

1-Д. Жоғарғы геодезия пәні және негізгі міндеттері. Жер пішінін және сыртқы гравитациялық өрісті зерттеудегі негізгі әдістер.

1. Жоғарғы геодезия пәні және мазмұны.

Жоғарғы геодезия курсына Жердің пішінін мен гравитациялық өрісі, координаттар жүйесі Жоғарғы геодезия қолданылатын мемлекеттік геодезиялық тораптардың құру принциптері және рекогносцировка, жергілікті жерде геодезиялық пункттерді орнату, дәлдік баға априоры, нақтылы жүру жолдары мен тор дәлдігінің жоғарлауы; жоғарғы дәлдікті нивелир торының теориясы және тәжірибелік құрастыруы, Гаусс-Крюгер проекция жазықтығындағы алдын ала есетеулер мен геодезиялық торларды теңестірудің теориясы; эллипсоид бетінде айналу эллипсоид параметрлерін шешу, геодезияның теориялық негіздері, тіктеуіш сызығының ауытқуы, ауырлық күшінің геопотенциалы, жоғарғы геодезияның редукциялық есебі, геодезиялық әдіспен геодинамика есептерін шешу мәселелері қарастырылады.

Жоғарғы геодезия «Негізгі геодезиялық жұмыстар», «Сфероидтық геодезия» және «Теоретикалық геодезия» үш бөлімнен тұрады.

«*Негізгі геодезиялық жұмыстар*» бөлімінде Жердің тұрақсыз (шынайы) гравитациялық өрісінде мемлекеттік геодезиялық торларды (пандық және биіктіктік) тұрғызу мәселесі, оларды құру әдістері, жергілікті жерде торларды жобалау және бекіту, жоғарғы дәлдікті геодезиялық өлшеулерді жүргізу әдістері мен аспаптары, өлшеу кезінде кеткен қателіктер оларға әсер ету деңгейін есептеу әдістері, Жер бетінің қисықтығын және гравитациондық өрістің әркелкілігін ескере отырып, өлшеу нәтижелерін математикалық өңдеу әдістері қарастырылады.

«*Сфероидтық геодезия*» бөлімінде Жер эллипсоидының геометриясы, Жер жазықтығы бетінде және үшөлшемді кеңістіктегі геодезиялық есептерді шешу әдістері, сонымен қатар эллипсоид бетінің шар бетінде және жазықтықта бейнелену теориясы зерттеледі.

«*Теоретикалық геодезия*» жоғарғы геодезияның есептері мен негізгі ғылыми мәселелерін шешу әдістері мен теориясын құрастырумен айналысады, бұл мақсаттарда тірек геодезиялық торларында орындалып, қажет жағдайда белгілі бір уақыт аралығында геодинамикалық және басқа да есептерді шешуде қолданылатын заманауи астрономиялық-геодезиялық, гравиметриялық, жерсеріктік және басқа да жоғарғы дәлдікті өлшеу түрлерінің толық кешенін қолданады.

1.2 Жоғарғы геодезияның негізгі міндеттері.

Геодезия Жер туралы ғылым ретінде ежелгі көне ғылымдардан келді және грек тілінен аударғанда "жерді бөлу" деген мағына береді. XIX ғ. бастап жалпы геодезияны геодезия және жоғарғы геодезия деп бөле бастады.

Геодезияның басты мақсаты – өлшеулер арқылы карта мен пландарға жер бетінің кішігірім учаскілерінің бөлшектерін бейнелеу болса, Жоғарғы геодезия жер бетінің тұтас немесе белгілі бір бөлігін тіктеуіш сызығы,

фигуралары мен Жердің гравитациялық өрісін ескере отырып зерттейтін және бейнелейтін ғылым саласы.

Жоғары геодезия – Жердің өлшемдерін, пішінін және гравитациялық өрісін анықтаумен, мемлекеттік тірек геодезиялық тораптарын құрумен, геодинамикалық құбылыстарды зерттеумен, Жер эллипсоиды бетіндегі және кеңістіктегі геодезиялық есептерді шешумен айналысатын ғылым.

