

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А.Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты

«Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасы

Сауранбай Арайлым Бахыткелдіқызы

«Жерсеріктік мәліметтер бойынша геоидтің жергілікті моделін құру»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071100 – «Геодезия және картография» мамандығы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты

«Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасы

5B071100- Геодезия және картография



КОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі, PhD

Орынбасарова Э.О.

2022 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Жерсеріктік мәліметтер бойынша геоидтің жергілікті моделін құру»

5B071100 – «Геодезия және картография» мамандығы

Орындаған

Сауранбай А.Б.

Пікір беруші

Ғылыми жетекші

техн. ғыл. кандидаты,
қауымдастырылған профессор

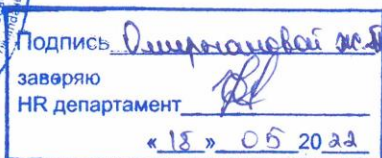
техн. ғыл. магистрі, лектор

Омиржанова Ж.Т.

Кенесбаева А.

2022 ж.

«18» 05 2022 ж.



Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық Университеті

Ө.А.Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты

«Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасы

5В071100- Геодезия және картография



БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі, PhD

Орынбасарова Э.О.

2022 ж.

Дипломдық жұмысты орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы Сауранбай Арайлым Бахыткелдіқызы

Тақырыбы: «Жерсеріктік мәліметтер бойынша геоидтің жергілікті моделін құру»

Университет Ректорының 2021 жылғы "24" 12 489-П/Ө-6 бұйрығымен бекітілген

Орындалған жұмыстың өткізу мерзімі: «18» 05 2022 жыл

Дипломдық жұмыстың бастапқы мәліметтері: Алматы геодинамикалық полигоны пункттерінің геодезиялық және қалыпты биіктіктері, ГДП пункттерінің координаталары.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі: Геоид моделін құру әдістері, Алматы ГДП аумағына жергілікті геоид моделін құру, жаһандық геоид моделінің дәлдігін бағалау.

Ұсынылған негізгі әдебиеттер: 1. Шоганбекова Д.А. Разработка алгоритмов вычисления аномалий высот и моделирование гравиметрического геоида Республики Казахстан: дис. на соиск. учен. степ. д-ра философии PhD: 6D071100 – Геодезия / Д.А. Шоганбекова; Каз. нац. исслед. техн. ун-т им. К. И. Сатпаева. – Алматы: КазННТУ, 2015. 2. Земцова А.В. Геодезические исследования геодинамических процессов. – Учеб. пособие. – Алматы: КазННТУ, 2014. – 205 с

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Негізгі бөлім	28.01.2022	
Жалпы бөлім	25.02.2022	
Арнайы бөлім	21.03.2022	

Аяқталған дипломдық жұмыстың және оларға қатысты диплом жұмысының
бөлімдерінің кеңесшілерінің және қалып бақылаушының
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған мерзімі	Қолы
Негізгі бөлім	Кенесбаева А т.ғ.м, лектор	18.05.2022	
Жалпы бөлім	Кенесбаева А т.ғ.м, лектор	18.05.2022	
Арнайы бөлім	Кенесбаева А т.ғ.м, лектор	18.05.2022	
Қалып бақылаушы	Шакиева Г.С. т.ғ.м, лектор	18.05.2022	

Ғылыми жетекшісі  Кенесбаева А.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Сауранбай А.Б.

Күні «18» 05 2022 ж

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс 30 бет түсіндерме жазбадан және 3 парақ графикалық материалдан тұрады.

Дипломдық жұмыс тақырыбы Жерсеріктік мәліметтер бойынша геоидтің жергілікті моделін құруға арналған.

Жұмыс үш бөлімнен тұрады. Бірінші бөлімде геоид туралы жалпы ақпарат, геоид параметрлері мен модельдері баяндалған.

Дипломдық жобаның екінші бөлімінде геоид моделін құру әдістері және геоид модельдерін талдау қарастырылды.

Дипломдық жұмыстың үшінші бөлімінде Алматы геодинамикалық полигоны аумағында геоидтың жергілікті моделін құру және жаһандық геоид моделінің дәлдігін бағалау орындалды.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из 30 страниц пояснительной записки и 3 листов графического материала.

Тема дипломной работы посвящена созданию локальной модели геоида по спутниковым данным.

Работа состоит из трех частей. В первой части изложены общие сведения о геоиде, параметры и модели геоида.

Во второй части дипломного проекта рассмотрены методы построения и анализ моделей геоида .

В третьем разделе дипломной работы выполнено построение локальной модели геоида на территории Алматинского геодинамического полигона и оценка точности модели глобального геоида.

ANNOTATION

The diploma project consists of 30 pages of an explanatory note and 3 sheets of graphic material.

The topic of the thesis is devoted to the creation of a local geoid model based on satellite data.

The work consists of three parts. The first part provides general information about the geoid, parameters and models of the geoid.

In the second part of the diploma project , methods of constructing and analyzing geoid models are considered .

In the third section of the thesis, a local geoid model was built on the territory of the almaty geodynamic polygon and the accuracy of the global geoid model was evaluated.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	7
1 Геоид модельдері туралы жалпы ақпарат	8
1.1 Геоид параметрлері. Геоид модельдері	8
1.2 Ортометриялық биіктік	13
1.3 Геоид көмегімен шешілетін міндеттер	16
1.4 Қазақстанда қолданылатын геоид моделі	16
2 Геоид моделін құру әдістері	19
2.1 Стокс әдісі	19
2.2 Геоидты зерттеудің геометриялық әдісі	19
2.3 Жерсеріктік әдіс және жерсеріктік гравиметрия	20
2.4 ICGEM орталығынан Ғаламдық геоид модельдеріне талдау	24
3 Алматы ГДП аумағында геоидтың жергілікті моделін құру	28
3.1 Алматы геодинамикалық полигонының сипаттамасы	28
3.2 Жер үсті және жерсеріктік бақылаулар бойынша Геоид биіктігін есептеу	30
3.3 Жаһандық геоид моделінің дәлдігін бағалау	35
ҚОРЫТЫНДЫ	38
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	39
А қосымшасы	40
Б қосымшасы	41
В қосымшасы	42

КІРІСПЕ

Геодезияның маңызды міндеттерінің бірі – геоидты анықтау, оны жердің гравитациялық өрісінің эквипотенциалды беті ретінде анықтауға болады. Қазіргі уақытта бұл міндет жаһандық позициялау жүйесінің (GPS) дамуына байланысты одан да өзекті болып отыр. Геоидты анықтау әртүрлі себептерге байланысты өте маңызды:

- жердің гравитациялық өрісі туралы білу геометриялық есептеу жүйесі үшін өте маңызды;
- геоидтардың дәлдігі жоғары модельдерін анықтау нақты айқындалған жаңғыртуға қол жеткізу үшін ғарыштық технологияларды пайдалануға мүмкіндік береді;
- геоидтарды білу геодинамикалық құбылыстарды модельдеу үшін өте маңызды (мысалы, полюстердің қозғалысы, Жердің айналуы және жер қыртысының деформациясы).

Ғаламдық навигациялық спутниктік жүйелерді пайдалана отырып, объектінің орнын айқындау жөніндегі геодезиялық жұмыстардың нәтижесі оның геоцентрлік жүйедегі координаттары және жалпы жер эллипсоидіне қатысты биіктігі болып табылады. Алайда, геодезиялық жұмыстардың көпшілігін орындау үшін қабылданған деңгей бетіне (қалыпты биіктіктерге) қатысты пункттердің биіктігін білу қажет. Спутниктік өлшеу нәтижелері бойынша нүктелердің қалыпты биіктігін алудың ең жылдам және тиімді әдістерінің бірі – геоидтың ғаламдық модельдерін қолдану.

Қарастырылып отырған дипломдық жұмыс геоидтің жергілікті моделін Алматы геодинамикалық полигоны төңірегінде құруға бағытталған. Сонымен қатар, Жаһандық геоид моделінің дәлдіген, аталған аудан үшін бағалау сұрағы да баяндалған.

Дипломдық жұмыста геодезиялық пункттердің геометриялық нивелирлеу нәтижелері мен серіктік бақылау мәліметтері пайдаланылған.

Жұмыс үш бөлімнен тұрады. Бірінші бөлімде геоид туралы жалпы ақпарат, геоид параметрлері мен модельдері баяндалған.

Дипломдық жобаның екінші бөлімінде геоид моделін құру әдістері және геоид модельдерін талдау қарастырылды.

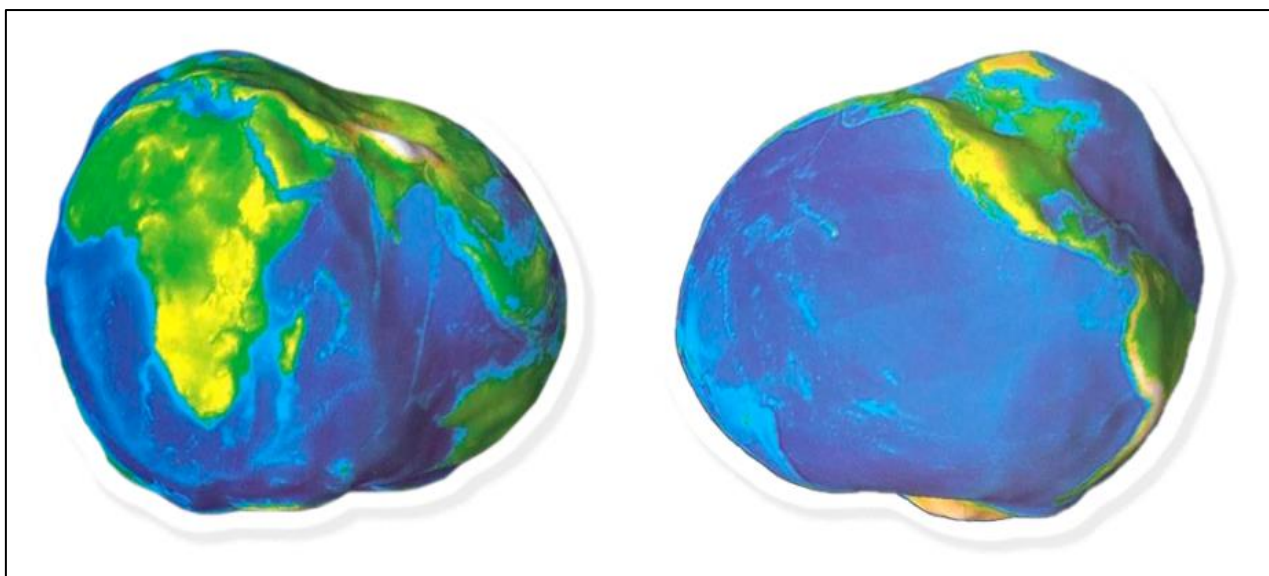
Дипломдық жұмыстың үшінші бөлімінде Алматы геодинамикалық полигоны аумағында геоидтың жергілікті моделін құру және жаһандық геоид моделінің дәлдігін бағалау орындалды.

Қарастырылған мәселе Жоғарғы геодезия мен Гравиметрия пәндері үшін ортақ сұрақтардың бірі болып табылады. Сонымен қатар, геодезист мамандары үшін өте маңызды ғылыми–техникалық мағынасы бар жұмыс санатында, сондықтан, дипломдық жұмыс барысында алынған тәжірибенің қажеттілігі сөзсіз айқын.

1 Геоид модельдері туралы жалпы ақпарат

1.1 Геоид параметрлері. Геоид модельдері

Геоид – Дүниежүзілік мұхит суларының орташа деңгейіне шамамен сәйкес келетін және шартты түрде континенттер астында жалғасатын ауырлық күшінің жер бетінің эквипотенциалды беті (деңгейлік бет). Теңіздің нақты орташа деңгейінің геоидтен айырмашылығы температура мен тұздылықтың, атмосфералық қысымның және т.б. айырмашылығына байланысты 1 м–ге жетуі мүмкін. Басқаша айтқанда, геоид – бұл жел мен толқындар сияқты басқа әсерлер болмаса, Мұхит беті Жердің ауырлық күші мен айналу әсерінен қабылдай алатын форма (1.1–сурет). Геоидтың нақты конфигурациясын жердің гравитациялық өрісін өлшеуге негізделген есептеулер арқылы ғана орнатуға болады. Яғни, қарапайым сөзбен айтқанда–геоид–бұл жердің гравитациялық өрісін математикалық және дәстүрлі өлшеу арқылы анықталған Жерге ұқсас бет. Геоид – биіктіктерді теңіз деңгейінен санауға мүмкіндік беретін бет, сондықтан геоид параметрлерін нақты білу өте қажет, атап айтқанда геодезияда – GPS қабылдағыштармен өлшенетін эллипсоидты биіктік негізінде, теңіз деңгейінен биіктікті анықтау үшін [1].

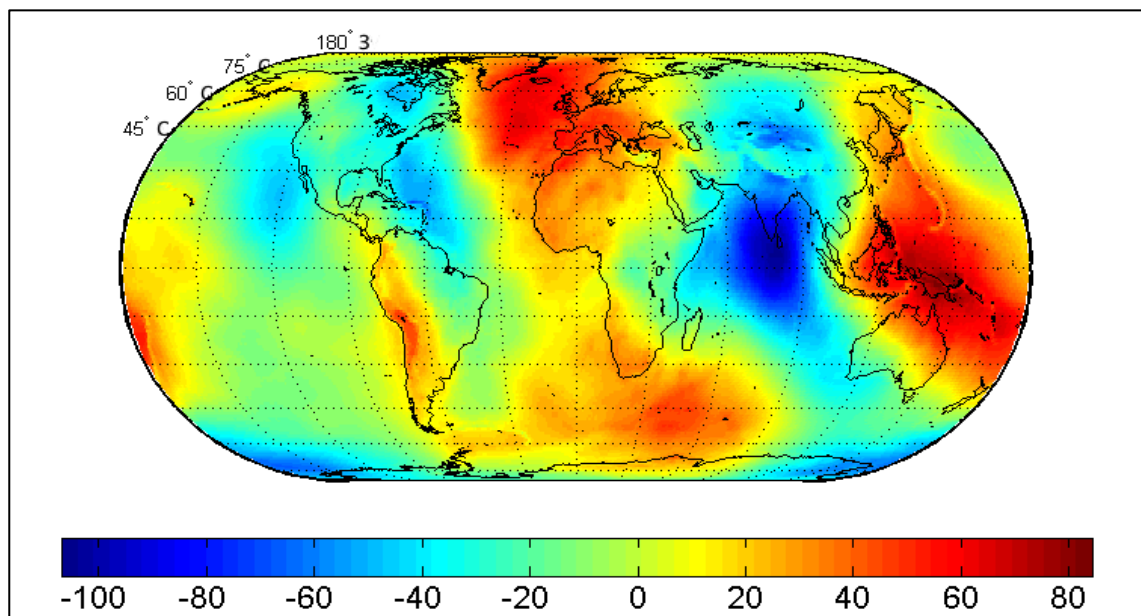


1.1 Сурет – Геоид көрінісі

Бірақ геоид беті – математикалық тұрғыдан алғанда дұрыс емес, сондықтан, оның бетінде қарапайым геометриялық қатынастарды құру және геодезиялық өлшеулерді өңдеу мүмкін емес. Геодезиялық өлшеулерді өңдеу үшін қарапайым математикалық бетті қолдану керек, бірақ геоидке жақынырақ болғаны дұрыс. Мұндай бет – кішігірім аудандар үшін жазықтық және үлкенірек аудандар үшін эллипсоид болып табылады.

Егер мұхиттардың тығыздығы тұрақты болса, толқындардың, ағымдардың және басқа ауа-райының әсеріне ұшырамаса, оның беті геоидқа жақын болар еді. Геоид пен теңіз деңгейі арасындағы тұрақты ауытқу теңіз бетінің биіктігі деп аталады. Егер континенттердің қалыңдығы бірнеше туннельдер мен арналармен қиылысса, онда бұл арналардағы теңіз деңгейі геоидпен бірдей болар еді. Шын мәнінде, геоидтың континенттердің астында нақты физикалық тасымалдаушысы жоқ, бірақ зерттеушілер континенттің нүктелерінің биіктігін осы қиял бетінің үстінен тегістей алады.

