

ӘЛЕМДІК ГРАВИМЕТРИЯЛЫҚ ЖЕЛІ**Шәкен Диана Ринатқызы**diana.rinatovna03@mail.ru

6B07311-«Геодезия және картография» ББ 4-курс студенті, «Геодезия және картография» кафедрасы, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана қ., Қазақстан Республикасы
Ғылыми жетекшісі – т.ғ.к., профессор м.а. Сағындық М.Ж.

Аннотация: Әлемдік гравиметриялық желі-бұл жердің гравитациялық өрісін өлшеу үшін қолданылатын бүкіл планетада орналасқан бақылау нүктелерінің желісі. Бұл нүктелер әдетте жер бетіндегі екі нүкте арасындағы ауырлық күшінің айырмашылығын өлшей алатын гравиметрлермен жабдықталған.

Кілт сөздер: Гравиметрия, ауырлық күші, Клеро теоремасы, Жердің жасанды спутниктері.

Әлемдік гравиметриялық желінің мақсаты-жердің гравитациялық өрісінің егжей-тегжейлі картасын жасау. Бұл картаны геодезия, геофизика, геология және тіпті астрономия сияқты көптеген мақсаттарда пайдалануға болады. Бұл ғалымдарға жердің құрылымын және оның Күн жүйесіндегі басқа денелермен өзара әрекеттесуін жақсы түсінуге көмектеседі.

Әлемдік гравиметриялық желі Жердің пішіні мен өлшемдерін өлшеу үшін қолданылатын геодезиялық нүктелер желісін қамтитын жалпы әлемдік геодезиялық желінің бөлігі болып табылады.

Біздің планетамыздың гравиметриялық қамтамасыз етілуі, геодезиялық сияқты, «жалпыдан - жекеге» принципі бойынша жүзеге асырылады. Ол үшін бірінші кезеңде әлемдік тірек гравиметриялық желі құрылады, содан кейін ол мемлекеттік немесе ұлттық тірек гравиметриялық желілермен, содан кейін қатардағы түсірілімдерді орындау үшін бастапқы болып табылатын далалық тірек гравиметрлік желілермен кезең-кезеңімен қалыңдатылады. Әлемдік тірек гравиметриялық желі біртұтас әлемдік гравиметриялық жүйені белгілейді, оған қатаң түрде жердегі барлық гравиметриялық өлшемдерді жатқызу керек.

Жер бетіндегі барлық гравиметриялық өлшемдердің жиынтығы әлемдік гравиметриялық түсірілім деп аталады. Жалпы алғанда, ол барлық тірек желілерін және қарапайым түсірілімді қамтиды.

Тірек гравиметриялық желі деп әртүрлі түсірілім түрлерінің бастапқы негізін қамтамасыз ететін жоғары дәлдіктегі гравиметриялық нүктелер жүйесі түсініледі. Үлкен аумақтарды гравиметриялық түсіру кезінде гравиметриялық мәліметтерде елеулі жүйелік қателіктер болмауы керек еді. Әлемдік тірек гравиметриялық желі ұлттық гравиметриялық желілердің ауырлық күшінің үдеуінің бастапқы абсолютті мәндерінің және салыстырмалы өлшеу шкаласының бірлігін қамтамасыз етеді [1, 78 б].

Қазіргі уақытта 3 әлемдік гравиметриялық жүйе белгілі: Вена, Потсдам, Халықаралық гравиметриялық стандартты желі (МГСС-71) немесе Севр.

Вена гравиметриялық жүйесі Венада орналасқан бастапқы гравиметриялық нүктеден аталған. Ол 1909 жылға дейін болған. Венадағы ауырлық күшінің бастапқы мәнінің дәлдігі ± 10 мГал орташа квадраттық қателікпен бағаланды.

Вена гравиметриялық желісі-жердің гравитациялық өрісін өлшеу үшін қолданылатын геодезиялық желі. Бұл желі 1950 жылдары Австрияның Вена қаласында құрылды және бүкіл Австрияда орналасқан 400-ден астам өлшеу нүктелерінен тұрады.

