14-rasm. Maydonlarning shaxsiy masshtablari izokolalariga ega karta maketi (chapdan) va burchaklarning eng ko'p o'zgarishi (o'ngdan).**

Bu nuqtalar orqali ellipssimon egrilik o'tkaziladi. Bu o'zgarishlar ellipsi bo'ladi.



**15-rasm. O'zgarishlar ellipsi (Tisso indikatrasi):**

$a, b, m, n$  – uzunliklarning shaxsiy masshtabi;  $\beta$  – kartada ellipsning katta yarim o'qi azimuti.

Kartada ko'rsatiladigan barcha ellipsnlarni o'zaro solishtirish yetadigan o'zgarishlar kattaligi va xarakteri ellips markazi joylashgan karta nuqtasiga tegishlidir.

O'zgarishlar izokoli va ellipslar kamchiligi shuki, yirik obyektlar kartasida o'zgarishlar to'g'risida ular bo'yicha munozara qilish qiyindir.

## **17-§. MINTAQAVIY MASSHTABDAGI O'ZGARISHLARNING KARTALARDA AKS ETISHI**

Oldingi paragraflarda lokal kartalar va ularning ko'rsatkichlari haqida fikr yuritilgan edi. Ular kartada mazkur nuqtaning cheksiz kichik joyidagi o'zgarishlarinigina tavsiflaydi. Biroq ko'pincha o'zgarishlarni solishtirish va baholash zarurati paydo bo'ladi. Shu maqsadda ikki turdagi omillar qo'llaniladi – *minimaksli va variat-*

**sion**. Ularni shartli mintaqaviy deb ataymiz. Ba'zan qo'llanilganda barcha omillar butun kartaga qo'llaniladi va **global** deb ataladi.

Bir necha proyeksiyalarda tasvirlangan mintaqalar doirasida minimaksli omillar qo'llanilganda barcha ko'rsatkichlar yoki biror-bir ko'rsatkichning maksimal belgisi hisoblanadi. Maksimal ko'rsatkich minimal belgiga ega bo'lsa tasvir eng yaxshi hisoblanadi.

Variatsiyali omillar qo'llanilganda tanlangan ko'rsatkichning o'rtacha kvadratik o'zgarishi hisoblanadi. Shu maqsadda kartaning o'rganiladigan qismi uchastkalarining ba'zi sonlariga bo'linadi, har birining o'rtasi uchun tanlangan ko'rsatkich belgisi aniqlanadi, keyin ularning o'rtacha kvadrat kattaligi hisoblanadi.

O'rganiladigan mintaq doirasida o'rtacha belgili ko'rsatkichlarni hisoblashga asoslangan boshqa usullar ham qo'llaniladi. Sharda berilgan nuqtalarda joylashtiriladigan aylana yoki halqa usuli qulay hisoblanadi. Proyeksiyada ular deformatsiyalangan shakllar tasvirlanadi. Ularni o'zgarishlar figurasi deb atash mumkin.

O'zgarishlar figurasi quyidagicha tuziladi. Tanlangan nuqtadagi ellipsoid yuzasi shar bilan almashtiriladi. Sharining radiusi  $R$  ellipsoidning o'rtacha geometrik egriligiga teng deb qabul qilinadi. Doira sferadagi masofa  $D$  bilan cheklangan. Aylana hajmi turlicha bo'lishi mumkin. Aylana markazi va uning aylanish nuqtasi uchun kenglik  $\varphi$  va uzoqlik  $\lambda$  qiymatlari sferik koordinatalar hisoblanadi.

Berilgan kenglik va uzunliklar bo'yicha doira markazi uchun to'g'ri burchakli koordinatlar va aylanadagi joriy nuqtalar uchun  $x_i, y_i$  koordinatalari hisoblanadi.

Shundan keyin doira va uning diametri kartada aks ettiriladi. Bu doira tasvirining shakli va o'lchami berilgan mintaqadagi xatolar haqidagi tasavvurni beradi. Doira o'lchami turlicha bo'lishi mumkin, davlat hududi, mintaq yoki yarimshar kattaligigacha. Bu doiraning aylanasi katta son belgilanadi, masalan, 100 yoki 200 ta nuqta.



**16- rasm. O'zgarishlar figurasi:**

*O - shardagi aylana markazi proyeksiyasidagi tasvir;  $r_{min}$ ,  $r_{max}$  – shu nuqtadan aylana tasvirigacha bo'lgan minimal va maksimal masofa; O'- xatolar figurasi- ning katta diametri o'rtasi; A,B- shu nuqtadan aylana chizig'i tasvirigacha bo'lgan eng katta va eng kichik masofa.*

O'zgarishlar doirasi miqdorli ko'rsatkichlarni olish uchun qulaydir. Har bir doira uchun ham sharda, ham proyeksiyada koordinatalar mavjud.

Bu ma'lumotlar xatolarning turli ko'rsatkichlarini hisoblash uchun qo'llanilishi mumkin.

**Uzunliklar o'zgarishini baholash.** Uzunliklarning nisbiy xatosi

$$\nu_l = \frac{l}{D} - 1$$

formulasi bilan aniqlanadi, unda l- aylanani tasvirlovchi markazdan chiziqqacha bo'lgan proyeksiyadagi masofa; D- sferadagi xuddi shu masofa. Shu belgilar bo'yicha o'rtacha kvadrat xato hisoblanadi.

**Maydonlar o'zgarishini baholash.** Maydonlarning nisbiy xatosi

$$v_p = \frac{F}{P} - 1$$

bilan aniqlanadi. Unda  $R$  - shardagi figura maydoni;

$F$  - karta loyihasidagi geometrik figura tasvirining maydoni.  $R$  va  $F$  maydonlar uchun quyidagilarni yozish mumkin:

$$P = \pi r^2; \quad r = 2 R \sin \frac{D}{2R};$$

$$F = 0,5 \sum_{i=1}^n (x_{i+1} - x_i) (y_{i+1} + y_i).$$

**Shakllar o'zgarishini baholash.** Har qanday proyeksiyada shar yuzasidagi aylana kartaga **o'zgarishli** radiuslar bilan ko'chiriladi. Bu stereografik proyeksiyada ham sodir bo'ladi. Kartada bu radiuslar turli uzunlik kesmalari bilan tasvirlanadi.

Shakl xatosini baholash uchun

$$K_F = r_{\max} / r_{\min}; \quad v_F = K_F - 1$$

ni olamiz.

Baholashning yana boshqa usuli bor. Avvalgidek sferada aylana quriladi. Karta proyeksiyasida bu aylana ba'zi geometrik figura bilan tasvirlanadi.

Bu figuraning maksimal diametri mavjud. Diametr o'rtasidan radius o'tkaziladi. Maksimal radius (A) o'zgarishlar ellipsning katta yarim o'qi ekvivalenti, minimal radius (B) esa – kichik yarim o'q ekvivalenti hisoblanadi (16-rasm). Maksimal radiusning minimalga munosabatini  $K_w$  koeffitsiyenti aniqlaydi. Shartli deb uni **stereograflik koeffitsiyenti** deb ataymiz. Uning birlikdan chetlanishi doira shaklining o'zgarishini tavsiflaydi:

$$K_w = \frac{A}{B}; \quad v_w = \frac{A}{B} - 1.$$

Sharning stereografik proyeksiyasi uchun stereografiklik koeffitsiyenti har doim 1 ga teng; doira shaklining o'zgarishi esa – 0 ga. U mazkur proyeksiya xususiyatlarining stereografik proyeksiya xususiyatlariga yaqinligini bildiradi.

Burchaklarni o'zgartirmaydigan proyeksiyalarda bu koeffitsiyent 1 ga yaqinroq bo'ladi.

Shuning uchun sferadagi doiralarning katta bo'lmagan o'lchamida u xatolar ellipsi kabi burchaklar o'zgarishini baholash uchun qo'llanilishi mumkin.

Aylana bir necha yuzlab nuqtalar bilan berilar ekan, o'zgarishlarning yuqorida o'zgargan ko'rsatkichlariga qo'shimcha qilib kompyuter ekraniga sferadagi doirani anglatuvchi statistik ma'lumotlar va proyeksiyadagi elementlar o'zgarishi haqida tasavvurni beruvchi ma'lumotlar chiqarilishi va hisoblanishi mumkin.

Keltirilgan ko'rsatkichlar nisbiy kattalik hisoblanadi. 100% ga ko'paytirib ularni foizlarda ifodalash mumkin.

Quyida proyeksiyadagi doiralar xatosi uchun xatolar ko'rsatkichi keltirilgan:

Maydonlar o'zgarishi, %	0
Radiuslar o'zgarishi, %	9,6
Shakllar koeffitsiyenti	1,3
Doira shakli o'zgarishi %	12,8
Sfera yuzasidagi aylana radiusi uzunligi, km	8751,6
Proyeksiyada shu radiusning maksimal uzunligi, km	8771,1
Proyeksiyada shu radiusning minimal uzunligi, km	6830,2
Proyeksiyada ellipsning katta yarim o'qi, km	8474,7
Proyeksiyada ellipsning kichik yarim o'qi, km	7512,2

Sferada doira maydoni,  $\text{km}^2$  ..... 2,05E +08

Proyeksiyada doira obrazi maydoni,  $\text{km}^2$  ..... 2,05E +08

Olingan ma'lumotlarni tahlil qilamiz. Taxminan Tinch okean markazida joylashgan nuqtadan Yer sferasida aylana chizilgan. Shu markazdan aylana nuqtasigacha sferadagi masofa 8752 km ni tashkil etadi. Aylana maydoni 205 mln  $\text{km}^2$ , okean maydonidan 15% ga kattadir. Doira butun Tinch okeanni qurshab oladi. Ko'rib turganimizdek, maydonlarda xato yo'q. 1,3ga teng shakllar koeffitsiyenti shuni ko'rsatadiki, ajratilgan kontur 30% ga o'zgargan. Stereografiklik koeffitsiyenti doira shakli 12,8% ga o'zgarganini ko'rsatadi.

### **Nazorat savollari**

1. Kartografik proyeksiyalarda xatolar nimaga asoslangan?

2. Burchaklar xatosi va maydonlar xatosi o'rtasidagi aloqa qanday xarakterga ega?

3. Gauss koeffitsiyenti nima uchun qo'llaniladi va ular qanday aniqlanadi? Gauss koeffitsiyenti yordamida proyeksiya ortogonalining sharti, meridian va parallellar bo'yicha uzunliklarning shaxsiy masshtabi va maydonning shaxsiy masshtabi qanday yoziladi?

4. Meridian va parallellar bo'yicha uzunliklarning shaxsiy masshtablari karta bo'yicha qanday aniqlanadi?

5. Kartaning har bir nuqtasidagi qanday yo'nalishlar asosiy deb ataladi?

6. Qaysi chiziqlar kartaning har bir nuqtasida ortogonal to'r proyeksiyalarda uzunliklarning eng kichik va eng katta shaxsiy masshtablariga ega?

7. Kartaning berilgan nuqtasida maydonning shaxsiy masshtabi qanday aniqlanadi?

8. Ortogonal proyeksiyaning har bir nuqtasida uzunliklarning shaxsiy masshtabi, erkin yo'nalish azimutlari kartada xatosiz aks etishi uchun qanday bo'lish kerak?

9. Qaysi ko'rsatkichlar bilan shakllarning lokal xatolari va burchaklar xatosi tavsiflanadi?

10. Izokolalar nimani aks ettiradi?

11. Izokolalar yordamida qaysi xarakteristikalar ko'rsatiladi?
12. Izokolalarning qanday kamchilik va yutuqlari mavjud?
13. Uzunliklarning nisbiy xatolari umumiy kattaligini tavsiflovchi qanday omillarni bilasiz?
14. Tisso indikatrasi nimani anglatadi? Uni kartada qanday tuzish kerak?
15. Xatolar figurasi nimani anglatadi, u qanday tuziladi va bunda qanday ko'rsatkichlar qo'llaniladi?
16. Stereografiklik koeffitsiyenti nimani anglatadi? U qanday aniqlanadi?

## **4-BOB.**

### **KARTOGRAFIK PROYEKSIYALAR KLASSIFIKATSIYASI**

Kartografik proyeksiyalar klassifikatsiyasi-matematik kartografiya nazariyasidagi eng tor joydir. Ko‘plab olimlar klassifikatsiyaning ko‘plab usullarini taklif qilishgan, ammo bitta ham qoniqtiruvchi va birlashtiruvchi usul yo‘q. Odatda, kartografik proyeksiyalar klassifikatsiyasi tashqi belgilari bo‘yicha bajariladi. Amaliy jihatdan bir necha klassifikatsiya to‘plamlaridan foydalanishga to‘g‘ri keladi. Quyida eng ko‘p qo‘llaniladigan yondashuvlar ko‘rib chiqilgan.

#### **18-§. KARTOGRAFIK PROYEKSIYALAR KLASSIFIKATSIYANING BELGILARI**

Kartografik proyeksiyalar ko‘p belgilari bo‘yicha klassifikatsiyalanadi. Yaqin belgilarini birlashtirib, ularning quyidagi guruhlarini ko‘rsatamiz, ular asosida proyeksiya klassifikatsiyalari qurilishi mumkin.

1. Matematik-geodezik kartalar asosiga kiruvchi belgilar-aks etuvchi yuza, proyeksiyalarni qurishning matematik usuli, proyeksiyalarning boshlang‘ich differensial tenglamalari turi va boshqa belgilari.

2. Proyeksiyani o‘zini tasvirlovchi tavsif va xatolar kattaliklari, kartografik to‘r turi, uning o‘ziga xos xususiyatlari belgilari.

3. Kartaning vazifasi, qo‘llanilishi va mazmuni bilan asoslangan belgilar.

4. Kartografiyalash obyekti bilan aytiladigan uning shakli, o'lchamlari va geografik o'rni belgilari.

Belgilarning birinchi guruhi asosida proyeksiyalar quyidagilarga ajratilishi mumkin:

– odatda, shar va ellipsoid kabi to'g'ri shakli ***muntazam yuzani*** o'rganish bilan matematik kartografiya fani shug'ullanadi.

– ***real yuzalar***- bu murakkab shakldagi asteroid, kometalar va boshqa kosmik jismlar proyeksiyalari. Ularning nazariyasini qayta ishlash esa endi boshlanayapti.

Birinchi guruh alomatlarini asosida XX asrning 60-yillarida olim G.A.Mesheryakov genetik klassifikatsiyani taklif qildi. U differensial tenglama ko'rinishi asosida tuzilgan. Proyeksiyalarni olish maqsadida, bu tenglamalarning yechimi murakkab matematik masalani anglatadi. Biroq, bu klassifikatsiya proyeksiyalarning matematik mohiyatiga to'g'ri kelsa ham, kartografiyada qo'llanilmadi. Shuningdek, koordinatalarning sferali qutb tizimi polusining holatidan qat'i nazar umumiy tenglamalar ko'rinishi, tuzilishi usuli, kartografik to'rning yo'nalish bo'yicha proyeksiyalar klassifikatsiyasi muhimdir. Bunda to'rlar normal, qiyshiq va ko'ndalang oriyentirlarga ajratiladi.

Ikkinchi guruh belgilari asosidagi klassifikatsiyalar ko'p tarqalgan va amaliy ahamiyatga ega. Bu guruhga proyeksiyalarning quyidagi klassifikatsiyalarini kiritish mumkin:

- o'zgarishlar tavsifi va xatolar kattaligi bo'yicha;
- normal kartografik to'r ko'rinishi bo'yicha;
- matematik elementlarning parametrlari tarkibiga ko'ra.

Belgilarning **uchinchi guruhi** tuzuvchi va foydalanuvchilarni tuziladigan kartaga nisbatan maqsadga qaratilgan va optimal proyeksiyalarni tanlashga yo'naltiradi.

**To'rtinchi guruh** kartografiyalanuvchi obyektning individual geografik xususiyatlarini oldinga suradi.

Bu guruhlar belgilari asosida proyeksiyalar quyidagicha klassifikatsiyalanadi.

**Yer kartasining proyeksiyalari.**

*Mavzuli va umumgeografik kartalar proyeksiyalari:*

- dunyo kartasi proyeksiyasi;
- yarim sharlar proyeksiyasi;
- okeanlar proyeksiyalari;
- materiklar va qutbiy viloyatlar proyeksiyalari;
- materiklarning yirik qismlari proyeksiyalari;
- davlatlar va ular qismlarining proyeksiyalari;

*Aniq maqsadli kartalar proyeksiyalari:*

- topografik kartalar proyeksiyalari;
- 1: 1000000 va 1: 2500000 masshtabli umumgeografik dunyo kartasi proyeksiyalari;

- navigatsiya kartalari proyeksiyalari.

*Kosmik makon kartasi proyeksiyalari:*

- yulduzli osmon proyeksiyasi;
- sayyoralar va ularning yoʻldoshlari proyeksiyalari;
- kometa va asteroidlar proyeksiyasi.

## **19-§. XATOLAR KATTALIGI VA TAVSIFI BOʻYICHA PROYEKSIYALARNING KLASSIFIKATSIYASI**

Tavsif boʻyicha proyeksiyalar xatoligi erkin, teng kattalikdagi, teng burchakli va teng oraliqlilarga boʻlinadi.

**Erkin kartografik proyeksiya** - bu barcha turdagi xatoliklar mavjud boʻlgan, kartografik proyeksiyadir.

**Teng kattalikdagi proyeksiya** - bu maydonlar oʻzgarishga ega boʻlmagan, kartografik proyeksiyadir.

**Teng burchakli proyeksiya** -bu burchaklar xatolarga ega boʻlmagan, kartografik proyeksiyadir.

**Teng oraliqli kartografik proyeksiya** – bu burchak va maydonlar xatolari bir xil bo‘lgan, erkin kartografik proyeksiyadir.

Keltirilgan klassifikatsiya asosiylaridan va eng muhimlaridan biri hisoblanadi. Klassifikatsiyaning kamchiligi bo‘lib, ko‘plab erkin proyeksiyalardan, mohiyatiga ko‘ra, uchta xususiy holatda:

– ikki chetki-teng burchakli va teng kattalikli proyeksiyalar va bir holatda ularning orasidagi-teng oraliqli proyeksiyalarga ajratiladi.

Amaliy maqsadlarda mazkur klassifikatsiya ko‘p oddiylashtiriladi-qo‘shimcha bosqichlar kiritiladi, ularning soni har xil bo‘lishi mumkin. Odatda, besh bosqichli shkala qo‘llaniladi.

1. Teng kattalikdagi proyeksiya.
2. Teng kattalikli va teng oraliqli proyeksiya o‘rtasida turuvchi kichik xatolikli maydon proyeksiyasi.
3. Teng oraliqli proyeksiya.
4. Teng kattalikli va teng oraliqli, proyeksiya o‘rtasida turuvchi kichik xatolikli burchak proyeksiyasi.
5. Teng burchakli proyeksiyalar.

Birinchi bosqichdan beshinchi bosqichga harakatlanganda maydonlar o‘zgarishi oshadi, burchaklar o‘zgarishi esa yo‘qoladi.