Жоғарғы геодезияның ғылыми-техникалық міндеттеріне мыналар жатады:

- жердің пішінін, сыртқы гравитациялық өрісін және олардың уақытқа байланысты өзгеруін зерттеу;

- жоғарғы дәлдікті геодезиялық тірек тораптарын ғаламдық (планета немесе континент шеңберінде) және ұлттық (мемлекет территориясында) жүйеде құрудың әдістерін жасау;

- геодезиялық тораптардың кеңістіктегі орындарын жер бетіндегі астрономиялық және гравиметриялық өлшеулерді, жер серіктік бақылауларды қолданып, Айға және басқа да аспан денелеріне жіберілген ғарыштық аппараттарды бақылау арқылы, квазарларды радиоинтерферометрлік бақылау арқылы анықтау жолымен алынған мәліметтерді математикалық өңдеу;

- геодезиялық координаталардың бірыңғай жүйесін бекіту;

- геодинамикалық зерттеулер: жер қыртысы мен литосфералық плиталардың деформациялары, жер сілкіністердің алдын алу мақсатымен сейсмикалық аудандарда жер қыртысының осы күнгі қозғалыстары, теңіздер мен мұхиттардың жағалауларының өзгерістері, Жер полюстерінің қозғалысы мен Жер айналымының біркелкі еместігі.

Жоғары геодезияның шешетін есептері ғылыми және ғылымитехникалық болып екіге бөлінеді. Жоғары геодезия мен оған қатысты ғылымдардың (гравиметрия және Жер пішіні теориясы, ғарыштық геодезия және астрономия) негізгі **ғылыми мәселесіне** Жер пішінінің параметрлерін, сыртқы гравитациялық өрісін және олардың уақыттық кеңістіктік өзгерістерін анықтау болып табылады. Жоғары геодезия мен оған қатысты ғылымдардың **негізгі ғылымитехникалық мәселесіне** жоғары дәлдікті ғаламдық (жалпы Жер шары) және ұлттық (мемлекет аумағында) геодезиялық тірек тораптарын құру жатады.

Жердің пішіні деп Жердің физикалық бетін атайды.

Қазіргі кезде жоғары геодезияда Жер пішіні ретінде Жердің физикалық бетімен, яғни құрлықтың қатты қабығымен және мұхиттар мен теңіздердің тыныштық күйіндегі деңгейімен шектелген фигура қабылданған.

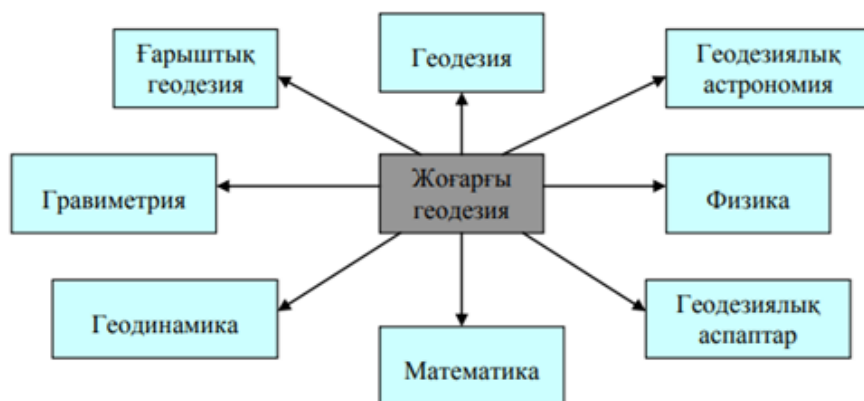
Жердің гравитациондық өрісі деп тартылыс күші мен кері итеруші күшке парапар ауырлық күші өрісі түсіндіріледі.

Жердің гравитациялық өрісі деп Жердің тәуліктік айналуынан туындайтын центрден итеруші күш пен тартылыс күшіне тең болатын ауырлық күшінің өрісі қабылданады. Жердің гравитациялық өрісін зерттеу – маңызды геофизикалық мәселе, сондай ақ, геодезияның басты ғылыми мәселесінің бірі болып табылады. болып табылады. Жер пішінінің параметрлері мен гравитациялық өрісі астрономиялық-геодезиялық, гравиметриялық, жерсеріктік және басқа да өлшеулер кешенін өңдеумен анықталады.