Вена гравиметриялық желісіндегі өлшеулер гравиметрлерді ауырлық күшінің жер бетіндегі орташа мәннен ауытқуын өлшейтін құралдарды қолдану арқылы жүзеге асырылады. Бұл деректер гравитациялық өріс карталарын жасау үшін пайдаланылады,

олар өз кезегінде Жердің құрылымын, оның ішінде массаның таралуын және басқа ғылыми мақсаттарды зерттеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

Вена гравиметриялық желісі әлемдегі ең дәл гравиметриялық желілердің бірі болып табылады және ғылыми және инженерлік зерттеулерде қолданыла береді.

1909 жылдан кейін Потсдам гравиметриялық жүйесі енгізілді, бұл жүйеде бастапқы мән (Потсдам нүктесі) ± 3 мГал қателігімен сипатталды. Венадан Потсдам жүйесіне өту үшін ауырлық күшінің үдеу мәндерін 16 мГал-ға төмендету керек.

Потсдам гравиметриялық желісі - XX ғасырдың 20-жылдарында Германияның Потсдам ауданында жүргізілген гравиметриялық өлшеулер жүйесі. Бұл желі геодезиялық деректерді нақтылау және Жердің пішінін анықтау мақсатында жер бетіндегі ауырлық күшін өлшеу үшін құрылған.

Гравиметриялық өлшеулер жердің массасы мен оның бетіндегі дене массасының өзара әрекеттесуінің нәтижесі болып табылатын ауырлық күшін өлшеуге негізделген. Потсдам гравиметриялық желісінде бір-бірінен шамамен 10 км қашықтықта орналасқан 100-ден астам өлшеу станциялары орнатылды.

Потсдам гравиметриялық желісіндегі өлшеу нәтижелері Жердің ауырлық күші мен геоидтық бетінің дәл картасын жасау үшін пайдаланылды. Бұл ақпарат геодезиялық деректерді нақтылау үшін пайдаланылды, мысалы, таулар мен тау жоталарының биіктігін анықтау. Потсдам гравиметриялық желісі Жердің пішіні мен оның ішкі құрылымын заманауи зерттеу үшін маңызды деректер көзі болып қала береді.

Ауырлық күшінің үдеуінің абсолютті мәнін жоғары дәлдікпен өлшеуге мүмкіндік беретін жоғары дәлдіктегі гравиметриялық аспаптардың пайда болуы $10^{-9}g$ тәртібімен барлық континенттерді қамтитын әлемдік тірек гравиметриялық желіні айтарлықтай нақтылауға мүмкіндік берді. Өткен ғасырдың 70-ші жылдарында қазіргі заманғы әлемдік гравиметриялық жүйе құрылды, ол МГСС-71 деп аталады және келесідей сипатталады.

МГСС-71 жасау үшін жер шарының 8 нүктесінде ГАБЛ баллистикалық гравиметрлерімен орындалған ауырлық күшінің үдеуінің абсолютті анықтамалары және ауырлық күшінің үдеуінің шамамен 25000 жоғары дәлдіктегі салыстырмалы өлшемдері пайдаланылды, олардың 400-і маятниктік гравиметрлермен өндірілген. Ауырлық күшінің үдеуінің барлық маятниктік өлшемдері халықаралық Еуропа-Африка, Батыс Тынық мұхиты және Америкалық гравиметриялық негіздерге сәйкес келеді.

1971 халықаралық гравиметриялық стандартты желі (International gravity Standardization network 1971) - 1971 жылы жердегі ауырлық күшінің үдеуін өлшеу және стандарттау үшін құрылған жүйе.

Желі жер бетіндегі әртүрлі нүктелерде орналасқан 250-ге жуық өлшеу нүктелерінен тұрады. Өлшеу жердегі ауырлық күшінің өзгеруін дәл өлшей алатын гравиметрлерді қолдану арқылы жүзеге асырылады. Бұл желі ауырлық күшін өлшеудің бірыңғай халықаралық стандартын белгілеу мақсатында құрылды. Ол сондай-ақ геодезиялық және геофизикалық карталарды әзірлеу, Жердің пішінін анықтау және басқа ғылыми және инженерлік қосымшалар үшін пайдаланылды. Алайда, уақыт өте келе, желінің жеткілікті дәлдігі анықталып, 1985 жылғы халықаралық гравиметриялық стандартты желі (International gravity Standardization Network 1985) деп аталатын жаңа жүйе құрылды. Бұл жаңа жүйе дәлірек және заманауи болды және бүгінгі күнге дейін қолданылады.

