

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

"Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті"
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

Маркшейдерлік іс және геодезия кафедрасы

Ережепов Ергали Орыналиулы

Тектоникалық бұзылу аймақтарын ескере отырып, ғимараттар мен құрылыстардың
деформацияларын геодезиялық бақылау

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7М07306 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

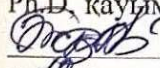
ӘОЖ 528.482.5

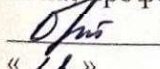
Қолжазба құқығында

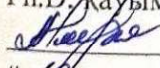
Ережепов Ерғали Орыналиұлы

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін
МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

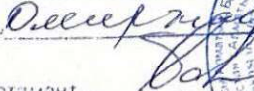
Диссертацияның атауы Тектоникалық бұзылу аймақтарын ескере отырып, ғимараттар
мен құрылыстардың деформацияларын геодезиялық бақылау
Дайындау бағыты 7М07306– «Геокеңістіктік цифрлық инженерия»

Ғылыми жетекші,
Ph.D, қауым. профессор,
 Қожаев Ж.Т.
« 18 » 06 2025 ж.

Рецензент
т.ғ.к., профессор
 Омиржанова Ж.Т.
« 18 » 06 2025 ж.

Норма бақылаушы
Ph.D, қауым. профессор,
 Айтказанова Ш.К.
« 18 » 06 2025 ж.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
«Маркшейдерлік іс және
геодезия» кафедрасының меңгерушісі
т.ғ.к., қауым. профессор
 Мейрамбек Г.
« 18 » 06 2025 ж.

Подпись 
заверяю
HR департамент
« 18 » 06 2025
Алматы 2025

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНУИТ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Ө.А Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

Маркшейдерлік іс және геодезия кафедрасы

7М07306 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия

БЕКІТЕМІН

«Маркшейдерлік іс және геодезия»
кафедрасының меңгерушісі
т.ғ.к., қауым. проф.

Мейрамбек Г.М.
« 06 2025 ж.

**Магистрлік диссертацияны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Магистрант: Ережесов Ергали Орыналиұлы

Тақырыбы: «Тектоникалық бұзылу аймақтарын ескере отырып, ғимараттар мен құрылыстардың деформацияларын геодезиялық бақылау»

Академиялық мәселелер жөніндегі проректор 2023 жылғы « 04 » желтоқсан №548-П/Ө
бұйрығымен бекітілген

Аяқталған диссертацияны тапсыру мерзімі: « 20 » маусым 2025 ж.

Магистрлік диссертацияның бастапқы деректері: ғылыми-зерттеу еңбектеріне шолу, зерттеу нысаны туралы жалпы мәлімет, инженерлік геологиялық ізденіс мәліметтері, тектоникалық бұзылым туралы жалпы мәліметтер

Магистрлік әзірлеуге жататын мәселелер тізімі:

a) Тектоникалық бұзылу аймақтарындағы ғимараттар мен құрылыстардың тұрақтылығына әсер ететін факторларды талдау.

b) Геодезиялық бақылау нәтижелерін инженерлік талдау және қауіпсіздік шараларын әзірлеу.

c) Деформациялардың кеңістіктік таралуын талдау және болжам жасау үшін геоинформациялық технологияларды пайдалану.

Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

Жұмыс презентациясы слайдтарда 17 көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1 ҚР ҚНЖЕ 1.02-03-2011 «Құрылыстағы геодезиялық жұмыстар». – Алматы: ҚР Құрылыс істері комитеті, 2011. – 50 б.

2 ҚР СП 5.01-102-2013 «Ғимараттар мен құрылыстардың негіздері». – Алматы: ҚР Құрылыс істері комитеті, 2013. – 76 б.

3 ҚР СП 2.03-30-2017 «Құрылыс сейсмикасы». – Астана, 2017.

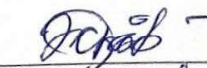
Магистрлік диссертацияны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертулер
Деформация туралы жалпы мәліметтер. Сейсмикалық аймақта орналасқан биік және ерекше ғимараттар мен құрылыстардағы деформациялық процестердің геодезиялық мониторингі	01.10.2024 ж.	—
Жетісу ауданындағы көпқабатты үйлердің деформацияға ұшырау жағдайын талдау. Құрылыс нысандарын бақылаудағы геодезиялық зерттеулердің заманауи әдістері және деформацияны анықтау тәжірибесі.	20.12.2024 ж.	—
Геодезиялық бақылау әдістерімен ғимараттардағы деформацияларды анықтау және талдау. Геодезиялық бақылау нәтижелерінен деформациялық болжам жасау	01.03.2025 ж.	—

Аяқталған магистрлік диссертация үшін, оған қатысты бөлімдердегі диссертациялар кеңесшілері мен норма бақылаушысының қойған қолдары

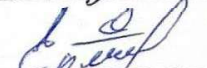
Бөлімдердің атаулары	Консультанттар, аты-жөні (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Геологиялық бөлім	Қауымдастырылған профессор, Ph.D Қожаев Ж.Т.	01.10.2024 ж	
Негізгі бөлім	Қауымдастырылған профессор, Ph.D Қожаев Ж.Т.	20.12.2024 ж.	
Геодезиялық-маркшейдерлік бөлім	Қауымдастырылған профессор, Ph.D Қожаев Ж.Т.	01.03.2025 ж	
Норма бақылаушы	Қауымдастырылған профессор, Ph.D Айтказинова Ш.Қ	16.06.2025	

Ғылыми жетекші



Қожаев Ж.Т.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды



Ережепов Е.О.

Күні

« 19 » 10 2023 ж.

АНДАТПА

Бұл магистрлік диссертацияда тектоникалық бұзылу аймақтарындағы көпқабатты тұрғын үй кешендерінің құрылыс барысындағы деформациялық процестерін геодезиялық әдістер арқылы бақылау мәселелері қарастырылады. Зерттеу Жетісу ауданының сейсмикалық қауіпті аймағында орналасқан құрылыс алаңында жүргізілді. Зерттеу әдістері ретінде III дәлдік класты нивелирлеу арқылы қабырға реперлерінің жылжуын геодезиялық аспаптармен бақылау, реперлерді қадағалау жүйесін ұйымдастыру, геотехникалық зерттеулер мен сейсмикалық жағдайларды сараптау қолданылды. Нәтижесінде, деформацияға әсер ететін негізгі факторлар – топырақтың литологиялық әртүрлілігі, саз және саздақтардың әртүрлі физикалық-механикалық қасиеттері, ықтимал бос кеңістіктердің болуы, сейсмикалық әсерлерден туындайтын жер қыртысының босаңсыған учаскелері екені анықталды.