Геоид толқындылығы – геоид пен референц-эллипсоид биіктіктерінің айырмашылығын көрсететін сипаттама (1.2-сурет). Толқындылық стандартталмаған, өйткені әртүрлі елдер теңіз деңгейінің әртүрлі мәндерін стандарт ретінде пайдаланады – мысалы, Ресейде Кронштадт футштогы мен Балтық биіктік жүйесі бастапқы болып саналады. Ал АҚШ - та қазіргі датум – NAVD88. Көбінесе толқын EGM96 моделінің геоидіне қатысты сипатталады.



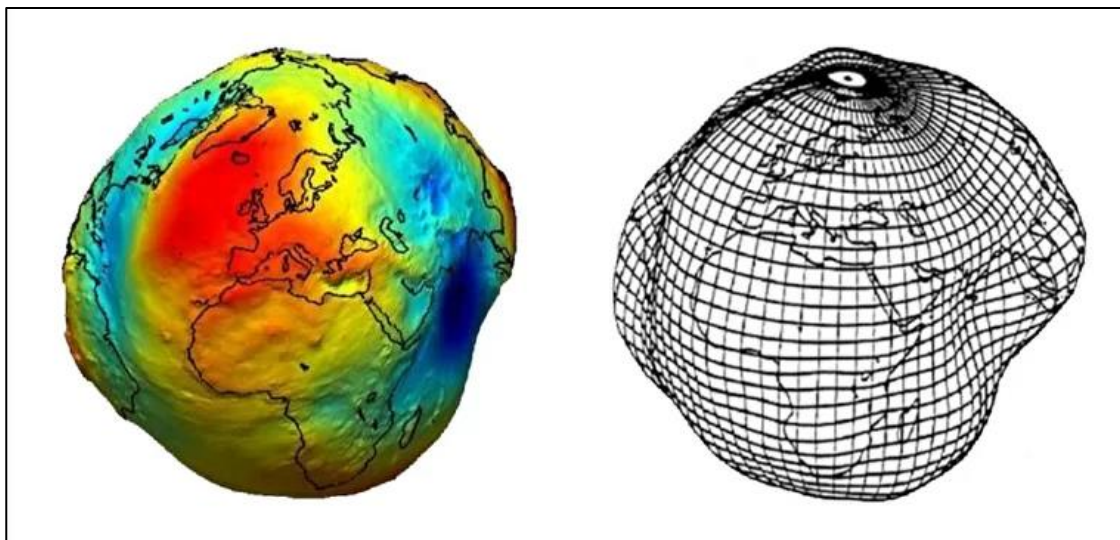
1.2 Сурет– Геоидтың толқындылығы (EGM96 геоид моделі)

Геоид моделін есептеу үшін тор тораптарындағы гравиметриялық өлшеулер және спутниктік гравиметрия әдістері қолданылады. Уақытқа, дәлдікке, гравиметриялық өлшеулердің тығыздығы мен оларды математикалық өңдеу әдістеріне байланысты, әр түрлі геоид модельдерін алуға болады, олардың әрқайсысы квазигеоид (псевдогеоид) деп аталады (1.3-сурет).

Жабылған аумақтың көлеміне сәйкес геоид модельдерінің үш түрі бөлінеді:

1. ғаламдық;
2. аймақтық;
3. жергілікті.

Геодезияда Ғаламдық модель – бұл жердің гравитациялық өрісінің жақындауы. Ол Ньютон массаларының тартылыс заңына сәйкес гравитациялық бөліктен және жердің айналуына байланысты центрифугалық бөліктен тұрады.



1.3 Сурет – Геоид және геоид бетіндегі тор

Мұндай модель жердегі және одан тыс барлық нүктелерде гравитациялық өрістің әртүрлі функцияларын (мысалы, гравитациялық потенциал немесе ауырлық векторы) есептеуге мүмкіндік беретін математикалық функция. Қазіргі уақытта ғаламдық геоидтар моделінің ең көп таралған түрі– бұл сфералық функциялар бойынша ауырлық күшінің потенциалын ыдырататын C_{nm} , S_{nm} коэффициенттерінің жиынтығы ретінде ұсынылған модельдер. r , φ , λ сфералық координаттары бар нүктеде N геоидінің ондуляциясын келесі формула бойынша есептеуге болады [2]:

$$N = \frac{GM}{\rho\gamma} + [1 + \sum_{n=2}^{n_{max}} \sum_{m=0}^n \left(\frac{a}{r}\right)^n \vec{P}_{nm}(\sin \varphi) (C_{nm} \cos m\lambda + S_{nm} \sin m\lambda)] \quad (1.1)$$

мұндағы r , φ , λ – сыртқы гравитациялық өрістегі нүктенің сфералық координаттары,

a – эллипсоидтың жартылай үлкен осі,

C_{nm} , S_{nm} – нормаланған гармоникалық коэффициенттер.

Координаталардың жалпы жер жүйелерінің іске асырылуы осы координаттар жүйесіне сәйкес келетін эллипсоидтан жоғары тартылыс потенциалы мен геоид биіктіктерінің ыдырау параметрлерін шығарумен қатар жүреді.

36 дәрежесі мен ретіне дейін ыдырайтын модельдер, әдетте, ғарыштық Геодезияның динамикалық әдісін қолдана отырып, спутниктер орбиталарының бұзылуын талдаудан алынады. N шамалары тегістеледі, Ғаламдық модельдер бойынша биіктікті анықтау қателері салыстырмалы түрде үлкен және бірнеше

метрге жетуі мүмкін болады. Бұл құбылыстың себептерінің бірі – сериялардың баяу жинақталуы және геоидтың жергілікті ерекшеліктерін қазіргі ыдырау әдістерімен көрсету мүмкін еместігі. Мысалы, 36 дәрежеге дейін және сол ретке дейін ыдырау кезінде геоидтің биіктіктерін жуықтаудың шешімі шамамен 500 км қашықтықтағы толқын ұзындығының жартысына тең. Оларды құру кезінде спутниктік деректер ғана емес, сонымен қатар гравиметриялық өлшеу нәтижелері де қолданылады. 180 дәрежеге дейін және сол ретке дейін ыдырау геоид толқындарын 1-2 м-ге дейін ескере отырып, 1'x1' ажыратымдылықты қамтамасыз етеді. Тегіс рельефі бар жақсы зерттелген аудандарда қолданыстағы Ғаламдық модельдер геоидтің биіктігін 0.6 – 1.0 м-ге дейін анықтауға мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта АҚШ ҚМ геодезиялық зерттеулер ұлттық агенттігі – NGA сайтында EGM геоидтың жаңа жаһандық моделі – EGM2008 жердің гравитациялық моделі орналастырылды.

Модель эллипсоид пен қалыпты гравитациялық өрісті байланыстыратын келесі тұрақтыларды қолданады :

- $a=6378137.00$ m (WGS 84 эллипсоидінің үлкен жартылай осі);
- $f=1/298.257223563$ (WGS 84 эллипсоидты қысу);
- $GM= 3.986004418 \times 10^{14} \text{ m}^3\text{s}^{-2}$ (геоцентрлік гравитациялық тұрақты);
- $\omega=7292115 \times 10^{11}$ radians/sec (Жердің айналу жылдамдығы) [3].

Геоидтың аймақтық және жергілікті модельдері. Геоидтің аймақтық модельдеріндегі геоидті жою тұрақты тордың түйіндерінде көрсетілген мәндер түрінде ұсынылған. Бұл биіктік модельдері гравиметриялық мәліметтер негізінде жасалады, олар бірнеше минуттық тор қадамымен ендік пен бойлықта бірнеше ондаған градус аумақты білдіреді. Геоидтың аймақтық модельдерінің мысалы ретінде АҚШ-тың Ұлттық геодезиялық қызметі ел аумағына және көрші облыстардың аумағына жасаған GEOID90, GEOID93, GEOID96 модельдерін келтіруге болады .

Биіктік ауытқуларының жергілікті моделі ретінде жерсеріктік желі пункттеріндегі геодезиялық биіктіктерді h -мен қалыпты H -мен салыстыру нәтижесінде анықталған биіктік мәндерінің жиынтығы түсініледі:

$$N = h - H \quad (1.2)$$

мұндағы N – геоид биіктігі,

h – геодезиялық биіктік,

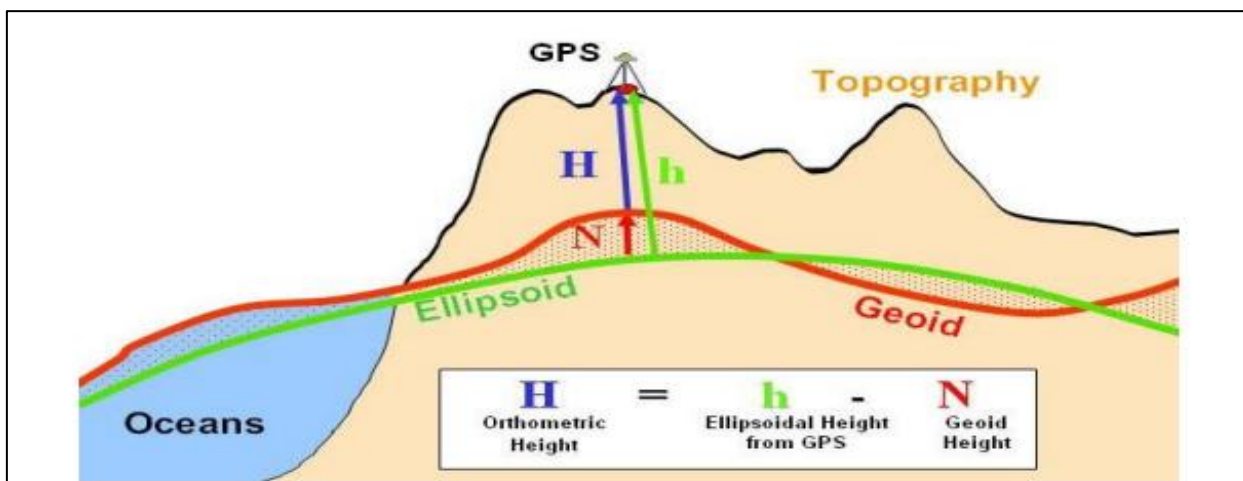
H – ортометриялық биіктік.

Референц-эллипсоид, геоид немесе квазигеоид деңгейін ескере отырып, біз Жердің физикалық бетіне дейінгі биіктіктердің әртүрлі түрлері туралы айтамыз:

– Референц-эллипсоидтан – эллипсоид (геодезиялық) биіктік. Мұндай биіктікті ЖСНЖ өлшемдерінің көмегімен аламыз, егер геоид моделі есептеулерде ескерілмесе.

- Геоидтан – ортометриялық биіктік немесе теңіз деңгейінен биіктік.
- Квазигеоидтан қалыпты биіктікке дейін – қалыпты (нивелирлік) биіктік.

Біз қалыпты биіктікті жер бетіндегі гравиметриялық өлшеулермен байланысты кез–келген құрылғы арқылы аламыз. Бұл нивелир, теодолит немесе тахеометр болуы мүмкін, аспапты деңгей көмегімен горизонталь жасай отырып, біз оны ауырлық күшінің бағытына сәйкес – нормаль бойынша орнатамыз (1.4–сурет).



1.4 Сурет– Ортометриялық, геоидты және эллипсоидты биіктіктер арасындағы байланыс

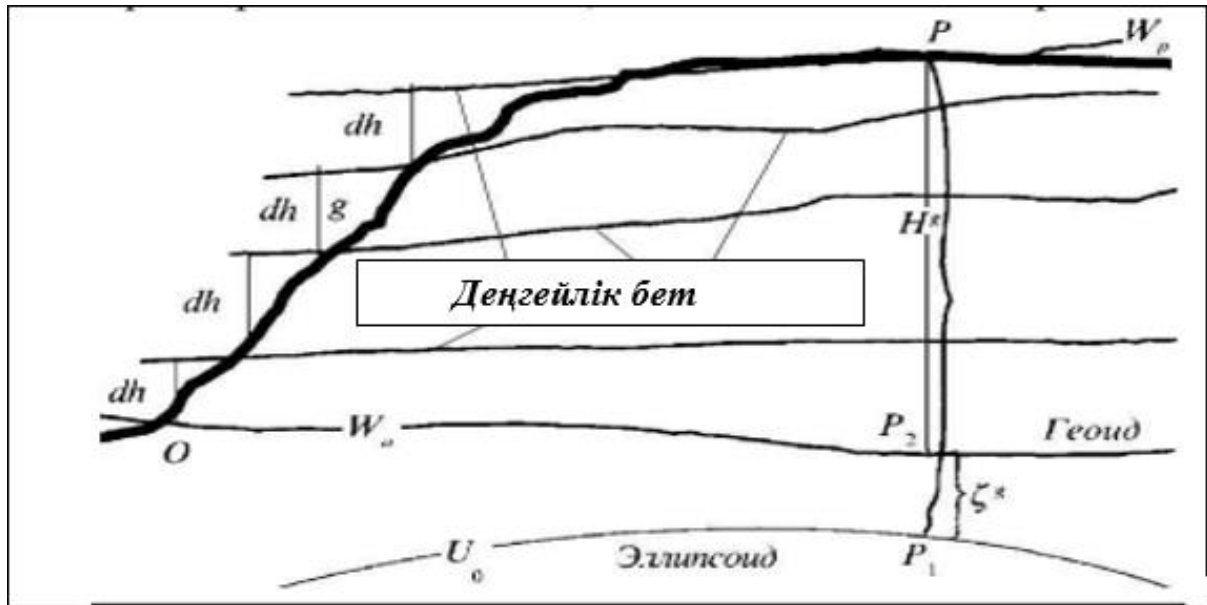
Эллипсоид үстіндегі нүктелерді анықтау үшін геодезиялық биіктік (h) қолданылады, ол эллипсоид бетінен анықталатын нүктеге дейінгі нормаль бойынша есептелетін қашықтық. Бұл геометриялық биіктік, оның мәні ауырлық күшіне байланысты емес. Жер бетінде барлық материалдық заттар ауырлық күшіне ұшырайды. Сондықтан күнделікті тәжірибеде геодезиялық биіктіктер емес, ауырлық күшіне байланысты биіктіктер қолданылады. Бұл биіктіктер таңдалған санақ бетінен, әдетте теңіз деңгейіне жақын орналасқан қашықтықтан анықталады.

1.2 Ортометриялық биіктіктер

Атауы грекше *orthós*–тік және *metréō*–өлшеу дегенді білдіреді. Ең көне биіктік санау жүйелерінің бірі. 1.5–суретте ауырлық күшінің нақты (W) және қалыпты (U) потенциалдарының физикалық (қалыңдатылған сызық) және деңгейлік беттері көрсетілген. Геоид O нүктесінен өтеді, ол – биіктік есебінің басталуы. Нивелирлік жүріс OP сызығы бойынша физикалық бетке қойылсын және алдыңғы және артқы рейкалар арасындағы dh биіктік өсімшелері өлшенсін, сондай–ақ гравиметриялық жұмыстар және g ауырлық күшінің

мәндері айқындалсын. O нүктесіндегі Жердің ауырлық күшінің потенциалы W_o , ал P нүктесінде – W_p . Биіктікті есептеу жүйелерін талдау үшін біз dW потенциалының өсуінің екі шексіз жақын деңгейлі беттердің dH биіктік айырмашылығына тәуелділігінің дифференциалдық теңдеуін қолданамыз (1.3 - формула). dW -ны OP трассасы бойынша біріктіре отырып, O және P нүктелері арасындағы потенциалдар айырмасы үшін теңдеу аламыз:

$$W_p - W_o = \int_{OP} dW = - \int_{OP} g dh. \quad (1.3)$$



1.5 Сурет– Ортометриялық биіктіктерді есептеу жүйесі

1.5 – суреттен көрініп тұрғандай, геодезиялық биіктік P_1P эллипсоидына қалыпты кесіндімен анықталады және ортометриялық биіктік пен геоид биіктігінің қосындысы болып табылады:

$$H = H^g + \zeta^g \quad (1.4)$$

Ортометриялық биіктіктерді есептеу кезінде B, L жоспарлы координаттарын геодезиялық биіктіктерге қарағанда аз дәлдікпен орнатуға болады. m_{BL} жоспарланған координаттарының рұқсат етілген қателігінің шамасы геоидтің берілген u'' нүктесіндегі эллипсоидке бейімділігіне байланысты:

$$m_{BLGPS} < m_{BL} < m_H \cdot \rho'' / u'' \quad (1.5)$$

мұнда m_{BLGPS} – GPS өлшемдері бойынша алынған жоспарлы координаттардың қателігі,

m_H – ортометриялық биіктіктерді есептеудің берілген қателігі.