Қазіргі уақытта қолданылатын гравиметриялық жүйелер (МГСС-71 және Потсдам) координаттар жүйесін құруға және гравиметрия мен жоғары геодезияға байланысты ғылыми және практикалық мәселелерді шешуге қойылатын жаңа талаптарды ескере отырып, айтарлықтай жетілдіруді қажет етеді. Сондықтан әлемдік тірек гравиметриялық желі нақтыланады және болашақта осы желіге кіретін барлық тармақтарда ауырлық күшінің үдеуінің абсолютті өлшемдері ғана орындалады деп болжанады.

Мемлекеттік (ұлттық) тірек гравиметриялық торлар

Жалпы жағдайда мемлекеттік немесе ұлттық тірек гравиметриялық желілер жекелеген мемлекеттердің аумағында салыстырмалы әдіспен, яғни Потсдам жүйесімен

немесе МГСС-71 әлемдік гравиметриялық жүйесімен байланысты бастапқы нүктеге қатысты құрылады. Бұл желілердегі өлшеулер негізінен жоғары дәлдіктегі маятникті және статикалық гравиметрлермен орындалады. Әдетте, Мемлекеттік тірек желілері сирек кездесетін маятниктік пункттер желісінен және оған байланысты әртүрлі кластағы гравиметрлік пункттер желісінен (статикалық гравиметрлермен өлшенетін пункттер) тұрады. Маятниктік анықтамалар гравиметрлік байланыстардың жүйелік қателіктерін азайтады және Ұлттық желінің масштабын анықтайды. Желілер көпбұрыштар түрінде дамиды және ең кіші квадраттар әдісімен теңестіріледі [1, 80 б].

Жоғары дәлдіктегі мемлекеттік желінің мақсаттары мен міндеттері:

1. Бүкіл мемлекеттің аумағына біртұтас гравиметриялық жүйенің міндеті, ол әлемдік тірек гравиметриялық желіден тәуелсіз болуы, бірақ сонымен бірге онымен сенімді байланысты болуы.
2. Берілген бірыңғай гравиметриялық жүйенің мемлекет аумағына қажетті дәлдікпен және тығыздықпен таралуы.
3. Жердің гравитациялық өрісі мен фигурасын және олардың уақыт бойынша өзгеруін зерттеуді, сондай-ақ елде орындалатын барлық гравиметриялық жұмыстардың метрологиясын қоса алғанда, дәл гравиметриялық қамтамасыз етуді талап ететін ғылыми және техникалық мәселелерді шешу.

Мемлекеттік іргелі гравиметриялық желі (МІГрЖ) КСРО гравиметриялық желісінің жоғарғы буыны болып табылады және елдің гравиметриялық жүйесін, оның әлемдік және шетелдік гравиметриялық жүйелермен байланысын анықтауға және нақтылауға, төменгі сыныптардың гравиметриялық желілерін метрологиялық қамтамасыз етуге және мемлекет аумағын гравиметриялық түсіруге қызмет етеді.

ГФГС ГАБЛ баллистикалық гравиметрлерімен ауырлық күшінің үдеуін абсолютті өлшеу орындалған 7 пункттен және ауырлық күшінің ықтимал жергілікті вариацияларын анықтауға арналған спутниктік пункттерден (50 км-ге дейінгі радиуста кемінде 4) тұрады. ГФГС пункттері Мәскеуде (негізгі гравиметриялық пункт), Апатиттерде, Полтавада, Тбилисиде, Ташкентте, Новосибирск пен Петропавл-Камчатскіде орналасқан.

ГФГС көмегімен шешілетін негізгі ғылыми міндет-гравитациялық өрістің уақыт бойынша өзгеруін зерттеу. Осы мақсатта әр түрлі геологиялық-тектоникалық аймақтарда орналасқан іргелі пункттерде ауырлық күшінің үдеуінің абсолютті және салыстырмалы анықтамалары жүйелі түрде (5 жылда кемінде 1 рет) қазіргі уақытта мүмкін болатын дәлдікпен орындалады. МІГрЖ әлемдік тірек желісінің нүктелеріне қатысты ауырлық күшінің үдеуін анықтау арқылы Потсдам мен Севрмен сенімді байланысты.