АННОТАЦИЯ

В данной магистерской диссертации рассматриваются вопросы геодезического мониторинга деформационных процессов в многоэтажных жилых комплексах, расположенных в зонах тектонических разломов. Исследование проводилось на строительной площадке, расположенной в сейсмически опасном районе Жетысу. В качестве методов исследования использовались нивелирование III класса точности для контроля смещений настенных реперов с помощью геодезических приборов, организация системы наблюдения за реперами, проведение геотехнических исследований и анализ сейсмической обстановки. В результате исследования были выявлены основные факторы, влияющие на деформацию: литологическая неоднородность грунтов, различные физико-механические свойства глин и суглинков, наличие возможных пустот, а также разрыхленные участки земной коры, образующиеся под воздействием сейсмических явлений.

ANNOTATION

This master's dissertation addresses the issues of geodetic monitoring of deformation processes in multi-story residential complexes located in tectonic fault zones. The study was conducted at a construction site located in the seismically hazardous Zhetysu district. The research methods included Class III precision leveling to monitor wall benchmark displacements using geodetic instruments, organization of a benchmark monitoring system, geotechnical investigations, and seismic condition analysis. The study identified the main factors affecting deformations: lithological heterogeneity of soils, varying physical and mechanical properties of clays and loams, the presence of potential voids, and loosened areas of the Earth's crust formed as a result of seismic activity.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	
1 Деформация туралы жалпы мәліметтер	8
1.1 Ғимараттар мен құрылыстардағы деформациялар, олардың түрлері және пайда болу себептерін талдау	8
1.2 Сейсмикалық аймақта орналасқан биік және ерекше ғимараттар мен құрылыстардағы деформациялық процестердің геодезиялық мониторингі	11
1.3 Тектоникалық бұзылулар мен бұзылулардың жер беті деформациясына әсерін бақылаудың алғышарттары	15
Бірінші тарау бойынша тұжырым	20
2 Жетісу ауданындағы көпқабатты үйлердің деформацияға ұшырау жағдайын талдау	22
2.1 Құрылыс нысандарын бақылаудағы геодезиялық зерттеулердің заманауи әдістері және деформацияны анықтау тәжірибесі	22
2.2 Ғимараттардың деформациясын бақылауда геодезиялық құрал-жабдықтар мен өлшеу әдістерін кешенді қолдану	25
2.3 Құрылыс нысандарын бақылауға арналған жоғары дәлдіктегі геодезиялық бақылау кешені	29
Екінші тарау бойынша тұжырым	31
3 Геодезиялық бақылау әдістерімен ғимараттардағы деформацияларды анықтау және талдау	33
3.1 Құрылыс алаңының инженерлік-геологиялық жағдайлары жөніндегі мәліметтер.	33
3.2 Сейсмикалық қауіпті аймақта орналасқан көпқабатты ғимараттың іргетас негізінің орнықтылығын Midas GTS NX бағдарламалық кешені арқылы есептеу	41
3.3 Геодезиялық бақылау нәтижелерінен деформациялық болжам жасау	49
Үшінші тарау бойынша тұжырым	52
Қорытынды	53
Пайдаланылған әдебиеттер	

КІРІСПЕ

Зерттелетін тақырыптың өзектілігі. Сейсмикалық қауіпті аймақта құрылыс жұмыстарын жүргізу кезінде ғимараттардың орнықтылығына әсер ететін факторларды бағалау және бақылау – ғылыми тұрғыдан да, практикалық тұрғыдан да өзекті мәселе. Тектоникалық бұзылулар бойында орналасқан аймақтарда жер бетінің деформациясы жылдам жүруі мүмкін, бұл ғимараттардың ұзақ мерзімді қауіпсіздігіне кері әсер етеді. Алматы қаласының Жетісу ауданында орналасқан «Maxima City» көпқабатты тұрғын үй кешені сейсмикалық қауіптіліктің 9 балдық аймағында орналасқан, сондықтан мұнда жүргізілетін құрылыс жұмыстары ерекше бақылауды қажет етеді.

Жұмыстың өзектілігі – ғимараттардың құрылыс процесінде және кейінгі пайдалану кезінде пайда болатын деформацияларды геодезиялық әдістермен уақтылы анықтау және оларды басқару шараларын әзірлеу.

Жұмыстың мақсаты. Сейсмикалық қауіпті аймақта орналасқан көпқабатты тұрғын үй кешендерінің деформациясын бақылау және тектоникалық бұзылулар мен бұзылудардың әсерін ескере отырып, геодезиялық мониторинг әдістемесін жетілдіру.

Жұмыстың негізгі міндеттері:

- сейсмикалық қауіпті аймақтарда деформация процестерін зерттеудің теориялық негіздерін талдау;
- Алматы қаласының Жетісу ауданындағы «Maxima City» тұрғын үй кешенінде геодезиялық бақылау жүргізу және нәтижелерін талдау;
- геодезиялық бақылау деректерін инженерлік-геологиялық және құрылымдық модельдеу нәтижелерімен салыстыру;
- қауіпті аймақтарды анықтап, алдын алу шараларын ұсыну.

Зерттеу нысаны: Алматы қаласының Жетісу ауданында орналасқан «Maxima City» көпқабатты тұрғын үй кешені және оның айналасындағы топырақ қабаттары мен тектоникалық бұзылулар аймағы.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы: Бұл зерттеу нәтижелері сейсмикалық қауіпті аймақтарда орналасқан ғимараттар мен құрылыстарды жобалау, салу және пайдалану кезінде деформациялық процестерді тиімді бақылау және басқару үшін қолданылады. Жұмыста ұсынылған геодезиялық мониторинг әдістемесі және бақылау схемалары құрылыс компанияларына, инженерлік-геодезиялық қызметтерге, сондай-ақ жергілікті басқару органдарына нақты шешімдер қабылдауда пайдалы құрал бола алады.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы.

Ғимараттардың құрылыс кезеңінде және кейінгі пайдалану кезінде деформацияны бақылау үшін геодезиялық аспаптар мен қашықтықтан зондтау деректерін үйлестіріп қолдану әдісін жетілдіру.