Ұлттық тірек тораптарына мемлекеттік геодезиялық тораптар (негізгі торап, жиі жоспарлы деп аталады), мемлекеттік нивелирлік (биіктіктік) және мемлекеттік гравиметриялық тораптар кіреді. Бұл тораптар өзара тығыз байланысты және бір-бірін толықтырып отырады. Сонымен қатар, астрономиялық-геодезиялық және гравиметриялық өлшеулерді қатар орындағанда пункт координаттары мен биіктіктерін мемлекет аумағында бірыңғай жүйеде және Жердің пішіні мен гравитациялық өрісін сипаттайтын параметрлерді анықтауға мүмкіндік береді. Осы тораптарда өлшеулерді қайта жүргізген кезде пункт координаттары мен биіктіктерін нақтылап отыруға, сонымен қатар геодинамикалық құбылыстарды зерттеуге мүмкіндік туады.

Уақыт өте келе геодезиялық тірек тораптарын тұрғызу дәлдігіне деген талап үздіксіз артуда. Себебі, қазіргі кезде астрономиялық-геодезиялық, гравиметриялық, гравиинерциалдық және басқа да өлшеулерді Жердің жасанды серіктерінің, ғарыштық ұшу аппараттарының, Галактика шегіндегі радиосәулелену негіздерінің бақылауларын қолдана отырып прецизионды геодезиялық тірек тораптарын құрудың кәзіргі заманға сай жаңа әдістері мен теориясы өмірге енгізіле бастады.

Жоғары геодезия үздіксіз жаңартылуда. Ол Жер пішіні теориясы, гравиметрия, геодезиялық астрономия, ғарыштық геодезия сияқты ғылыми пәндермен тығыз байланыста (1- сурет).



1- сурет. Жоғарғы геодезияның басқа пәндермен байланысы.

1.2 Жер эллипсоидының негізгі түсініктемелер мен анықтамалар

Жердің пішінін зерттеген кезде, ең алдымен, геодезия мен картографияның көптеген есептерін шешуге ыңғайлы және Жердің шынайы пішінін жан-жақты аса толық сипаттайтын Жер моделінің пішіні мен өлшемдерін анықталады. Жоғарғы геодезияда Жердің ондай моделі ретінде жалпы жер эллипсоиды алынады. Ол эллипсоид мынандай шарттарға сай болуы керек:

- эллипсоидтың центрі Жердің ауырлық центрімен, ал ондағы экватор жазықтығы жер экваторының жазықтығымен қабысуы қажет;
- квазигеоидтың биіктік ауытқулары квадраттарының қосындысы эллипсоид бетіндегі барлық нүктелерде ең кіші мәнде болуы керек;

- эллипсоидтың көлемі геоид көлеміне тең болуы керек.

Центрі Жер массасының центріне, айналу осі Жердің айналу осіне, полярлық қысымы, массасы және бұрыштық жылдамдығы Жердің дәл осындай параметрлеріне сәйкес келетін жалпы жер эллипсоидын *нормальды жер* деп атайды. Нормальды жердің *іргелі геодезиялық тұрақтылары* деп аталатын параметрлері халықаралық келісім бойынша стандартталады.

Астрономиялық-геодезиялық өлшеулерді математикалық өңдеу, геодезиялық торларды шығару және жеке мемлекеттер территорияларын картографиялау үшін сол территорияда өлшемдері және бағытталуы жағынан геоидқа жақын жер эллипсоиды алынады. Мұндай *эллипсоидты референцэллипсоид* деп атайды. *Референц-эллипсоид* деп жартылай осьтерінің өлшемдері анықталған, Жер бетінде белгілі түрде бағытталған және белгілі мемлекет үшін геодезиялық жұмыстар жүргізуге қабылданған айналу эллипсоидын атайды.

Алғашқы эллипсоид болып градустық өлшеулер арқылы параметрлері анықталған Деламбр эллипсоиды алынды. Ол эллипсоидтың 1 метрі Париж меридианының төрттен бір доғасының он миллиондық бөлігіне тең деп қабылданған.