1-схема: Мемлекеттік геодезиялық қамтамасыз ету жүйесі

Осы негізгі бөліктерден басқа, Қазақстан Республикасының мемлекеттік геодезиялық қамтамасыз ету жүйесіне мыналар кіреді:

- 1) тұтынушыларды нақты уақыт режимінде объектілердің орналасу орнын дәл анықтау үшін қажетті ақпаратпен қамтамасыз ету құрылымы;
- 2) Жер фигурасы мен сыртқы гравитациялық өрістің параметрлерін анықтау жүйесі;
- 3) жер бетінің деформацияларын мониторингтеу жүйесі;
- 4) ведомстволық және өңірлік маңызы бар геодезиялық қамтамасыз ету жүйесі, оның ішінде Қарулы Күштерді топогеодезиялық (геоақпараттық) қамтамасыз ету және кадастрлық жұмыстарды геодезиялық қамтамасыз ету міндеттерін шешу үшін;
- 5) арнайы мақсаттағы геодезиялық қамтамасыз ету жүйесі, оған инженерлік-геодезиялық іздестірулер, қалалық инженерлік және сәулет инфрақұрылымын дамыту міндеттерін шешу үшін, ғимараттар мен құрылыстардың жылжуын бақылауды, жерасты коммуникацияларын түсіруді, өнеркәсіптік объектілерді салу және пайдалану кезінде геодезиялық жұмыстарды қамтамасыз ету үшін құрылатын қалыңдатудың геодезиялық желілері жатады [4].

Қазақстан Республикасын геодезиялық қамтамасыз етудің негізін координаттар, биіктіктер мен ауырлық күштері жүйелерінің сапасы мен дәлдігін айқындайтын мемлекеттік геодезиялық, нивелирлік және гравиметриялық желілер құрайды.

Қазақстандағы гравиметриялық желі жердің гравитациялық өрісін анықтау мақсатында Қазақстан аумағында жүргізілген гравиметриялық өлшемдердің жиынтығы болып табылады. Бұл ақпаратты пайдалы қазбаларды іздеу, жердің геологиялық құрылымы мен рельефін зерттеу және геодезиялық және ғарыштық қосымшалар сияқты әртүрлі мақсаттарда пайдалануға болады.

Қазақстанда гравиметриялық желі 1950 жылдардан бастап біртіндеп құрылды. Бүгінгі күні ол елдің көп бөлігін қамтиды және 20000-нан астам гравиметриялық станциялардан тұрады. Өлшеу деректері Қазақстан Республикасы Ұлттық Ғылым академиясының геодезия және ғарыштық зерттеулер орталығында сақталады.

Қазақстанда гравиметриялық желіні пайдалану өңірдегі геологиялық және геофизикалық зерттеулердің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады және ел экономикасының дамуына ықпал етеді.

Қазақстан аумағында жұмыс істейтін ҚР Мемлекеттік гравиметриялық желісі (ҚР МГрЖ) КСРО Мемлекеттік гравиметриялық желісінен құрылды және сол уақыттан бастап дамуда. ҚР МГрЖ- ауырлық күшінің үдеуін абсолютті немесе салыстырмалы өлшеуді орындайтын және осы тармақтардың қалыпты биіктігін анықтайтын жергілікті жерде бекітілген және гравиметриялық өзара байланысты пункттердің жиынтығы болып табылады. Қолданыстағы техникалық құжаттамаға сәйкес ҚР МГрЖ іргелі гравиметриялық желі және 1-сыныпты гравиметриялық желі болып бөлінеді.

Қазақстан Республикасын мемлекеттік геодезиялық қамтамасыз етудің барлық құрылымының ең жоғары буыны іргелі астрономиялық-геодезиялық желі (ІАГЖ) болып табылады. ІАГЖ барлық тармақтарында эллипсоидтық координаттар, геодезиялық және қалыпты биіктіктер және ауырлық күшінің үдеуінің абсолютті мәндері анықталуы керек, яғни ІАГЖ пункттері МНЖ және МГрЖ пункттерімен біріктірілуі керек.