Жергілікті геоид моделі гравиметриялық немесе геометриялық әдіспен жасалады. Алайда, геометриялық әдіс жиі қолданылады, өйткені GPS және нивелирлеу әдістері кеңінен таралған [4].

Ортометриялық биіктіктердің дәлдігі. Қалыпты биіктіктер іс жүзінде эллипсоидты таңдауға тәуелді емес және жердің физикалық бетінде жүргізілген өлшеу нәтижелері бойынша анықталады. Алайда, олар геометриялық нивелирлеу орындалатын және геопотенциалды сандар есептелетін бастапқы нүктені таңдаумен байланысты болып келеді. Қалыпты биіктік жүйесі ортометриялық жүйеден ерекшеленеді, өйткені ол жер ішіндегі массалардың таралуы туралы гипотезаларды қажет етпейді, сондықтан биіктіктің мәнін дәл есептеуге болады, ал алынған биіктіктердің сапасы негізінен өлшеу сапасына байланысты болады. Қалыпты биіктіктерді нивелирлеу нәтижелерінен анықтауға болады.

Ортометриялық биіктіктер жүйесін іске асырудағы қателер туралы айтқанда, нүктелер арасындағы биіктік айырмашылықтарын анықтау қателерін білдіреді. Бұл жағдай ортометриялық биіктіктердің абсолютті шамаларын геодезиялық биіктіктер мен геоид биіктіктерінің абсолютті шамаларымен салыстыру кезінде маңызды.

1-кестеде нивелирлеу нұсқаулығынан алынған әр түрлі дәлдік кластарын өлшеу үшін ортометриялық биіктіктердің айырмашылықтарын анықтайтын орташа квадраттық қателер мен шекті қателерді есептеуге арналған өрнектер келтірілген [5] .

1 Кесте – Ортометриялық биіктіктердің айырмашылықтарын анықтауда орташа квадраттық қателер мен шекті қателерді есептеуге арналған өрнектер

Нивелирлеу классы	Орташа квадраттық қателік (мм)	Шекті қателік (мм)
I	$0.8 \text{ мм} \sqrt{D_{\text{км}}}$	$3.0 \text{ мм} \sqrt{D_{\text{км}}}$
II	$2.0 \text{ мм} \sqrt{D_{\text{км}}}$	$5.0 \text{ мм} \sqrt{D_{\text{км}}}$
III	$5.0 \text{ мм} \sqrt{D_{\text{км}}}$	$10.0 \text{ мм} \sqrt{D_{\text{км}}}$
IV	$10.0 \text{ мм} \sqrt{D_{\text{км}}}$	$20.0 \text{ мм} \sqrt{D_{\text{км}}}$

Мұнда D арқылы биіктік айырмашылығының қателігі бағаланатын геодезиялық нүктелерді байланыстыратын нивелирлеу сызығының ұзындығы көрсетілген. 1 – кестедегі өрнектерді орташа квадраттық қатені немесе олардың орналасуы жоспарланған координаттармен берілген нүктелердің ортометриялық биіктіктерінің айырмашылығының қателігін анықтау үшін қолданған кезде, D нивелир сызығының ұзындығы мен координаттар бойынша есептелген хорда ұзындығы арасындағы айырмашылықты ескеру қажет.

1.3 Геоид көмегімен шешілетін міндеттер

Жергілікті геоидты модельдеу мәселесін төмендегідей тұжырымдауға болады:

Қазақстан Республикасы, Алматы геодинамикалық полигоны үшін жергілікті геоидін есептеу мақсатында бастапқы және штрихты есептеу жүйелеріндегі спутниктік және жерүсті геодезиялық желілерінің тораптық нүктелерінің координаталары белгілі болуға тиіс:

- $(B, L, h)_i$ – а, е параметрлері бар бастапқы эллипсоидке қатысты эллипсоидтік геодезиялық координаталар;
- $(x, y)_i'$ немесе $(B, L)_i'$ – а', е' параметрлері бар эллипсоидқа қатысты жазық тік бұрышты немесе эллипсоидальды координаттар;
- H_i – геометриялық нивелирлеуден анықталған қалыпты биіктіктер;

Қосымша бастапқы мәліметтер ретінде спутниктік және гравиметриялық бақылаулардың нәтижелері болуы мүмкін. Осы бастапқы ақпаратпен келесі міндеттерді шешуге болады:

- жергілікті геоидтың математикалық моделі таңдалды;
- модельдік деректер параметрлері табылды;
- модельдің аналитикалық жазбасының алғашқы туындылары алынды.

Геоид моделін қолданудағы негізгі міндеттердің бірі – ЖНСЖ қолдану нәтижесінде алынған геодезиялық биіктіктерден теңіздің орташа деңгейіне (MSL) қатысты ортометриялық биіктіктерді алу, өйткені соңғы жылдарда спутниктік әдістер инженерлік жұмыстар үшін көбірек қолданыла бастады.

1.4 Қазақстанда қолданылатын геоид моделі

Геоидтің қазақстандық гравиметриялық моделі (KazGM2015) – Геоид биіктіктерінің моделі Қазақстан Республикасының аумағында $40 \leq \varphi \leq 56$ параллельдерімен, $46 \leq \lambda \leq 88$ бойлықтарымен шектелген (1.6–сурет). Гравиметриялық геоид моделін есептеу үшін Стокс формуласын ең аз квадраттар әдісімен өзгерту әдісі таңдалды, өйткені ол әртүрлі мәліметтер жиынтығын оңтайлы түрде біріктіреді. Сонымен қатар, әдіс рельефке, атмосфераға және жердің эллипсоидты пішініне қосымша түзетулер енгізуге мүмкіндік береді.

Бастапқы деректер ретінде мәндер матрицалары қолданылды :

- жер үсті гравиметриялық мәліметтер мен GETECH деректерінің комбинациялары;
- EIGEN – 6C4 Ғаламдық гравитациялық модель моделінің гармоникасы;
- SRTM рельефінің сандық моделінің биіктіктері.

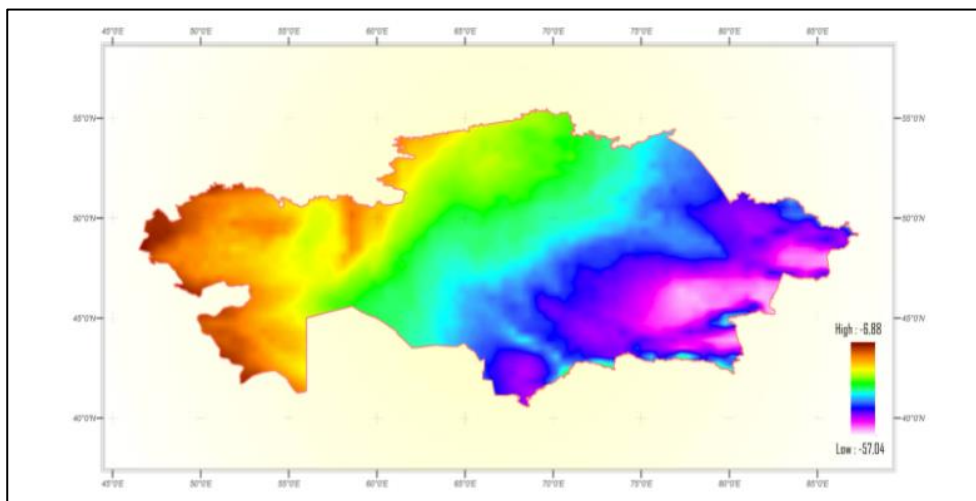
Ұзақ толқындық үлес геопотенциалдың екі моделінен алынады: GOCE DIR, EGM2008. SRTM топографияның геоидке әсерін есептеу үшін

қолданылады. Kazgm2015 моделі солтүстік ендіктің 37 және 59 бұрыштық градустарымен және шығыс бойлықтың 43 және 91 бұрыштық градустарымен шектелген есептік аймақ бойынша 5'x5' бұрыштық минуттардың географиялық торында есептеледі. Геоидтің биіктігі WGS84 тірек эллипсоидіне қатысты көрсетілген. GPS/Leveling және KazGM2015 деректері бойынша Геоид толқынының арасындағы айырмашылықтар $-0,295$ м–ден $0,327$ м–ге дейін өзгереді, ал стандартты ауытқу $0,177$ м құрайды.

Модификация параметрлерін есептеу үшін бастапқы параметрлер:

- өзгерту дәрежесі $L=M=360$;
- жер үсті гравиметриялық деректер қателерінің дисперсиясы $S(0)=9\text{мГал}^2$;
- интеграцияны қамту мөлшері $\Psi=3^\circ$.

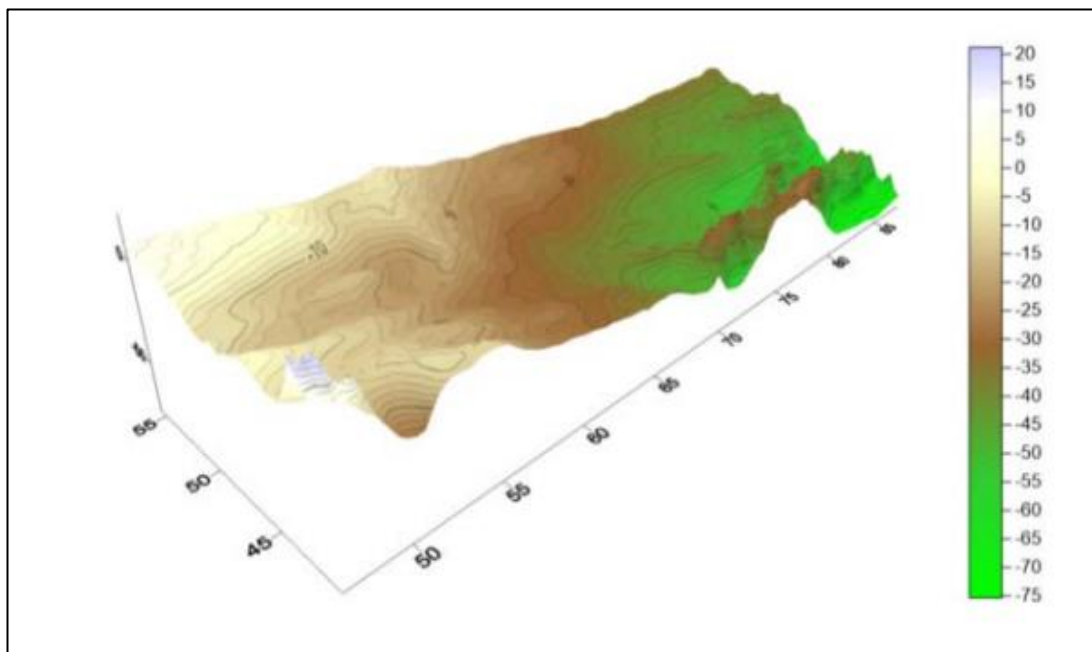
Бұл модель республиканың барлық аумағы бойынша шамамен 3 см–лік 536 бақылау пунктімен салыстырғанда геоид биіктіктерінің стандартты ауытқуларына (СТО) ие; елдің солтүстігінде – 2 см, аумақтың ортасында және оңтүстігінде – 6 см. Геоид моделін ГНСС–нивелирлеумен техникалық нивелирлеуді ауыстыру үшін пайдалануға болады. Сонымен қатар, әзірленген бағдарламаларға сәйкес кез–келген ГМ–ден геоидтың ауырлығы мен биіктігінің ауытқуларын есептеуге болады, бұл қазіргі заманғы ГГМ–ді зерттеуге мүмкіндік береді. Осы жұмыстың нәтижелері бойынша көршілес елдер мен теңіздердің аумақтарында спутниктік геопотенциалдық модельдерді, модельдер гармоникаларының коэффициенттерін, жер үсті гравиметриялық деректерді, ЖНСЖ – нивелирлеу деректерін және гравиметриялық деректерді біріктіру әдістемесін пайдалану бойынша ұсынымдар берілді.



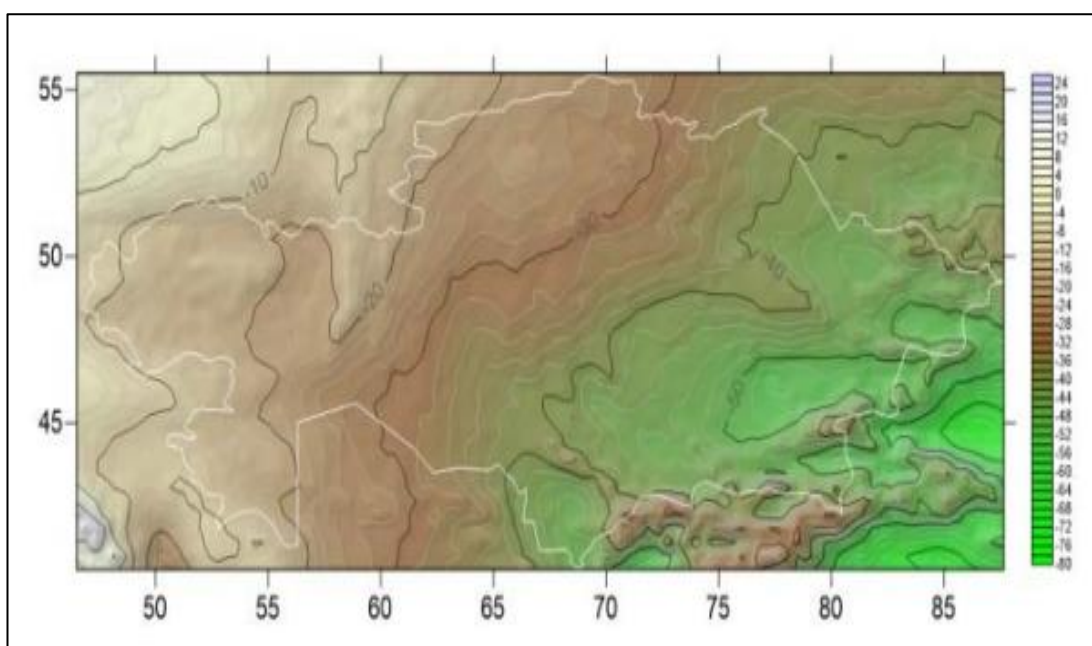
1.6 Сурет– KazGM 2015 геоид моделі

Қазақстан аумағына геоидтың моделін қолда бар деректермен мүмкіндігінше дәл есептеу үшін әртүрлі сандық сынақтар жүргізілді. Үлгілердің

бірнеше түрлері сыналды. Бұл түрлендіру моделі стандартты ауытқуды 0,57 м–ден 0,29 м–ге дейін азайтуға мүмкіндік берді [5].



1.7 Сурет– KazGM2015 гравиметриялық геоидтың үш өлшемді моделі



1.8 Сурет– Гравиметриялық геоидтің контурлық моделі

2 Геоид моделін құру әдістері

2.1 Стокс әдісі

Геоид модельдерін құрудың әртүрлі әдістері бар, олар : астрономиялық–геодезиялық, гравиметриялық, GNSS өлшеулер мен нивелирлік желілерді бірлесіп пайдалану, гравиметрия мен спутниктік алтиметрияны, спутниктік градиентометрияны бірлесіп пайдалану болып табылады.

Жасанды спутниктер пайда болғанға дейін геоидты анықтаудың негізгі қағидасы Стокс әдісі болды. 1849 жылы Джордж Стокс ұсынған Стокс теоремасы: геоидтан тыс массаның таралуы болмаған кезде оның формасы мен гравитациялық өрісі жердің массасымен, оның айналу бұрышының жылдамдығымен және ауырлық күшімен анықталуы мүмкін. Бұл теорема геоидтың формасын жердегі гравитациялық бақылау мәліметтері бойынша анықтауға болатындығын айтады. Геоидтың пішінін анықтау үшін Стокс әдісін қолдану геоид биіктігі мен тірек эллипсоид арасындағы биіктік айырмашылығы анықталады.