Жұмыстың құрылымы мен көлемі: Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 3 тараудан, қорытындыдан және 41 пайдаланылған әдебиеттер тізімінен, 55 беттен, 32 суреттен және 11 кестеден тұрады.

1 Деформация туралы жалпы мәліметтер

1.1 Ғимараттар мен құрылыстардағы деформациялар, олардың түрлері және пайда болу себептерін талдау

Инженерлік-геодезиялық зерттеулер кезінде қауіпті техногендік немесе табиғи құбылыстар анықталған жағдайда, құрылыс нысандарында арнайы геодезиялық бақылау жүргізіледі [1]. Бұл бақылаулар нормативтік талаптарға сәйкес әзірленетін схемалар бойынша ұйымдастырылады, кейін бақылау нүктелеріндегі (деформациялық маркалар) жылжулар өлшенеді және олардан алынған деректер ғимараттағы шекті деформация мәндерімен салыстырылады [2].

Осы тәсілді дамыту аясында табиғи және техногендік үдерістердің бақыланатын объектіге әсерін бағалау (таралу процесін бақылау) тиімді әдіс болып табылады. Бұл өз кезегінде ғимараттағы немесе құрылыстағы қауіпті (шекті) деформациялардың алдын алуға мүмкіндік береді. Яғни бақылау тек ғимараттың өзімен шектелмей, сонымен қатар деформация процесі жүретін жер беті немесе ғимарат іргетасына дейінгі топырақ қабатын қамтиды [3]. Кейбір нысандарда тіпті аздаған деформациялар да апаттық жағдайға әкелуі мүмкін, сондықтан бақылау әдістерін жетілдіру – өзекті мәселе.

Ғимараттар мен құрылыстардың іргетасындағы деформацияларды бақылау жұмыстары Қазақстан Республикасының құрылыс саласындағы нормативтік-әдістемелік құжаттарына (ҚР ҚНЖЕ) сәйкес жүзеге асырылады [4]. Бұл құжаттарда ғимараттардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында жүргізілетін геодезиялық бақылау жұмыстарының құрамы, орындалу тәртібі және әдістемелік негіздері нақты баяндалған.

Мысалы, ҚР ҚНЖЕ 1.02-03-2011 «Құрылыстағы геодезиялық жұмыстар» нормативтік құжатында ғимараттар мен құрылыстардың геометриялық параметрлерін бақылау, деформациялық процестерді анықтау және реперлік жүйені ұйымдастыру қағидалары көрсетілген.

ҚР ҚНЖЕ 5.01-01-2002 құжатында ғимараттар мен құрылыстарда геодезиялық бақылау жұмыстарын орындау кезінде қолданылатын әдістер мен құралдардың талаптары айқындалған [5].

Атап айтқанда, ғимараттардың іргетасындағы деформацияларды бақылау мақсатында реперлік жүйені ұйымдастыру кезінде келесі талаптар сақталуы тиіс:

- негізгі (тереңдетілген) реперлер құрылыс алаңының ықпал ету аймағынан тыс, тұрақты аймаққа орналастырылады;
- егер реперлерді ғимаратқа жақын орналастыру қажеттілігі туындаса, олардың орнықтылығын қамтамасыз ету үшін тоң қабатының немесе топырақтың сығымдалу аймағының төменгі шекарасынан төмен тереңдікке орнатылуы қажет;

– топырақтық реперлердің ғимараттардан немесе құрылыстардан минималды қашықтығы кемінде 50 метр, ал максималды қашықтығы 100 метрден аспауы тиіс.

Бұл талаптар Қазақстан Республикасы құрылыс нормалары мен ережелерінде (ҚР ҚНЖЕ 1.02-03-2011, 5.01-01-2002) және деформациялық бақылауға қатысты әдістемелік ұсыныстарда көрініс тапқан [5].

Қазіргі заманда ғимараттар мен құрылыстардың деформацияларын тектоникалық бұзылыстарды ескере отырып бақылау – құрылыс және геотехника саласындағы маңызды ғылыми-тәжірибелік бағыттардың бірі болып табылады. Геодезиялық бақылаулардың нәтижелері құрылыс нысандарының қауіпсіздігін қамтамасыз ету, олардың ұзақ мерзімді беріктігін сақтау және төтенше жағдайлардың алдын алу үшін шешуші рөл атқарады. Әсіресе, тектоникалық белсенді аймақтарда орналасқан көпқабатты ғимараттар мен күрделі құрылыс нысандары үшін деформациялық процестердің жүру заңдылықтарын түсіну және оларды басқару аса маңызды міндеттердің бірі болып табылады.

Ғимараттар мен құрылыстардың деформацияларын зерттеу бойынша жүргізілген ғылыми зерттеулерде тектоникалық бұзылыстардың деформациялық процестерге тікелей әсер ететін негізгі фактор екені дәлелденген. Мысалы, Вьетнамның солтүстік аймағындағы күрделі геологиялық құрылымдар зерттеліп, бұзылу аймақтарында орналасқан ғимараттардың іргетасындағы шөгу және көлденең жылжулардың деңгейі бұзылусыз аймақтарға қарағанда 2–3 есе жоғары екендігі анықталған [6]. Бұл нәтижелер тектоникалық бұзылыстардың маңындағы құрылыс нысандарында геодезиялық бақылау жүйесін жетілдірудің қажеттілігін айқындайды. Алматы қаласы сияқты сейсмикалық қауіпті аймақтарда жүргізілген тәжірибелік зерттеулер де осыны растайды. Мысалы, Алматы метрополитенінің құрылыс аймағында жүргізілген мониторингте GPS бақылау пункттері мен реперлер жүйесі арқылы деформацияларды ай сайынғы өлшеу нәтижесінде жер қыртысының қозғалысы мен ғимарат қаңқасының шөгу жылдамдығы арасында тікелей корреляция байқалған [7]. Бұл деректер деформация процестерінің тектоникалық сипатымен байланысты екенін дәлелдейді.