Ko‘p bosqichli klassifikatsiyalarning kamchiligi bir bosqichni boshqasidan aniq farqlovchi miqdorli tavsiflarning yo‘qligidir. XX asrning 70-yillarida G.I.Konusova bu bosqichlarni bo‘lish maqsadida, lokal omilni taklif qildi. Bu omil burchak kattaligidir. Uni burchak klassifikatsiyasi deb ataymiz. Burchak klassifikatsiya quyidagicha hisoblanadi:

$$\alpha = \arctg \left[ \frac{\left( \frac{a}{b} - 1 \right)}{(ab - 1)} \right].$$

Formulada arktangens belgisi ostida kasr turadi. Kasr suratida - shaklning lokal xatoligini tavsiflovchi kattalik, shuningdek, burchaklar lokal xatoligi kattalik, maxrajda - esa maydonlarning lokal xatosi turadi.

Bu formulani batafsil ko‘rib chiqamiz. Kartaning istalgan nuqtasida teng burchakli proyeksiyada uzunliklarning xususiy masshtabi yo‘nalishga bog‘liq emas,  $a=b$ , shuning uchun  $\alpha=0$ . Teng kattalikli proyeksiyalarda maydonning xususiy masshtabi  $p=ab=1$ , binobarin  $\alpha=\pi/2$ . Teng oraliqli proyeksiyalarda shakl burchaklar va maydonlar xatosining ta’siri bir xil, formuladagi surat maxrajga teng,  $\alpha=\pi/4$ .

Shuning uchun xatolar tavsifga ko‘ra, proyeksiyalarning alohida bosqichlarga bo‘linish miqdorli baholashi quyidagicha amalga oshiriladi:

$\alpha = 0$  teng burchakli proyeksiyalar;

$\alpha = \pi/4$  teng oraliqli proyeksiyalar;

$\alpha = \pi/2$  teng kattalikli proyeksiyalar;

$0 < \alpha < \pi/2$  - erkin proyeksiyalar.

Bir burchakni boshqasidan farqlash uchun klassifikatsiya burchagida aniq chegara belgilari ko‘rsatilishi kerak.

To‘qqiz bosqichli klassifikatsiyani qurish 6-jadvalda keltirilgan.

6-jadval

#### Tavsiflar xatolari bo‘yicha proyeksiyalar klassifikatsiyasi

Burchak klassifikatsiyasi $\alpha$ , grad	Proyeksiya xatoligi xarakteri
$\alpha=0$	Teng burchakli
$0 < \alpha \leq 1$	Amaldagi teng burchakli

$1 < \alpha < 42$	Teng burchakli va teng oraliqli orasida
$42 \leq \alpha < 45$	Amalda teng oraliqli
$\alpha = 45$	Teng oraliqli
$45 < \alpha \leq 48$	Amaldagi teng oraliqli
$48 < \alpha \leq 89$	Teng oraliqli va teng kattalikli orasida
$89 < \alpha < 90$	Amalda teng kattalikli
$\alpha = 90$	Teng kattalikli

Avvalgidek, bosh xususiy holatlar ko'rsatilgan: teng burchakli, teng oraliqli yoki teng kattalikdagi proyeksiyalar. Shuningdek, hisoblangan  $\alpha$  burchak qiymati kamchiliklar bilan yuklatilsa-da, bu klassifikatsiyada og'zaki tavsiflar bilan kuzatiladigan zonalar ko'rib chiqilgan: «deyarli teng kattalikli», «deyarli teng burchakli» yoki «deyarli teng oraliqli». Teng burchakli va teng oraliqli hamda teng oraliqli va teng kattalikli o'rtasida joylashgan proyeksiyalar kirgan keng tasmalar qoladi.

Binobarin, klassifikatsiya burchagining chegara qiymatlarini tanlashga boshqa yondashuv ham qabul qilinishi mumkin.

Aytilgan nazariyaning kamchiligi shundaki, klassifikatsiya burchagi lokal tavsifdir. Erkin proyeksiyalarda u nuqtadan nuqtagacha o'zgaradi.

Ba'zi joylarda bu proyeksiya teng burchakli, ba'zida esa teng kattalikli va h.k. bo'lishi mumkin.

Proyeksiyaning ma'lum qismi doirasida o'zgarishlar tavsifini aniqlash uchun variatsion ko'rsatkichlardan foydalanish mumkin. XX asrning 80-yillarida E.Y.Bayeva kartaning o'rganiladigan sohasining turli nuqtalarida aniqlangan absolut qiymat summasiga lokal birlik ko'rsatkichlarini almashtirib, klassifikatsiya burchagini hisoblashni taklif etdi. Ehtimol, boshqa variatsion ko'rsatkichlar ham

qo'llanilishi mumkin. Buning uchun kartaning o'rganiladigan sohasi kichikroq uchastkalarga taqsimlanadi. Har bir uchastka uchun burchak o'zgarishlari va maydon o'zgarishlarining lokal ko'rsatkichlari hisoblanadi. Keyin ularning o'rtacha kvadrat belgisi hisoblanadi. Klassifikatsiya burchagi tangensi burchakning o'rtacha kvadrat o'zgarishlarini maydonning o'rtacha kvadrat o'zgarishlariga bo'lish bilan topiladi.

Klassifikatsiya burchaklarini baholash uchun katta bo'lmagan o'lchamdagi doira o'zgarishlarining tahlilidan olingan statistik ma'lumotlarni qo'llash mumkin. Arktangens belgisi ostida klassifikatsiya burchagini hisoblash uchun formulada maxrajga ( $v_w$ )ni, suratga ( $v_F$ ) ni qo'yish kerak.

Faqat klassifikatsiya burchagi bo'yicha proyeksiyalarni bo'lish yetarli emas. Bunday klassifikatsiya o'zgarishlarning nisbatidan darak beradi, lekin bu o'zgarishlarning kattaligi haqida hech narsa demaydi. Aytaylik, maydonlar o'zgarishi shaklning o'zgarishdan 2 baravar katta. Bunda klassifikatsiya burchagi  $\alpha = 26,5^\circ$ . Aksincha, agar shakl o'zgarishi maydon o'zgarishidan ikki baravar katta bo'lsa, u holda  $\alpha = 63,5^\circ$ .

Shu munosabat bilan o'zgarishlar kattaligi bo'yicha qo'shimcha klassifikatsiya kerak. Ular quyidagi fikrlar asosida tuzilgan bo'lishi mumkin.

Karta yordamida ilmiy-texnik masalalarni yechish uchun maksimal aniqlik talab qilinadi. Shakl va maydonlar o'zgarishi «juda kichik», 1% dan kam bo'lishi kerak. Amaliyotda shakl va maydonlarning 3% gacha xatoliklariga ega kartalar qo'llanilmoqda. Geografik amaliyotning ko'plab holatlarida 5% dan oshmaydigan kattalikdagi xatoliklar kuzatiladi. Shuning uchun 5% li xatoliklarni «kichik» deb klassifikatsiyalash mumkin. Xatolar qanchalik ko'p bo'lsa, kartadagi konturlar tabiatdagi o'z originallariga shunchalik kam o'xshaydi.

Aniq vizual baholarni ta'minlash uchun o'zgarishlar kattaligi 10% dan oshmasligi kerak. Bunday o'zgarishlarni «katta emas» deb atash mumkin.

O'zgarishlar kattaligining keyingi gradatsiyasi nisbiy ahamiyatga ega. O'zgarishlar qanchalik ko'p bo'lsa, kartadagi konturlar tabiatdagi o'z asliga kam o'xshaydi. Biroq foydalanuvchi kartadagi obyektlarni ularni juda sezilarsiz o'zgarganida ham bilishi kerak. Shuning uchun maydon, uzunlik va shaklning o'zgarish kattaligi klassifikatsiyasi shartli qo'llanilishi mumkin.

Maydon, uzunlik va shakl xatoliklari kattaligi ahamiyatini klassifikatsiyalash 7-jadvalda keltirilgan.

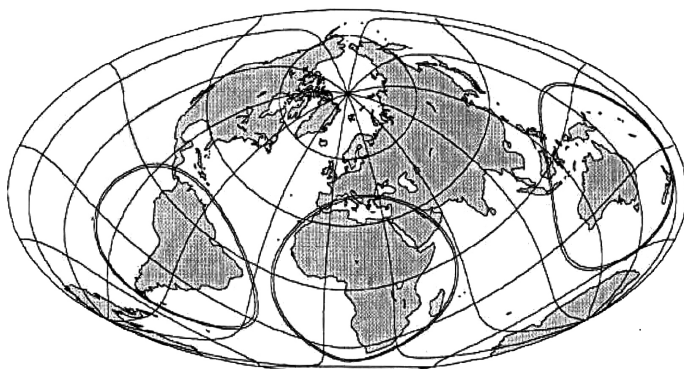
17-rasmda Brizmeyster (W.A.Briesemeister) ning teng kattalikdagi proyeksiyasida Janubiy Amerika, Afrika va Avstraliyani o'ziga sig'dirgan xatoliklarning uchta figurasi tuzilgan. Bu proyeksiyada mintaqalar turlicha o'zlashtirilgan. Afrika uchun uzunlikning katta bo'lmagan xatoligi (7%) va shakllar xatoligi (29%) xosdir. Janubiy Amerika va Avstraliya uchun uzunliklarning normal xatosi (20-23%) va katta xatolikli shakllar (102-104%) xosdir.

*7-jadval*

**Xatoliklar kattaligi bo'yicha proyeksiya uchastkalarini  
klassifikatsiyalash**

Xatoliklar %	Xatoliklarni ballik namoyishi
0–1	Juda kichik
1–5	Kichik
5–10	Katta emas

10–50	Moʻtadil (Oʻrtacha)
50–100	Katta
>100	Juda katta

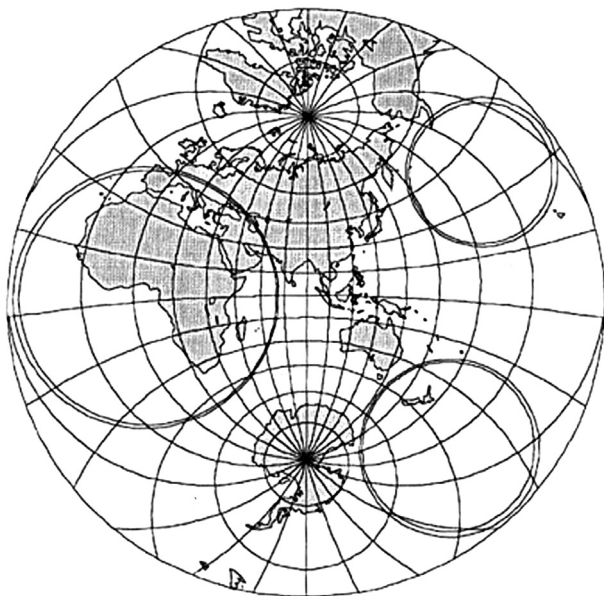


**17-rasm. Teng kattalikdagi proyeksiyalarda quruqlikning alohida massivlari xatoliklarini tavsiflovchi shakllar.**



**18-rasm. Erkin proyeksiyada alohida okeanlar xatoliklarini tavsiflovchi shakllar.**

18-rasmda: Erkin proyeksiyada Atlantikaning shimoliy qismi uchun, shuningdek, Hind va Tinch okeanlari uchun xatoliklar shakllari tuzilgan. Hind okeani figurasi uchun klassifikatsiyalar burchagi  $\alpha=28,5^\circ$ . Proyeksiyaning bu qismi teng burchakli proyeksiyalarga yaqindir. Doira shaklining xatosi 12% ni, maydon xatosi esa 21% ni tashkil etadi. Qolgan ikki okeanlar uchun klassifikatsiya burchagi  $60^\circ$ .



**19-rasm. Teng burchakli proyeksiyada alohida qismlardagi xatolarni tavsiflovchi shakllar.**

19-rasmda: shakllar xatolari figurasi teng burchakli proyeksiyalar uchun tuzilgan. Proyeksiyada aylana shakli xatosi yo'q. Biroq bu doiralar tomonidan ajratilgan barcha proyeksiya qismlarida katta xatoli shakllar va katta xatoli maydonlar (228-543%) kuzatiladi.

## **20-§. NORMAL KARTOGRAFIK TO‘R KO‘RINISHI BO‘YICHA PROYEKSIYALAR KLASSIFIKATSIYASI**

Shar va aylanish ellipsoidi kabi jismlarning muntazam yuzasi proyeksiyasini ko‘rib chiqish bilan cheklanamiz. Bu klassifikatsiya asosiga parallel va meridianlar rasmi joylashtirilgan. Sharining proyeksiya holatida almukantarat va vertikallarning kartografik to‘ri shunday rasmga ega bo‘ladi. Aylanish ellipsoidining almukantaratlari va vertikallari to‘r rasmi unga ancha yaqindir. Mazkur klassifikatsiya keng tarqaldi. Proeksiyalarning hammaga ma‘lum bo‘lgan bir qator sinflari mavjuddir. Sinflar soni muntazam ortib bormoqda. Bu proyeksiyalar amaliyotda ko‘p qo‘llanilmoqda. Biroq klassifikatsiya tashqi belgilarga asoslangan va genetik hisoblanmaydi. Shuning uchun u kartografik proyeksiyalarning barcha turlarini qamrab ololmaydi. Odatda, proyeksiyalarning quyidagi sinflari mavjud: azimutli, psevdazimutli, konusli, psevdokonusli, polikonusli, silindrlri, psevdosilindrlri. Ba‘zan bu ro‘yxatga poliazimutli va polisilindrlri proyeksiyalar kiradi.

Professor L.M.Bugayevskiy barcha proyeksiyalarni ikkita guruhga bo‘ladi. Birinchisiga parallellari doimiy egrilikka ega proyeksiyalar kiradi. Bularga to‘g‘ri chiziqli parallellarga, aylana yoyi yoki aylanaga ega proyeksiyalar kiradi. Ikkinchi guruhga o‘zgaruvchan egrilikka ega parallelli proyeksiyalar kiradi. Bu guruhda parallellar ellipslar, ellips yoylari yoki boshqa yassi egriliklar bilan tasvirlanadi. Mazkur guruhning asosini poliazimutli, polikonusli va polisilindrlri proyeksiyalar tashkil etadi.

Matematik nuqtayi nazardan, ikkinchi guruhning turlari va imkoniyatlari birinchisiga nisbatan ancha ko‘pdir. Biroq ikkinchi guruh

nazariyasi deyarli ishlab chiqilmagan. Tarqatilgan proyeksiyalarning ko'pchiligi birinchi guruhga tegishlidir.

Ko'rilgan guruhlarda proyeksiyalarning uchta guruhi ko'rsatilgan:

**A** - azimutlar guruhi;

**K** - konuslilar guruhi;

**S** - silindrlilar guruhi.

Har bir guruh 4 ta sinfga bo'linadi. Uchta sinf birinchi guruhga, 1 ta sinf esa ikkinchi guruhga kiradi. Har bir guruhdagi proyeksiyalar, ularni boshqa guruhlardan ajratib turuvchi umumiy xususiyatlarga ega. Guruhda boshqa sinflar nomi asosiy sinf nomlariga mos tushadi, lekin «psevdo», «poli» old qo'shimchalari bilan farq qiladi (8-jadval).

**Bazali sinf proyeksiyasi** (azimutli, konusli, silindrli) ortogonal to'rga ega. Ulardagi asosiy yo'nalish meridian va parallellarga oriyentirlangan. Izokolalar to'g'ri oriyentirlansa parallellar bilan ustma-ust tushadi, qiyshiq yoki ko'ndalanglari esa – almukantaratalarga to'g'ri keladi.

*8-jadval*

**Normal kartografik to'r ko'rinishi bo'yicha  
proyeksiyalar klassifikatsiyasi**

Kartografik proyeksiyalar guruhi		
A	K	S
Doimiy egrilik parallellari		
Azimutli	Konusli	Silindrik
Psevdoazimutli	Psevdokonusli	Psevdosilindrikli
Yarimazimutli	Yarimkonusli	Yarim silindrikli
O'zgaruvchan egrilik parallellari		
Yarimazimutli	Yarimkonusli	Yarimsilindrikli

Normal oriyehtirlashda baza sinfining bir proyeksiyasi ikk-inchisidan faqatgina parallellar oralig'iga farq qiladi.

Klassifikatsiyaning bunday tuzilishi proyeksiyalar sinfini eslab qolish va ularning xususiyatlarini o'rganishni osonlashtiradi. Aytilgan guruh va sinflarning proyeksiyalarini ko'rib chiqamiz.

### **Azimutli proyeksiyalar guruhi**

Proyeksiyalarning bu guruhida geografik qutb yonidagi makon hech bir uzilishlarsiz yaxlit aks ettiriladi. Birinchi guruhning barcha sinflarida parallellar yo aylana bilan yoki ularning yoylari bilan tasvirlanadi.

**Azimutli proyeksiyalar.** Alohida azimutli proyeksiyalar bundan 2,5 ming yil oldin ma'lum edi. Hozirgi sharoitda ham azimutli proyeksiyalar juda katta nazariy va amaliy ahamiyatga ega.

Ular nolinci xatolikli bir nuqtaga yoki bitta asosiy parallelga ega bo'lishi mumkin. Azimutli kartografik proyeksiya – unda normal to'rlar paralleli – qisqaruvchan aylanalar, meridianlar esa – ularning radiuslaridir, ya'ni ular o'rtasidagi burchaklar uzoqliklarning tegishli to'rlariga teng bo'lgan proyeksiyadir.

Asosiy azimutli proyeksiyalarni sanab o'tamiz:

**Gnomonik azimutli proyeksiya.** Qadimgi Yunonistonda Fales Miletskiy bu proyeksiyani yulduzli osmon kartasi uchun qo'llagan. Muhim xususiyati: gnomonik proyeksiyada ortodromiya – shardagi ikki nuqta o'rtasidagi qisqa masofa chizig'i – to'g'ri chiziq bilan tasvirlanadi. Ushbu xususiyatiga ko'ra proyeksiya navigatsiyada qo'llaniladi.

**Stereografik azimutli proyeksiya** mashhur astronom Gipparx tomonidan taklif qilingan. Uning asosiy xususiyatini qadimi yunon olimi Klavdiy Ptolemey o'rgangan. Proyeksiya teng burchaklidir.

Ta'kidlangandek, u ajoyib xususiyatga ega: bu proyeksiyada har qanday aylana sharning yuzasida aylana bilan tasvirlanadi. U nafaqat kartografiyada balki boshqa sohalarda ham, ya'ni kristallografiyada, elektrotexnikada ham qo'llaniladi.

**Teng oraliqli azimutli proyeksiya** yulduzli osmon kartasi uchun Misrda qo'llanilgan. Uni parijslik matematik, professor G.Postel (1510-1581) taklif qilgan. Ushbu proyeksiyada uning markazdan radial chiquvchi masofalar xatoliklarsiz tasvirlanadi. U aviatsiya, seysmik va boshqa kartalar uchun qulay, u bo'yicha karta markazidan joriy nuqtagacha bo'lgan masofa baholanadi.

**Teng kattalikdagi azimutli proyeksiya** nemis matematigi I.G. Lambert tomonidan taklif qilingan. Yarim shar, materiklar, okeanlar kartasini tuzish uchun qo'llaniladi.