Стокс формуласы салыстырмалы эллипсоидтың үстіндегі геоид биіктіктерінің ауырлық аномалиясымен байланысын береді. Бұл формула геоид бетінде белгілі ауырлық аномалиялары арқылы кез–келген нүктеде геоидтің эллипсоидтан жоғары биіктігін анықтауға мүмкіндік береді. Стокс формуласы жер фигурасының теориясында басты рөл атқарады, өйткені ол ұзақ уақыт бойы жер фигурасын бейнелеудегі соңғы жуықтау болып саналатын геоидты анықтайды. Қазіргі көзқарас бойынша, жоғарыда айтылғандай, геоидті жер фигурасы идеяларындағы соңғы және тіпті эллипсоидтан кейінгі жуықтау ретінде қарастыруға болмайды, бірақ геоидтің рөлі әлі де орталық болып қала береді–бұл жерді тегіс, геоидты бөлікке және жердің физикалық бетімен шектелген біркелкі емес өзгеретін қабатқа бөлетін бет.

Нақты гравиметриялық бақылаулар геоид емес, жер бетінде алынады. Сондықтан, беткі бақылаулардың деректерін алғаннан кейін геоидтан тыс массаның гравиметриялық бақылауларға әсерін алып тастау және жергілікті жердегі гравиметриялық бақылаулардың орнын геоидке түзету қажет. Бұл бөліктің мазмұны гравитациялық есептеу деп те аталады . Стокс әдісі арқылы биіктіктің дәл ауытқуларын алуға болады, содан кейін жергілікті гравитациялық өрістің модельдерін құруда жиі қолданылатын геоидтің тиісті биіктігін анықтауға болады.

Спутниктік нивелирлеу нәтижелерін қолдана отырып, қалыпты биіктік геодезиялық биіктік пен геоид биіктігінің айырмашылығы ретінде анықталады. Геометриялық геоидтерде эллипсоидтың үстіндегі геоид биіктігі нивелирлеуден алынған нүктелердің белгілерін және астрономиялық–геодезиялық әдіспен анықталған геодезиялық биіктіктерді ГНСС өлшемдері немесе классикалық геодезия әдістері бойынша салыстыру арқылы анықталады.

2.2 Геометриялық әдіс

Бұл әдісте белгілі қалыпты (нивелирлеуден) және геодезиялық (ЖНСЖ бақылаулары бойынша) биіктіктері бар төрт және одан да көп тірек пункттері болған кезде айырмашылықтар пайда болады, олардың әрқайсысы үшін мынадай түрдегі өрнек жасалуы мүмкін:

$$N_A(x, y) = Ax + By + Cxy + D \quad (1.6)$$

мұндағы x, y – жергілікті жүйеде бастапқы нүктелердің жазық тікбұрышты координаттары, A, B, C, D – бастапқы нүктелердегі биіктік айырмашылықтары бойынша анықталатын коэффициенттер.

Осы коэффициенттерді есептегеннен кейін анықталатын нүктенің биіктігінің аномалиясын оның координаттары бойынша анықтауға және қалыпты биіктікке өтуге болады.

X, Y жазық координаттарының орнына B, L геодезиялық координаттарын қолдана отырып, көптеген тірек нүктелерімен геоидтың көлбеуін ғана емес, сонымен қатар оның қисықтығын да ескеретін күрделі жуықтау өрнектері қолданылады. Әдістің дәлдігін бастапқы нүктелердің тығыздығымен, гравитациялық өрістің аномалия дәрежесімен және интерполянттың түрімен анықтауға болады. Бастапқы нүктелер арасындағы қашықтық үшін 15 – 20 км орташа аномалия аудандарында қате 15 – 20 см, жоғары аномалия аудандарында 40 – 60 см болады.

Геоидтың аймақтық және жергілікті модельдерін қолдану кезінде мәселенің бірі қалыпты биіктіктің дәлдігін бағалау болып табылады. Модель қателері мәліметтер базасында, интерполяция алгоритмінде немесе қате мәліметтерде болуы мүмкін, мысалы, тор ұяшығындағы геоидтің жергілікті биіктіктері модельде көрінбеуі мүмкін. Екі нүкте бір–біріне жақын болған сайын, олардың геоидты биіктіктеріндегі қателіктер неғұрлым байланысты болады. Бір–біріне өте жақын екі нүктеде (мысалы, 1 м) корреляция коэффициенті 1.0 болады, яғни олардың геоидты биіктіктеріндегі қателер бір–бірімен өте тығыз байланысты. Қашықтықтың ұлғаюымен олардың геоидтық биіктіктеріндегі қателер бір–бірімен байланысты болмайды, яғни корреляция коэффициенті 0 – ге тең болады.

Жасанды Жер серіктерін пайдалану физикалық геодезия міндеттерінің ауқымын едәуір кеңейтті. Соңғы онжылдықтарда геопотенциалдың жоғары дәрежелі жаһандық модельдері пайда болып, бұл өлшеудің жаңа әдістері мен тәсілдерін енгізу арқылы мүмкін болды [6]

2.3 Жерсеріктік әдіс және жерсеріктік гравиметрия

Спутниктік гравиметрия Жердің жасанды серіктерін (ЖЖС) ұшырғаннан кейін пайда болды. Қолданыстағы CHAMP, GRACE, GOCE жүйелері геопотенциал аномалияларын жоғары дәлдікпен және бұрын қол жетімсіз кеңістіктік ажыратымдылықпен өлшеуге мүмкіндік беретін жаңа технологияларды қолданады [7].

Спутниктерді қолдана отырып, ауырлық күшінің өрісін зерттеудің үш әдісіне әкелетін өлшеудің әртүрлі тұжырымдамалары:

- спутник – спутник жүйесі (satellite-to-satellite tracking, SST), және біреуі жоғары, екіншісі төмен, CHAMP (challenging Minisatellite Payload) жобасында іске асырылған;
- спутник–спутник жүйесі, онда екі спутник те төмен, GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) жобасында іске асырылған;
- спутниктік градиентометрия (спутник ішіндегі ауырлық үдеуінің айырмашылығын өлшеу).

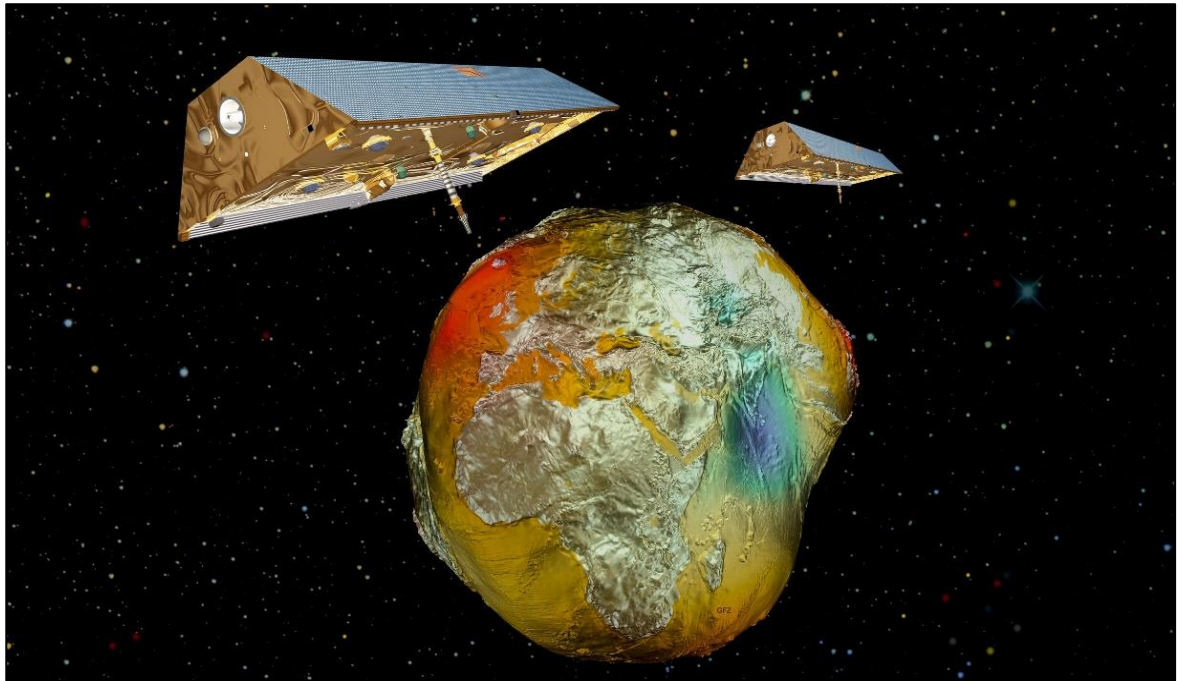
GRACE спутниктік жүйесі (Германия – АҚШ) ауырлық күші өрісінің уақытша өзгерістерін өлшеу үшін арнайы құрылған. Құрылымдық жағынан ол бірдей төмен орбитада (шамамен 500 км) 220 ± 50 км қашықтықта ұшатын екі спутниктен тұрады. Бұл спутниктердің траекторияларын бақылау GPS (АҚШ) және GLONASS (Ресей) жүйелерінің жоғары ұшатын спутниктер жүйесі арқылы жүзеге асырылады (2.1–сурет).

Жобаның негізгі мақсаттары:

- жоғары ажыратымдылықтағы Жердің ғаламдық гравитациялық өрісін анықтау;
- уақыт өте келе ауырлық күшінің өзгеруін зерттеу;
- электронды мазмұнды егжей–тегжейлі анықтау арқылы Ионосфера мен тропосферадағы сыну құбылыстарын GPS өлшеу арқылы зерттеу.

Спутниктер 2002 жылдың 17 наурызында Плесецк (Ресей) ғарыш айлағынан ұшырылды. GRACE миссиясының қызметі бір–бірінен 220 км қашықтықта, жерден 500 км биіктіктегі полярлық орбитада орналасқан екі бірдей спутниктің жұмысына негізделген [7].

5 жыл ішінде GRACE деректері негізінде әр бір жарым–екі айда аномальды өрістің жаңа моделі жасалады деп болжанады. Осылайша, GRACE жүйесін өлшеу нәтижелері атмосферадағы және гидросферадағы масса алмасу процестеріне байланысты ауырлық күшінің қысқа мерзімді өзгеруін зерттеуге мүмкіндік береді, бұл, атап айтқанда, мұхиттар деңгейінің өзгеруімен, ауа мен топырақтың ылғалдылығымен, жер асты суларының өзгеруімен, мұздықтардың еруімен көрінеді.



2.1 Сурет– GRACE гравиметриялық жерсеріктік жүйесі

"Спутник – спутник" SST–HL жүйесі, оның біреуі жоғары, екіншісі төмен, CHAMP (challenging Mini–Satellite Payload for Geophysical and Application) жобасында іске асырылған. Бұл жобаны іске асыру Потсдам ғылыми–зерттеу орталығына (Geoforschungszentrum Potsdam (Германия)) жүктелген (2.2–сурет).

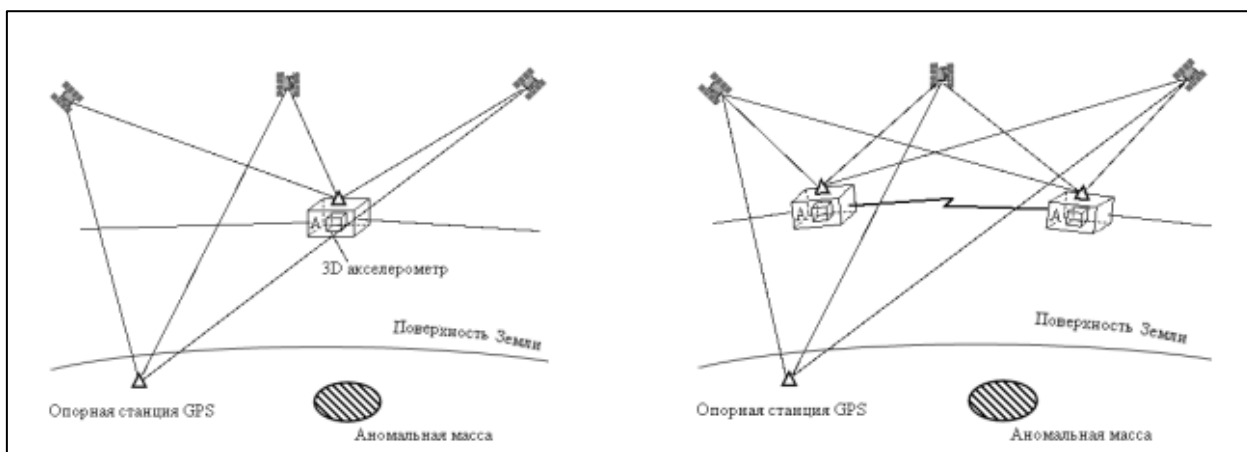
Келесі мақсаттарды көздейді:

- ауырлық күшінің жаһандық өрісін зерттеу, дәлірек айтқанда, статикалық өрістің ұзын толқындық бөлігін және оның уақытша өзгеруін нақтылау(мысалы, атмосфералық массалардың қайта бөлінуінен, мұхиттық айналымнан, полярлық мұздың еруіне байланысты теңіз деңгейінің өзгеруінен туындаған);

- Ғаламдық магнит өрісін зерттеу, дәлірек айтқанда, жер қыртысының негізгі магнит өрісі мен магнит өрісін және олардың кеңістіктік өзгерістерін нақтылау;

- Ионосфера мен тропосфераны профильдеу, немесе, дәлірек айтқанда, атмосфераны оның температурасы, су буының құрамы және GPS сигналдарының сынуы туралы мәліметтер бойынша электронды құрылым тұрғысынан нақтылау.

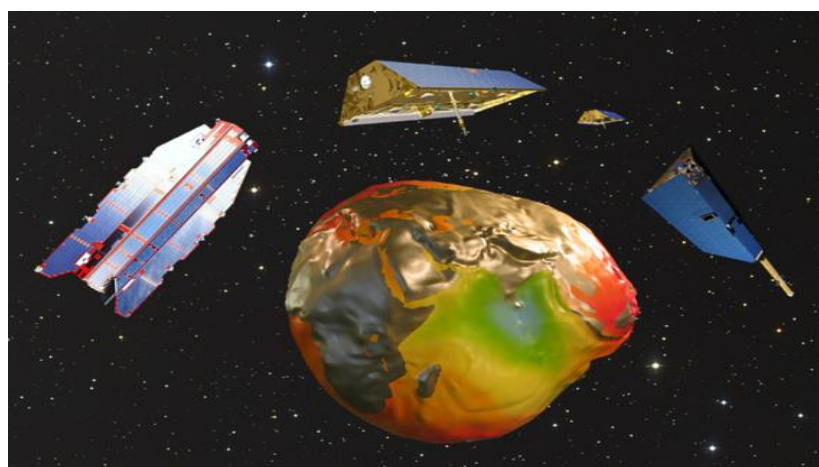
Сонымен қатар, Мұхит бетінің борттық алтиметриясы және спутниктің жердегі лазерлік локациясы жүзеге асырылды. CHAMP ЖЖС, болжамды ресурсы бес жыл жұмыс істеуге есептелген. Шын мәнінде, спутник 2010 жылы миссиясын аяқтап, екі есе ұзақ жұмыс істеді.



2.2 Сурет– Гравитациялық өріс миссияларына арналған SST–HL, SST–LL концепциялар

2009 жылғы 17 наурызда ресейлік Плесецк ғарыш айлағынан бортта GOCE (Gravity Field and Steady–state Ocean Circulation Explorer – "гравитациялық өріс және тұрақты Мұхит ағымдарын зерттеуші") еуропалық спутнигімен "Рокот" зымыран тасығышы ұшырылды. GOCE аппараты – 45 еуропалық компанияның (Еуропалық ғарыш агенттігі) зерттеушілері мен инженерлерінің көпжылдық жұмысының бірлескен жобасы–жердің гравитациялық өрісін зерттеуге арналған. Ол үшін спутникте гравитациялық өрісті ең жоғары дәлдікпен өлшейтін градиометр орнатылған. Өлшеу дәлдігі алты ерекше сезімтал акселерометрмен қамтамасыз етіледі, олар тартылыс күшінің қалыпты деңгейден он триллионға ауытқуын сезіне алады.