Әртүрлі территориядағы референц-эллипсоидтардың бір-бірінен айырмашылығы бар. Алғашында Германияда (1841ж) Бессель эллипсоиды, АҚШ-та, Латын және Орталық Америка елдерінде, Кубада Кларк эллипсоиды (1866 ж), Европаның кейбір елдерінде Хейфорд эллипсоиды (1910ж), бұрынғы КСРО-да Красовский эллипсоиды қолданылды. Қазір жиырмадан астам референц-эллипсоидтар бар, олардың әрқайсысы Жер бетінің бір белгілі бөлігіне ғана оңтайлы. Қазақстан Республикасының территориясы үшін 1940 ж. есептелген Красовский эллипсоиды қабылданған.

Жерсеріктік геодезиялық жүйелер эллипсоидтың параметрлерін дәлірек анықтауға және оның центрін Жер массасының центрімен қабыстыруға мүмкіндік туғызады. Мұның нәтижесінде жалпы жер эллипсоиды алынады. АҚШ-тың WGS-84 (World Geodetic System 1984) жүйесі 1988жылы халықаралық болып қабылданды. 1995 жылы ПЗ-90 геодезиялық жүйесі ГЛОНАСС жүйесінің геодезиялық негізі деп жарияланды.

Геодезиялық өлшеулер Жердің күрделі физикалық бетінде жүргізіледі. Өлшеу нәтижелері ретінде сызықтардың ұзындықтары, бағыттар аралығындағы бұрыштар, жер бетіндегі нүктелер биіктіктерінің айырмашылықтары алынады.

Геодезиялық жұмыстардың ақырғы нәтижелеріне мыналар жатады:

- геодезиялық торап пункттерінің координаттары;
- пункттердің бастапқы деңгей беттен басталатын биіктіктері,
- жер бетіндегі пункттер арасындағы геодезиялық сызықтардың ұзындықтары мен азимуттары.

Бұл нәтижелерді тікелей өлшеулердің мәліметтерін пайдалана отырып есептейді. Осыған байланысты геодезиялық элементтердің физикалық бетте жүргізілген тікелей өлшеулерінен геодезиялық пункттердің белгілі бір координаталық жүйеде математикалық жолмен есептелген, бірақ Жер бетінің

нақтылы пішіні мен өлшемдерін көрсететін координаталары мен биіктіктеріне кәшуді егжей-тегжейлі қарастыру керек.

Шын мәніндегі Жер бетінің тегіс емес және уақытқа байланысты үздіксіз өзгерісі өте күрделі. Жердің физикалық бетінде тікелей жүргізілетін өлшеулер тіктеуіш сызықтың бағытымен байланысты, бұл жағдайда Жоғарғы геодезияда деңгейлік бет қолданылады.

Деңгейлік бет әрқашанда жазық болып келеді, оның кез келген нүктесінен жүргізілген нормаль тіктеуіш сызықпен (яғни ауырлық күшінің бағытымен) қабысып жатады. Біздің планетамыздың нақтылы бетін неғұрлым дәл бейнелейтін геоид болып есептеледі.

Геоид – дүниежүзілік мұхит пен теңіз суларының тыныш жағдайына сәйкес келетін, құрлықтар астынан ойша жүргізілген және де кез келген нүктесінде Жердің ауырлық центріне бағытталған тіктеуіш сызығы тік бұрыш жасап қиып өтетін түйық бет. Әлбетте, бұл түйық деңгейлік беттің, барлық жақтары дәнес, ешқандай қатпары немесе ой-қыры жоқ екендігін дәлелдеуге болады және де ол Жердің ауырлық пен айналу күшіне, сонымен қатар ауырлық күшінің кез келген ауытқуларына сезімтал болып келеді.