**Tashqi azimutli proyeksiya.** Proyeksiyada Yer yer atrofidagi kosmik apparatlardan kuzatiladi. Undan Yer va boshqa kosmik jismlarning tasvirlari olinadi.

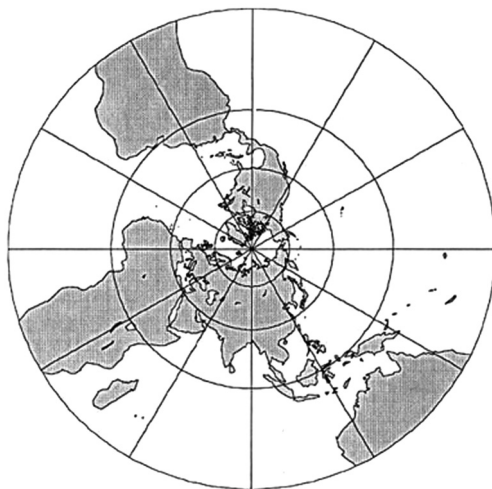
Tashqi azimutli proyeksiyani ko'plab olimlar o'rganishgan: Lair, Klark, Gammer, L.M. Bugayevskiy va boshqalar.



**20-rasm. Normal azimutli teng katta proyeksiya.**  
(*Qutbdan uzoqlashgan sari parallelar oraliq farqlari yo'qolib boradi.*)

**Ortografik azimutli proyeksiya.** Proyeksiyada kuzatuvchi Oyni, sayyoralarni, kometalarni va boshqa kosmik jismlarni ko‘radi. Bu proyeksiyada karta foydalanuvchi tasavvurida global sferalik samarani yaratadi.

Proyeksiya yunonlar va misrliklar tomonidan eramizdan oldingi II asrda ishlab chiqilgan.



**21-rasm. Normal azimutli teng burchakli (stereografik) proyeksiya; qutbdan uzoqlashgan sari parallellar oralig‘i ortadi.**

Azimutli proyeksiyalar normal, qiyshiq va ko‘ndalang oriyentirlarda qo‘llaniladi. Normal oriyentirda proyeksiyalar bir-biridan faqat parallellar o‘rtasidagi masofa bilan farqlanadi. Shuning uchun turli azimutli proyeksiyalar xususiyati va kartadagi parallellar o‘rtasidagi oraliqlar o‘zaro bog‘liqdir. Masalan, teng kattalikli proyeksiyada bu oraliq qutbdan uzoqlashib kamayadi (20-rasm). Teng burchakli proyeksiyada, aksincha, parallellar o‘rtasidagi oraliq ortadi (21-rasm). Sharhning teng oraliq proyeksiyalarida ular doimiydir (22-rasm). Ularni, shuningdek, Apolloniy va Gipparx deb ham atashadi.

Izokolalar normal oriyentirda parallellarga mos kelsa, qiyshiq va ko‘ndalangda almukantaratlarga mos keladi. Shunday qilib, izoko-

lalar istalgan azimutli proyeksiyada aylana hisoblanadi. Bu guruhda umumlashgan azimutli proyeksiyalar ajratiladi.

Bu guruhda umumlashgan azimutal proyeksiyalar alohida ko'rsatiladi, unda kartada meridianlar o'rtasidagi oraliq uzoqlik bilan almashtiriladi, bu esa turli meridianlardagi tasvirning siqilish yoki cho'zilishiga olib keladi.



**22-rasm. Birlashgan millatlar tashkilotining emblemasi (markaziy qismida – meridian bo'yicha teng oraliqli azimutli proyeksiya).**

**Psevdoazimutli proyeksiyalar.** Azimutallardan faqat meridian to'ri ko'rinishi bilan farq qiladi.

**Psevdoazimutli kartografik proyeksiya** – normal to'rlar parallel- qisqartirilgan aylanalardir; meridianlar – egri chiziqlar, xususiyl hollarda-to'g'ri , aylana markazidan chiquvchi proyeksiyadir.

Psevdoazimutli proyeksiya 23-rasmda keltirilgan. Bu proyeksiyani 1879-yilda Vixel taklif qilgan. Proyeksiyada meridianlar aylana yo'ylari bilan tasvirlanadi. Proyeksiya markazida joylashgan qutb nuqta bilan ko'rsatilgan unga qarama-qarshi qutb aylana bilan ko'rsatilgan. Meridian bo'ylab uzoqlik masshtabi saqlanadi. Bu teng kattalikli proyeksiyadir.



**23-rasm. Vixelning normal psevdoozimuthli teng kattalikli proyeksiyasi.**

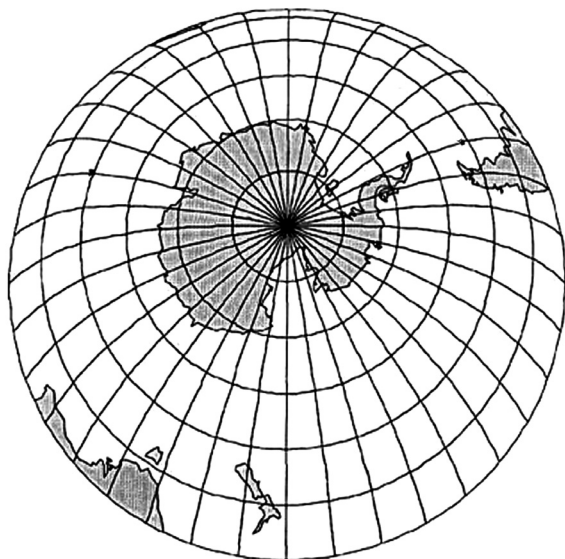
Psevdoozimuthli proyeksiyalarda alohida meridianlar to‘g‘ri chiziqlar bilan ko‘rsatilishi mumkin. Psevdoozimuthli proyeksiyalar odatda qiyshiq va ko‘ndalang oriyentirlarda qo‘llaniladi.

Bir qator bunday proyeksiyalarni XX asrning 50-yillarida G.A.Ginzburg ishlab chiqqan. Ular dunyo kartasi va okeanlar kartasini tuzish uchun mo‘ljallangan.

Teng kattalikli psevdoozimuthli proyeksiya ham ma‘lumdir, uni XX asrning 70-yillarida Jahon okeani kartasi uchun V. O. Murevskis ishlab chiqdi.

**Poliazimuthli proyeksiyalar.** Bu proyeksiyaning xususiyati shuki, aylana markazlari geografik qutbdan uzoqda joylashgan. Kartografik to‘r variantlaridan biri 24-rasmda keltirilgan.

Mazkur sinf proyeksiyasi yetarlicha o‘rganilmagan. Ularning nazariyalari haqidagi nashrlar XX asr oxiriga to‘g‘ri keladi. Xatolar tavsifiga ko‘ra poliazimuthli proyeksiyalar turlicha bo‘lishi mumkin.



**24-rasm. Erkin, normal poliazimutli proyeksiya varianti.  
parallellar, aylanalar qutb egriligi nuqtasidan chiquvchi ekscentrik  
meridianlar.**

### **O‘zgaruvchan egrilik parallellari poliazimutli proyeksiyalar.**

Parallellar ellipslar, ovallar, boshqa yopiq egrilar bilan tasvirlanadi, qutblardan uzoqlashganda – shu egriliklar yo‘llar bilan, meridianlar to‘g‘ri yoki egri chiziqlar uyumi bilan tasvirlanadi. Qutb atrofidagi makon uzluksiz tasvirlanadi. Bunday proyeksiyalar uch o‘qli ellipsoidni tasvirlash uchun tabiiydir. Xususan, ellips parallelli proyeksiyalar Mars yo‘ldoshi kartasini tuzish uchun, shuningdek, boshqa sayyoralarining ba’zi yo‘ldoshlari kartasini tuzish uchun qo‘llanilgan.

### **Konusli proyeksiyalar guruhi**

Bu guruhga kiruvchi proyeksiyalar umumiy hisoblanadi. Nazariy ko‘rsatish mumkinki, azimutli va silindrli guruhlar proyeksiyasi konusli proyeksiya guruhini namoyish etadi. Qutblardagi makon uz-

ilishlar bilan aks etadi. Birinchi guruh sinflarida tekisliklardagi parallelar aylana yoyini namoyish etadi.

**Konusli proyeksiyalar.** Bu proyeksiyalar Qadimgi Yunonistonda keng qoʻllangan. Konusli kartografik proyeksiya - normal toʻr parallellari - aylana yoyi, meridianlar- ularning radiusi, ular oʻrtasidagi burchaklar uzoqlik farqiga proporsional boʻlgan proyeksiyadir.

Qutblarda konusli proyeksiyalarda uzilishlar mavjud. Uzoqliklarning to'la doirasi ( $-\pi$  dan  $+\pi$  gacha) sektorga aks etadi, uning burchak kattaligi har doim  $2\pi$  dan kichik. Proporsionallik koeffitsiyenti  $\alpha$  doiraning sektorga siqilish darajasini aniqlaydi va konusli proyeksiyalarning muhim parametrlari hisoblanadi.

Uning qiymati  $0 < \alpha < 1$  oralig'ida bo'ladi. 25–27-rasmlarda shu parametrning turli qiymatlariga ega konusli proyeksiyalar misollari keltirilgan.  $\alpha$  parametri 1 ga yaqinlashuvi konusli proyeksiyalar ko'proq azimutli proyeksiyalarga o'xshab boradi.  $\alpha = 1$  oraliqlarda konusli proyeksiya azimutli proyeksiyaga aylanadi.



**25-rasm. Erkin normal konusli proyeksiyalar varianti**  
(parametr  $\alpha \approx 0,8$ ).

Boshqa tomondan,  $\alpha$  parametrning 0 ga yaqinlashganida parallelar egriligi kamayadi, parallelar to'g'rilanadi, proyeksiyaning ko'rinishi ko'proq silindrik proyeksiya ko'rinishiga o'xshab ketadi.  $\alpha = 0$  da konusli proyeksiya silindrik proyeksiyaga aylanadi. Binobarin, azimutli va silindrik proyeksiyalar-konusli proyeksiyalarning so'nggi holatidir.



**26-rasm. Erkin normal konusli proyeksiyalar varianti  
(parametr  $\alpha \approx 0,6$ ).**

Har bir konusli proyeksiyada bir yoki ikkita asosiy parallelar mavjud bo'ladi, ularda asosiy masshtab saqlanadi va xatolar bo'lmaydi.

$\alpha$  parametr bosh parallelar kengligiga bog'liq bo'ladi. Ularning kengligi ekvatorga qanchalik yaqin bo'lsa, shunchalik  $\alpha$  0 ga yaqindir.



**27- rasm. Erkin normal konusli proyeksiya varianti (parametr  $\alpha \approx 0,1$ ).**

Boshqa tomondan, bosh parallellar kengligi qutbliga yaqin bo'lsa,  $\alpha$  parametr 1 ga yaqin bo'ladi.

Teng kattalikli, teng burchakli va teng oraliqli konusli proyeksiyalar qo'llaniladi.

Ehtimol, teng oraliqli proyeksiyani Klavdiy Ptolemey taklif qilgandir. XV asrda ularni G.Merkator takomillashtirdi. XVIII asrdan boshlab konusli proyeksiyani o'rganish va ishlab chiqish bilan ko'plab olimlar shug'ullanishgan. Albers (1773-1833) va Lambertning teng kattalikli konusli proyeksiyalari, Lambert va Gaussning teng burchakli proyeksiyalari, L. Eylerning teng oraliqli proyeksiyalari ma'lumdir. D. I. Mendeleyev, V. V. Vitkovskiy, V. V. Kavrayskiy, F.N. Krasovskiylarning asarlari ham konusli proyeksiyalarga bag'ishlangan.

Rossiyada teng oraliqli va teng burchakli konusli proyeksiyalar ko'p tarqalgan, AQSH, Kanada va boshqa davlatlarda teng kattalikli va konusli proyeksiyalar qo'llaniladi.

Shuningdek, umumlashtirilgan konusli proyeksiyalar ham qo'llaniladi, kartada meridianlar o'rtaidagi oraliqlar uzoqlikka almashtiriladi, bu esa meridianlarda tasvirning siqilishi yoki cho'zilishiga olib keladi.

**Psevdokonusli proyeksiyalar.** Bunday proyeksiyalar qadimgi yunon olimi Aristotel (384-322 bizning eramizgacha) kartalarida uchraydi. Ular Ptolemeyga ham tanish edi. Ma'lum darajada psevdokonusli proyeksiyalar konusli proyeksiyalarni umumlashtiradi, ularda to'g'ri chiziqli meridianlarni egri chiziqlilarga almashtiradi. Yarim konusli kartografik proyeksiya-unda normal to'rlar paralleliqisqaruvchan aylanalar, o'q meridiani-to'g'ri, unda parallel markazi joylashgan. Qolgan meridianlar egri bo'lgan proyeksiyadir.

1752-yilda Rigobert Bonn (1727-1795) Fransiya kartasi uchun psevdokonusli proyeksiyani qo'llashni taklif qildi. O'shandan keyin

proyeksiya Bonn proyeksiyasi deb nom oldi. Uni XIX asr boshlarida Fransiyaning topografik kartasi uchun qoʻllashgan. Oʻsha davrning atlasida, shu proyeksiyada Yevropa, Amerika, Osiyo kartalari tuzilgan.

### **Bonn proyeksiyasi**

Bosh masshtab oʻrta meridianda va barcha parallellarda saqlanadi. Toʻgʻri burchak ostidagi parallellar faqat oʻrta meridianni kesib oʻtadi. Biroq barcha meridianlarni toʻgʻri burchak ostida kesib oʻtuvchi bitta parallel mavjud. Uni Bonn proyeksiyasining asosiy paralleli deb ataymiz. 28-rasmda Bonn proyeksiyasi tasvirlangan boʻlib, bu parallelning kengligi  $30^{\circ}$ .

Proyeksiyaning umumiy koʻrinishi bosh parallel kengligini tanlashga bogʻliqdir. 29- rasmda bosh parallel kengligi  $90^{\circ}$  li proyeksiya keltirilgan. Bu proyeksiya Verner proyeksiyasidir. Taxminan 1500-yilda taklif etilgan.



**28-rasm. Bosh parallel kengligi  $30^{\circ}$  boʻlgan Bonn proyeksiyasi.**

U yana yuraksimon nomi bilan tanishdir. XVI-XVII asrlarda dunyo kartasini tuzish uchun qoʻllanilgan. Verner proyeksiyasidan psevdooazimutli proyeksiyagacha bir qadam. Agar Verner proyeksiyasidagi qutbdagi uzilishlarni bartaraf etsak, psevdooazimutli proyeksiyani olamiz. Buni Verner proyeksiyasi formulasiga tegishli oʻzgartirishlarni kiritib qoʻllash mumkin. Kartograf G.A.Ginzburg Atlantika va Shimoliy Muz okeani kartasi uchun psevdooazimutli proyeksiyani tuzdi.



**29 - rasm. Vernerning psevdokonusli proyeksiyasi bosh parallel kengligi  $90^\circ$  ga teng boʻlgandagi Bonning xususiy holatdagi proyeksiyasidir.**

Bosh parallelning ekvatorga yaqinlashishi bilan barcha parallellar egrisi kamayadi va ular sekin-asta toʻgʻirlanadi (30-rasm). Parallellar toʻgʻri chiziqli boʻlganda proyeksiya silindrik proyeksiyalar guruhiga oʻtadi va psevdosilindrik proyeksiya hosil boʻladi.



**30-rasm. Bosh parallel kengligi  $2,5^{\circ}$  li Bonn psevdokonusli proyeksiyasi.**

Shunday qilib, psevdokonusli proyeksiya sinfi, konusli proyeksiyalar sinfini umumlashtiradi; bir tomondan, uning xususiy hollari psevdoozimutli proyeksiya, boshqa tomondan-psevdosilindrik proyeksiyalar hisoblanadi.

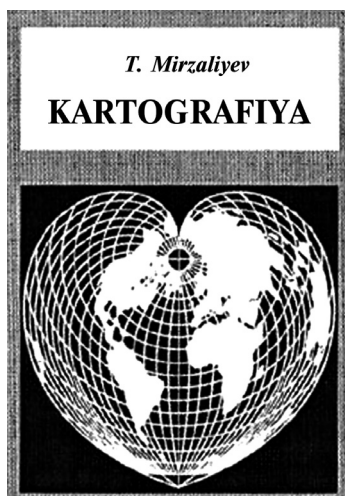


**31-rasm. AQShning pochta markasida Bonn proyeksiyasining rasmini qo'llash (proyeksiya rasmi «Sevgi» so'zi bilan berilgan).**

«Yurak»ga o'xshash shakliga ko'ra Bonn proyeksiyasi turli xil tashkilotlarni o'ziga jalb etadi. Shuning uchun turli xil emblema, pochta markalari, kitoblarning muqovalarini bezash va boshqalarda qo'llaniladi.

## Yarimkonusli proyeksiyalar

Yarimkonusli proyeksiya sinfi doimiy egrilik parallelli proyeksiyalarning barcha guruhlarini birlashtiradi. Yarimkonusli proyeksiyalar eng muhim proyeksiyalarga tegishlidir. Yarimkonusli kartografik proyeksiya – normal to‘r parallellari- ekssentrik aylana yoyi, o‘qli meridian- to‘g‘ri, qolgan meridianlar esa egri chiziqlar hisoblanuvchi proyeksiyadir. Xatoliklar tavsifiga ko‘ra, yarimkonusli proyeksiyalar teng kattaligi, erkin va teng burchakliga bo‘linadi. Erkin va to‘g‘ri burchakli yarimkonusli proyeksiyalar katta amaliy ahamiyatga ega-dir. N.A.Urmayev, L.M.Bugayevskiy va boshqa omillarni nazariy o‘rganishlari ham ma’lumdir, ular teng kattalikli proyeksiyalarni nazariy ishlab chiqarishga bag‘ishlangan.



**32-rasm. Kitob muqovasini bezash uchun Bonn proyeksiyasi rasmdan foydalanish.**

Oddiy yarimkonusli proyeksiya – AQShda ishlab chiqilgan. U «Amerika» proyeksiyasi deb nom olgan. Uni taxminan 1920-yilda Xaosler kashf qilgan. AQShda topografik kartalarni tuzish uchun undan 1950-yilgacha foydalanishgan.



**33-rasm. Oddiy yarimkonusli proyeksiya.**

Oddiy yarimkonusli proyeksiyani konusli proyeksiya qismlaridan tuzilgan deb tasavvur qilish mumkin, unda har qaysi parallel bosh bo‘lib hisoblanadi. Shuning uchun **Oddiy yarimkonusli proyeksiyada** har qanday parallelida uzunliklar xatosi yo‘q. Kartadagi har bir parallel radiusi aniqlangan. O‘rta to‘g‘ri chiziqli meridianda ham uzunlik xatosi yo‘q. Kartada parallellarni tasvirllovchi aylana markazlari, o‘rta to‘g‘ri burchakli meridianda joylashgan. Oddiy yarimkonusli proyeksiyasining asosiy kamchiligi – uning parallellarining katta egriligidir, ayniqsa, baland kengliklarda. Yana bir kamchiligi o‘rta meridiandan uzoqlashgan proyeksiya chetida joylashgan uchastkalardagi uzunlik, maydon va burchaklardagi sezilarli xatoliklarning borligidir (33-rasm). Bu kamchiliklar oddiy yarimkonusli proyeksiyani butun yer yuzasini tasvirlash uchun imkon bermaydi. Ammo, u 1:1000000 masshtabli ko‘p varaqli xalqaro Dunyo kartasini tuzishda muvaffaqiyatli qo‘llanilgan.