Градиометрден басқа, GOCE құрылғыны жер бетінен дәл орналастыру үшін GPS сигналдарын қабылдайтын навигациялық құрылғымен жабдықталған, ал лазерлік шағылыстырғыш жер үсті лазерлерінің көмегімен спутниктің қозғалысын жоғары дәлдікпен бақылауға мүмкіндік береді. Спутниктің негізгі мақсаты–жердің гравитациялық картасын жасау.



2.4 Сурет– CHAMP, GRACE және GOCE гравитациялық жерсеріктік жүйелері

2.4 ICGEM орталығынан Ғаламдық геоид модельдеріне талдау

Соңғы жылдары шетелдік мамандар геопотенциалдың гармоникалық коэффициенттерін анықтау дәлдігі бойынша жақсартылған сипаттамалары бар жердің гравитациялық өрісінің бірқатар модельдерін жасады. АҚШ Қорғаныс министрлігінің геокеңістіктік зерттеулер ұлттық агенттігінің (National Geospatial–Intelligence Agency – NGA) сайтында 2160 дәрежелі EGM – жердің жаңа гравитациялық моделін (EGM2008) әзірлеу тобының жұмысының нәтижелері жарияланған болатын.

EGM2008 моделі 5x5 минуттық ажыратымдылықтағы егжей–тегжейлі гравитациялық аномалияларды қамтиды және GRACE негізіндегі соңғы спутниктік шешімдердің артықшылығын пайдаланады, алтиметриядан алынған жақсартылған, PGM2007B және мұхиттың динамикалық топографиясының (DOT) модельдерін пайдалану кезінде есептелген ауырлық күшінің аномалияларын қамтиды.

Қазіргі уақытта ICGEM орталығының сайтында 170–тен астам модель бар және олардың барлығы еуропалық ғарыш агенттігі GOCE жобасының ресми деректер форматы ретінде қабылдаған стандартты форматтағы сфералық гармониканың нормаланған коэффициенттері түрінде қол жетімді. Жердің жаһандық модельдерінің халықаралық орталығы (ICGEM) АҚШ, Канада, Еуропа және Австралия аумағында нивелирлеу модельдерінен алынған деректер бойынша Геоид биіктіктерін салыстырған болатын [8].

Зерттеу үшін соңғы 10 жылда жасалған геопотенциалдың 15 моделі таңдалды [9].

2 Кесте – Зерттеу үшін таңдалған модельдер

ICGEM бойынша нөмірі	Модель	Құрылған жылы	Ең жоғары ыдырау дәрежесі	Бастапқы деректер	Сілтеме
167	SGG–UGM–1	2018	2159	EGM2008, S(GOCE)	Liang, W. et al., 2018и Xu, X. et al. (2017)
161	XGM2016	2017	719	A, G, S(GOCO05s)	Pail, R. et al, 2017
154	GOCO05c	2016	720	A, G, S	Fecher, T. et al, 2016
153	GGM05C	2015	360	A, G, S(Goce), S(Grace)	Ries, J. et al, 2016
152	GECO	2015	2190	EGM2008, S(Goce)	Gilardoni, M. et al, 2016
148	EIGEN–6C4	2014	2190	A, G, S(Goce), S(Grace), S(Lageos)	Förste, Christoph et al, 2014

2 Кесте жалғасы

139	EIGEN-6C3stat	2014	1949	A, G, S(Goce), S(Grace), S(Lageos)	Förste, C. et al, 2012
162	GAO2012	2012	360	A, G, S(GOCE), S(GRACE)	Demianov, G. et al, 2012
131	EIGEN-6C2	2012	1949	A, G, S(Goce), S(Grace), S(Lageos)	Förste, C. et al, 2012
126	GIF48	2011	360	A, G, S(Grace)	Ries, J.C. et al, 2011
125	EIGEN-6C	2011	1420	A, G, S(Goce), S(Grace), S(Lageos)	Förste, C. et al, 2011
114	EIGEN-51C	2010	359	A, G, S(Champ), S(Grace)	Bruinsma, S.L. et al, 2010
109	GGM03C	2009	360	A, G, S(Grace)	Tapley, B.D. et al, 2007
105	EIGEN-5C	2008	360	A, G, S(Grace), S(Lageos)	Förste, C. et al, 2008
104	EGM2008	2008	2190	A, G, S(Grace)	Pavlis, N.K. et al, 2008
Ескерту: 2-кестенің деректері ICGEM материалдары бойынша құрастырылған. Мұнда S – спутниктік гравиметриялық миссиялардың деректері; G – жер үсті гравиметриялық өлшемдердің деректері; A–алтиметриялық өлшемдердің деректері					

3 Кесте – ICGEM сайтында ұсынылған Жаһандық геопотенциалды модельдерінің тізімінің фрагменті

Атауы	Жылы	Дәрежесі	Деректер
GGM05G	2015	240	S(Grace,Goce)
GOCO05s	2015	280	S(see model)
EIGEN-6C4	2014	2190	S(Goce,Grace,Lageos),G,A
GOGRA04S	2014	230	S(Goce,Grace)
EIGEN-6S2	2014	260	S(Goce,Grace,Lageos)
GGM05S	2014	180	S(Grace)
GOGRA02S	2013	230	S(Goce,Grace)
EIGEN-6S2	2014	260	S(Goce,Grace,Lageos)
GGM05S	2014	180	S(Grace)
GOGRA02S	2013	230	S(Goce,Grace)
GOCO03S	2012	250	S(Goce,Grace,...)
GO_CONS_GCF_2_DIR_R3	2011	240	S(Goce,Grace,Lageos)

3 Кесте жалғасы

GO_CONS_GCF_2_TIM_R3	2011	250	S(Goce)
AIUB-GRACE03S	2011	160	S(Goce)
GO_CONS_GCF_2_DIR_R1	2010	240	S(Goce)
GO_CONS_GCF_2_SPW_R1	2010	210	S(Goce)
EIGEN-51C	2010	359	S(Grace,Champ),G,A
AIUB-GRACE02S	2009	150	S(Grace)
EGM2008	2008	2190	S(Grace),G,A

4 Кесте – Жердің геопотенциалды модельдерінің сипаттамалары

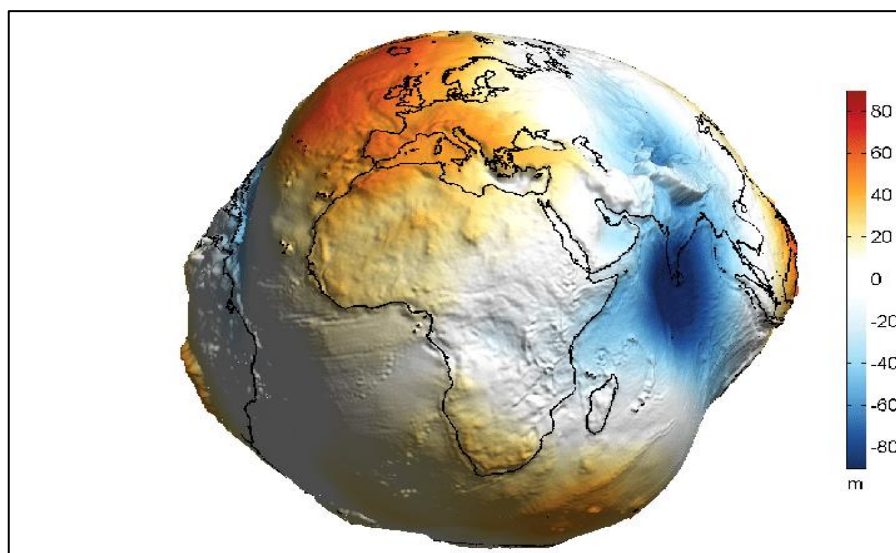
Жердің геопотенциалды модельі	Сипаттамасы
EGM 2008	Жоғары ажыратымдылықтағы гравитациялық өрістің біріктірілген моделі, 2159 градусқа дейін және сфералық гармоника ретті. Құрамында 5'x5' ажыратымдылықтағы гравитациялық ауытқулардың жақсартылған торы бар. GRACE спутниктерінің соңғы материалдары бойынша есептелінген.
EIGEN-6C4	GRACE, Lageos, GOCE және жер үсті гравиметриялық өлшеулер деректерін пайдалана отырып, 2190 дәрежесіне және ретіне дейін орындалған гравитациялық өрістің соңғы біріктірілген моделі, 2014 жылы шығарылды.
EIGEN-6C3STAT	GRACE, Lageos, 4-ші GOCE миссиясының релизін және гравиметриялық және алтиметриялық өлшеулердің деректерін пайдалана отырып, 1949 дәрежесіне және ретіне дейін орындалған жоғары ажыратымдылықтағы гравитациялық өрістің біріктірілген моделі, 2014 жылы шығарылды.
EIGEN-6C2	GOCE деректерін қолдана отырып, 1946 дәрежесі мен ретіне дейін жасалған гравитациялық өрістің алғашқы біріктірілген моделі. Модель 2012 жылы ұсынылған, жоғары ажыратымдылыққа жатады..
EIGEN-6C	Тек 1420 дәрежесі мен ретіне дейін жасалған гравитациялық өріс моделі, GRACE деректерін, Lageos және GOCE миссиясының деректерін пайдалана отырып есептелген, 2011 жылы ұсынылған.

Зерттеулердің нәтижелері:

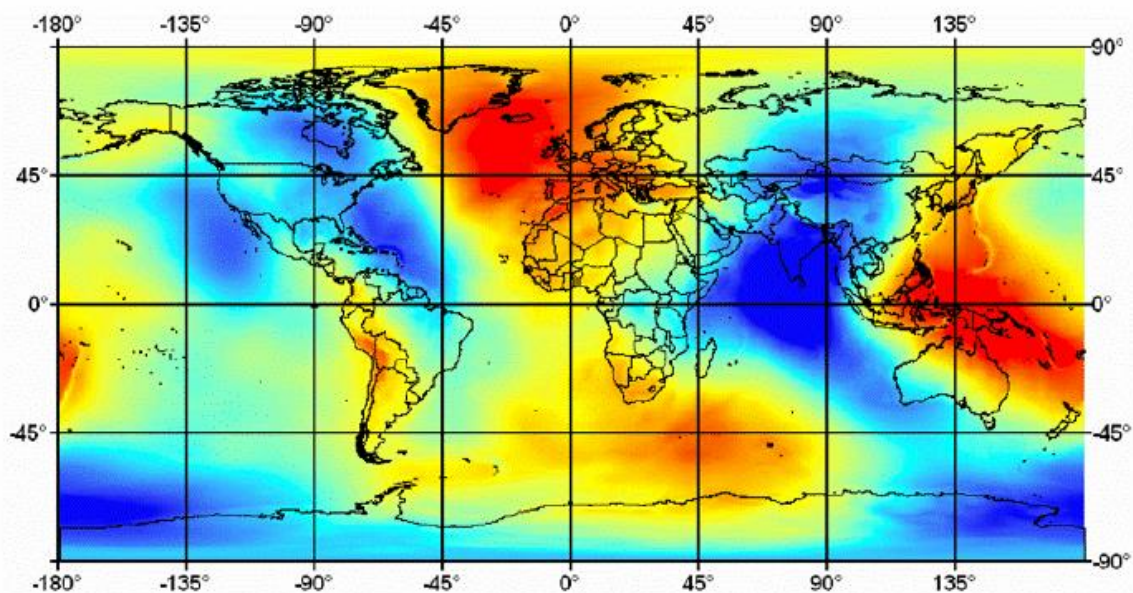
– EGM2008 моделі EGM96 моделіне қарағанда дәлірек және оны EGM96 моделі қолданылған жұмыстарда EGM96 моделін ауыстыру үшін ұсынуға болады.

– Геоид моделінің дәлдігін арттыру көп еңбекті қажет ететін жер үсті геометриялық және тригонометриялық нивелирлеуді жерсеріктік өлшеулермен шектеліп, бақылау ретінде орындауға немесе орындауға болмайтын жұмыстар спектрін кеңейтеді (мысалы, геологиялық барлаудың геофизикалық әдістерін геодезиялық қамтамасыз ету, орта және шағын масштабтағы топографиялық жұмыстар).

Осылайша EGM2008 моделі Алматы геодинамикалық полигоны аумағына жергілікті геоид моделін есептеу үшін таңдалды.



2.5 Сурет– EGM2008 геоид моделі



2.6 Сурет– EGM2008 әлемдік растрлық торлары

3 Алматы ГДП аумағында геоидтың жергілікті моделін құру

3.1 Алматы геодинамикалық полигонының сипаттамасы

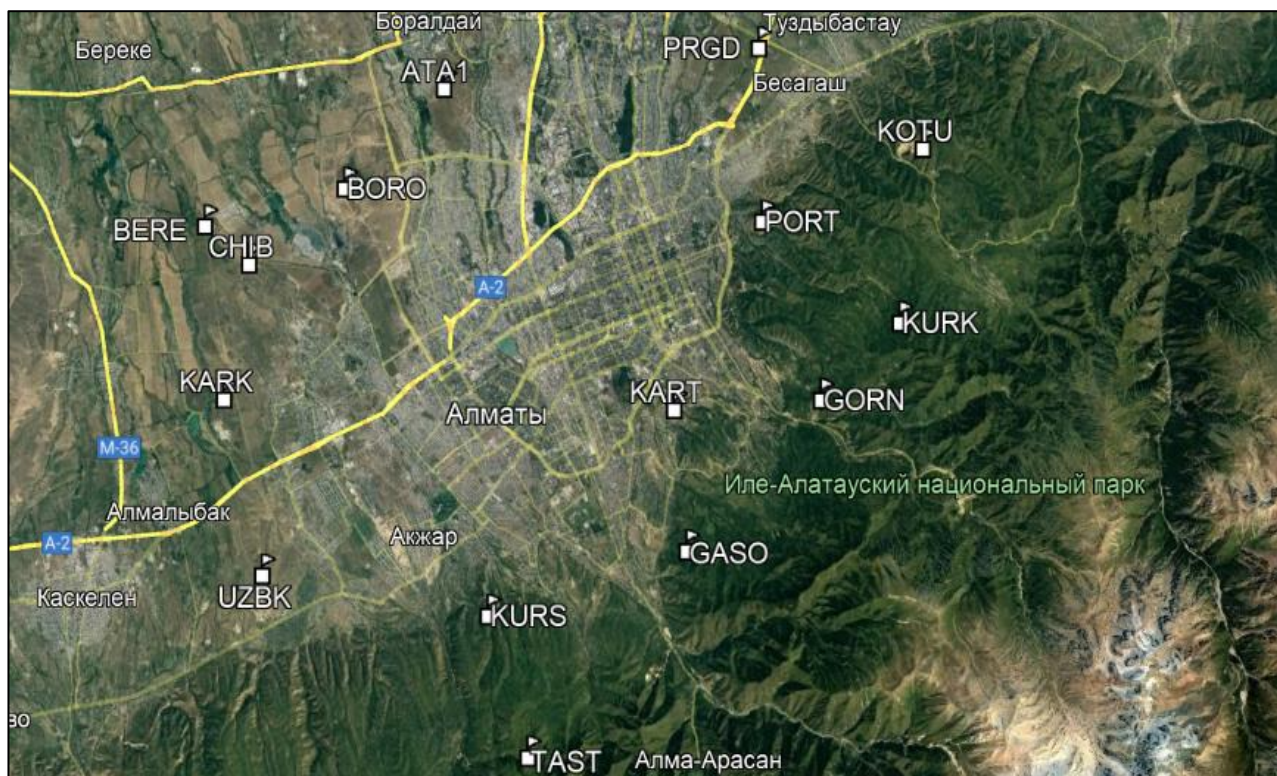
Геодинамикалық полигон термині жер бетінің деформацияларын және жергілікті гравитациялық өрістің өзгерістерін сандық анықтауға, сондай-ақ осы құбылыстардың уақыт бойынша дамуын зерттеуге бағытталған тұрақты астрономо-геодезиялық және гравиметриялық бақылаулар кешені жүргізілетін аумақ деп түсініледі [11].