Қазіргі таңда дәстүрлі геодезиялық әдістер деформацияларды бақылау жүйесінің негізгі элементтері болып қалуда. Дегенмен, тектоникалық белсенді аймақтарда бұл әдістердің дәлдігі мен тиімділігі шектеулі болуы мүмкін, себебі бұзылулар бойындағы жер қозғалыстарының динамикасы күрделі және болжамсыз болып келеді. Осыған байланысты заманауи технологияларды, атап айтқанда жерүсті лазерлік сканерлеу, жерсеріктік (GPS/ГЛОНАСС) бақылаулар, дрондар арқылы фотограмметриялық түсірілім жүргізу әдістерін қолдану маңыздылығы артып отыр. Бұл құралдар жер бетінің қозғалысын миллиметрлік дәлдікпен анықтап, үлкен аумақтарды қысқа уақыт ішінде қамтуға мүмкіндік береді.

Тектоникалық бұзылыстарды ескере отырып жүргізілетін геодезиялық бақылаудың тиімділігін арттыру үшін арнайы әдістемелік тәсілдер қажет. Ең

алдымен, құрылыс алаңының геологиялық-геоморфологиялық құрылымы мен бұзылу жүйесі толық зерттелуі тиіс. Бұл мақсатта инженерлік-геологиялық ізденістер мен қашықтықтан зондтау деректері кеңінен қолданылады[8]. Зерттеу нәтижесінде бұзылу аймақтарының шекаралары анықталып, ықпал ету аймақтары бөлінеді. Бақылау желісін құру кезінде негізгі реперлер тектоникалық бұзылыстардан тыс, тұрақты аймақтарда орнатылып, олардың орнықтылығы тоң қабатының немесе шөгу аймағының төменгі шекарасынан төмен тереңдікке жеткізілуі тиіс.

Өлшеу жұмыстары көпжылдық кезеңде жүргізіліп, әртүрлі маусымдардағы климаттық әсерлерді, жер асты сулары деңгейінің ауытқуларын, құрылыс жүктемелерін және тектоникалық белсенділікті ескеретін кешенді тәсіл қолданылуы қажет. Деректерді талдау кезінде деформация процесінің жылдамдығы, бағыты, градиенттері және олардың уақыт бойынша өзгеруі картаға түсіріледі. Мысалы, шөгу мен көтерілудің изосызықтық карталары құрылып, қауіпті аймақтар визуалды түрде бөлінеді[9].

Ғимараттардың іргетасында тіркелетін деформациялар шекті рұқсат етілген мәндерден асқан жағдайда, бұл ғимараттың апаттық жағдайға ұшырау қаупін тудырады. Мысалы, Қазақстан Республикасының құрылыс нормаларына сәйкес (ҚР ҚНЖЕ 2.02.01-83, СНиП 2.01.09-91) шекті рұқсат етілген қисаю – 0,005, ал шөгудің салыстырмалы біркелкі еместігі – 0,006[10]. Осы шектерден асып кеткен жағдайда шұғыл шаралар қабылдау қажеттілігі туындайды.

Ғылыми зерттеулердің нәтижелері көрсеткендей, тектоникалық бұзылыстар бойындағы жер қыртысының қозғалыстары жоғары градиентті болып келеді (жылдамдығы 50–70 мм/жылға дейін жетуі мүмкін), олардың бағыты мен қарқындылығы уақыт өте ауысып отырады [11]. Сондықтан деформацияларды бақылау тек ғимараттың өзінде ғана емес, оның негізіндегі топырақ массивінде, бұзылу аймақтарында және іргелес аумақтарда да кешенді түрде жүргізілуі тиіс.

Тектоникалық бұзылыстарды ескере отырып, ғимараттар мен құрылыстардың деформацияларын бақылау құрылыс нысандарының қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында маңызды рөл атқарады [12]. Бұл бағыттағы ғылыми зерттеулер, тәжірибелік жұмыстар және заманауи технологияларды интеграциялау құрылыс саласында қауіпсіздікті арттыруға, тәуекелдерді азайтуға және табиғи-антропогендік факторлардан туындайтын апаттардың алдын алуға мүмкіндік береді. Осыған байланысты заманауи технологияларды, атап айтқанда жерүсті лазерлік сканерлеу, жерсеріктік бақылаулар, дрондар арқылы фотограмметриялық түсірілім жүргізу әдістерін қолдану маңыздылығы артып отыр. Бұл құралдар жер бетінің қозғалысын миллиметрлік дәлдікпен анықтап, үлкен аумақтарды қысқа уақыт ішінде қамтуға мүмкіндік береді. Бұл деректер деформация процестерінің тектоникалық сипатымен байланысты екенін дәлелдейді.

1.2 Сейсмикалық аймақта орналасқан биік және ерекше ғимараттар мен құрылыстардағы деформациялық процестердің геодезиялық мониторингі

2023 жылы Түркияның Кахраманмараш аймағында болған жер сілкіністері және 2024 жылы Алматыда тіркелген екі жер сілкінісі қаладағы қауіпсіздікке қатысты алаңдаушылықты күшейтті [10]. Бұл сейсмикалық оқиғалар Қазақстан үшін сабақ болып, Алматыда тұрақты мониторинг жүргізудің және сейсмикалық қауіпті аймақтарда құрылыс қызметін жоспарлау мен рұқсат беру кезінде қатаң стандарттарды сақтаудың қажеттілігін еске салды.

Қазіргі уақытта Алматыда мониторинг құралдары ретінде негізінен GPS станциялары мен вибрациялық қозғалыс сенсорлары қолданылып келеді. Дегенмен, бұл құралдар кең ауқымды, нақты және егжей-тегжейлі жер бетіндегі деформацияларды анықтау қабілетіне ие емес, бұл Алматының беткі қабатындағы деформация процестерін түсініп, талдау жүргізу үшін жеткіліксіз болып отыр. Бұл жағдай құрылысқа рұқсат беру кезінде қауіпсіздік мәселелерін бағалау мен инженерлік стандарттарды сақтау үшін күрделі мәселелер туғызады. Сонымен қатар, Кеңес Одағы кезеңінде жасалған тектоникалық бұзылулардың тарихи карталары қазіргі кезде жер бетінің өзгерістерін және тектоникалық бұзылулардың ықтимал белсенділігін нақты және динамикалық түрде көрсетуге мүмкіндік бермейді.

Алматы қаласы үшін интерферометриялық өлшеулер арқылы жер бетіндегі деформацияларды зерттеу шектеулі күйде. Алматыдағы жер беті деформациялары бойынша соңғы зерттеу PS-InSAR интерферометриялық өлшеу әдісі арқылы ENVISAT ASAR спутниктік суреттерін пайдаланып жүргізілді [13]. Бұл зерттеу 2003–2006 жылдар аралығында шөгу жылдамдығы –10,85 мм/жыл және көтерілу жылдамдығы 4,7 мм/жыл деңгейінде болатын жер бетінің деформациясы жалғасып жатқанын көрсетті.