Mashhur olimlar N. A. Urmayev, T.D. Salmanova va G. A.Ginzburglar bir qator yangi yarimkonusli proyeksiyalarni ishlab chiqishdi. Ular devor kartalari va atlas kartalarini tuzishda ishlatilgan.



**34-rasm. SNIIGA vaK (1954) proyeksiyasi asosida ishlab chiqilgan, oliy maktablar uchun kartalarning yarimkonusli proyeksiyasi.**

34-rasmda 1: 15 000 000 masshtabdagi oliy maktablar uchun ko'p sonli mavzuli kartalar uchun qo'llanilgan proyeksiyalardan biri keltirilgan.

Yarimkonusli proyeksiyalar orasida doiraviy proyeksiyalar alohida ajratiladi, unda meridianlar va parallellar aylana yoyi, ekvator va o'rta meridian – to'g'ri chiziq hisoblanadi. Bu to'rga teng burchakli yarimkonusli Lagranj proyeksiyasi tegishlidir (35-rasm).

1772-yilda nemis olimi I.G.Lambert (1728-1777) doirada dunyoning teng burchakli tasvirini ko'rsatdi. Bu proyeksiyani, odatda, Lagranj proyeksiyasi deb atashadi. Mashhur fransuz matematigi J.L. Lagranj 1779-yilda doirali meridian va parallelni barcha teng burchakli proyeksiyalarni topish umumiy masalasini qo'ydi va hal qildi. Har qanday

teng burchakli yarimkonusli proyeksiyalar Lagranj proyeksiyasiga o'xshashdir. Mohiyatiga ko'ra u Lambert konsepsiyasini umumlashtiradi. Har qanday to'g'ri burchakli yarimkonusli proyeksiyalar Lagranj proyeksiyasiga o'xshashdir. O'zgaruvchan egrilik parallelli yarimkonusli proyeksiya. Bu proyeksiyalarda parallellar, odatda, ellipslar, meridianlar – to'g'ri yoki egri chiziqlar bilan tasvirlanadi. Bunday proyeksiyalarda Jahon okeani kartasi, Rossiya kartasi va boshqalarni tuzish taklif etilganligi ma'lum.



**35-rasm. Lagranjning teng burchakli doirali yarimkonusli proyeksiyasi.**

### **Silindrik proyeksiyalar guruhi**

Silindrik proyeksiyalar guruhining farq qiluvchi xususiyati shundaki, birinchi guruhining barcha sinflarida parallellar to'g'ri chiziqlar bilan tasvirlandi. Bu to'g'ri chiziqlarni, markazlari cheksizlikdagi aylana yoylaridek xususiy hollarda ko'rish mumkin.

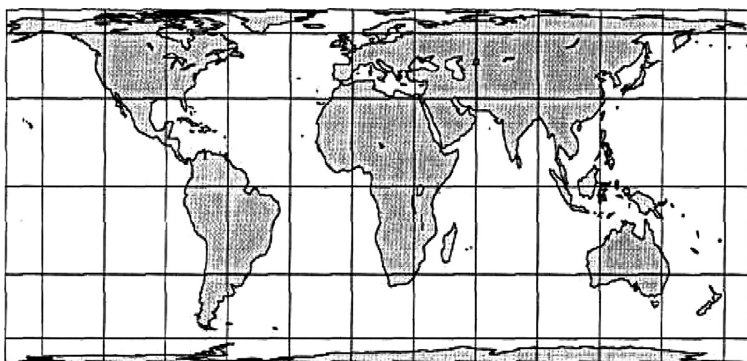
**Silindrik proyeksiyalar.** Nomidan kelib chiqib, yer yuzasini tekislikka proyeksiyalashda oraliq sifatida silindr yuzasidan foyda-

lanilgan. Bu sinfdagi proyeksiyalarning kartografik to'ri juda oddiy ko'rinishga ega – u ortogonal kesishuvchi to'g'ri chiziqlardan iborat. Proyeksiya bitta yoki ikkita asosiy parallellarga (almunkantaratlar) ega bo'lishi mumkin, ularda xatoliklar bo'lmaydi.

Silindrik kartografik proyeksiya-unda parallellar normal to'ri-to'g'ri parallellar, meridianlar esa-to'g'ri parallellarga perpendikularlardir, ular orasidagi masofa uzoqliklar farqiga proporsionaldir.

Tavsifiga ko'ra silindrik proyeksiyalar xatoligi barcha spektr proyeksiyalarida qatnashadi.

1772-yilda teng kattalikli silindrik proyeksiyani I.G.Lambert ishlab chiqqan. Teng kattalikli silindrik proyeksiyaning kartografik to'ri 36-rasmda ko'rsatilgan.

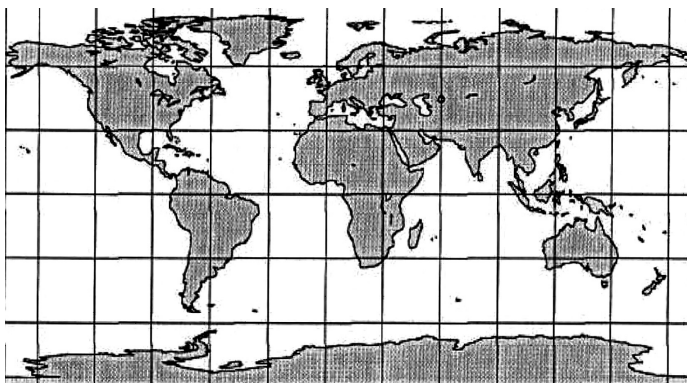


**36 - rasm. Normal teng kattalikli silindrik proyeksiya.**

Eratosfen tomonidan o'zaro perpendikular teng turuvchi to'g'ri chiziqlar ko'rinishidagi meridianlar va parallellar to'riga dunyo kartasi tuzilgan. Ehtimol bu teng oraliqli silindrik proyeksiya bo'lgan. Shuningdek, 1938-yilda dengizchi Genrix (1394-1460) teng oraliqli proyeksiyani taklif etgan. Teng oraliqli silindrik proyeksiyaning kartografik to'ri 37-rasmda ko'rsatilgan.

1569-yilda mashhur flamand kartografi Merkator teng burchakli silindrik proyeksiyada, ilk ko'p varaqli dunyo kartasini yaratdi. Oqi-

batda proyeksiya uning nomi bilan ataldi va dengizchilikda keng tarqaldi. Chunki Merkator proyeksiyasida doimiy azimut chizig'i (lok-sodromiya) to'g'ri tasvirlanadi.



37 - rasm. Normal teng oraliqli silindrik proyeksiya.

Bunaqa kartada oldindan berilgan azimutlar bo'yicha marshrutlarni belgilash qulaydir. Merkator proyeksiyasi 38-rasmda keltirilgan.

Silindrik proyeksiyalarning xatolari tavsifiga ko'ra, boshqa erkin va bir qator o'zgarishlari ham mavjud. Shuningdek, umumlashgan silindrik proyeksiyalarni ham yaratish mumkin, unda meridian chiziqlari orasidagi masofa uzoqlik bilan o'zgaradi.

**Psevdosilindrik proyeksiyalar.** Bu proyeksiyalarning juda keng sinfidir. Psevdosilindrik proyeksiyalarning paydo bo'lishi silindrik proyeksiyalarning oddiy rasmini saqlash va ularning asosiy kamchiligiga barham berishdan darak beradi. Silindrik proyeksiyalarda qutblar nuqtasi, ushbu proyeksiyadagi ekvatordek, shunday uzunlikdagi kesmalar bilan tasvirlanadi. Barcha kengliklardagi meridianlar orasidagi masofalar bir xil. Shuning ta'sirida kartalarda qutbiy rayonlarni tasvirlashda sezilarli deformatsiyalar hosil bo'ladi. Psevdosilindrik proyeksiyalarda qutblar nuqtalar hamda berilgan uzunlikdagi kesmalar bilan ko'rsatilishi mumkin.

Psevdosilindrik kartografik proyeksiya-unda normal to‘rlar paralleli-to‘g‘ri parallellar,o‘rtameridian-to‘g‘ri, parallellarga perpendikular, qolgan meridianlar-siniq to‘g‘ri yoki egri. Meridianlar va parallellar to‘ri ortogonal emas. Shuning uchun xatolar tavsifiga ko‘ra, psevdosilindrik proyeksiyalar teng kattalikli, yoki erkin bo‘ladi. Kartografik to‘rning noortogonalligi tufayli asosiy yo‘nalish va ekstremal masshtablar meridian va parallellar yo‘nalishiga to‘g‘ri kelmaydi. O‘rta to‘g‘ri chiziqli meridianning parallellar va ekvator bilan keshishi nuqtasi bundan mustasno.

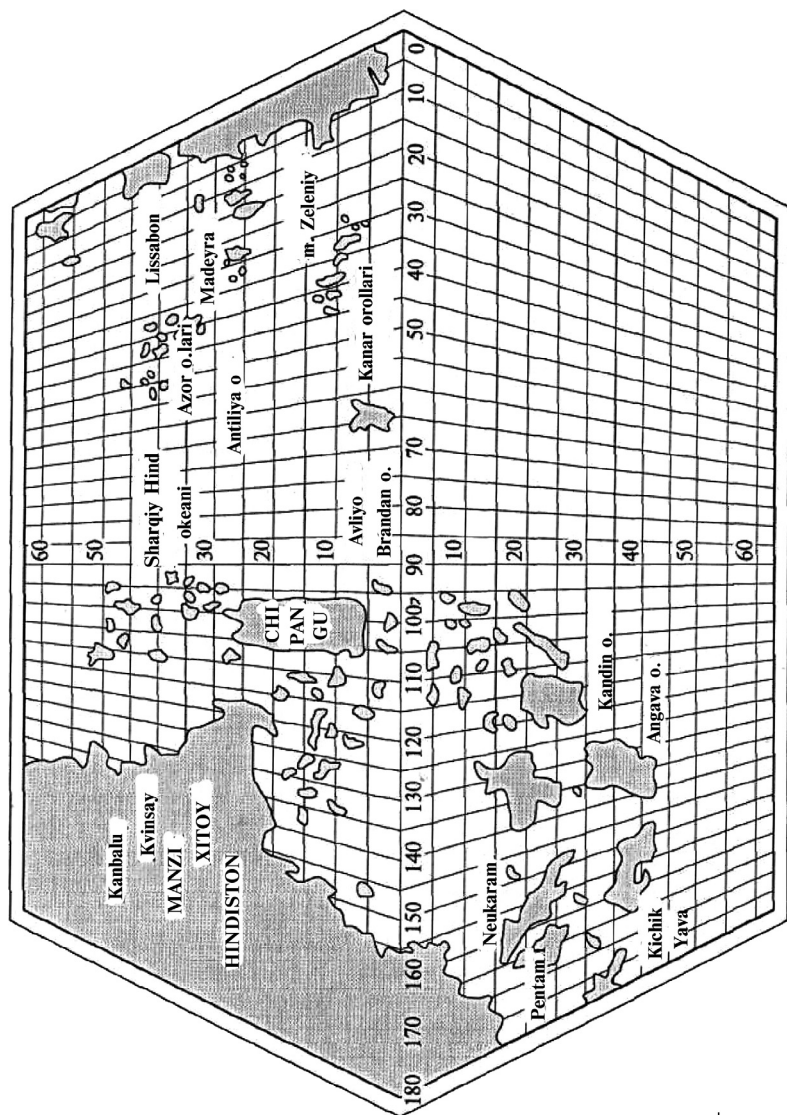
Meridianlar siniq to‘g‘ri chiziq, shuningdek, ellips, parabola, giperbola yoki sinusoid yo‘ylar bilan tasvirlanadi.

Normal psevdosilindrik proyeksiyalar ikkita simmetriya o‘qiga – ekvator va o‘rta meridianga ega.

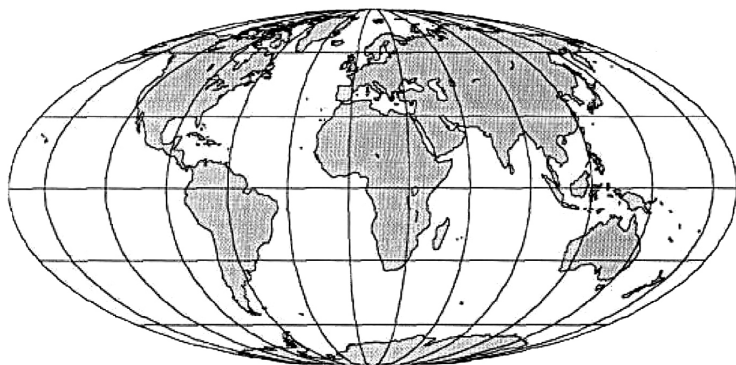


**38 - rasm. Merkatorning normal teng burchakli silindrik proyeksiyasi.**

Teng kattalikli proyeksiyalarda meridianlar o'rtasidagi oraliqlar uzoqliklarga proporsionaldir.



39-rasm. Paolo Toskanellining (1474) psevdosilindrik proyeksiyasidagi Atlantika okeani kartasi.



**40-rasm. Malveydening psevdosilindrli teng katta elliptik proyeksiyasi.**

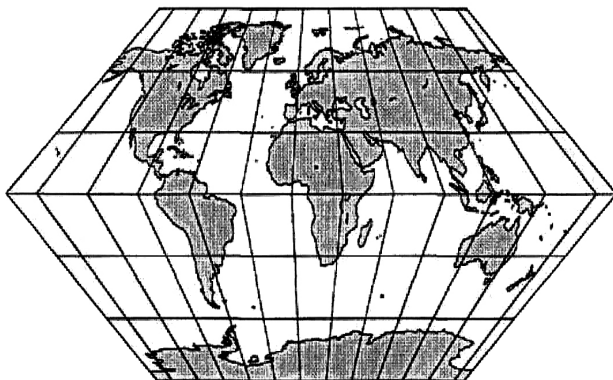
Kartada qutblar nuqtalar bilan tasvirlangan to'g'ri chiziqli o'rta meridian ekvator uzunligi yarmiga teng uzunligi  $\pm 90^\circ$  meridian doira hosil qiladi, uning maydoni Yerning yarimshar maydoniga teng. Boshqa meridianlar – ellipslar yoyi, ular teng oraliqlarda o'tkazilgandir. Masshtab  $\pm 40^\circ 44'$  kengligi parallellarda saqlanadi.

Parallellar o'rtasidagi oraliqlar tekislikda yer yuzasini tasvirlash bilan aniqlanadi.

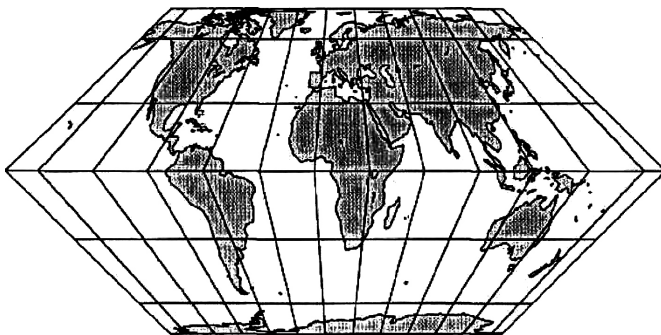
Psevdosilindrik proyeksiyalar, asosan, mayda masshtabda sharsimon sayyoraning yirik qismini tasvirlash uchun qo'llaniladi. Shuning uchun psevdosilindrik proyeksiyalarda yer yuzasi shar yuzasi deb qabul qilinadi.

39-rasm psevdosilindrik proyeksiyada Paola Toskanellining (1474) tarixiy Atlantika okeani kartasi keltirilgan. Bu kartada muallif Yevropadan g'arbga Osiyogacha bo'lgan masofa yer shari aylanasining faqat uch qismini tashkil etishi tasdiqlagan. Shu kartaga asoslanib, Kolumb Yevropadan suzishda Sharqiy Osiyoga yetish loyihasini asoslagan. Agarda meridianlar ellips bilan tasvirlansa, unda proyeksiya

elliptik deb ataladi.40-rasmda normal teng kattalikli psevdosilindrik elliptik proyeksiya ko‘rsatilgan.



**41 - rasm. Ekkert I – erkin psevdosilindrikli proyeksiya.**  
To‘g‘ri chiziqli meridianlar teng oraliqlarda o‘tkazilgan.  
O‘rta meridian rasmda tushmagan va qutblar chizig‘i  
ekvator uzunligi yarmiga teng.  $\pm 47^{\circ} 10'$  kenglikdagi  
parallellarda masshtab saqlanadi.

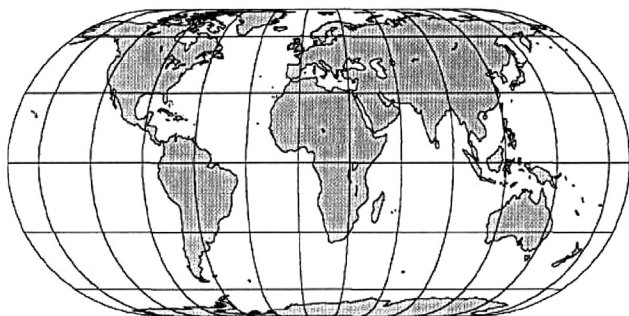


**42-rasm. Ekkert II – teng kattalikli psevdosilindrikli proyeksiya.**  
To‘g‘ri chiziqli meridianlar teng oraliqlarda o‘tkazilgan. O‘rta meridian  
rasmda tushmagan va qutblar chizig‘i ekvator uzunligi yarmiga teng.  
 $\pm 55^{\circ} 10'$  kenglikdagi parallellarda masshtab saqlanadi.

Molveyde proyeksiyasi, boshqa psevdosilindrik proyeksiyalar kabi, normal oriyentirda ko‘p qo‘llaniladi. Uni 1805-yilda Germaniyada Molveyde taklif etadi. U ko‘pincha normal mo‘ljalda qo‘llaniladi. 1906-yilda nemis olimi Ekkert (MaxEckert, 1868-1938) psevdosilindrik proyeksiyalarning oltita variantini taklif qilgan. Ular raqamlar bo‘yicha ma’lumdir. Toq raqamli proyeksiyalar xatolar tavsifiga ko‘ra erkin, juft raqamlilar teng kattalikli hisoblanadi. Ular 41–46-rasmlarda keltirilgan.