1971–1972 жылдары Қазақстанда Жер қыртысының осы заманғы қозғалыстарын (ЖОЗҚ), ірі жер сілкіністерінің хабаршыларын зерделеу және ЖОЗҚ-ны бақылау әдістемесін жетілдіру үшін (Кіші) Алматы полигонын құру басталды. Алматы полигоны Іле Алатауының солтүстік жарының ортасы мен жотасының ең биік бөлігінің Іле тауы арасындағы ойпатына қосылған және Алматы қаласының аумағында орналасқан. Полигонның территориясы Алматы, Іле, Боралдай және басқа да терең бұзылыстар сияқты үлкен құрылымдық блоктардан тұрады, олар одан да жоғары қатардағы геологиялық бұзылыстармен байланысқан (3.1–сурет). Кіші Алматы геодинамикалық полигонының ауданы 400 км^2 құрайды. Полигонда осы күнгі горизонталь және вертикаль қозғалыстарына жүйелі түрде бақылау жүргізілді.

Полигонның нивелирлік желісі меридианальдық трассалар мен тұйықталған ендік жүрістердің жүйесінен құрылған және 200 км^2 алданды қамтитын 12 полигоннан тұрады. Нивелирлік құрылымдар жеке полигондар мен профильдерде жер бетінің қазіргі заманғы қозғалыстарын зерттеу үшін арнайы жасалған мемлекеттік нивелирлік желілерге негізделеді. Дмитриевка ауылы ендігіндегі Іле ойпатының солтүстігінен басталып, оңтүстігінде Медеу ендігіндегі кіші және Үлкен Алматы өзендерінің шатқалдары бойымен өтетін нивелир сызықтарының жалпы ұзындығы 200 км-ден асады, онда 200-ден астам репер бекітілген. Нүктелер арасындағы ең аз қашықтық 200 м, ең көбі–3,2 км. Алматы геодинамикалық полигонының аумағын 11 негізгі профиль қиып өтеді.

Жер бетінің қазіргі заманғы тік қозғалыстарын анықтау үшін Алматы полигонындағы геодезиялық жұмыстар I және II классты қайта нивелирлеу әдісімен орындалады. Осы уақытқа дейін I және II классты нивелирлеудің 50-ге жуық циклі орындалды. Қайталанатын жоғары дәлдіктегі нивелирлік геодезиялық өлшеулер заманауи тік қозғалыстардың жылдамдығын анықтауға мүмкіндік береді.

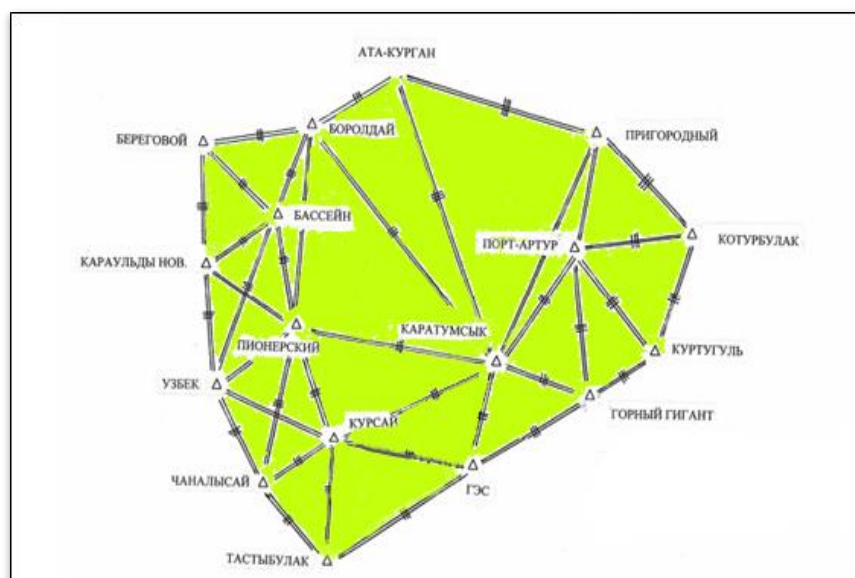
2013 жылғы қайта нивелирлеу нәтижелері бойынша тік қозғалыстар шамалы деп қорытынды жасауға болады, өйткені профильдер бойынша асып кетулердің өзгеруі жылына $-19.0\text{–ден} = +4.4 \text{ мм-ге}$ дейінгі амплитудаға ие және өлшеу қателіктерінің ықтимал жинақталуынан аспайды [11].



3.1 Сурет– Алматы геодинамикалық полигонының орналасуы

Әрбір геодинамикалық полигондағы геодезиялық желілер бұл жер қыртысының бірқатар бұзылыстарын кесіп өтетін Жоғары дәлдіктегі сызықтық бұрыштық құрылымдар. Сызықтық–бұрыштық желілер өз схемасы бойынша полигонның рельефіне және оның геологиялық құрылымына байланысты. Полигонның барлық аумағын қамтитын алаң құрылысының сызықтық–бұрыштық желілері. Ол барлық бұрыштар мен барлық жақтар өлшенетін үшбұрыштар желісі түрінде салынған. Мұндай желінің мақсаты–зерттелетін аумақтың көлденең деформациясын, полигондағы негізгі қозғалыс векторларын анықтау болып табылады.

Алматы полигонында көлденең қозғалыстарды зерттеу үшін тұтас сызықтық–бұрыштық желі дамыған. Ол 21 пункттен тұрады, Іле ойпатының оңтүстік бөлігін, тау бөктеріндегі көлбеу жазықты және Іле Алатауы жотасының сөрелерін қамтиды. Пункттер әртүрлі тектоникалық блоктарда орналасқан. Желіден екі тізбекті ажыратуға болады: біреуі тау бөктерінде орналасқан және 7 тектоникалық блокты кесіп өтеді, екіншісі тау бөктерінде және 5 блокты кесіп өтеді. Алматыдағы ГДП да көлденең бақылаулары үшін екі геодезиялық тортбұрыштың сызықты–бұрыштық торабы қолданылған, олар Верненский жер сілкінісіндегі эпицентрлік зонада орналасқан.



3.2 Сурет– Алматы геодинамикалық полигонының сызықтық–бұрыштық торабы

3.2 Жер үсті және спутниктік бақылаулар бойынша Геоид биіктігін есептеу

Геоид биіктігі – геоид бетінің жер эллипсоид бетінен (WGS–84 координаттар жүйесінде) осы нүктеде оған нормал бойынша биіктігі [12].

Геоидтің биіктігін анықтау үшін геометриялық нивелирлеу деректері (кесте.4) және жерсеріктік бақылау деректері пайдаланылды. ГНСС бақылау координаттары ITRF 2008 жүйесінде алынды (кесте.5).

4 Кесте – Геометриялық нивелирлеу деректері

Атауы	X	Y	Z	H
Боралдай	1060810,554	4526067,571	4353444,292	840.658
Курсай	1062173,726	4538109,519	4341247,084	1251.348
Береговой	1066430,281	4524576,309	4353455,293	727,456
Караулды новый	1068441,946	4528804,92	4348723,734	814.962
Узбек	1069637,86	4533410,813	4343771,041	888.867
Пионерский	1064087,869	4532892,807	4345526,844	796.823
Чаналысай	1066020,95	4538686,124	4340016,086	1459.427
Чыбыл	1065439,175	4526144,828	4352101,419	744.420
Ойжайлау	1060976,234	4539774,784	4340161,387	1492.366
Каратумсук	1052442,196	4536361,883	4345151,178	1072.217
Ата–Курган	1055691,097	4525339,929	4355288,107	742.986

5 Кесте – Жерсеріктік бақылау деректері

Атауы	X	Y	Z
Боралдай	1060810,554	4526067,571	4353444,292
Курсай	1062173,726	4538109,519	4341247,084
Береговой	1066430,281	4524576,309	4353455,293
Караулды новый	1068441,946	4528804,92	4348723,734
Узбек	1069637,86	4533410,813	4343771,041
Пионерский	1064087,869	4532892,807	4345526,844
Чаналысай	1066020,95	4538686,124	4340016,086
Чыбыл	1065439,175	4526144,828	4352101,419
Ойжайлау	1060976,234	4539774,784	4340161,387
Каратумсук	1052442,196	4536361,883	4345151,178
Ата–Курган	1055691,097	4525339,929	4355288,107
Пригородный	1043742,547	4529391,719	4353901,705
Котурбулак	1039598,363	4534731,66	4350391,596
Куртугул	1043159,071	4538356,091	4346087,493
Порт–Артур	1046383,148	4533556,274	4349481,632

Белгілі бір нүктенің геодезиялық биіктігі – эллипсоид беті мен анықталған нүкте арасындағы ең аз қашықтық.

Жоспарланған координаттармен бірге B , L геодезиялық биіктік H берілген эллипсоидқа қатысты нүктенің кеңістіктік орнын анықтайды. Бұл координаттар эллипсоидтық деп аталады. Геодезиялық биіктіктерді немесе олардың айырмашылықтарын спутниктік бақылау, тригонометриялық және астрономиялық–геодезиялық нивелирлеу нәтижелері бойынша есептеуге болады. Тірек пункттерінің геодезиялық биіктіктері GPS және ГЛОНАСС жаһандық навигациялық спутниктік жүйелерінің спутниктерінен алынған сигналдарды өңдеу нәтижесінде есептеледі.

Қалыпты биіктік – теңіз деңгейінен биіктікті анықтау әдістерінің бірі. Балтық биіктік жүйесіндегі қалыпты биіктіктер Қазақстан Республикасының барлық аумағына таралған. Қалыпты биіктіктер теориясын 1940 жылдары М. С. Молоденский (1909 –1991) әзірледі. Қалыпты биіктіктердің басты артықшылығы – оларды Жердің физикалық бетіндегі өлшемдермен ғана қатаң және біржақты анықтауға болады.

Әр түрлі биіктік түрлерінің арасындағы байланыс 3.3 суретте көрсетілген.

Пункттерінің геодезиялық биіктіктері GPS және ГЛОНАСС жаһандық навигациялық спутниктік жүйелерінің спутниктерінен алынған сигналдарды өңдеу нәтижесінде есептеледі [13].



3.3 Сурет– Геодезиялық биіктік, геоид биіктігі мен қалыпты биіктік арасындағы өзара байланыс

LGO бағдарламасы арқылы барлық пункттердің координаталарын эллипсоиды биіктіктерге түрлендіру жасалды. Ол үшін ГНСС өлшемдерін LGO бағдарламасына импорттап, WGS84 координаталық жүйесіне түрлендіреміз, нәтижесінде пункттердің эллипсоидты биіктігін аламыз.

Геоидтің биіктігін нүктенің геоидтық (теңіз деңгейінен) h биіктігі мен эллипсоидтық биіктік H арасындағы айырмашылық ретінде табамыз (6-кесте.).

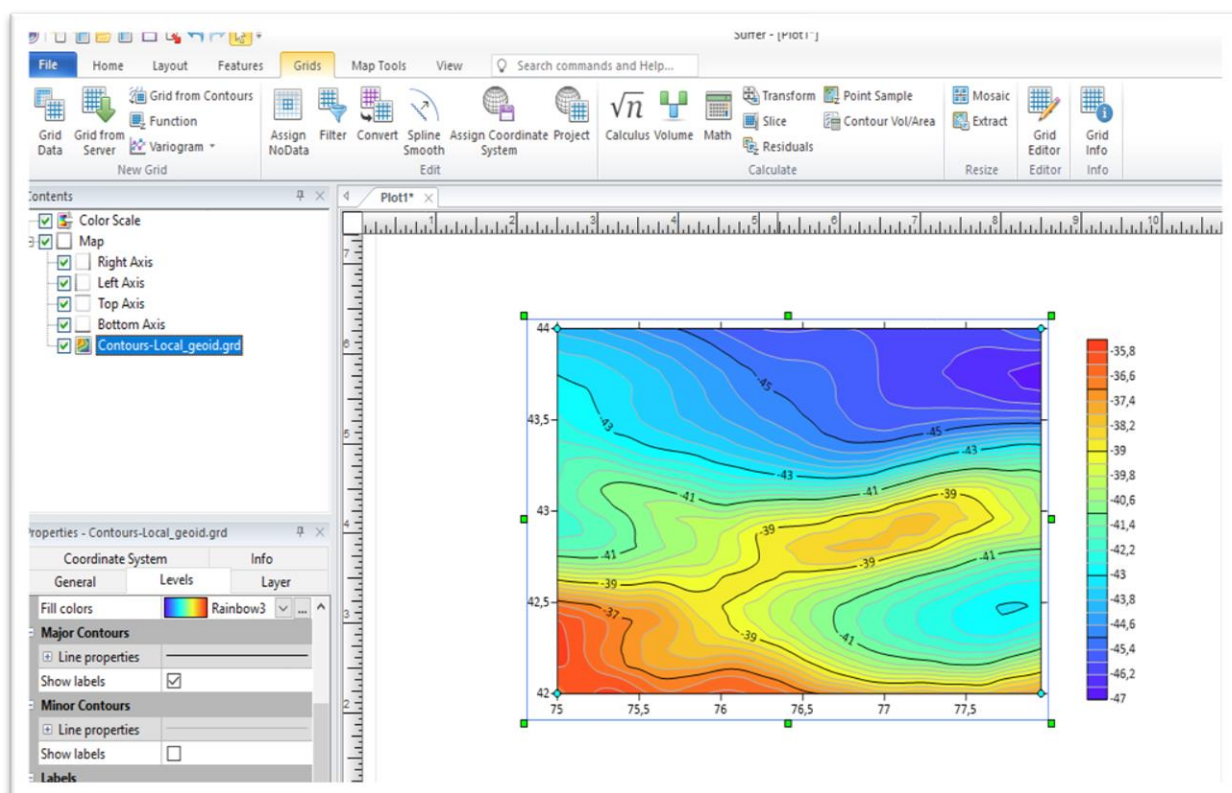
6 Кесте – Геоид биіктігін есептеу

№	Пункт атаулары	Эллипсоидты биіктік, м	Геоидты биіктік, м	Айырмашылық, м
1	Боралдай	796.9227	840.658	43.7353
2	Курсай	1210.0254	1251.348	41.3226
3	Береговой	683.7635	727.456	43.6925
4	Караулды новый	771.8486	814.962	43.1134
5	Узбек	846.6018	888.867	42.2652
6	Пионерский	754.3288	796.823	42.4942
7	Чаналысай	1418.3952	1459.427	41.0318

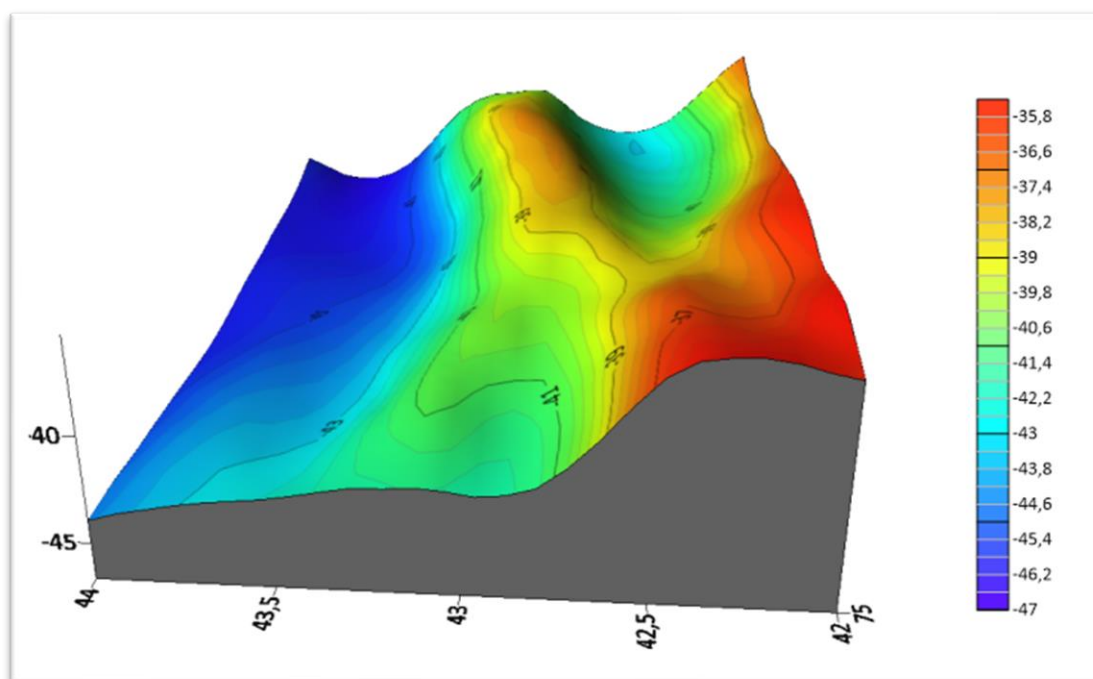
6 Кесте жалғасы

8	Чыбыл	700.7989	744.420	43.6211
9	Ойжайлау	1451.4954	1492.366	40.8706
10	Каратумсук	1030.3265	1072.217	41.8905
11	Ата-Курган	698.6265	742.986	44.3595
12	Пригородный	655.3387	698.867	43.5583
13	Котурбулак	1360.3750	1403.587	43.212
14	Куртугул	1565.2468	1610.784	45.5372
15	Порт-Артур	1010.1277	1053.327	43.1993

Геоид биіктіктерінің алынған мәндері бойынша Golden Software Surfer бағдарламасында жергілікті модель құрылды (3.4 – сурет).