Мемлекеттік іргелі гравиметриялық желі (МГрЖ) гравиметриялық желінің жоғарғы буыны болып табылады және елдің гравиметриялық жүйесін, оның басқа әлемдік гравиметриялық жүйелермен байланысын анықтауға және нақтылауға қызмет етеді. Ол төменгі деңгейдегі гравиметриялық желілерді метрологиялық қамтамасыз ету және гравиметриялық түсірілім жүргізу үшін қолданылады. МГрЖ пункттерін орналастырудың орташа тығыздығы 0,5-1,0 млн. км² - ге 1 пунктті құрауы мүмкін.

Уақыт шкаласы бойынша ел аумағының гравитациялық өрісінің өзгерістерін зерделеу Қазақстан Республикасының МГрЖ-ға жүктелетін аса маңызды міндет болып табылады. Осы мақсатта әртүрлі геологиялық-тектоникалық аймақтарда орналасқан іргелі

гравиметриялық пункттерде ауырлық күшінің үдеуінің абсолютті және салыстырмалы анықтамалары мүмкіндігінше дәлдікпен жүйелі түрде орындалады.

Қазақстанның гравиметриялық негізін жаңғырту мақсатында гравиметриялық өлшеулер бойынша жұмыстар жоғары дәлдіктегі гравиметрлер мен спутниктік технологияларды пайдалана отырып орындалуы тиіс.

Қазақстан Республикасының Мемлекеттік гравиметриялық желісін жаңғыртудың негізгі бағыттары

Ұлттық және халықаралық гравиметриялық желілерді жаңғыртудың бай және табысты халықаралық тәжірибесін ескере отырып, қазақстандық KazGrRS (Kazakhstan Gravimetric Reference System) гравиметриялық референцтік жүйесін және қазақстандық KazGrRF (Kazakhstan Gravimetric Reference System/Frame) гравиметриялық референцтік желісін құру ұсынылады [2].

Бұдан әрі KazGrRS/KazGrRF үш негізгі бағыт бойынша дамыту ұсынылады.

Біріншісі-KazGrRS/KazGrRF мемлекеттік іргелі гравиметриялық желіден және 1-сыныпты мемлекеттік гравиметриялық желіден тұруы тиіс. Оны мемлекеттің қорғаныс және қауіпсіздік қажеттіліктерін, экономикалық, ғылыми-зерттеу және өзге де міндеттерді шешуді қамтамасыз ететін деңгейде дамыту және қолдау.

МІГРЖ тармақтарын ІАГЖ және І класты ГНЖ тармақтарымен біріктіру ұсынылады. Бұл ретте оны "Астана" ІАГЖ пунктімен ұштастыра отырып, "Астана" МІГРЖ орталық пункті болып белгілеу қажет. Сонымен қатар осы пункте ауырлық күшінің үдеуін тұрақты негізде анықтау ұсынылады.



1-сурет:ІАГЖ (ФАГС) пункттерін Қазақстан Республикасының аумағында орналасуы.

ҚР геологиялық картасы негіз ретінде пайдаланылды.

Екіншісі-МІГРЖ пункттерінде ауырлық күшінің үдеуінің абсолютті анықтамаларын жүйелі түрде жүргізу. Бұл жағдайда FG5, A10 және ГБЛ типті абсолютті гравиметрлерді немесе дәлдігі бойынша оларға тең басқаларды қолданған дұрыс. Гравиметриялық анықтамалар жер сілкінісі, жер қыртысының қозғалысы, полюстер және басқа да геодинамикалық құбылыстар нәтижесінде ауырлық күшінің уақыт бойынша өзгеруін анықтау міндетімен жүргізілуі керек. Абсолютті гравиметрлердің көмегімен жұмыстарды жүргізу нәтижесінде бұл МІГРЖ-1 пункттерінде және салыстырмалы әдістермен анықталған басқа гравиметриялық пункттерде ауырлық күшін тәуелсіз бақылауға мүмкіндік береді.

Жаңғыртудың екінші бағыты шеңберінде "Астана" ІАГЖ пунктімен біріктірілген Қазақстан Республикасының орталық гравиметриялық пунктінде OSG үлгісіндегі стационарлық гравиметрмен тұрақты бақылаулар жүргізілуі тиіс.