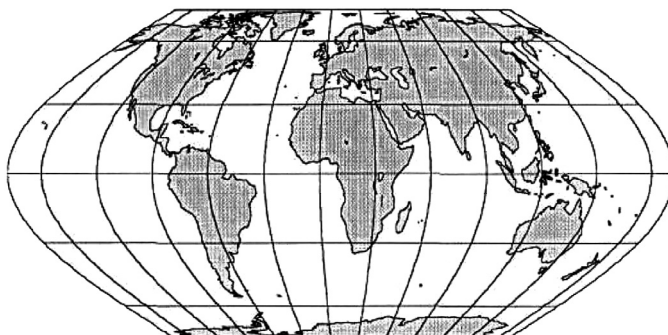
**43-rasm. Ekkert III- erkin elliptik psevdosilindrik proyeksiya.**  
 Parallel va meridianlar teng oraliqlarda o‘tkazilgan. Chetki meridianlar – aylana yoylari. O‘rta meridian va qutblar chizig‘i ekvator uzunligining yarmiga teng.  
 $\pm 35^{\circ} 58'$  kenglikdagi parallellarda masshtab saqlanadi.



**44-rasm. Ekkert IV- teng kattalikli elliptik psevdosilindrik proyeksiya.**  
 Meridianlar teng oraliqlarda o‘tkazilgan. Chetki meridianlar – aylana yoyi.  
 O‘rta meridian va qutblar chizig‘i ekvator uzunligining yarmiga teng.  
 $\pm 40^{\circ} 30'$  kenglikdagi parallellarda masshtab saqlanadi.



**45-rasm. Ekkert V- erkin sinusoidli psevdosilindrik proyeksiya. Parallel va meridianlar teng oraliqlarda o'tkazilgan. O'rta va meridian qutblar chizig'i ekvator uzunligining yarmiga teng.  $\pm 37^{\circ} 55'$  kenglikdagi parallellarda masshtab saqlanadi.**



**46-rasm. Ekkert VI – teng kattalikli sinusoidli psevdosilindrik proyeksiya. Meridianlar teng oraliqlarda o'tkazilgan. O'rta meridian qutb va qutblar chizig'i ekvator uzunligining yarmiga teng.  $\pm 49^{\circ} 16'$  kenglikdagi parallellarda masshtab saqlanadi.**

47–48-rasmlarda psevdosilindrik proyeksiyalar ko'rsatilgan, ularning meridianlari, o'rta to'g'ri chiziqlidan tashqari, birinchi holda giperbola yoyi, ikkinchisida esa parabola yoyidir. Bu proyeksiyalar

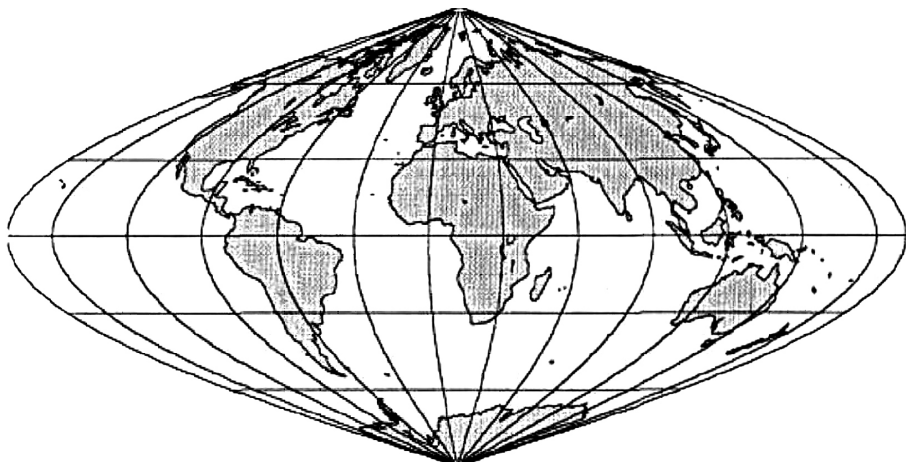
analogik holatda giperbola va parabola proyeksiyalari deb ham ataladi.



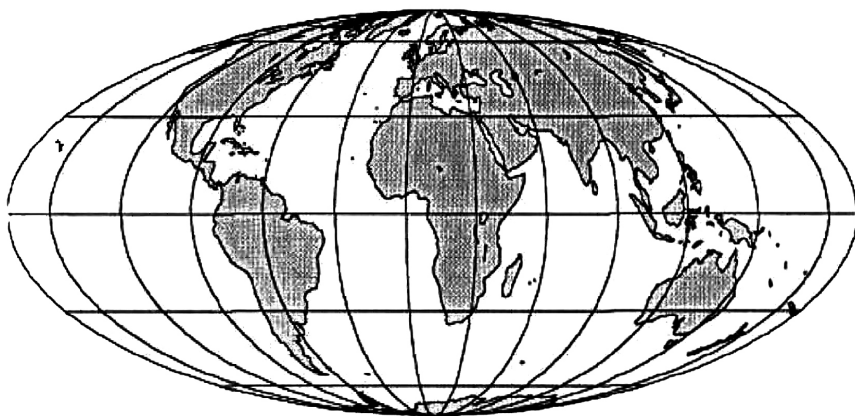
**47-rasm.** Erkin psevdosilindrik giperbolali proyeksiya, ularning meridiani, oʻrta meridian toʻgʻri chiziq, tashqari,- ekvator uzunligining yarmiga teng. Parallel va meridianlar teng oraliqlarda oʻtkazilgan.  $\pm 21^{\circ} 14'$  kenglikdagi parallellarda masshtab saqlanadi. Proyeksiyani 1934-yili R.V.Putninch (Latviya) taklif qilingan.



**48-rasm.** Teng kattalikli psevdosilindrik parabolali Mak Brade – Tomasning proyeksiyasi. Oʻrta meridian (koʻrsatilmagan)-toʻgʻri chiziq, u ekvator uzunligining 0,48 qismiga teng. Meridianlar teng oraliqlarda oʻtkazilgan. Qutbiy chiziqlar uzunligi ekvator uzunligining uchdan bir qismini tashkil etadi.  $\pm 45^{\circ} 30'$  kenglikdagi parallellarda masshtab saqlanadi. Proyeksiyani 1949-yil F.V. MakBrade va P.D.Tomaslar (AQSh) taklif qilishgan.



**49-rasm. Psevdosilindrlr sinusoidli teng katta Sanson proyeksiyasi keltirilgan. O‘z vaqtida proyeksiya qit‘alar va hatto dunyo kartasini tuzish uchun qo‘llanilgan. Hozirgi kunda turli nazariy ishlarda qo‘llaniladi.**



**50-rasm. Erkin psevdosilindr proyeksiya. Karta markazida proyeksiya deyarli teng oraliqlidir. Karta o‘rtasida, o‘rta kenglikda- teng oraliqli va teng burchakli, qolgan qismida teng oraliqli va teng kattadir. Bu esa karta chetiga qancha yaqin bo‘lsa, shuncha teng kattalikka ham yaqin bo‘ladi.**

47–48-rasmlarda psevdosilindrli proyeksiyalar ko‘rsatilgan bo‘lib, ularning meridianlari birinchi holatda giperbola yoylari, ikkinchi holatda esa parabola yoylaridir. Bu proyeksiyalarni giperbola va parabola proyeksiyalari deb ataymiz.

XVI asrda taklif qilingan Sansonning sinusoid teng katta proyeksiyasi tanishdir (49-rasm). Uning barcha parallellari va o‘rta meridian asosiy masshtabda quriladi, ularda uzunliklar o‘zgarishi yo‘q. O‘z vaqtida proyeksiya mintaqalar kartasini va hatto dunyo kartasini tuzish uchun qo‘llanilgan. Hozirgi vaqtda u faqat turli nazariy ishlarda qo‘llanilmoqda. 50-rasmda Sanson proyeksiyasini modifikatsiyalash bilan olingan erkin psevdosilindrli proyeksiya keltirilgan: kartada parallellar o‘rtasidagi oraliqlarning o‘zgarish qonuni buzilgan.

Aytilgan proyeksiyalar psevdosilindr proyeksiyalari turlari haqidagi tasavvurni beradi. Kartografiyada N.A.Urmayev, V.V.Kavrayskiy, G.A.Ginzburg, A.G.Robinson va boshqa ko‘plab kartograf-olimlarning psevdosilindrli proyeksiyalari qo‘llaniladi.

Psevdosilindrli proyeksiyalarni umumlashtirish. Silindr proyeksiyalarni psevdokonus proyeksiyalar kabi o‘rganish mumkin. Yarim-konusli proyeksiyalardan ularning parallellarini tekislab yarimsilindr proyeksiyalarni olamiz. Biroq proyeksiyalarning bu ikki sinfining kartografik to‘rlari farq qilmaydi. Ham psevdosilindr, ham yarimsilindr proyeksiyalar parallellarining markazlari tuganmasdir. Shuning uchun xorij maxsus adabiyotlarida yarimsilindr proyeksiyalar tavsiya etilsa hamki, Rossiya amaliyotida yarimsilindr proyeksiyalar alohida sinfga ajratilmagan. Bu turdagi barcha proyeksiyalar psevdosilindrli deb klassifikatsiyalanadi.

**O‘zgaruvchan egrilik parallellariga ega yarimsilindr proyeksiyalar.** Bu proyeksiyalarda parallellar, ellipslar yoki boshqa egrilar bilan tasvirlanadi; meridianlar esa to‘g‘ri yoki egri chiziqlar bilan.

Aytilgan proyeksiyalar psevdosilindrli proyeksiyalar sinfining har xilligidan dalolat beradi. N.A.Urmayev, V.V. Kavrayskiy, G.A.Ginzburg, A.G.Robinson va boshqa ko‘plab olim-kartograflarning psevdosilindrli proyeksiyalari tanish va qo‘llanilmoqda.

**Teng katta psevdosilindrli** sinusga oid Sanson proyeksiyasi. O‘rta meridian – to‘g‘ri chiziq, ekvator uzunligi yarmiga teng. Meridian va parallellar teng oraliq orqali o‘tgan. Uzunliklar masshtabi barcha parallellarda va o‘rta meridianda saqlanadi.

## **21-§. MATEMATIK ELEMENTLAR PARAMETRLARI TARKIBIGA KO‘RA KARTOGRAFIK PROYEKSIYALAR KLASSIFIKATSIYASI**

Ko‘plab kartalar bitta asosiy masshtabga ega, ular proyeksiyalarining teng tenglamalari parametrlarning yagona to‘plami bilan aniqlanadi. Karta bir necha proyeksiyalardan iborat bo‘lishi mumkin, uning alohida simlar u yoki bu tasavvurlarga ko‘ra bo‘rttirilib yoki kamaytirilib tasvirlanishi mumkin. Shu alomatlar bo‘yicha proyeksiyalarni quyidagicha klassifikatsiyalash mumkin:

- parametrlarning yagona to‘plamiga ega proyeksiyalar;
- tarkibiy proyeksiyalar;
- ko‘pchizikli proyeksiyalar;
- ko‘pqirrali proyeksiyalar;
- anamarflangan makon proyeksiyasi.

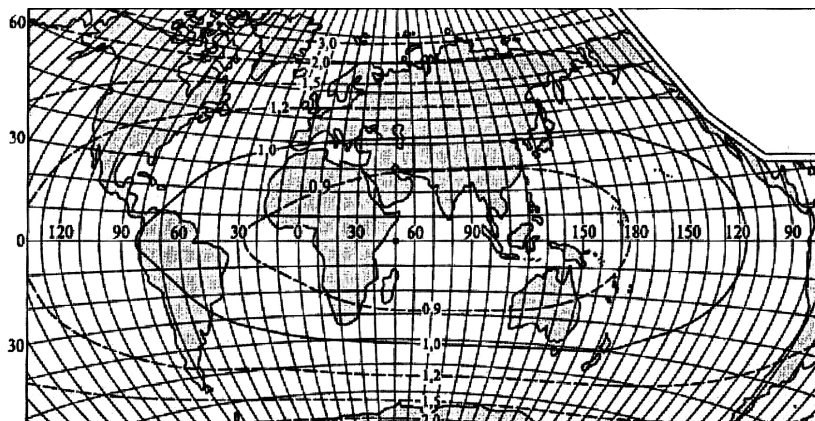
### **Tarkibiy proyeksiyalar**

Tarkibiy proyeksiyalar dunyo kartasini tuzish uchun qo‘llaniladi. **Tarkibiy kartografik proyeksiya**-kartografik to‘rning alohida qism-

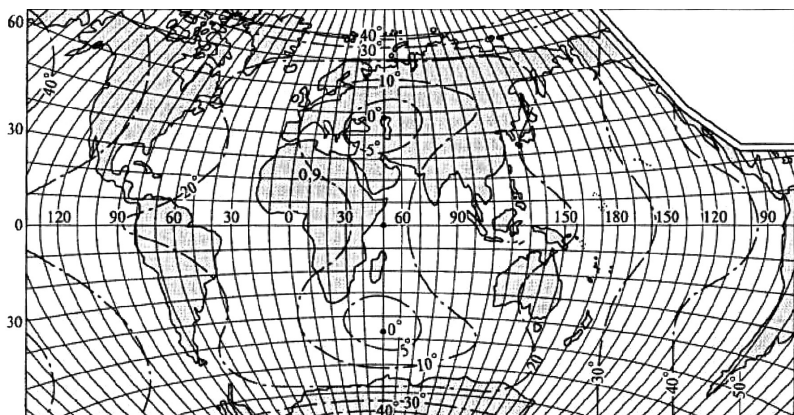
lari turli proyeksiyalarda yoki bitta proyeksiyada tuzilgan, lekin turli parametrlil proyeksiyalardir.

Tarkibiy proyeksiyalar o'zgarishlar kattaligini boshqaradi. Ular uzilishli va uzilishsiz bo'ladi.

51–52-rasmlarda maydon masshtabi izokolalari bilan va SNIIGa IK (1954) tarkibiy yarimkonusli proyeksiyasida burchaklarning katta o'zgarishli izokolalari bilan kartalar keltirilgan. Uning kartografik to'ri o'rta to'g'ri chiziqli meridianga nisbatan simmetrik emas. To'ring simmetrik emasligi deyarli noma'lum. Izokollar shaklini proyeksiyaning o'ng va chap tomonlarida solishtirib bu nosimmetrikni topish mumkin. Kartografik to'ring g'arbiy qismida parallellar teng taqsimlangan, sharqiy qismida esa teng taqsimlanmagan deb hisoblanadi. Sharqiy qismda meridianlar o'rtasidagi oraliq sezilarli emas, karta markazidan uning sharqiy burchagiga kamayib boradi. Shu sababli to'ring g'arbiy qismida maydonlar o'zgarishi ko'p, burchaklar o'zgarishi esa kam. Sharqiy qismda meridianlar o'rtasidagi oraliqlarning kamayishi tufayli Tinch okean maydoniga ko'ra unchalik ham kattalashtirib tasvirlanmagan.

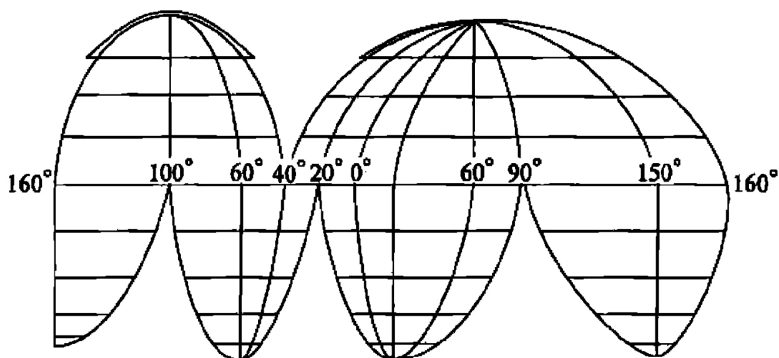


51-rasm. Uzilishsiz tarkibiy SNIIGa IK izokolalari.

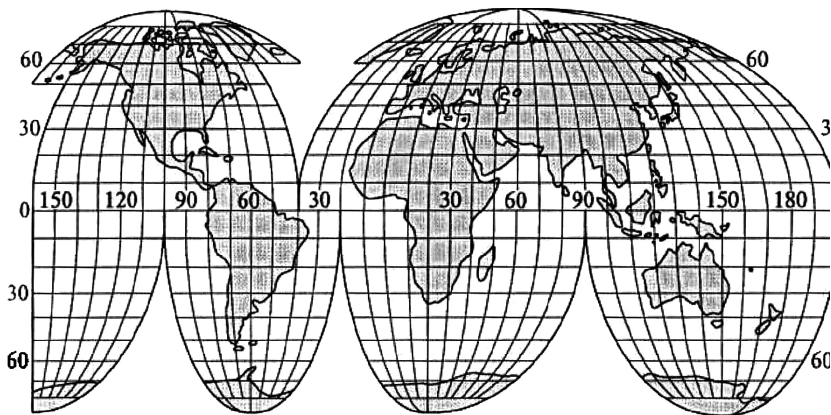


**52-rasm. Uzilishsiz tarkibiy SNIIGa IK yarimkonusli proyeksiyasi (1954) – eng katta xatoli burchaklar izokolasi.**

Uzilishli tarkibiy proyeksiyalarni tuzish uchun psevdosilindrlil proyeksiyalar qulaydir, unda to‘g‘ri chiziqli parallellar ularning turli qismlarini joylashga imkon beradi. 53- rasm materiklarni tasvirlash uchun uzilishli tarkibiy psevdosilindrlil proyeksiyalarni tuzish, 54-rasmda esa bu proyeksiya keltirilgan. Har bir materik uchun to‘g‘ri chiziqli o‘rta meridianli psevdosilindr proyeksiyaning markaziy qismi qo‘llanilgan.



**53-rasm. Molveyde-Gudaning uzilishli tarkibiy proyeksiyasining hosil bo‘lish sxemasi.**

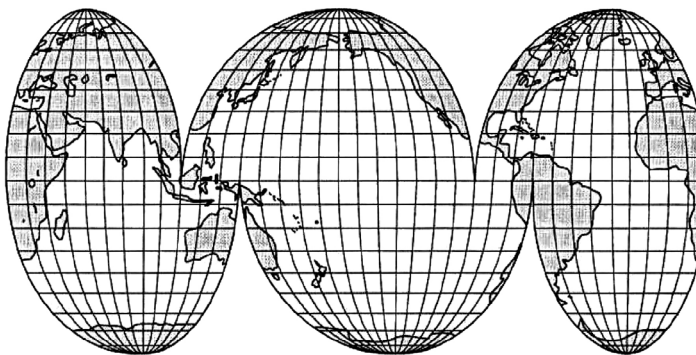


**54-rasm. Molveyde-Gudaning okeanlar bo'yicha uzilishli psevdosilindrli tarkibiy proyeksiyasi.**

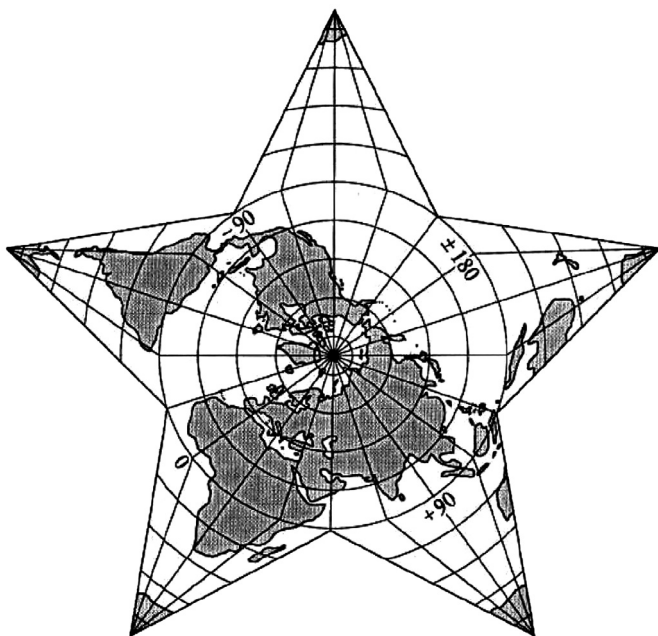
Tarkibiy proyeksiyaning alohida seksiyalari ekvatorning to'g'ri chiziqlari bilan birlashtirilgan. Tarkibiy proyeksiyada o'rta meridianlar qit'alarni yaxshi ko'rsatish uchun tanlangan.