3.4 Сурет– Алматы геодинамикалық полигоны аумағындағы геоидтың жергілікті моделі



3.5 Сурет– Алматы ГДП аумағындағы жергілікті геоид моделінің 3D көрінісі

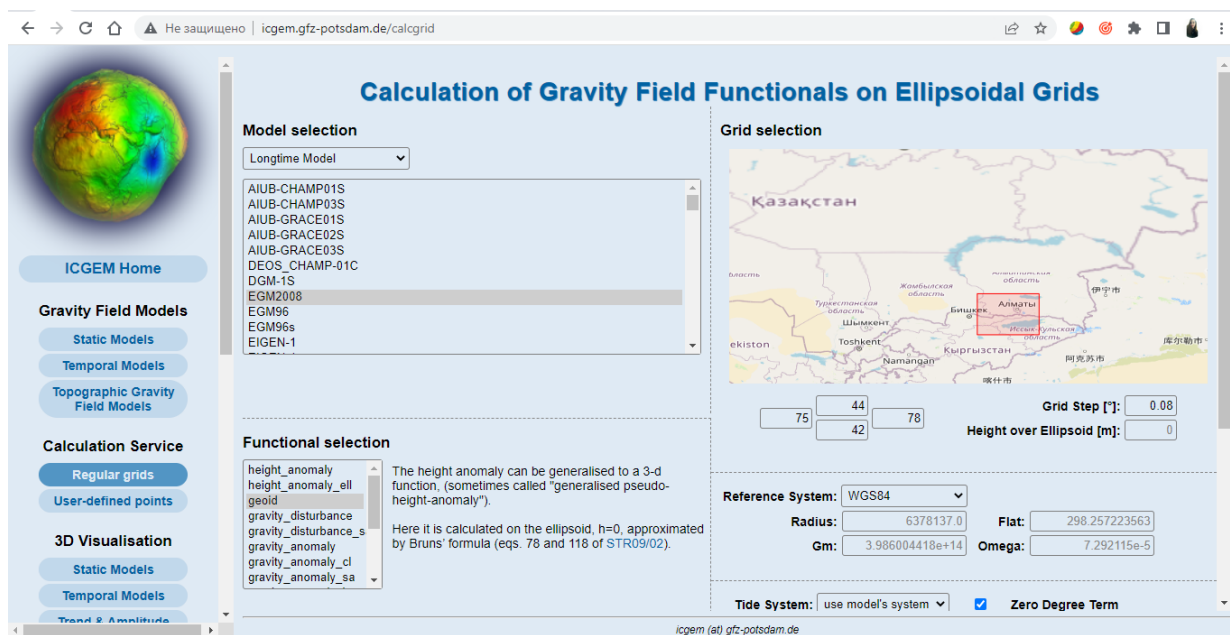
Зерттеуді орындау үшін бастапқы ақпарат Алматы облысының аумағында орналасқан пункттер үшін спутниктік және геометриялық нивелирлеу деректері бойынша алынған геоид биіктіктерінің мәндері болып табылады. 3.6 – суретте спутниктік өлшеулер жүргізілген және геометриялық нивелирлеу жүргізілген пункттердің орналасу схемасы көрсетілген.



3.6 Сурет– Алматы облысының аумағында пункттердің орналасуы

3.3 Жаһандық геоид моделінің дәлдігін бағалау

Жаһандық геоид моделін ICGEM (Global Earth Models International Centre for) сайтынан зерттеу үшін EGM2008 моделі бойынша бастапқы деректер алынды. ICGEM сайтынан Алматы геоэкономикалық полигоны аумағын қамтитын ($42\text{--}44^\circ$ с.е./ $75\text{--}78^\circ$ ш.б.) геоидтің Жаһандық моделінің үзіндісін аламыз (3.7-сурет).

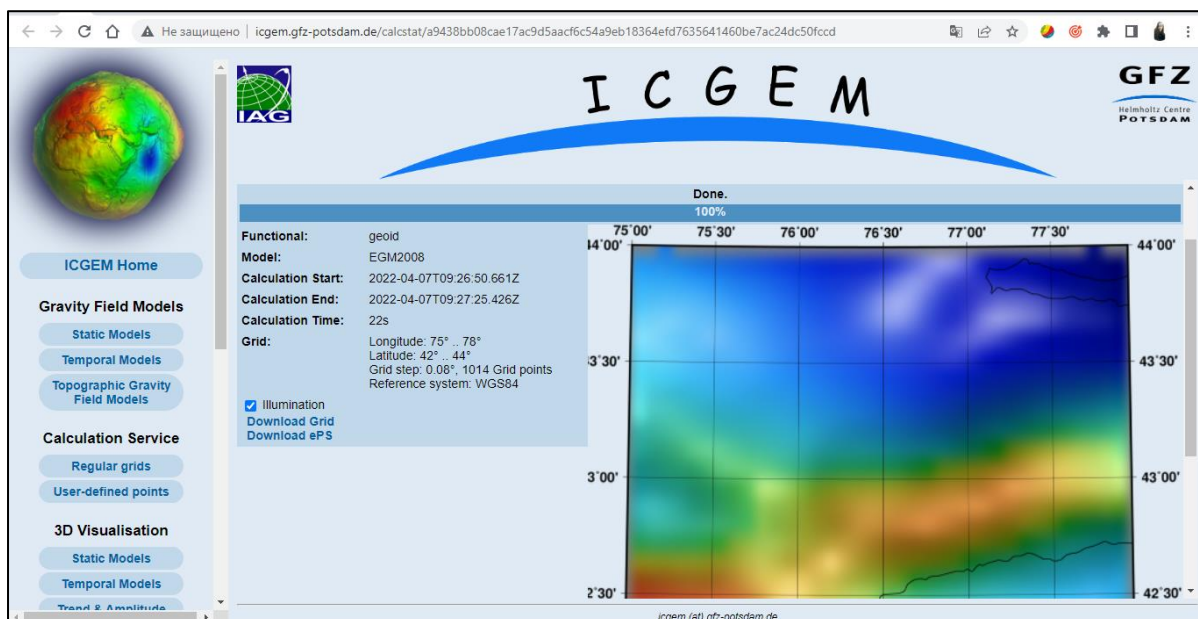


3.7 Сурет – ICGEM сайтында зерттелетін аумақтың орналасуы

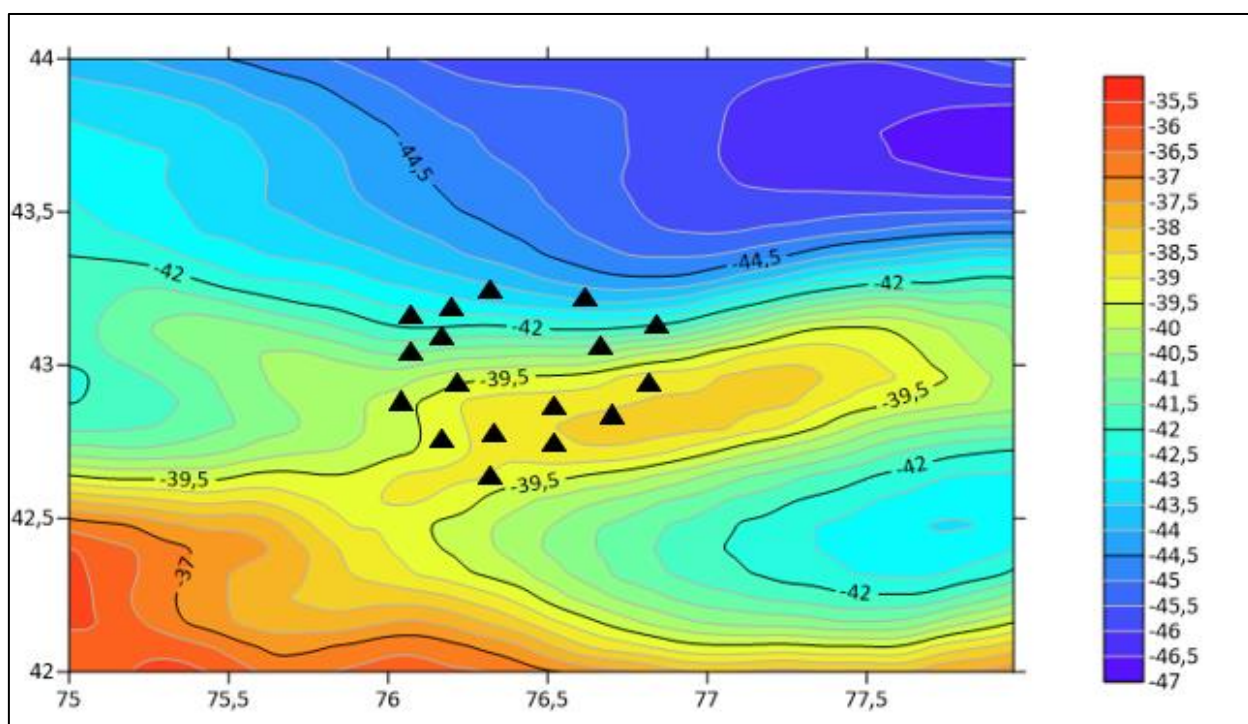
Геоидтің биіктіктерін Геоақпараттық модельдеу Golden Software Surfer бағдарламалық жасақтамасының көмегімен жүзеге асырылады. Ары қарай GRID моделін жүктеп, Golden Software Surfer-де визуализациялаймыз (3.8-сурет).

Surfer–бұл тор құру әдісіне негізделген контурлық бағдарлама. Модельді құру кезінде кригинг әдісі қолданылды. (Kriging әдісі мүмкін болатын ең аз қатемен аралық нүктелердегі концентрация мәнін есептейді және сызықтық бағалауды қолдана отырып интерполяция мәселесін шешеді). Бұл бағдарламаның негізгі бағдарламалық жасақтамасы – жер үсті карталарын жасау.

Surfer бағдарламалық жасақтамасының көмегімен квазигеоид биіктіктерінің карталары, ауырлық аномалиялары, бақылаулар бойынша ауырлық күшінің абсолютті мәндері, ауырлық күшінің толық көлденең градиентінің модулі жасалады, өріс құрылымы талданады.



3.8 Сурет– Алматы ГДП аумағына GRID моделі



3.9 Сурет– EGM2008 моделі бойынша Алматы ГДП аумағындағы геоидтың орналасуы

Surfer бағдарламалық жасақтамасы беттерді жасау, талдау, модельдеу және визуализациялау үшін арнайы жасалған. Осы мақсатты жүзеге асыру үшін жұмыста Алматы ГДП аумағында геоид биіктіктерінің моделін құру кезінде бастапқы жер үсті деректерін интерполяциялау әдістері талданады.

Әрі қарай, геоидтің биіктігін жергілікті модельден және ғаламдық модельден салыстырамыз. Нәтижесінде біз жаһандық модельдің дәлдігін бағалаймыз (кесте.7). EGM2008 моделі бойынша есептелген және нивелирлеуден алынған қалыпты биіктіктер арасындағы айырмашылық бойынша әрбір пунктте Δ биіктік бойынша жаһандық геоид моделінің ығысуы анықталды.

7 Кесте – EGM2008 моделі бойынша есептелген және геометриялық нивелирлеуден анықталған қалыпты биіктіктердің айырмашылығы

№	Пункт атаулары	Ығысуы Δ , м	Орташа мәннен ауытқу, м
1	Боралдай	0.348	–0.042
2	Курсай	0,247	0.058
3	Береговой	0.351	–0.045
4	Караулды	0,336	–0.030
5	Узбек	0.316	–0.0106
6	Пионерский	0.298	0.0074
7	Чаналысай	0.230	0.0075
8	Чыбыл	0.342	–0.036
9	Ойжайлау	0.127	0.178
10	Каратумсуқ	0.259	0.046
11	Ата–Курган	0.385	–0.079
12	Пригородный	0.320	–0.015
13	Котурбулак	0.241	0.064
14	Куртуғул	0,428	–0.123
15	Порт–Артур	0.354	–0.048

Дәлдікті бағалау нәтижесі бойынша, Ғаламдық модель мен жергілікті модельдер биіктіктерінің ең аз ауытқуы Пионерский және Чанальский пункттерінде – 7 мм, ең үлкен ауытқу Ойжайлау пунктінде. Дәлдігі бойынша, жаһандық модель тек 4 класстық нивелирлеу үшін жарамды.

$$m = \sqrt{\frac{\Delta H^2}{n-1}} = 0,036\text{м}$$

$$\Delta H_{\max} = 178 \text{ мм}$$

$$\Delta H_{\min} = 7 \text{ мм}$$

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста Жерсеріктік мәліметтер бойынша жергілікті геоид моделін құру қарастырылған. Бұл жұмыстың негізгі мақсатына қол жеткізу үшін EGM2008 геоидтің жаһандық моделін және Golden Software Surfer бағдарламасын пайдалана отырып, спутниктік геодезиялық өлшеулер негізінде Алматы геоидинамикалық полигоны аумағындағы геоидтің биіктігін анықтау жұмыстары орныдалды..

Зерттеу аумағында қолайлы модельді таңдау мақсатында қолданыстағы жаһандық геопотенциалды модельдерге егжей-тегжейлі талдау жасалды. Халықаралық орталық жасаған Ғаламдық Жер модельдерін талдау нәтижелері бойынша одан әрі зерттеу үшін бес модель ішінен EGM2008 моделі таңдалды.