Тағы бір зерттеу Қазақстан аумағының ықтимал сейсмикалық аудандастыру карталарына және Алматы қаласының кең ауқымды ықтимал қауіп карталарына (PSHA) арналды, онда қолжетімді геологиялық, геофизикалық және тектоникалық деректер кеңінен пайдаланылды [14]. Сонымен қатар, құрылыс есептеулері үшін практикалық маңызы бар жер сілкінісінің жер беті үдеулерінің (PGA) карталарын, ықтимал сейсмикалық микроаудандастыру карталарын, топырақтың сейсмикалық қасиеттері бойынша категориялар карталарын және геотехникалық аудандастыруды құрастыруға назар аударылды.

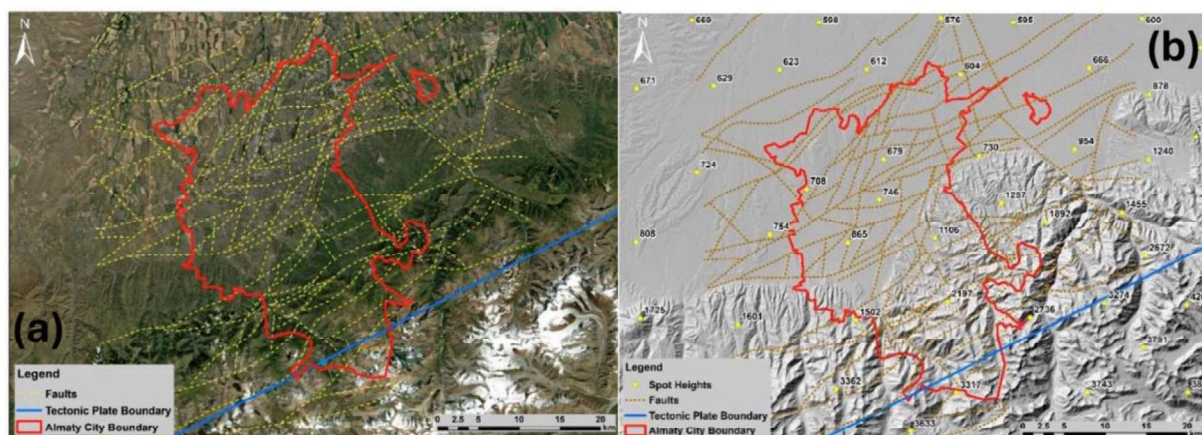
Алматыдағы болжамдық сынақ алаңында деформациялық процестерді инклинометрлер мен экстензометрлер көмегімен бақылаған. Сейсмикалық белсенді аймақтардағы бұзылулар бойынша сейсмикалық көздерді дәлірек анықтау және көрнекті бұзылу аймақтарының жерасты геометриясын картаға түсіру үшін әртүрлі каталогтарды біріктіріп, кешенді тарихи каталог әзірледі.

Сонымен қатар, әртүрлі тектоникалық бірліктерден тұратын 3D сейсмотектоникалық модель жасалды [15].

Көптеген зерттеулер жерүсті сейсмологиялық және геотехникалық әдістерді қолдана отырып жүргізілгенімен, оларды интерферометриялық технологияларды енгізу арқылы жетілдіру қажет. Интерферометриялық өлшеулер Қазақстандағы мұнай-газ кен орындарында кеңінен қолданылып жүр [16].

Алматы орналасқан аймақта күтілетін жер сілкіністерінің ең жоғарғы магнитудасы 6,0–8,3 аралығында бағаланады. Қала Еуразия және Үнді плиталарының түйіскен жерінде орналасқан. Қаланың аумағында тереңдігі 1200 метрге дейін жететін 1 – суретке сәйкес 27 белсенді бұзылу анықталған. 1887, 1889 және 1911 жылдары Алматыда жойқын жер сілкіністері болған, ал қазіргі уақытта қалада аптасына бір рет жер сілкінісін сезіну – қалыпты жағдай, бұл туралы Қазақстанның жаңалықтарында жиі хабарланып тұрады [17].

Алматы қаласының қарқынды өсуі, урбанизация процесінің ауқымды кеңеюі болашақтағы жоғары магнитудалы жер сілкіністерінің ықтимал салдарын арттыра түседі. Алайда мұндай сілкіністердің нақты қай кезде болатынын болжау мүмкіндігі шектеулі.



1 - сурет – Зерттелетін аумақтың жалпы көрінісі

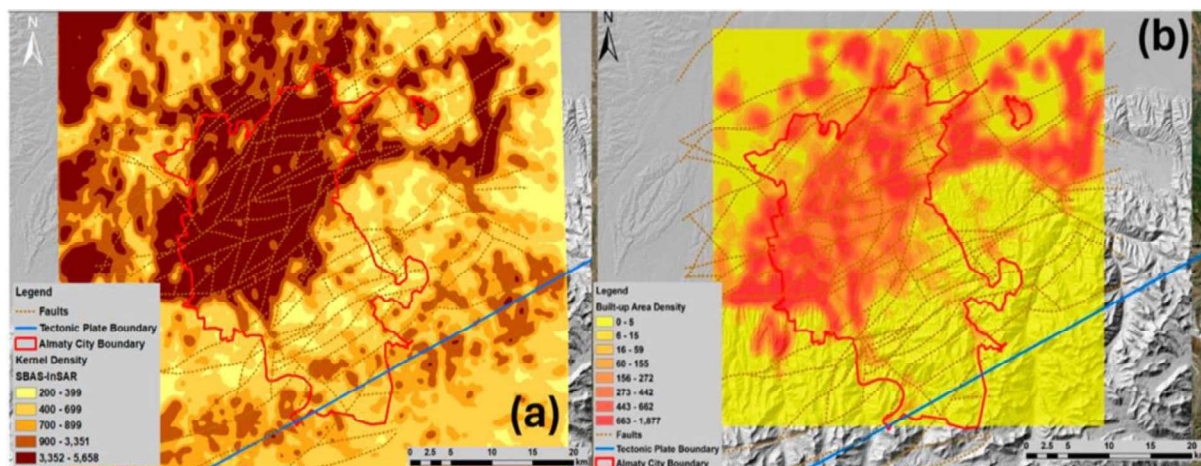
а) Алматы қаласының картасы – бұзылулар мен тектоникалық плиталардың шекараларын көрсету арқылы жасалған, б) Жер бедерінің пішінін визуалды көрсететін бедерлік карта (Terrain Hillshade) [17]

2017–2023 жылдар аралығында Алматы қаласы аумағында интерферометриялық өлшеулер жүргізу арқылы жер бетінің деформацияларын бақылау және олардың тектоникалық бұзылулар мен плиталар шекараларымен кеңістіктегі өзара байланыстарын анықтау болды.