Shunga o'xshash proyeksiyalar okeanlar uchun ham tanlangan (55-rasm).

Bu holatda uzilishlar materiklarning suvli qismlarida boradi, o'rta meridianlar esa shunday tanlanganki, okeanlar iloji boricha kam o'zgarishlar bilan tasvirlangan.



**55-rasm. Molveydening materiklar bo'yicha uzilishli tarkibiy psevdosilindrli proyeksiyasi.**



**56-rasm. Tarkibiy yulduzsimon proyeksiya.**

Ham uzilishli, ham uzilishsiz tarkibiy proyeksiyalar ishlab chiqilgan. Masalan, V.V.Kavrayskiy Merkatorning silindrli teng burchakli proyeksiyasiga  $\pm 70^\circ$  parallellar bo'yicha silindrli teng oraliqli proyeksiyalarni qo'ydi. Tarkibiy proyeksiya ma'lum bo'lib, unda Merkatorning silindr proyeksiyasi  $\pm 45^\circ$  parallellari bo'yicha Atlantika okeani bo'ylab Shimoliy yarimsharda uzilishlarga ega psevdosilindrli proyeksiyalar bilan birlashtirilgan.

Amerikalik kartograf Miller (O.M. Miller, 1897-1979) uchta egri azimutli stereografik proyeksiyani biriktirdi, ulardan biri Yevropa va Afrika uchun, boshqasi-Markaziy Osiyo uchun, uchinchi - markazida Avstraliya turgan mintaqa uchun tanlandi.

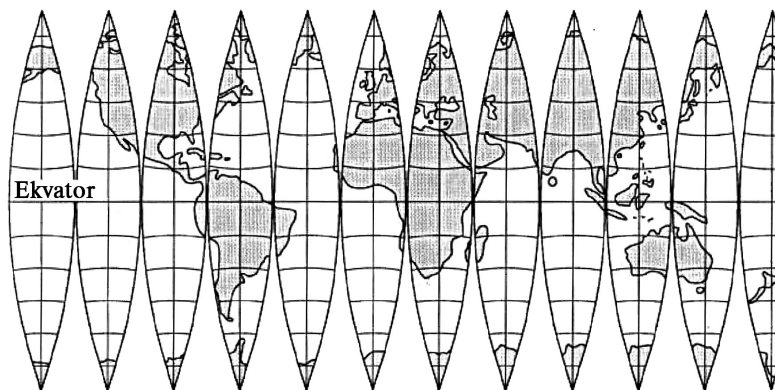
56-rasmda dunyoni emblemali tasvirlash uchun tarkibiy yulduzsimon proyeksiya keltirilgan.

Yulduzsimon proyeksiyani 1879-yilda Germaniyada Bergauz (N. Verdxaus, 1797-1884) taklif qilgan. Boshqa mualliflarning ham yulduzsimon proyeksiyalari ma'lumdir.

### **Ko'pchiziqli proyeksiyalar**

O'zgarishlarni kamaytirish uchun shar yoki ellipsoid yuzasi chiziqlarga bo'linadi. Har bir chiziq o'z parametrlari bilan proyeksiyada tasvirlanishi mumkin. Dunyo ko'p varaqli kartaning alohida varaqlarida tasvirlanadi.

**Ko'pchiziqli kartografik proyeksiya-** parametrlari har bir alohida chiziqlar uchun tashlangan proyeksiyadir.

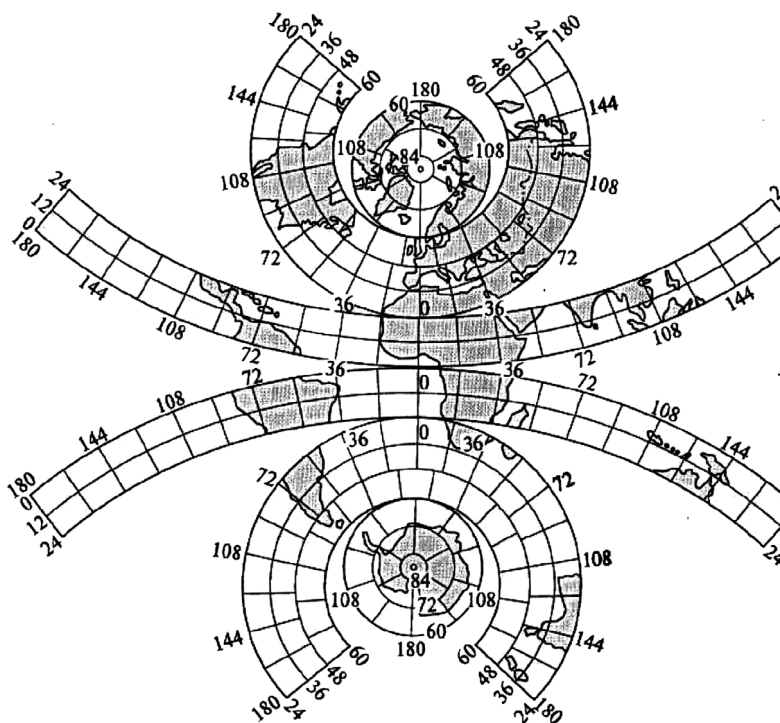


**57-rasm. Ko'pchiziqli proyeksiyalar.**

Chiziqlar yo meridianlar bilan, yo parallellar bilan chegaralanadi. Masalan, kengligi  $30^\circ$  meridianli chiziqlar ko'rinishi o'zgartirilgan oddiy yarimkonusli proyeksiyada globuslarni yasash uchun ishlatiladi (57- rasm).

Oraliqlar yo meridianlar bilan, yo parallellar bilan cheklaniishi mumkin. Masalan, eni  $30^\circ$  li meridianli oraliqlar ko'rinishidan o'zgargan oddiy yarimkonusli proyeksiyada globuslarni tuzish uchun

foydalaniladi (57-rasm). Topografik kartalar va rejalarini yaratishda polosalar ikkita meridian bilan cheklanadi. Bu meridianlar uzunligining har xilligi topografik kartalar uchun  $6^\circ$  ni, topografik rejalar uchun esa  $3^\circ$  ni tashkil etadi. Topografik kartalar holatida bu oraliqlar zonalar deb ataladi. Ma'lumki, Rossiyada ko'rsatilgan zonalar doirasida topografik kartalar va rejalar Gauss-Kryugerning ko'ndalang teng burchakli silindrliloyihasida chiziladi, AQSh va boshqa mamlakatlarda Merkatorning ko'ndalang tengburchakli silindrliloyihasida tuziladi.



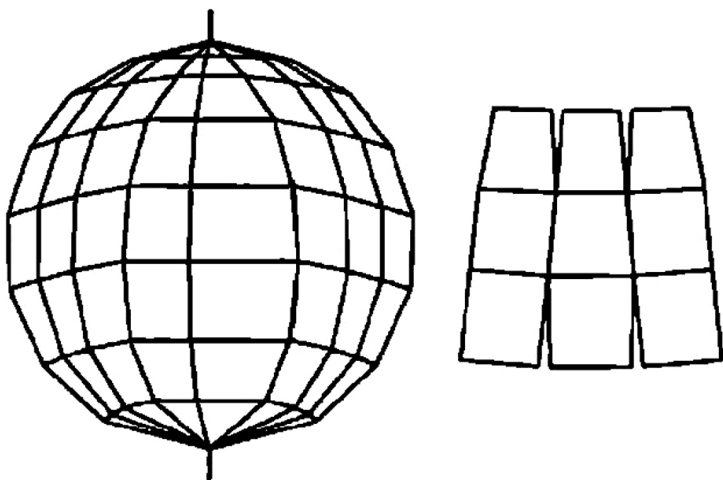
**58-rasm. Ko'pchizikli proyeksiyalar chiziqlar, parallelar bilan cheklangan.**

Chiziqlarni parallelar bilan cheklash usuli (58-rasm) 1: 2 500 000 masshtabli. Xalqaro dunyo kartasiga qo'llanilgan. Yer yuzasi bo'lingan - uchasi Shimoliy yarimsharda va uchasi Janubiy yarimsharda. Qutbli chiziqlar meridianlar bo'yicha normal teng oraliqli azi-

mutli proyeksiyada tasvirlangan, qolgan to'rttasi-meridian bo'yicha normal teng oraliqli konusli proyeksiyada.

### **Ko'pqirrali proyeksiyalar**

O'zgarishlarni kamaytirish maqsadida shar yoki ellipsoidning yuzasi meridianlar va paralellar bilan trapetsiyalarga bo'linadi. Har bir trapetsiya yassilikka loyihalanadi. Agar bunday karta varaqlari oralarini hech bir uzilishsiz ulasak, ko'p qirra hosil bo'ladi. Trapetsiyalarning o'lchami qanchalik kichik bo'lsa, ko'p qirraning qirralari shunchalik ko'p bo'ladi. Dunyo ko'p varaqli kartada tasvirlanadi. Har bir varaqning proyeksiyasi o'z parametrlariga ega.



**59-rasm. Ko'pqirrali proyeksiya sxemasi.**

1:1 000 000 masshtabli ko'p varaqli Xalqaro dunyo kartasi bunga misol bo'la oladi. Har bir varaq ikkita meridian va ikkita paralellar bilan cheklashgan. Varaqning kenglik bo'yicha cho'zilishi 4 ni, uzunligi bo'yicha esa -6 ni tashkil etadi; 60 dan 70 gacha kenglikda varaqlar ikkitaga 76 dan oshsa 4 ga ko'payadi. Bir kamchilikka

ega- tekislikda varaqlar proyeksiya uzilishsiz ramkalar bo'yicha yig'ilmaydi. Agar stol ustida karta varaqlarining 4 ta yoki 9 tasini parallelar va meridianlar bo'yicha birlashtirmoqchi bo'lsak, bu varaqlar tutashmasligi mumkin.

Ularning o'rtasida albatta uzilishlar hosil bo'ladi (59-rasm). Ko'p qirrali trapetsiya qancha ko'p bo'lsa, uzilishlar ham ko'p bo'ladi.

### **Anamorflangan makon proyeksiyasi**

Turli tasavvurlarga ko'ra, kartaning turli qismlaridagi masshtab uning asosiy masshtabidan farq qiluvchi sifatida tanlanishi mumkin. Geografik obyektlar yoki ularning qismlarini turli masshtablarda tasvirlanishi kartada haqiqiy makon qayta yangilashgan, anamorflangan ko'rinishga olib kelishi mumkin.

Bunday proyeksiyalar anamorflangan makonni tasvirlaydi.

**Anamorflangan makon proyeksiyasi**- real makonni deformatsiyalab tasvirlovchi proyeksiyadir, bunda tasvirlash masshtabi yo zaruriyatga qarab, yo kartografiyalanishga qarab transformatsiyalanadi. Alohida uchastkalar (aholi punktlari, relyef, orollar, mintaqalar) yirik-roq masshtabda tasvirlangan kartalar bunga oddiy misol bo'la oladi.

60-rasmda aylanalar bilan tasvirlari ikki baravar kattalashtirilgan uchastkalar ko'rsatilgan. Lokalizatsiyalangan kattalashtirilgan tasvirlar D.P. Snayder «Kattalashtiruvchi shisha samarasi» deb atagan samarani beradi.

Bunday proyeksiya variantlaridan biri shundan iboratki, har qanday o'lchamning yumaloq sohasi berilgan masshtabda ko'rinadi, qurshab oluvchi mintaqalar esa doimiy masshtabga ega, lekin u markaziy qism masshtabidagidan kichik.

Boshqa variant qurshab turuvchi mintaqalarning masshtabini doimiy saqlash o'rniga siqilishni nazarda tutadi.



**60-rasm. Tasvir masshtabi ajratilgan doiralarda kartaning asosiy masshtabiga nisbatan ikki martaga kattalashtirilgan.**

Masshtabning o'zgarish qonuni masofaning ajratilgan markazdan uzoqlashishda funksiya  $f(r)$  turi bilan aniqlanadi. Olimlar funksiyalarning har xil turlarini taklif qilishgan. Ularning bir nechta ma'nosini keltiramiz, unda  $\alpha$  va  $\beta$  - masshtab o'zgarish amplitudalarini boshqaruvchi ba'zi parametrlar:

$$f(r) = \alpha;$$

$$f(r) = \alpha (1 + r)^\beta;$$

$$f(r) = \alpha e^{-\beta r};$$

$$f(r) = \alpha \sqrt{1 - (r/\beta)^2};$$

$$f(r) = \frac{\alpha}{1 + \beta r^2}.$$

O'zgarish markazlarining soniga qarab proyeksiyalar manofokal (61-rasm) va yarimfokalga bo'linadi (62-rasm).

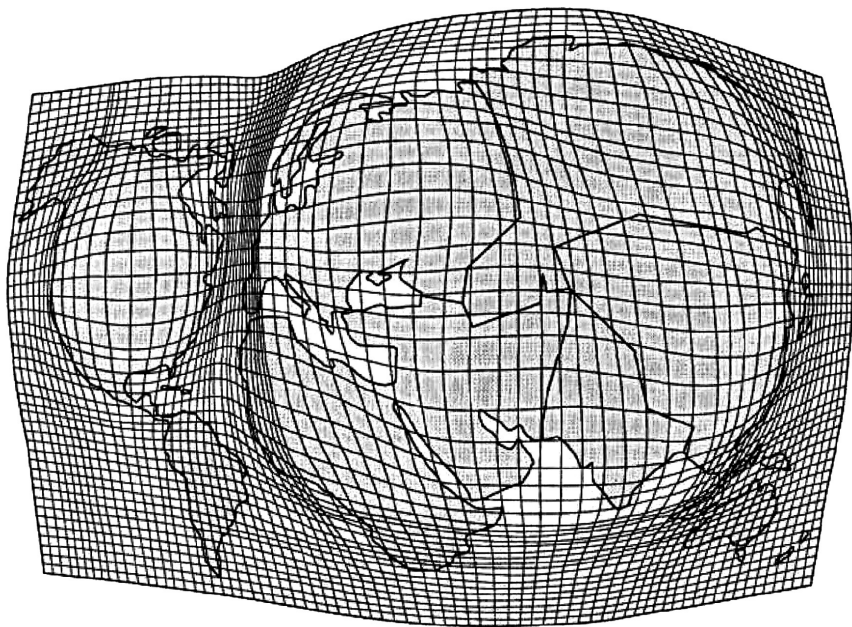
**Anamorflangan** makon proyeksiyasi anamorfaza tushunchasi bilan uzviy bog'liqdir. Anamorfazalar kartalarda kartografik holat tasvirlarining o'ziga xos usulini anglatadi. Anamorfazani yaratishda tasvir masshtabi holat kattaligiga qarab o'zgaradi. Anamorfazalar chiziqli, maydonli va hajmli bo'ladi.

Chiziqli anamorfazalarda, masalan, ba'zi bir markaziy nuqtadan obyektlarning uzoqlashgani tasvirlanadi.

Makon munosabatlariga amal qilinadi. Boshlang'ich kartada izoxrona tizimi va ularga ortogonal og'malar chiziqlari tuzishi quriladi.



61-rasm. Asosiy masshtabning manofokal o'zgarishli proyeksiyasi.



**62-rasm. Shimoliy Amerika va Yevrosiyoda yarimfokal proyeksiya.**

Ogʻmalar chizigʻi markazi nuqtaga erishi vaqti uchun gradiyentli chiziqlar hisoblanadi. Boshlangʻich kartadagi bu ikki chiziq tizimi murakkab koʻrinishga ega boʻlishi mumkin. Shuning uchun izoxronlar proyeksiyaning oʻzgarishi bilan qayta izohlanadi.

Maydonli anamorfozalarda tanlangan hududiy birlik maydonli shunday deformatsiyalanadiki, ular kartografiyalanuvchi kattaliklarga proporsional tegishli boʻladi.

Hajmi anamorfazalarda ikkita koʻrsatkich tasvirlanadi. Masalan, agar aholi yoki Ya.M.M. – yalpi milliy mahsulot kartografiyalanuvchi koʻrsatkich hisoblansa, anamorflangan dunyo kartasida har bir mamlakat maydoni piramidalar hajmi bilan tasvirlanadi.

Tabiiyki, bu yangilanishlarda kartada sohil chiziqlari va kartografik to'rlar o'zgarishining qo'shib ketishi sodir bo'ladi.

Boshqacha aytganda, har bir anamorfazaga ma'lum kartografik proyeksiya to'g'ri keladi.

Proyeksiyadagi o'zgarishlar kartografiyalanuvchi holat bilan bog'liqdir.

Proyeksiya masshtabi uning turli nuqtalarida ham oshish, ham kamayish tomoniga o'zgarishi mumkin.

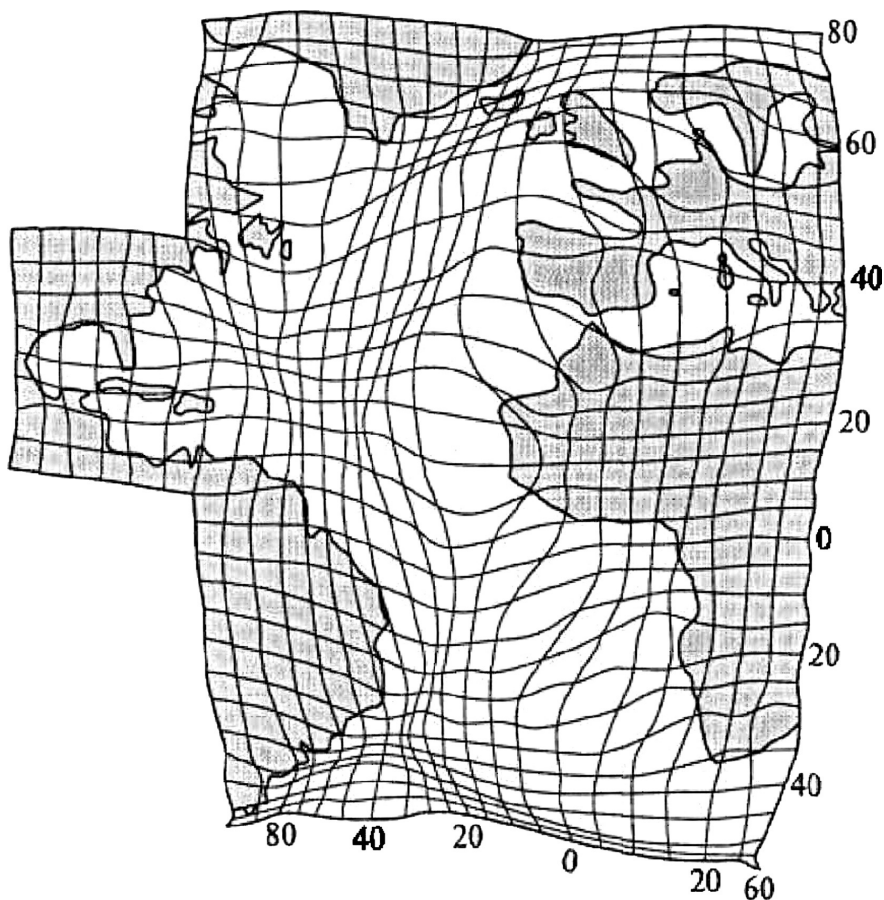
Anamorflangan makon kartasi maxsus yaratilgan. Proyeksiyalarda qurilishi mumkin. Shved geografi Xagerstrand karta migratsiya jarayonlarini tasvirlash uchun maxsus azimutli loyihalanitirishdan foydalangan. Bu turdagi proyeksiya «Logarifimli azimutli» deb nom olgan va deyarli turli o'lchamdagi tasvirlangan doirasimon shakllarni kattalashtirish uchun qo'llanilgan.