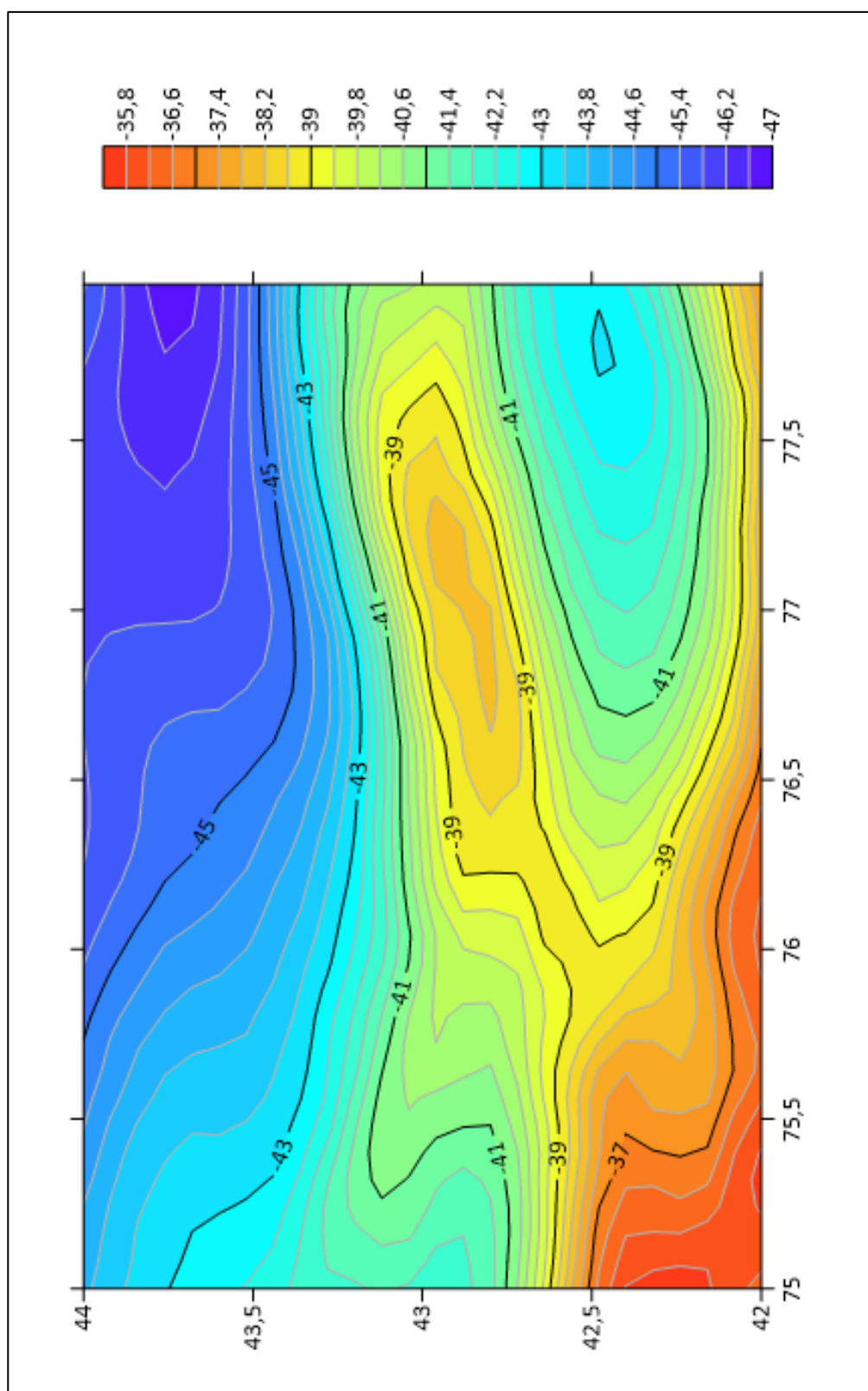
Атқарылған жұмыс қорытындысы бойынша Жергілікті геоид моделін құру бойынша келесі қорытындылар жасауға болады:

- LGO бағдарламасы арқылы барлық пункттердің координаталарын эллипсоиды биіктіктерге түрлендіру жасалды.
- Пункттердің геодезиялық және қалыпты биіктіктері арқылы жергілікті геоид биіктігі есептелді.
- Спутниктік бақылау және геометриялық нивелирлеу деректері бойынша Golden Software Surfer бағдарламасында Алматы геоидинамикалық полигоны аумағында геоидтың жергілікті моделі құрылды.
- EGM2008 жаһандық геоид моделінің дәлдігі бағаланды.
- Нәтижесі бойынша Жаһандық модель тек класстық нивелирлеу жұмыстары үшін жарамды, себебі орташа квадраттық қателігі 0,036 м құрайды.
- Ғаламдық модельдің дәлдігі төмен болғандықтан, жоғары дәлдіктегі геодезиялық өлшеулер үшін геоидтың жергілікті модельдерін қолдану ұсынылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

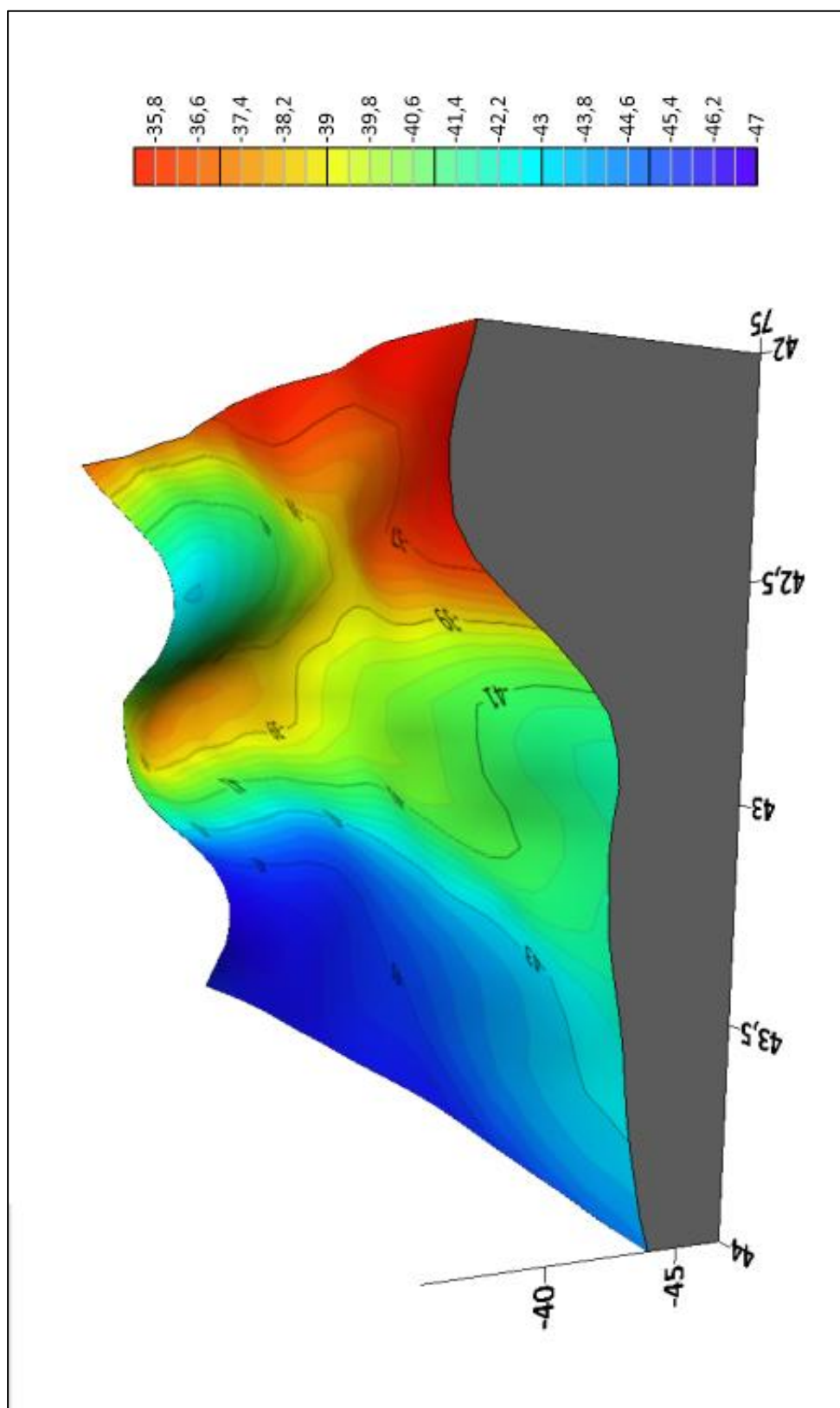
1. Влияние модели геоида при ГНСС–измерениях Интернет ресурсы <https://orsyst.ru/blog17>
2. Государственная геодезическая сеть (ГГС) – назначение, требуемая точность построения и плотность пунктов. Традиционные методы построения – триангуляция, полигонометрия, трилатерация Интернет ресурсы <https://pandia.ru/text/78/645/9132-9.php>
3. Голдобин, Д. Н. Разработка методики комплексного определения характеристик гравитационного поля по данным глобальных моделей геопотенциала// Вестник СГУГиТ. – 2019.
4. Серапинас Б. Б. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КАРТ// Гравитационное поле. Высоты. Лекция 7
5. Шоганбекова Д.А. Разработка алгоритмов вычисления аномалий высот и моделирование гравиметрического геоида Республики Казахстан: дис. на соиск. учен. степ. д-ра философии PhD: 6D071100 – Геодезия / Д.А. Шоганбекова; Каз. нац. исслед. техн. ун-т им. К. И. Сатпаева. – Алматы: КазННТУ, 2015
6. Майоров А.Н. Разработка технологии и создание модели квазигеоида с использованием спутниковых данных: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2008. – 108 с.
7. Кащеев Р.А. Современные методы спутниковой гравиметрии Конспект лекций/ Р.А.Кащеев. – Казань: Казан. ун-т, 2015. – 45с
8. Шоганбекова Д.А., Кабасов Р.Р. Выбор оптимальной модели гравитационного поля земли для вычисления высот геоида на территории Мангыстауской области // Вестник КазГАСА. – 2013. – №2(48). – С. 203–206.
9. International Centre for Global Earth Models (ICGEM) // <http://icgem.gfz-potsdam.de/home>
10. Земцова А.В. Высшая геодезия (геодезические работы на геодинамических полигонах): Учеб. пособие. – Алматы: КазННТУ, 2008.–107 с
11. Земцова А.В. Геодезические исследования геодинамических процессов. – Учеб. пособие. – Алматы: КазННТУ, 2014. – 205 с
12. Ака Блаш Ульфред. Разработка предварительной модели геоида на территорию страны по спутниковым данным (на примере республики кот д’ивуар)// МИИГАиК – Москва, 2019
13. В. М. Гридчин, В. И. Обиденко, Д. А. Чалков, Н. Н. Кобелева. Построение локальной модели геоида с использованием спутниковых и наземных измерений УДК 528.242
14. Молоденский М.С., Еремеев В.Ф., Юркина М.И. Методы изучения внешнего гравитационного поля и фигуры Земли // Труды ЦНИИГАиК. – 1960. – Вып. 131. – С. 284

А қосымшасы



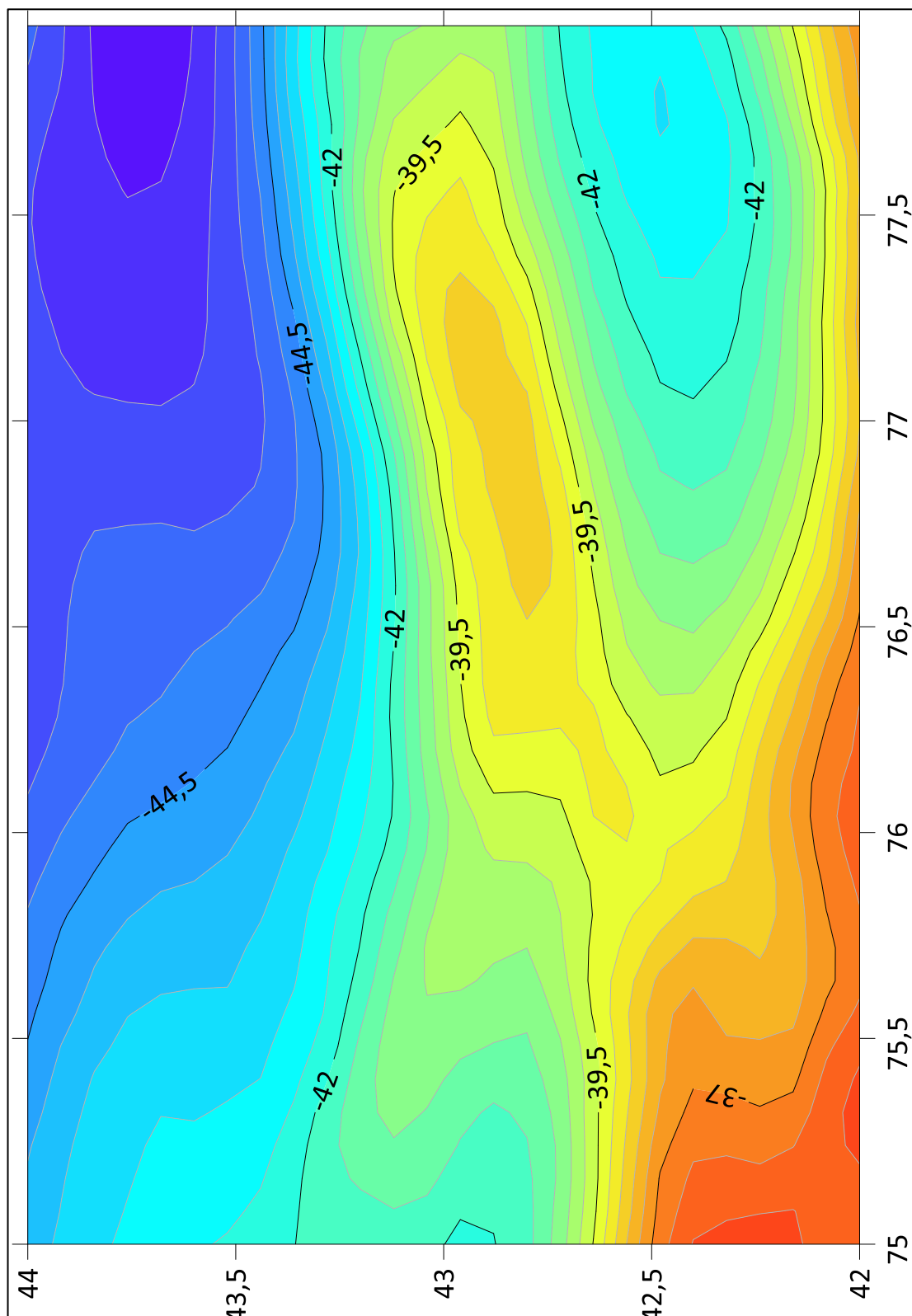
А.1 Сурет – Алматы ГДП аумағындағы жергілікті геоид моделі

Б қосымшасы



Б.1 Сурет – Жергілікті геоид моделінің 3D моделі

В қосымшасы



В.1 Сурет – Жаһандық геоид моделі

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Сауранбай А.Б

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: «Жерсеріктік мәліметтер бойынша геоидтің жергілікті моделін құру»

Научный руководитель: Айгуль Кенесбаева

Коэффициент Подобия 1: 12.2

Коэффициент Подобия 2: 3.4

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 97

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- ☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- ☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- ☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- ☐ Обоснование:

Дата



Заведующий кафедрой

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Сауранбай А.Б

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: «Жерсеріктік мәліметтер бойынша геоидтің жергілікті моделін құру»

Научный руководитель: Айгуль Кенесбаева

Коэффициент Подобия 1: 12.2

Коэффициент Подобия 2: 3.4

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 97

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата


проверяющий эксперт

« 18 » ноября 20 22

Омиржанова Ж.Т.



5B071100-«Геодезия және картография» мамандығының күндізгі оқыту бөлімнің студенті **Сауранбай Арайлымның**

«Жерсеріктік мәліметтер бойынша геоидтің жергілікті моделін құру» тақырыбында дайындалған

**Дипломдық жұмысына
Пікір**

Дипломдық жұмыс Жерсеріктік мәліметтер бойынша геоидтің жергілікті моделін құру қазіргі уақытта өзекті, себебі, геоид жердің физикалық моделі болып табылады және геодезияда үлкен рөл атқарады, мысалы, эллипсоидтық биіктіктен геоидтық биіктікке көшу үшін және редукциялық мәселелерді шешу үшін.

Қарастырылып отырған дипломдық жұмыс геоидтің жергілікті моделін Алматы геодинамикалық полигоны төңірегінде құруға бағышталған. Сонымен қатар, Жаһандық геоид моделінің дәлдігін, аталған аудан үшін бағалау сұрағы да баяндалған. Дипломдық жұмыста геодезиялық пункттердің геометриялық нивелирлеу нәтижелері мен жерсеріктік бақылау мәліметтері пайдаланылған.

Жұмыс үш бөлімнен тұрады. Бірінші бөлімде геоид туралы жалпы ақпарат, геоид параметрлері мен модельдері баяндалған.

Дипломдық жобаның екінші бөлімінде геоид моделін құру әдістері және геоид модельдерін талдау қарастырылды.

Дипломдық жұмыстың үшінші бөлімінде Алматы геодинамикалық полигоны аумағында геоидтың жергілікті моделін құру және жаһандық геоид моделінің дәлдігін бағалау орындалды.

Дипломдық жұмыс толығымен аяқталған және барлық талаптарға сай келетін қорытынды жұмыс болып табылады.

Орындалған дипломдық жұмыс қорғауға ұсынылады, ал студент 5B071100 – «Геодезия және картография» мамандығы бойынша бакалавр академиялық дәрежесін алуға лайық деп саналады.

Дипломдық жұмыс жетекшісі

МІЖГ кафедрасының лекторы
«18» мамыр 2022 ж.



Кенесбаева А.