Жаңғыртудың үшінші бағыты – жоғары дәлдіктегі есептеу бетін-KazRQG (Kazakhstan Regional QuasiGeoid) қазақстандық өңірлік квазигеоидін қалыптастыру. Квазигеоид моделі KazSGRS жүйесінде B , L , $\zeta = H-h$ координаттары бар ІАГЖ, ЖГЖ

(ВГС) тірек тораптық пункттерімен, I класты нивелирлеу реперлерімен, МІГрЖ және МГрЖ - 1 пункттерімен шектелген жеке блоктармен жасалуы тиіс.

Жер бетіндегі нүктелердің ауырлық күшінің қалыпты биіктіктері мен үдеулерін анықтау үшін сызықтық емес интерполяция әдістерін қолдануға болады.

Аталған бағыттарды іске асыру үшін жұмыстың келесі кезеңдерін жүргізу қажет:

1. Қазақстан Республикасының Мемлекеттік гравиметриялық желісін жаңғырту жөніндегі негізгі ережелерді әзірлеу. Қажетті нормативтік құжаттаманы әзірлеу.

2. Басшылық құжаттардың талаптарына сәйкес Қазақстан Республикасының Мемлекеттік іргелі гравиметриялық желісін жаңғыртудың ғылыми-техникалық жобасын әзірлеу.

3. Қазақстан Республикасының Мемлекеттік іргелі гравиметриялық желісін жаңғыртудың ғылыми-техникалық жобасын іске асыру.

4. Қазақстан Республикасының 1-класты мемлекеттік гравиметриялық желісін жаңғыртудың техникалық жобасын әзірлеу.

5. Қазақстан Республикасының 1-сыныпты мемлекеттік гравиметриялық желісін жаңғыртудың техникалық жобасын іске асыру.

6. Қазақстан Республикасының аумағына геоидтың өңірлік моделін құру технологиясын әзірлеу.

7. KazRQG геоидінің өңірлік моделін құру [3].

Автордың пікірінше KazGrRF қазақстандық гравиметриялық референцтік желісін іске асыру мынадай міндеттерді шешуді қамтамасыз етеді:

1) Қазақстан Республикасының аумағында және Каспий теңізінің акваториясында Астана қаласы ауданында орталық гравиметриялық пункті бар жоғары дәлдіктегі іргелі гравиметриялық желі құру;

2) Қазақстан Республикасы аумағының және Каспий теңізі акваториясының гравиметриялық карталарын жасау;

3) Қазақстан Республикасы аумағының гравитациялық өрісінің мониторингін жүзеге асыру және моделін нақтылау;

4) республикалық гравиметриялық деректер банкін қалыптастыру.

МГрЖ - мемлекеттік гравиметриялық желі

МГрЖ-1 - 1-сыныпты мемлекеттік гравиметриялық желі

МІГрЖ - мемлекеттік іргелі гравиметриялық желі

МНЖ - мемлекеттік нивелирлік желі

ІАГЖ-іргелі астрономиялық-геодезиялық желі

KazGrRS (Kazakhstan gravimetric Reference System) - қазақстандық гравиметриялық референцтік жүйе

KazGrRF (Kazakhstan gravimetric Reference System/Frame) - қазақстандық гравиметриялық референцтік желі

KazRQG (Kazakhstan Regional QuasiGeoid) - қазақстандық өңірлік квазигеоид

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Гравиметрия : учеб.-метод. комплекс для студ. спец. 1-56 01 02 «Геодезия» / сост. и общ. ред. Г.А.Шароглазовой. – Новополюк : ПГУ, 2006-196 с.

2. Направления модернизации государственного геодезического обеспечения Республики Казахстан с использованием спутниковых и телекоммуникационных технологий. Самратов У.Д., Хвостов В.В., Филатов В.Н., Андреев В.К., Новиков Е.В., Джанпеисов М.Э., Шпикпаев А.Ж. Москва, ООО «издательство «Проспект», 2016 г.

3. Инструкция по развитию высокоточной государственной гравиметрической сети России. ГКИНП (ГНТА)-04-122-03.

4. Закон Республики Казахстан от 3 июля 2002 г. №332 «О геодезии и картографии».