Геоид пішінін зерттеу мәселесі екі сатыдан тұрады: геоидқа ең жақын келетін эллипсоид параметрлерін және геоидтың эллипсоидпен салыстырғандағы кейбір нүктелерінің орындарын анықтау. Бұл мәселелерді шешуде гравиметриялық өлшеулер жүргізіледі. 1945 ж. ғалым М.С.Молоденский Жердің пішіні мен гравитациялық өрісін геоидтық бетке байланыстырмай-ақ анықтауға болатындығын дәлелдеді. Ол үшін М.С.Молоденский есептеулерге дәл формула арқылы анықталатын нормальдық биіктіктерді және қосымша квазигеоид бетін енгізді. Квазигеоид беті геоид бетімен теңіздер мен мұхиттарда толығымен сәйкес келеді, ал құрлықтарда аз ғана ауытқулар байқалады. Квазигеоидтың геоидтан ең үлкен айрмашылығы 2 м шамасында және ол таулы аймақтарда байқалады.

Жоғарғы геодезия мәселелерін шешудің дұрыс қойылуы мен әдістемесі үнемі дамуда және жетілдірілуде. Жоғарғы геодезия өзінің даму жолында геодезиялық астрономия, гравиметрия, Жер фигурасының теориясымен, ғарыштық геодезия және тағы басқа да ғылым салаларымен тығыз байланысады. Жоғарғы геодезияда математика және физика сияқты іргелі ғылымдар да кеңінен қолданылуда. Жерді планета ретінде зерттеу мәселелерінде Жер туралы ғылымдар геология, геофизика, тектоника, география және т.б. байланыста болады.

Жоғарғы геодезияның ғылыми-техникалық мәселелерін шешудің де маңызы өте зор. Геодезиялық тірек тораптары барлық топографиялық геодезиялық, жобалық-ізденістік, инженерлік, құрылыс және кадастрлық жұмыстарды жүргізудің бастапқы негіздемесі болып есептеледі. Бірыңғай координаттық кеңістік құратын геодезиялық тірек тораптарының сақталуына, дамуына және дәлдігіне жоғарыда айтылған барлық геодезиялық жұмыстардың сапасы тікелей байланысты. Жоғарғы геодезия ГАЗ нысандардың кеңістіктегі орындарын жоғарғы дәлдікпен анықтауды қамтамасыз етеді, мұнда координаттарды анықтаудың Жер серіктік ғаламдық жүйесі (GPS және

ГЛОНАСС) қолданылады. Жер қыртысының қозғалыстарын геодезиялық бақылау жер сілкінісі сияқты қауіпті құбылыстардың болуын білдіретін алғашқы деформациялық қозғалыстарды байқауға мүмкіндік тудырды. Жоғарғы геодезиядағы негізгі зерттеу нысанына Жердің сыртқы динамикасы жатады.

Жергілікті және жерсеріктік астрономиялық-геодезиялық, гравиметриялық бақылаулар арқылы полюстердің жылжуын, Жердің бірқалыпсыз айналуының параметрлерін, Жер қыртысы мен литосфералық плиталардың деформациялануын, теңіз және мұхиттардың жағалау сызықтары мен топографиясының өзгерістерін Жер пішінінің және оның гравитациялық өрісінің уақыт өте келе өзгеруі анықталады.

Қазіргі кезде астрономиялық-геодезиялық торап (АГТ) пункттерін қайтадан қалпына келтіру, жиілету және олардың дәлдігін арттыру мәселелерін шешуде геодинамикалық процестерді ескеруді қажет етеді. Мұнда іргелі пункттердің атқаратын ролі өте зор және олар жер бетінде біркелкі орналастыралады. Бұл пункттерде жерсеріктік астрономиялық бақылаулар; ұзын базисті радиоинтерферометрлік өлшеулер, ауырлық күші мен оның градиенттерін анықтау жүргізіледі.

1.3 Жер пішінін және оның сыртқы гравитациялық өрісін зерттеудің әдістері

Жоғары геодезия өз зерттеулерінде физика, математика, астрономия және басқа да іргелі ғылымдардың жетістіктерін, ал жоғары дәлдікті өлшеу техникасын құрастыруда қолданбалы оптика, аспаптар құрастыру, радиоэлектроника, лазерлік техника сияқты қолданбалы пәндердің жетістіктері кеңінен қолданылады. Өлшеу нәтижелерін математикалық өңдеуде ықтималдылық теориясы, математикалық статистика, ең кіші квадраттар әдісі қолданылады. Барлық есептеулер жаңа электрондық есептеу техникасы арқылы орындалады.