Осы күнге дейінгі зерттеулер нәтижесі, SBAS-InSAR өлшеулерінің ядролық тығыздығы нәтижесі көрсеткендей, ең көп нүктелік шоғырлану (point cloud) 2 – суретте көрсетілгендей құрылыс тығыз орналасқан аймақтарда

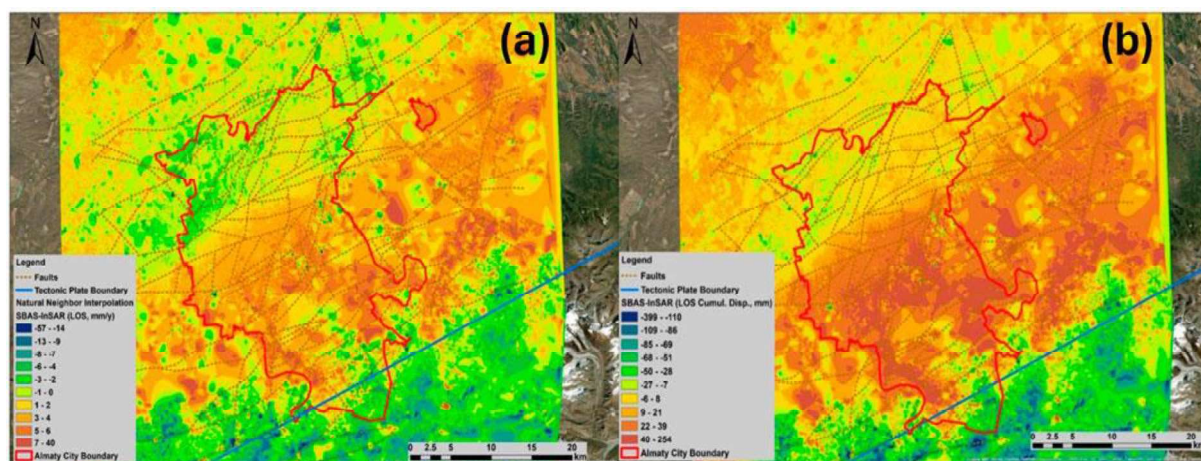
байқалды. Жалпы SBAS-InSAR әдісі арқылы 4 819 932 нүкте тіркелген, оның ішінде 1 841 642 нүкте Алматы қаласы аумағында орналасқан.

Алматының таулы аймақтарында интерферометриялық өлшеулердің тығыздығы төмен болды. Бұл жағдай деректердің декогеренция (decorrelation) әсерінен және атмосфералық фазалық артефактілердің әсерінен туындаған.



2 - сурет – SBAS-InSAR өлшеулерінің ядролық тығыздығы нәтижесі
а) SBAS-InSAR өлшеулерінің ядролық тығыздығы (Kernel Density),
б) Алматы және оның айналасындағы құрылыс тығыздығы картасы

Дегенмен, тіркелген нүктелердің саны жеткілікті болып, тектоникалық плитаның шекарасында деформациялардың кеңістіктік таралуын 3 – суретте байқауға мүмкіндік берді: плитаның солтүстік жағында жердің көтерілу үрдісі, ал оңтүстік жағында жердің шөгу үрдісі тіркелді.



3 - сурет – Тектоникалық плитаның шекарасында деформациялардың кеңістіктік таралуы а) SBAS-InSAR ығысу жылдамдығының табиғи көршілес интерполяциясы (LOS, мм/у), б) SBAS-InSAR жиынтық ығысуының табиғи көршілес интерполяциясы (мм)

Кейбір аймақтарда жылдық көтерілу жылдамдығы 40 мм/жыл-ға жетсе, жылдық шөгу жылдамдығы – 57 мм/жыл-ға дейін 3 – суретте байқалды. Ең шөгінді және ең көтерілген аймақтарда жиынтық (кумулятивті) орын ауыстыру шамалары сәйкесінше – 399 мм және +254 мм-ге жетті.

SNT1 SAR суреттері SBAS-InSAR (Small Baseline Subsets – Interferometric Synthetic Aperture Radar) әдісі арқылы өңделді. Бұл әдістің жұмыс барысы 1- кестеде көрсетілген [18]. Көпмерзімді SBAS-InSAR әдісі – қала аумағы мен оған жақын таулы және өсімдігі аз, когеренттілігі төмен аймақтардағы кең ауқымды деформацияларды анықтауға арналған ең тиімді өңдеу тәсілі болып табылады.

Осыған байланысты, SBAS-InSAR әдісі PS-InSAR-мен (Permanent Scatterers) салыстырғанда осы зерттеу үшін анағұрлым оңтайлы болып таңдалды [19].

Кесте 1 – Алматы қаласының SBAS-InSAR әдісі бойынша деформациялық процестерін өңдеу кезеңдері

№	Кезең	Мазмұны
1	Деректер дайындау кезеңі	- SAR суреттер жинағы (Sentinel-1 интерферометриялық деректер) - Connection Graph (Байланыс графы құру) - SAR жұптарын таңдау (Master және Slaves) - Байланыс торын жасау (интерферограммалар генерациясы үшін) - SRTM 30m DEM (Цифрлық биіктік моделі) - AOI анықтау (Зерттеу аймағын таңдау)
2	Интерферометриялық өңдеу (SBAS Process)	- Ко-регистрация (суреттерді туралау) - Интерферограммалар генерациясы - Flattening (геометриялық бұрмалануды түзету) - Unwrapping (Фаза шешімі)
3	Геокодтау кезеңі (SBAS Geocoding)	- Жылдамдық және дәлдік нәтижелерін геокодтау - Деформация мәндерін геокодтау
4	Инверсия кезеңі	- Бірінші инверсия: - Жылдамдық және қалдық рельефті бағалау - Орташа қуат кескіні және дәлдік компонентін есептеу - Екінші Unwrapping - Екінші инверсия: - Қайта тегістеу (Re-flattening) - Деформация компоненттерін анықтау - Атмосфералық кедергілерді жою - Когеренттілік пен басқа қабаттарды бағалау

Бірінші инверсия кезеңінде қалдық биіктіктер мен орын ауыстыру жылдамдықтары анықталып, күрделі интерферограммалар қайта тегістелді және фаза ашу нәтижелері қайта есептелді.