Bu usul Shimoliy Amerika kartasini tuzishda qo'llanilgan (63-rasm).



**63-rasm. Kartografik to'r, Shimoliy Amerika makoni anamorflangan «baliq ko'z» rasmini eslatadi.**

Boshqa misol – okeanda kemalarni hududiy tarqatish asosida tuzilgan. Atlantika okeanining kartografik anamorfaza to‘ri (64-rasm).



**64-rasm. Kemalarning hududiy joylashuvi asosida tuzilgan. Atlantika okeani anamorfazasining kartografik to‘ri.**

1985–1987-yillarda Yu.L. Bugayevskiy anamorf to‘rli kartografik proyeksiyaning uchta sinfini olish nazariyasi va usulining asosiy qoidalarini ishlab chiqdi:

– o‘zgaruvchan masshtabli, uning alohida uchastkalari katalashtirilgan yoki kichraytirilgan masshtablar bilan tasvirlanadi; obyekt yoki hodisalarni notekis joylashuvini kartografiyalash uchun qo‘llaniladi;

– Variabelli uning tenglamasida kartografiyalanuvchi ko‘rsatkichning taqsimlanish bilan aniqlanuvchi xarakteristika mavjud;

– makonning o‘zgaruvchan metrikasi bilan, obyektlar tasviri na- faqat ularning geografik ko‘rinishi, balki ular o‘rtasida mavjud funk- sional aloqalar bilan amalga oshiriladi.

### **Nazorat savollari**

1. Kartografik proyeksiya klassifikatsiyasining qaysi alomatlarini ko‘rsatish mumkin?

2. Kartografiyalanuvchi jisim yuzasi bo‘yicha proyeksiyalarini qanday ajratish mumkin?

3. O‘zgarishlar xarakteriga ko‘ra proyeksiyalar qanday klassifikatsiyalanadi?

4. Klassifikatsiya burchagi qanday aniqlanadi va nima aniqlaydi?

5. Xatolar kattaligi qanday klassifikatsiyalanadi?

6. Normal kartografik to‘r ko‘rinishiga ko‘ra proyeksiyalarning qanday guruh va sinflari mavjud?

7. Bir guruhli proyeksiyalarning umumiy xususiyatlari va farqlari qanaqa?

8. Azimutli, psevdazimutli yarimazimutli proyeksiyalarning normal to‘rlari- ning ko‘rinishi qanaqa?

9. Konusli, psevdokonusli va yarimkonusli proyeksiyalarning normal to‘ri ko‘rinishi qanaqa?

10. Silindrlil, psevdosilindrlil va yarimsilindrlil proyeksiyalarning normal to‘r ko‘rinishi qanday?

11. Qaysi proyeksiyalar umumlashgan azimutli, konusli yoki silindrlil deb ata- ladi?

12. Normal konusli proyeksiyaning qurilishi va uning parametrlarining  $\alpha$  o'zgarishi qanday o'zgaradi? Bu parametr qaysi chegarada o'zgaradi? Bu parametrning oxirgi ma'nosida konusli proyeksiyada nima sodir bo'ladi?

13. Bonn va Vernerning psevdokonusli proyeksiyalaridagi farq va o'xshashlik nimada?

14. Psevdokonusli proyeksiyani psevdoozimetlik va psevdosilindrik proyeksiyalar bilan nima birlashtiradi?

15. Ekvator tasviri bo'yicha psevdokonusli proyeksiyani yarimkonusli proyeksiyadan qanday farqlash mumkin?

16. O'zgarishlar xarakteriga ko'ra psevdokonusli va yarimkonusli proyeksiyalar qanday bo'ladi?

17. Qaysi proyeksiya oddiy yarimkonusli proyeksiya deb ataladi?

18. Qaysi yarimkonusli proyeksiyalar aylanali deb ataladi?

19. Lagranjning yarimkonusli proyeksiyasi qanday xususiyatlarga ega?

21. Merkatorning silindrik proyeksiyasi va Lambertning silindrik proyeksiyasi qanday xususiyatlarga ega?

22. Qutblar qanday tasvirlanadi va psevdosilindrik proyeksiyalarda meridianlar qaysi chiziqlar bilan tasvirlanadi?

23. O'zgarish xarakteriga ko'ra psevdosilindrik proyeksiyalar qanaqa bo'ladi?

24. Psevdosilindrik proyeksiyada tuzilgan Paola Toskanelli kartasi nimasi bilan mashhur? Bu proyeksiyada meridianlar qanday tasvirlangan?

25. Molveyde, Sanson, Ekkertning psevdosilindrik proyeksiyalarining asosiy xarakteristikasi qanaqa? Putnins, Max Brade-Tomas proyeksiyalari ulardan nimasi bilan farq qiladi?

26. Qaysi proyeksiyalar tarkibiy deb ataladi? Nima uchun ba'zan uzilishli proyeksiyalar tuziladi? Bu uzilishlar qayerda joylashgan?

27. Nima maqsadda ko'p polosali proyeksiyalar tuziladi? Bu polosalar nima bilan cheklanadi? Sizga tanish bo'lgan ko'pchilikli proyeksiyalarni ayting.

28. Qaysi proyeksiyalar ko'pqirrali? Ularning afzalliklari va kamchiliklarini ayting.

29. Qanday va qaysi maqsadlarda lokal kattalashgan masshtabli proyeksiyalar tuziladi? Ular fokuslar soni bo'yicha qanday taqsimlanadi?

30. Anamorfozlar nima va anamorflangan makon proyeksiyasi nima?

## **5-BOB.**

### **KARTOGRAFIK PROYEKSIYALARNI TANLASH**

Proyeksiyalarni tanlash yangi kartani yaratish jarayonidagi tarkibiy zveno hisoblanadi. Kartani tuzuvchi majburiy tartibda u yoki bu kartografik proyeksiyadan foydalanishi kerak bo'ladi. Albatta shunga intilish kerakki, tanlagan proyeksiya yana tuzilgan karta bo'yicha masalalarning optimal yechimini ta'minlasin.

Foydalanuvchi ixtiyorida har doim proyeksiyalarning ba'zi to'plami mavjuddir. Zamonaviy sharoitda geoinformatsion texnologiyalarning qo'llanilishida maxsus tijorat kartografik dasturli paketlar ishlatiladi. Ular yuzlab kartografik proyeksiyalarga ega. Shuning uchun kartografik proyeksiyani tanlash masalasi shu bilan yengillashtirilganki, karta tuzuvchi cheklangan ro'yxatdan birini tanlashi va yangi kartani tuzish uchun qo'llashi kerak.

### **22-§. PROYEKSIYALARNI TANLASHNING UMUMIY QOIDALARI**

Kartografik proyeksiyalarni tanlovchi omillar uch guruhga bo'linadi.

Birinchi guruhga kartografiyalash obyektlarni anglatuvchi omillar kiradi:

– obyekt toifasi (sayyora, sayyora yo'ldoshi, kometa, asterooid);

- obyekt ( Yer sayyorasidagi Yevrosiyo materigi);
- obyekt xususiyatlari (geografik holati, o'lchami).

Ikkinchi guruhda tuziladigan kartani anglatuvchi omillar kiradi:

- karta mazmuni (umumiyegeografik,mavzuli, maxsus);
- karta mazmuni va yo'nalishi (geofizikaviy, gravitatsion maydonning);
- xususiyatlar (qo'llash sohasi, foydalanuvchilar doirasi, qo'llash usuli, o'ziga xos xususiyatlari, masshtab).

Uchinchi guruhga tuziladigan kartaning proyeksiyasining anglatuvchi omillar kiradi:

- proyeksiyalardagi o'zgarish (xatolar xarakteri va kattaligi, mintaqaviy o'zgarishlarning taqsimlanishi);
- geografik obyektlarning tasvirlanish mohiyati (qutblar, ekvatorlar, o'rta meridian va boshqalar);
- xususiyatlari (kartografik to'ri, uning simmetriyasi va ortogonalligi sharoiti, o'ziga xos xususiyatlari va boshqalar ).

Proyeksiya barcha omillarni hisobga olish asosida tanlanadi. Turli omillar turli ahamiyatga ega. Birinchi guruh omillari shartsiz hisoblanadi. Ular o'zgarmaydi va mumkin bo'lgan proyeksiya sinfi guruhlarini aniqlaydi.

Obyekt toifasi avvalambor qanaqa proyeksiyalar qo'llanilishi kerakligini aniqlaydi. Bunda geodeziya asoslari parametrlari aniqlanadi.

Ma'lum darajada obyektни ko'rsatish proyeksiyani tanlashni aniqlaydi.

Obyektning geografik holati –ekvatorda, o'rta kenglikda, qutbda juda muhim hisoblanadi. Obyekt o'lchami, konturining umumiy shakli katta ta'sir ko'rsatadi. Konfiguratsiya va oriyentatsiyani aniqlashda sxemali kontur nazarda tutiladi. Agar kartografiyalanuvchi soha shakliga ko'ra yumaloq yoki oval bo'lsa, unda sferali yoki oval segment konturi sxemali kontur deb qabul qilinadi.

Omialarning ikkinchi guruhi qo'yilgan masalaning yechimi bilan uzviy bog'liqdir. Ular ham o'zgartirilmaydi. Karta mazmuniga ko'ra uchta katta guruhga bo'linadi: umumgeografik, mavzuli va maxsus. Umumgeografik kartalarga topografik – 1:100 000 va yirikroq masshtabi, obzorli- topografik – 1:200 000 masshtabi va obzorli – 1:100 000 kiradi. Bu kartalarning proyeksiyalari aniqlangan va hatto regmentlangan.

Maxsus kartalar masalalarning aniq doirasini hal qilish uchun va ma'lum foydalanuvchilar uchun mo'ljallangan.

Mavzuli kartalar tabiiy va ijtimoiy holatlar kartasining har xil va keng toifasini hosil qiladi. Mazmun va proyeksiya aniq mavzu bilan va maxsus karta bilan, foydalanuvchilar doirasi, qo'llash usuli bilan aniqlanadi. O'quv kartalari bo'yicha eng oddiy misollarni ko'rib chiqamiz.

Mavzuli kartalar tabiat va ijtimoiy hodisalar kartasining turli-tuman va keng toifasini, ularning komplekslarini hosil qiladi. Mazmuni va proyeksiyasi aniq mavzu va foydalanuvchilar doirasi qo'llanilish usuli bilan aniqlanadi.

O'quv kartalar bo'yicha eng oddiy misollarni ko'rib chiqamiz. Kichik sinf o'quvchilarining maktab kartalari uchun ularning dunyoqarashi va bilim zaxiralarini hisobga olib murakkab echimlarni tanlamaslik kerak, chunki kartadan foydalanishni qiyinlashtirish uning mazmunini noto'g'ri tushunishga va dunyo to'g'risidagi noto'g'ri tasavvurlarga olib kelishi mumkin.

Tasavvurlar yaxlit, uzilishlarsiz, takrorlanuvchi uchastkalarsiz bo'lish kerak. Bu kartalar o'lchashlar uchun mo'ljallanmagan.

Yuqori sinf o'quvchilari uchun aytilgan cheklanishlar mavjud emas. Oliy o'quv yurti kartalari uchun murakkab proyeksiyalar qo'llanilishi mumkin.

Ikkita guruh omillari uchunchi guruh omillari ahamiyatini baholash uchun asos hisoblanadi.

Uchinchi guruh omillarini har tomonlama o'zgartirish mumkin.

Bir qator holatlarda yangi kartalar uchun proyeksiyalarni tanlash an'ana, normativ hujjatlar va ishlar bilan aniqlangan bo'ladi. Rossiya-da barcha topografik rejalar-topografik kartalar va obzorli- topografik kartalar majburiy tartibda Gauss-Kryuger proyeksiyasida tuziladi. Xuddi shunday ahvol boshqa mamlakatlarda ham topografik kartalar ma'lum proyeksiyalarda tuziladi.

Shuni nazarda tutish kerakki, yangi kartalar uchun proyeksiyalarni tanlash an'ana, normativ hujjatlar va bajariladigan ishlar bilan aniqlangan bo'ladi. Barcha mavzuli kartalar topografik va obzorli-topografik kartalarni asos sifatida qo'llab, ularning proyeksiyalarini ham qabul qiladi. Bu 1:1 000 000 masshtabli mavzuli kartalar uchun ham to'g'ri keladi. Shu tarzda 1:2 500 000 masshtabli mavzuli kartalar shu masshtabdagi umumgeografik karta asosida tuziladi, va bino-barin konusli va azimutli teng oraliqli proyeksiya qo'llaniladi.

Cheklangan hududlarga kartalarni ishlab chiqishda proyeksiyalarni tanlash haqidagi masala o'z dolzarbliligini yo'qotdi. Yirik mintaqalarga kartalar uchun proyeksiyalarni tanlash muhimroqdir.

## **23-§. O'ZGARISHLAR XARAKTERI VA KATTALIKNING PROYEKSIYANI TANLASHGA TA'SIRI**

Proyeksiyadagi o'zgarishlar xarakteri va kattaliklari kartani qo'llash usullari geografik vositalar va karta masshtabi bilan muvofiqlashishi kerak.

Proyeksiyadagi o'zgarishlar xarakteri nafaqat mavzuga, balki karta yo'nalishga ham mos tushishi kerak. Bir turdagi kartalar turli proyeksiyalarda bo'lishi mumkin. Masalan, yirik masshtabli tuproqqa oid kartalar teng burchakli proyeksiyalarda tuzilishi kerak; qit'alarining ancha yirik masshtabli kartalari teng oraliqli proyeksiyalarda tuzili-

shu mumkin, lekin Yevrosiyo yoki yarimsharning tuproqli kartalari uchun teng katta yoki ularga yaqin proyeksiyalar kerak. Boshqa misol – sohil chiziqlarining uzunligi va alohida uchastkalarini o'rganish uchun teng burchakli proyeksiyalar to'g'ri keladi, lekin ular yarimshar kartasi uchun yaroqsizdir.

Proyeksiya o'zgarishlari xarakteri kartani usullariga to'g'ri kelishi kerak, xatolar kattaligi esa - ularning to'g'ri tahliliga to'g'ri kelishi lozim. Misol tariqasida iqlim va meteorologik kartalar uchun maqsadga muvofiq proyeksiyalarni ko'rib chiqamiz.

Iqlim kartalari uchun maydonlarning katta bo'lmagan o'zgarishlari saqlanishi kerak, biroq ba'zan kontur va shaklni tasvirlash sifatiga katta e'tibor berish shart emas. Agar izochiziqlar yordamida ko'p miqdorda funksiyalarning oraliq belgilarini qo'shimcha qilish, shuningdek, gradiyentlarni aniqlash kerak bo'lsa, u holda afzalliklar teng burchakli proyeksiya tomoniga o'tadi. Bunday proyeksiyalar shamol yo'nalishi, tezligi va miqdori strelkalar bilan ko'rsatilganda kerakdir. Ba'zi meteorologik kartalarda, masalan, sanoat kartasida, izobar shakllariga va boshqa izochiziqlarga ham e'tibor qaratiladi. Bunday holatlarda boshqalarning talablariga ko'ra teng oraliq yoki ularga yaqin proyeksiyalar to'g'ri keladi. Va, nihoyat, ortodromiyani tekislash talab qilinsa, gnomonik proyeksiyaga murojaat qilish kerak.

Bunday holatlarda teng oraliqli yoki unga yaqin proyeksiyalar to'g'ri keladi. 3% atrofidagi uzunlik, maydon va shakllar xatosi kattaligida va 2-3 ming km radiusli hududlar o'lchamida proyeksiyadagi o'zgarishlar hal qiluvchi ahamiyatga ega emas, biroq teng burchakli, teng oraliqli, azimutli, konusli yoki silindrlil proyeksiyalarga ahamiyat berish kerak. Hududlar o'lchamining kattalashishiga qarab o'zgarishlar xarakteri ham katta ahamiyatga ega bo'ladi. Maydonlarni o'lchash uchun teng katta proyeksiyalar qo'llanilishi kerak. Vizual tahlil va hududlarni taqqoslash uchun erkin proyeksiyalar qo'llaniladi.

Obyektlar uzunligi va shakllari ixtiyoriy proyeksiyalarda o'zgaradi. Biroq, agar turli o'zgarishlarni baholash kerak bo'lsa, teng oraliqli proyeksiyalar oldida guruhlanuvchi erkin proyeksiyalarni qo'llash lozim. Ma'lum yo'nalish bo'yicha masofani baholash uchun teng oraliqli proyeksiyalarni qo'llash maqsadga muvofiqdir.

Yo'nalish va gradiyentlarni baholash uchun teng burchakli yoki kam o'zgarishli burchak proyeksiyalari kerak bo'ladi. O'zgarishlar xarakteri tasvir usullari bilan ham bog'liqdir.

Izochiziqlarni qo'llashda xarakteriga ko'ra turli o'zgarishli proyeksiyalar kerak bo'ladi. Izotermalar, izobatlar o'rtasida tuzilgan maydonlarni aniqlash uchun teng katta yoki unga yaqin proyeksiyalardagi kartalar kerak. Gradiyentlarni izochiziqli kartalar bo'yicha aniqlashda, masalan, havo harorati, dengiz suvining sho'rliigi, magnitli tortishuvda, teng burchakli proyeksiyalar kerak bo'ladi, chunki ularda masshtab yo'nalishga bog'liq bo'lmaydi.

Sifatli va miqdorli fon, areallar kartogrammalar, kartodiagrammalar va nuqtali usullar hududiy birlik maydonlari u yoki bu alomatlari bo'yicha ularning differensiyasi bilan bog'liq. Chiziqli belgilar obyektlarning tortishuvini aks ettiradi. Bu chiziqlarning shakli ham muhimdir.