Жоғары геодезияның зерттеу нәтижелері ғылымда және халық шаруашылығында үлкен мәнге ие. Мысалы, мемлекеттік геодезиялық тораптар ғарыштық кеңістікті игеруде, табиғи ресурстарды зерттеуде, мемлекет аумағының әр түрлі масштабтардағы карталарын жасауда, үлкен аудандарды өндірістік және ауылшаруашылық игеруде кеңінен қолданылады.

Кейінгі кезде геодезиялық тораптарды құру дәлдігіне қойылатын талаптарда күшейтілді, ол өз кезегінде аспаптарды жасау және дәлдігі жоғарғы өлшеулерді жүргізу саласында ғылыми жұмыстар жүргізуді қажет етіп отыр.

Жер пішінін зерттеудегі негізгі әдістерге мыналар жатады:

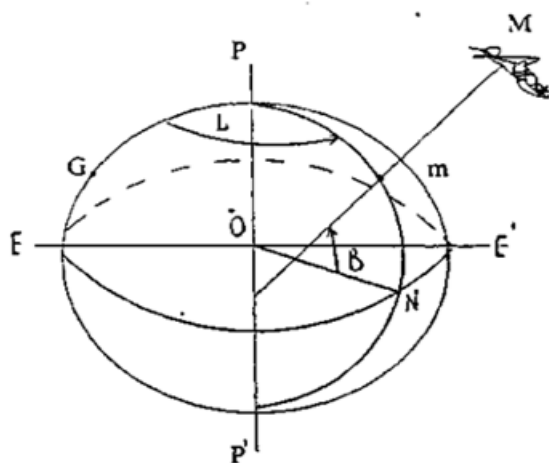
1. Астрономиялық-геодезиялық әдіс, геодезиялық және гравиметриялық өлшеулерді жер бетінде қолданылады.
2. Гравиметриялық әдіс, жер шарының әртүрлі нүктесінде ауырлық күшінің үдеуін өлшеуде қолданылады.
3. Ғарыштық геодезиялық әдіс, Жердің жасанды және табиғи серіктерін, алыс ғарыштық объектілерін бақылауға негізделген.

4. Жоғарғы геодезияда қолданылатын координаталар мен биіктік жүйелері

Осы күнгі жерсеріктік және дағдылы геодезиялық өлшеулерді жүргізу әртүрлі координаталар жүйесін қолдануды талап етеді.

Геодезиялық және астрономиялық өлшеулерде қолданылатын негізгі координаталар жүйесі болып белгілі территориядағы референц-эллипсоид арқылы анықталатын геодезиялық жүйе есептеледі. Бұл жүйедегі координаталық сызықтар болып меридиандар мен параллельдер алынады. Жер беті нүктелерінің координаталары болып *геодезиялық ендік* – B , *геодезиялық бойлық*– L , *геодезиялық биіктік* H^F алынады (2-ші сурет).

Геодезиялық ендік B дегеніміз -ол белгілі нүктеден жер эллипсоидының бетіне түскен нормаль мен экватор жазықтығы арасындағы бұрыш.



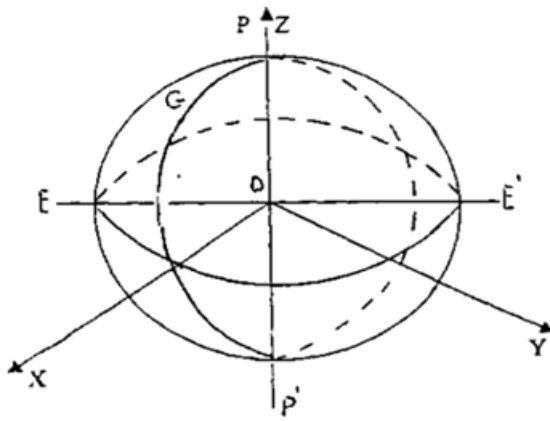
2- сурет. Геодезиялық координат жүйесі

Геодезиялық бойлық L дегеніміз - ол белгілі нүктенің геодезиялық меридианы мен бастапқы (Гринвич) меридианы жазықтықтары арасындағы екіжақты бұрыш.