Екінші инверсия атмосфералық фаза компоненттерін алып тастау арқылы деформацияларды сүзуге мүмкіндік берді.

Интерферометриялық өлшеулердің дұрыстығы Алматы қаласындағы тұрақты жұмыс істейтін GPS желілерінің кумулятивті орын ауыстыру деректері арқылы тексерілді.

1.3 Тектоникалық бұзылулар мен бұзылулардың жер беті деформациясына әсерін бағалаудың алғышарттары

Жүргізілген зерттеулер Алматы қаласы мен оның айналасындағы тектоникалық бұзылулардың, сонымен қатар трещиналардың жер бетінің деформациясына әсерін жан-жақты зерттеген. Мәселен, Grützner және әріптестерінің (2017) еңбектерінде Алматының тау алды аймақтарындағы бұзылулар мен қатпарлар анықталып, олардың қала аумағына қарай бағытталатыны көрсетілген [20]. Бұл зерттеу Алматы сияқты сейсмикалық қауіпті аймақтағы құрылыс жұмыстарында тектоникалық факторлардың елеулі рөл атқаратынын дәлелдеген маңызды жұмыс болып саналады.

Алматыда 27-ге жуық белсенді бұзылулар бар екенін ескерсек, олардың бір бөлігі Нұрлытау, Бостандық, Медеу аудандарын кесіп өтетіні анықталған. Бұл өз кезегінде қаладағы биік ғимараттар мен инфрақұрылымдық нысандардың қауіпсіздігіне айтарлықтай әсер етуі мүмкін [21]. Осындай зерттеулерде тектоникалық бұзылулардың жер қыртысындағы шөгінді құрылымдарға әсері, жер асты сулардың қозғалысы, грунттардың беріктігінің төмендеуі сияқты факторлардың маңыздылығы баса көрсетілген. Менің пікірімше, Алматы сияқты қалаларда бұл факторларды ескерместен құрылыс жүргізу – үлкен қателік.

Сонымен қатар, SBAS-InSAR әдісі арқылы жүргізілген заманауи зерттеулердің нәтижелері де үлкен қызығушылық тудырады. Мысалы, 2017–2023 жылдар аралығындағы Sentinel-1 спутниктік деректерін пайдалану арқылы жасалған жұмыстарда жыл сайынғы шөгу жылдамдығы -57 мм/жылға дейін жеткені, ал кейбір жерлерде көтерілу жылдамдығы +40 мм/жыл шамасында болғаны анықталған. Бұл – Алматы сияқты мегаполистегі жер бетінің қозғалыстарының белсенділігін айғақтайтын нақты дәлел [22].

Жалпы, Алматыдағы тектоникалық бұзылулар мен жер беті деформациясын зерттеу саласында жасалған ғылыми еңбектер – айтарлықтай маңызды және өзекті. Алайда, менің пікірімше, бұл бағыттағы зерттеулерді одан әрі дамыту қажет [23]. Себебі, Алматы қаласының халқы өсіп, құрылыс жұмыстары қарқын алып келе жатқанын ескерсек, жер бетінің деформациясын бақылау – тек ғылыми қызығушылық емес, сонымен бірге өмірлік маңызды мәселе. Сейсмикалық оқиғалардан кейін жүргізілген визуалды бақылау жұмыстары 4 – суретте көрсетілгендей қаладағы кейбір әкімшілік ғимараттардың сыртқы фасадтарында ақаулардың пайда болғанын көрсетті.

Алматы қаласының орталық бөлігінде орналасқан тарихи ғимараттың фасадында пайда болған жарықтар бейнеленген. Бұл жарықтар негізінен вертикаль бағытта байқалады және ғимараттың қабырға панельдері арасындағы жіктерде шоғырланған. Жарықтардың сипаты мен бағыты ғимараттың сейсмикалық әсерге ұшырағанын айғақтайды және конструкциядағы әлсіз жерлердің – тігіс орындары мен материалдар түйіскен аймақтардың – деформация процесіне бейім екенін дәлелдейді [24].

Тігінен және көлденең бағыттағы жарықтар ғимаратқа әсер еткен сейсмикалық тербелістер нәтижесінде пайда болған динамикалық жүктемелерден туындайды [25].

Жарықтардың геометриясы мен орналасуы SBAS-InSAR әдісі арқылы алынған деформация карталарындағы шөгу және көтерілу аймақтарының шоғырлануымен сәйкес келеді [26].



4 - сурет – Алматы қаласындағы әкімшілік ғимараттың фасадындағы жарықтар. 2024 жылғы сейсмикалық оқиғалардан кейінгі деформация белгілері

Бұл жағдай тектоникалық бұзылулардың ғимараттардың құрылымына әсерін және жер қыртысының терең қабаттарындағы қозғалыстардың ғимараттардың беткі қабаттарына берілуін растайды.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, Алматы қаласының әртүрлі аудандары сейсмикалық зақымдану деңгейі бойынша бір-бірінен айтарлықтай ерекшеленеді. Медеу ауданы мен Бостандық ауданы ең көп зақымданған аймақтар болып табылады. Себебі, бұл аудандардың астынан бірнеше белсенді тектоникалық бұзылулар – Verny, City Splay, Northern Splay – өтеді. Бұл бұзылулар дәл осы аудандардың жер қыртысында шоғырланғандықтан, ғимараттардың құрылымдық зақымдану қаупі өте жоғары.

Жетісу ауданы, Алатау ауданы және Түркісіб ауданы аудандары да сейсмикалық қауіп-қатер аймақтарына кіреді [27]. Бұл аудандарда ғимараттардың тығыз орналасуы мен халық санының көптігі де әсер етеді. Мысалы, Northern Splay сценарийінде деформацияның негізгі бөлігі дәл осы Алатау, Жетісу, және Түркісіб аудандарына шоғырланған.