Harakat belgilari yo'llar, tezlik yo'nalishlarini ko'rsatish uchun qo'llaniladi. Shuning uchun, bu belgilarning kichik kesimlari yo'nalishini to'g'ri tasvirlash uchun burchaklarning yoki to'g'ri burchaklarning kichik o'zgarishli proyeksiyalarini qo'llash zarur.

O'zgarishlar xarakteri va karta masshtabi o'rtasidagi o'zaro aloqani ko'rsatuvchi ba'zi umumiy g'oyalar ham mavjud bo'lgan yirik masshtabli kartalar uchun teng burchakli proyeksiyalar afzaldir. Keyin masshtablarning kamayishiga qarab teng oraliqli proyeksiyadan teng katta proyeksiyaga o'tish kuzatiladi. 1:1 000 000 masshtabli kartalar uchun va, ayniqsa, 1:15 000 000 va undan kichik kartalar uchun erkin proyeksiyalar qulaydir.

## **24-§. KARTOGRAFIK PROYEKSIYALARNI TANLASH UCHUN EKSPERTLI TIZIM**

Geoinformatsion texnologiyalarda qo'llaniladigan dasturli kartografik mahsulotlar proyeksiyalarini tanlash uchun mo'ljallangan. Ular ekspertli tizimlarga muhtojdir.

Ekspertli tizim interaktiv rejimda ishlashi kerak. U ma'lumotlar bazasidan foydalanib va foydalanuvchining savollariga javobini tahlil qilib aniq proyeksiyalarni tanlash bo'yicha tavsiyalarni bera oladi.

Yuz yillar davomida kartografik proyeksiyalarni tanlash va qo'llash bo'yicha katta tajriba to'plangan. Bu bilimlar tegishli kompyuter tizimining bilimlar bazasiga joylashtirilishi kerak. Tizimning ishlashiga ko'ra bilimlar bazasi takomillashadi, uning hajmi esa oshadi.

Formalizatsiya asosiga uchlik: «geografik hudud kategoriyasi-obyekt atributlari» qo'yilishi mumkin. U saqlash va qo'llash uchun qulay bo'lgan iyerarxik tuzilishni ko'rishga imkon beradi. Bu tuzilishda obyektning aniq kategoriyasi obyektlar seriyasi bilan, har bir obyekt esa atributlar to'plami seriyalari bilan bog'liqdir.

Obyektlarning barcha toifalari ikki guruhga bo'linishi mumkin: aniq va yarim aniqlangan. Aniq toifalar – ularni aniqlovchi belgi qo'yiluvchilardir. Bunday toifalarga quyidagi geografik hududlar kiradi: qit'alar, mamlakatlar, okeanlar, dengizlar, davlatlar, shuningdek, hududiy ma'muriy birliklar. Nomlarni ko'rsatish (Yevrosiyo, Rossiya, Omsk viloyati va h.k.) hududiy, uning o'lchamini va geografik holatini aniqlaydi.

Har bir bunday obyektga ma'lumotlar bilimlar bazasida ma'lumotlarni doim saqlovchi sahifa (baza) yuritiladi: toifa nomi, obyekt nomi, uning geografik ahvoli, o'lchami va boshqalar. Bu ma'lumotlar doimo saqlanadi.

Yarim aniqlangan toifalar – ularning nomini oddiy ko‘rsatib identifikatsiyalanmaydi. Ularga dunyo, Jahon okeani, yarimsharlar, region kiradi.

Dunyo turli ko‘rinish nuqtasidan ko‘rsatilishi mumkin. Uning markazida har qanday qit’a yoki istalgan shahar bo‘lishi mumkin. Dunyoni tasvirlash uchun kartada markaziy nuqtani ko‘rsatish kerak. Agar markaz ekvatorida joylashgan bo‘lsa, masala ancha yengillashadi. Bunday holatda kartaning o‘rta meridianini ko‘rsatish kifoya. Yarim sharlar ham jiddiy aniqlanmagan.

Rossiya kartasida boshqacha, AQShda boshqacha, Yangi Zelandiya uchun ham boshqacha bo‘ladi.

Aniq ma’lumotlar, shuningdek, shardagi koordinatalarining qutb tizimi polusini va asosiy parallellar (almukantaratlarni) tanlash hamda proyeksiya parametrlarini hisoblash uchun kerak bo‘ladi.

Yarim aniq obyektlar uchun ham ma’lumotlar tizimi yuritiladi, biroq ular to‘liq bo‘lmaydi, shuning uchun ularning ma’nosi foydalanuvchilar bilan o‘tkazilgan savol-javobdan aniqlanadi. Olingan ma’lumot bilimlar bazasiga kiritilmaydi, vaqtincha saqlanadi va proyeksiyalarning joriy parametrlarini hisoblash uchun qo‘llaniladi.

Aytilgan obyektlarning taxminiy joylashuvi ma’lum, biroq ularning yo‘nalish va lokalizatsiyasini aniqlash uchun har safar manfaatdor foydalanuvchi ayta oladigan ma’lumotlar talab qilinadi. Aniq ma’lumotlar shardagi koordinatalarning qutb tizimi polusini tanlash uchun, bosh parallel (almukantarat)larni tanlash proyeksiyalar parametrlarini hisoblash uchun talab qilinadi. Yarim aniqlangan ma’lumotlarga ma’lumotlar sahifalari kiritilishi mumkin, biroq ular noaniq o‘zgaruvchilarga ega bo‘ladi. Ularning ahamiyati foydalanuvchilar javobidan aniqlanadi. Olingan ma’lumot bilimlar bazasiga kiritilmaydi, vaqtincha saqlanadi. Oldingi paragraflarda amaliyotda

aniq hududiy obyektlarga qaratilgan proyeksiyalar tanlab olingani ko'rsatilgan. Bilimlar bazasiga kiritilgan bu ma'lumot uning asosini tashkil etishi mumkin.

Doimiy yoki vaqtincha saqlanuvchi ma'lumot birinchi guruh omillari (geografik atributlar)ni aniqlaydi va proyeksiyalarning tavsiya etiladigan sinflarini ajratadi.

Foydalanuvchiga bo'ladigan keyingi savollar va ularning javoblari ikkinchi va uchunchi guruhlarining aniqlovchi omillarini topishi kerak.

Foydalanuvchiga savollar shunday bo'lishi kerakki, bunda u karta funksiyasini, uning qo'llanilish usuli va tahlilini, tasvirlash, masshtabning kartografik usullarini aniqlash mumkin bo'lsin.

Ekspertli tizimda asosiy o'rinni foydalanuvchiga beriladigan savolnoma, unda esa savollar mazmuni va soni egallaydi.

Natijada ko'zlangan to'plamdan bo'lgan tizim foydalanuvchilar talabini qoniqtiruvchi proyeksiyalarni ajratadi va unga bir nechta proyeksiyalardan ro'yxatni ko'rsatadi. Foydalanuvchi bu ro'yxatdan eng so'nggi variantni tanlab olishi kerak.

So'nggi vizual tanlovga proyeksiyadagi kartaning ko'rinishi ma'nosiga katta ta'sir etishi mumkin.

## **25-§. KARTOGRAFIK PROYEKSIYALARNI AVTOMATIK TANLASH**

Kartografik proyeksiyalar tanlovi ikki bosqichda amalga oshiriladi. Birinchi bosqichda yaratiladigan karta va kartografiyalash obyektlari alomatlariga ko'ra kartografik proyeksiyalarning ba'zi to'plami ajratiladi. Ikkinchi bosqichda bu to'plamdan eng to'g'ri proyeksiyalarni tanlash amalga oshiriladi.

Kartografik proyeksiyani tanlash avtomatlashtirilgan rejimda yoki an'anaviy usullar bilan amalga oshiriladi.

An'anaviy tanlov usullari proyeksiyalarning solishtirma tahlilida va alohida omillarining ta'sirini ifodalashga asoslangan. Bunday tahlil juda to'g'ri. Avtomatlashtirilgan tanlovning vazifasi tahlil jarayonini yengillashtirish, ularni yanada obyektivlashtirishdan iborat.

Majburiy hisobga tegishli barcha omillar ajratilgandan keyin ularning har birining nisbiy ma'nosi aniqlanadi va uning har bir nuqtasidagi kartografik proyeksiya afzalliklarining umumlashtirilgan ko'rsatkichini shakllantiriladi. Proyeksiyani tanlash vazifasi proyeksiyani ajratish yo'li bilan yechiladi. Boshqa yondashuv ko'rsatkichlarning o'rtacha kvadrat belgilarini hisoblashda va ularning eng kichik belgisi bilan proyeksiyani ajratishga asoslashgan.

Kartografik to'rt turiga, o'zgarishlar xarakteri va kattaligiga va karta maydoni bo'ylab ularning taqsimlanishga ko'rsatiladigan talablarni optimal qoniqtiruvchi variantlar ma'qullanadi. Biroq bu murakkab jarayon ko'pincha soddalashtiriladi va tanlov proyeksiya variantlarini vizual taqqoslashning subyektiv baholash bo'yicha qilinadi.

Avtomatlashtirilgan tanlovdan maqsad tahlil jarayonini yengillashtirish va yanada obyektiv qilishdir. Proyeksiyalarni avtomatik tanlash mohiyati quyida keltirilgan, aniqrog'i professor L.M.Bugayevskiyning ishi asosida. Majburiy hisobga tegishli barcha omillarni ajratgandan keyin ularning har birining nisbiy ahamiyati aniqlanadi va kartografik proyeksiyaning uning har bir nuqtasidagi afzallik ko'rsatkichlari shakllanadi. Proyeksiyani tanlash vazifasi proyeksiyalarni ularning maksimal kattaligi ichida kichik belgilarini ajratish yo'li bilan hal qilinadi (minimaksli tur omili). Boshqa yondashuv eng kichik belgili proyeksiyalarni ajratish va ko'rsatkichlarning o'rtacha kvadrat belgilarini hisoblashga asoslangan (variatsiya turi omillari).

Proyeksiyalarni tanlashda variatsion turdagi omillarning qo'llanishini batafsil ko'rib chiqamiz. Avval shaxsiy lokal omillar E belgilanadi. Har bir shaxsiy omil u aniqlanadigan nuqtadagi proyeksiyani tavsiflaydi. S maydonli karta uchun eng yaxshi proyeksiya shuki, unda ko'rsatkichi eng kichik belgini oladi:

$$E^2 = \frac{1}{S} \int \varepsilon^2 dS.$$

Bu kattalikni aniqlash uchun kartaning ko'riladigan sohasi n sonli kichik uchastkalarga bo'linadi. Bu uchastkalarining o'rta nuqtalarida shaxsiy kriteriyalar E ning belgilari aniqlanadi. Undan keyin formula ko'rsatkich hisoblanadi:

$$E^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2.$$

Shu yo'l bilan har bir shaxsiy omil  $E^2$  bo'yicha  $E^2$  belgisi hisoblanadi. Shaxsiy omillarning belgisi E ularning og'irligi R bilan baholanadi. Og'irlik belgisi R bilan baholanadi. Og'irlik belgisi aniq yaratiladigan karta uchun omillarning muhimligiga bog'liq. Turli kartalar uchun ular turli belgilarga ega bo'ladi. Og'irlik aniqlangandan keyin o'rtacha umumlashgan og'irlik aniqlanadi:

$$E_{um}^2 = \Sigma RE^2 / \Sigma R.$$

Umumlashgan omillar barcha solishtiriladigan proyeksiyalar uchun hisoblanadi. Eng kichik belgiga ega proyeksiya tanlab olinadi.

Shaxsiy lokal omillar sifatida E ning quyidagi ko'rsatkichlar tanlanadi:

- maydonlar o'zgarishi;
- uzunliklar o'zgarishi, masalan, Eyri omili bo'yicha;

- geodeziyali chiziqlarning egrilik ko‘rsatkichi;
- parallel egriligining uning berilgan belgisidan chetlashish ko‘rsatkichi;
- meridian egriligining uning berilgan belgisidan chetlashish ko‘rsatkichi;
- loksadromiyaning to‘g‘ri chiziqdan chetlashish kattaligi;
- proyeksiyaning stereografligini tavsiflovchi ko‘rsatkichi;
- meridian va parallel o‘rtasidagi burchakning uning berilgan belgisidan chetlashishi;

Binobarin, nafaqat lokal omillarni, balki o‘zgarishlar figurasi ko‘rsatkichlarini ham qo‘llash mumkin. Usulning kamchiligi-shaxsiy omillar og‘irligini aniqlashdagi majburiy subyektiv ko‘rsatkichlardir.

### **Nazorat savollari**

1. Kartografik proyeksiya tanlovini aniqlovchi omillar qanday guruhlanadi?
2. Yangi kartalar uchun proyeksiyalar tanlovi qaysi ko‘rsatkichlari bilan aniqlanadi?
3. Proyeksiyadagi xatolar xarakteri va kattaligi nimaga muvofiq bo‘lish kerak?
4. Xatolar xarakteri kartalardagi tasvir usullari bilan qanday bog‘langan?
5. Xatolar xarakteri va karta masshtabi o‘rtasida qanday umumiy latentli shart-sharoit mavjud?
6. Kartografik proyeksiyani tanlash uchun mo‘ljallangan ekspert tizimi qanday joylashgan? Foydalanuvchining bu tizimdagi roli qanday?
7. Kartografik proyeksiyani tanlash uchun mo‘ljallangan ma‘lumot asosiga nima qo‘yilgan?
8. Proyeksiyalarning avtomatlashtirilgan tanlovi nimaga mo‘ljallangan? Bunda qanday omillar qo‘llanilishi mumkin?

## FOYDALANILGAN ASOSIY ADABIYOTLAR

1. Mirzaliyev T. Kartografiya. Toshkent. O'zMU, 2006.
2. Mirzaliyev T., Musaev I. Kartografiya. T., Ziyonur, 2007.
3. Suyunov A.S., Isakov E.X., Artikov G.A. Kartografiya. Samarqand. SamDAQI. 2008.
4. Бугаевский Л. М. Математическая картография. –М.: Златоуст, 1998.
5. Картоведение / Под ред.А.М.Берлянта. – М.:Изд-во Аспект Пресс, 2003.
6. Павлов А.А. Практическое пособие по математической картографии. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1974.
7. Серапинас Б.Б. Геодезические основы карт.Изд-во Моск. ун-та, 2001.
8. Серапинас Б.Б. Математическая картография М.ИЦ «Академия» 2005.

### Qo'shimcha adabiyotlar:

1. Nurmatov E., Musayev I. Geodeziya va kartografiyadan atamalar. Toshkent. TIMI, 2000.
2. Suyunov A., Musayev I., Alimova X. Kartashunoslik fanidan O'MM. Samarqand. SamDAQI, 2010.
3. Берлянт А.М., Ушакова Л.А. Картографические анимации.- М.:Научный мир, 2000.
4. Бугаевский Л.М. Теория картографических проекций регулярных поверхностей. – М.:Златоуст,1999.
5. Лурье И.К. Основы геоинформационного картографирования. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000.
6. Свентэк Ю.В. Теоретические и прикладные аспекты современной картографии. - М.: Эдиториал УРСС, 1999.

## **Ma'lumotnoma, atlaslar, andozalar**

1. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов / Под ред. А. Берлянта, А. Кошкарева.- М.: ГИС-Ассоциация, 1999.-204 с.
2. Параметры Земли 1990 года (ПЗ-90). – М.: Координационный научно-информационный центр, 1998.-36 с.
3. Справочник по картографии – Под ред. Е.И.Халугина.- М.: Недра, 1988.-428 с.
4. Kompyuterdan olingan ma'lumotlar: [http: //w w w.// colibri. Ru](http://www.colibri.ru).

## MUNDARIJA

Kirish .....	3
<b>1-BOB.</b> Kartalarning geodezik asoslari .....	6
1-§. Kartografiyalanuvchi jismlarning sharsimon modeli .....	7
2-§. Kartografiyaga mansub jismlarning sferasimon modeli .....	11
3-§. Ellipsoidni sharning yuzasi bilan almashtirish .....	16
4-§. Sharning sharda aks etishi .....	20
5-§. Qutbli sferik koordinatalar .....	21
 <b>2- BOB.</b> Kartalarning matematik asoslari elementlari .....	27
6-§. Kartalar masshtabi .....	27
7-§. Kartografik proyeksiya .....	30
8-§. Kartografik to‘rlar .....	32
9-§. Kartalar ramkasi va koordinatalar to‘ri .....	34
10-§. Proyeksiyalarning o‘rtacha meridiani .....	36
 <b>3-BOB.</b> Kartografik proyeksiyalarda xatoliklar .....	39
11-§. Yuzaning metrik elementlari .....	39
12-§. Uzunliklar xatosi .....	43
13-§. Maydonlar xatosi .....	46
14-§. Burchak kattaliklari xatosi .....	48
15-§. Shakllarning o‘zgarishi .....	50
16-§. Kartalarda lokal o‘zgarishlarning aks etishi .....	54
17-§. Mintaqaviy masshtabdagi o‘zgarishlarning kartalarda aks etishi .....	56

<b>4-BOB. Kartografik proyeksiyalar klassifikatsiyasi .....</b>	<b>63</b>
18-§. Kartografik proyeksiyalar klassifikatsiyasining belgilari .....	63
19-§. Xatolar kattaligi va tavsifi bo'yicha proyeksiyalarning klassifikatsiyasi .....	65
20-§. Normal kartografik to'r ko'rinishi bo'yicha proyeksiyalar klassifikatsiyasi .....	73
21-§. Matematik elementlar parametrlari tarkibiga ko'ra kartografik proyeksiyalar klassifikatsiyasi .....	102
 <b>5-BOB. Kartografik proyeksiyalarni tanlash .....</b>	 <b>119</b>
22-§. Proyeksiyalarni tanlashning umumiy qoidalari .....	119
23-§. O'zgarishlar xarakteri va kattalikning proyeksiyani tanlashga ta'siri.....	122
24-§. Kartografik proyeksiyalarni tanlash uchun ekspertli tizim.....	125
25-§. Kartografik proyeksiyalarni avtomatik tanlash.....	127
 Foydalanilgan asosiy adabiyotlar.....	 131

**A.S.SUYUNOV, D.O.JO‘RAQULOV,  
A.A.SALAXIDDINOV**

**MATEMATIK  
KARTOGRAFIYA**

*Kasb-hunar kollejlari uchun o‘quv qo‘llanma*

Muharrir *R. Zaparov*  
Badiiy muharrir *Ye. Krasnikova*  
Musahhih *A. Akbarov*  
Sahifalash «Davr nashriyoti»da bajarildi

Nashriyot litsenziyasi № AI 227  
Bosishga 14.08.2013-yilda ruxsat etildi.  
Bichimi 60x90  $\frac{1}{16}$ . Ofset usulida bosildi. «Times» garniturası.  
Nashr b.t. 7,8. Shartli b.t. 8,5. Adadi 50 nusxa.  
Buyurtma № 1112/13.

«DAVR nashriyoti» MCHJ. 100129, Toshkent, Navoiy ko'chasi, 30-uy.

O'zbekiston Matbuot va axborot agentligining «O'qituvchi» nashriyot-matbaa  
ijodiy uyi hamkorligida chop etildi. Toshkent, Yunusobod dahasi,  
Yangi shahar, 1.