Геодезиялық биіктік H дегеніміз - жер эллипсоидының бетінен нормаль бойынша есептелген нүктенің биіктігі. Геодезиялық координаттар тікелей әлшенбейді, олар абстрактты геометриялық фигура - эллипсоидқа жатады, сондықтан оларды бастапқы координаталары B_0, L_0, H_0 белгілі пункттен бастап координаталар әсімшелерінің қосындылары арқылы есептейді.

Жер бетінен тұрып жұлдыздарды бақылау барысында астрономиялық *ендік φ , бойлық λ және азимуттарды α* анықтайды.

Геодезиялық координаттар B, L және H кеңістіктік эллипсоидтық координаттары деп аталады, олар $G (B, L, H)$ жүйесін құрайды. Координаталарының басы Жер массасының центріне дәл келетін жүйені геоцентрлік координаттық жүйе деп атайды. Геоцентрлік экваторлық жүйеде координата осьтері жер бетіндегі немесе аспан сферасындағы ерекше нүктелерге бағытталады (3-сурет).



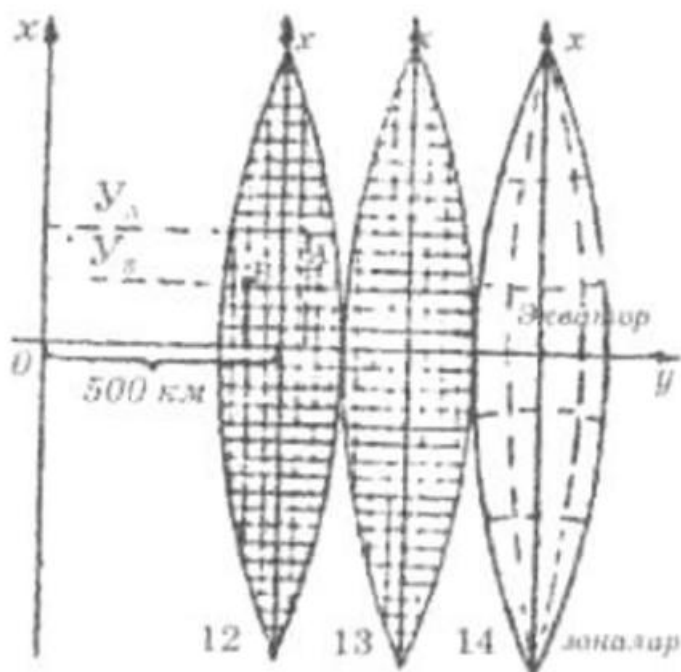
3 -сурет. Геоцентрлік экваториалдық координат жүйесі

3-суретте $Z(z)$ осі Жердің солтүстік полюсіне бағытталған. Егер мұнда X осі Гринвич меридианның G мен қиылысқан нүктесіне бағытталса, онда тік бұрышты кеңістік координаттары X, Y, Z жүйесі алынады, ол Жердің тәуліктік айналуына байланысты болады. Мұндай жүйе, негізінен, жерсеріктік өлшеулерде қолданылады. Егер X осін көктемгі күн теңесуінің нүктесіне (Υ) бағыттасақ, онда Жердің жылдық айналуымен байланысы жоқ xuz координаттар жүйесі алынады. Бұл координаттық жүйені ***xuz жұлдыздық геоцентрлік координаттық жүйе*** деп атайды.

Эллипсоид бетінде геодезиялық есептерді шешкенде геодезиялық координаттар формулаларының күрделілігі қолайсыз жағдайлар туғызады. Белгілі бір территорияда геодезиялық өлшеулерді өңдеу үшін жазықтықтағы эллипсоид проекциясын қолданған тиімді болады, онда координаттар сызықтық өлшемдермен беріледі.

ТМД елдерінде және Қазақстан Республикасында геодезиялық жұмыстарда көлденең-цилиндрлік Гаусс-Крюгер проекциясы, белдеулік, конформды (теңбұрышты) проекциялар қолданылады. Бұл проекцияда жер шары эллипсоиды масштабқа байланысты $6^\circ, 3^\circ, 1.5^\circ$ зоналарға бөлінеді.

Тікбұрышты x және y координаттары зона шегінде экваторға және осьтік меридианға қатысты есептеледі. Зонаның осьтік меридианы жазықтықта түзу сызықпен бейнеленеді. Ол X осі болып қабылданады. Y осі экватор сызығының бейнесімен сәйкес келеді (4 сурет).



4 сурет. Тікбұрышты координаттар жүйесі

Қазақстан Республикасы аумағында абсциссалар тұрақты, ординаттар тек шығысжақта тұрақты да, осьтік меридианнан батысқа қарай тұрақсыз. Тұрақсыз ординаттарды болдырмау үшін меридиан осьтік нүктелеріне шартты түрде $y=500000$ м мәнін жазады да, алдында қатысты зона номерін көрсетеді. Алтыградустық зонаның осьтік меридианы 1:1000 000 масштабтағы карта парақтарының орталық меридиандарымен сәйкес келеді. Зонаның реттік номері мына формуламен анықталады:

$$n = N - 30, \quad (1)$$

мұнда N - 1:1000 000 масштабтағы карта парағының колонна номері.

Алтыградустық зонаның осьтік меридиан бойлығы келесі формула бойынша есептеледі:

$$L_0 = 6n - 3 \quad (2)$$

мұнда n - зона номері.

Жазық тікбұрышты координаттар x, y жүйесі және $z = H$ биіктігі $P(x, y, z)$ жүйесін құрады, олар геодезиялық және топографиялық өлшеулерде қолданылады. x, y координаттары және z *биіктігі* өзара тәуелсіз.

Жоғарыда айтылған координаттар жүйесі геодезиялық, топографиялық және картографиялық практикада және теорияда кеңінен қолданылады.

B, L және H эллипсоидальды координаттар, XYZ тікбұрышты кеңістік координаттары және жазық тікбұрыш координаттары x және y *геодезиялық координаттар жүйесін* құрайды. Ол Жер бетіндегі геодезиялық деректерді, топографиялық түсірістерді және картографиялауды бір жүйеге біріктіреді. Бұл жүйенің координаттары Жер эллипсоиды бетіне түсірілген нормальмен байланысты, ол Жердің физикалық бетін және геоидты зерттегенде ыңғайлы.

Жердің физикалық бетіндегі қандай да бір нүктесін референц-эллипсоид бетіне қатысты анықтау үшін *геодезиялық ендіктен* B және *геодезиялық*

бойлықтан L бөлек тағы үшінші координатты – **геодезиялық биіктікті $H^Г$** білу қажет.

Биіктік нүктелерін білу бедерді зерттеуде, барлық инженерлік жұмыстарды жобалауда және құрылыстарын жүргізуде қажет. Биіктіктер жер эллипсоиды бетіндегі барлық өлшенген шамаларды редуцирлеу кезінде де керек.

$H^Г$ геодезиялық биіктік референц-эллипсоид бетінде нормаль бойынша есептеледі және екі шама қосындысы болып анықталады.

$$H^Г = H_0 + \zeta, \quad (3)$$

мұнда H_0 - физикалық Жер бетінің квазигеоид үстіндегі берілген нүктесінің нормаль биіктігі.

Ол геодезиялық биіктіктің **$H^Г$** гипсометриялық бөлігін құрайды және негізінен Жердің физикалық бетінің бедерін анықтайды. Гипсометриялық биіктік анықтау әдісіне байланысты әртүрлі мәндерге ие: ортометриялық, нормальды және динамикалық. **H_0** мәні геометриялық нивелирлеумен анықталады.

ζ геоидальды бөлігін биіктік аномалиясы деп атайды. Ол геоид бетінің эллипсоид бетінен ауытқуын береді және Жер қойнауындағы массалардың біртегіс таратылмауына негізделеді.

Бақылау сұрақтары:

1. Жоғарғы геодезиядағы негізгі ғылыми есептерді ата.
2. Жер пішінін және оның гравитациялық алқабын зерттеудегі негізгі әдістері қандай?
3. Референц-эллипсоидқа және жалпы Жер эллипсоидына анықтама беріңіз.
4. Жоғарғы геодезияда қолданылатын биіктік жүйелерін атаңыз.
5. Жоғарғы геодезияда қолданылатын координаттар жүйесін атаңыз.