Наурызбай ауданы мен Алмалы ауданы аудандарында да сейсмикалық тәуекел байқалғанымен, негізгі деформациялық әсер жоғарыда аталған аудандармен салыстырғанда салыстырмалы түрде төмен.

Жалпы алғанда, Алматы қаласының құрылыс тығыздығы жоғары аудандары – Медеу, Бостандық, және Жетісу – ғимараттардың ең көп зақымдалатын аймақтары болып саналады. Бұл жағдай қаладағы сейсмикалық қауіпсіздік шараларын аудандық деңгейде күшейтудің маңыздылығын айқындайды.

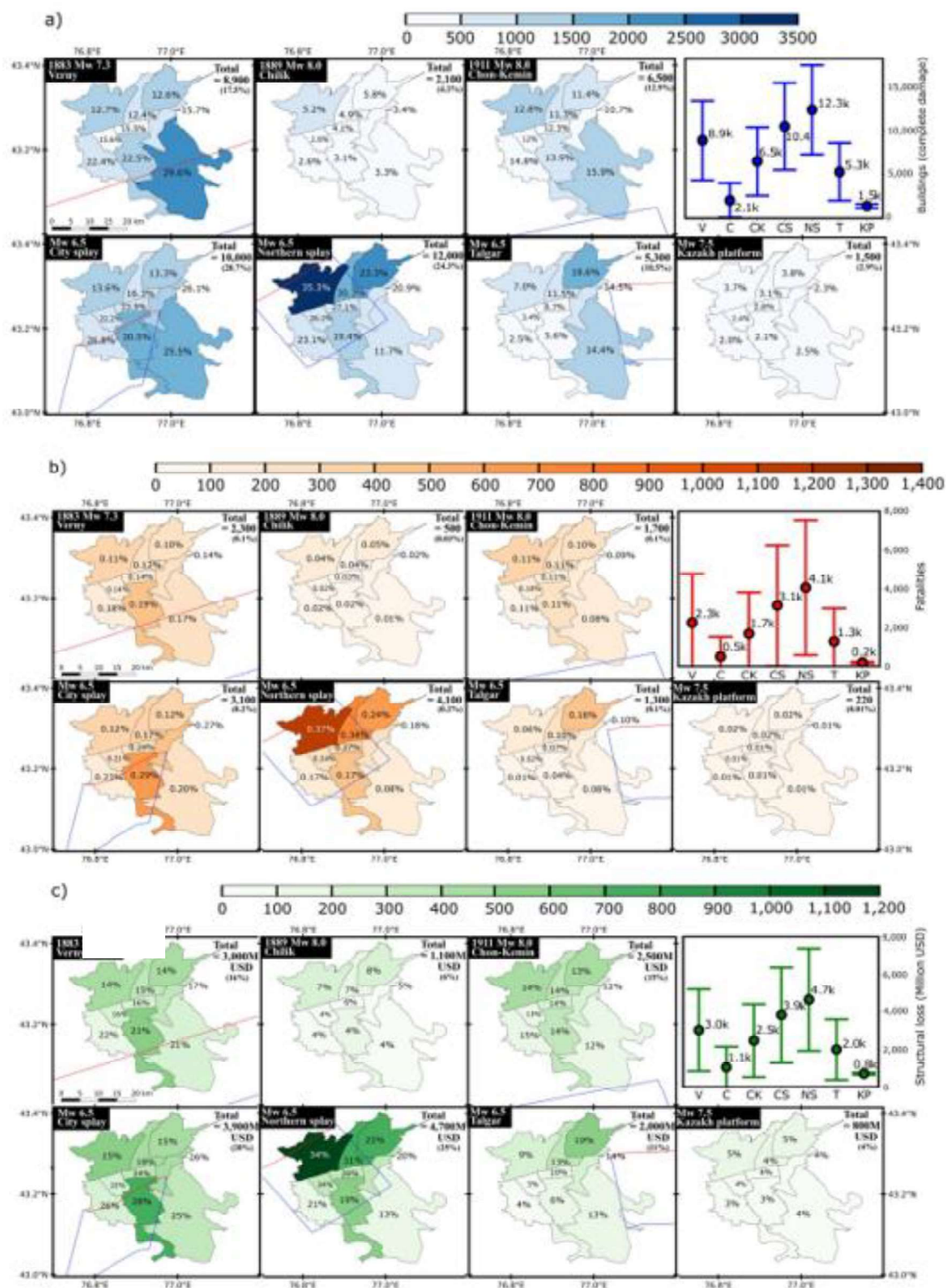
Жүргізген есептеулер экспозициялық модельдердің ғимараттарды дәл бейнелеуіне тәуелді. Алайда, бұл үнемі өзгеріп отыратын сипат, себебі қалалар уақыт өте келе кеңейіп, дамып отырады. Зерттеулерде жоғары рұқсаттағы сандық биіктік модельдерінен алынған ғимарат биіктіктерін жердегі өлшеу нәтижелерімен салыстырып, DEM модельдері қалалық ғимараттардың биіктігін дәл бағалай ала ма, соны анықтау қажет болған. Сонымен қатар, SPOT және Pleiades суреттерінен алынған бағалаулардың салыстырмалы дәлдігін қарастырып, болашақта оларды экспозициялық модельдерге қосу арқылы тәуекелді есептеулерді жақсарту мүмкіндігін бағаладық.

Google Earth көмегімен жалпақ шатырлы ғимараттарды анықтап, 5 – суретте жергілікті өлшеу нәтижелерін спутниктік деректермен салыстыру үшін таңдап алдық. Жердегі өлшеулер TruPulse 360R лазерлік қашықтық өлшегіш арқылы жүргізілді, бұл құрал жердегі позицияны GNSS жүйесі арқылы анықтап, ғимараттың биіктігіне дейінгі вертикаль қашықтықты есептеді. Әр ғимараттың кем дегенде екі бұрышы өлшеніп, бірнеше рет қайталанды; 6-суреттегі «өлшенген» қателіктер осы жердегі өлшеулердің стандартты ауытқуы арқылы есептелді.

Кейбір ғимараттардың маңында биік ағаштар болғандықтан, спутниктік бағалау шынайы ғимарат биіктігін тым төмендетіп жіберді. Себебі, өлшеу нүктесінің биіктігін асыра бағалау ғимарат биіктігін есептеу кезінде оны азайтып жібереді [28]. Осыған байланысты, біз кейбір ғимараттар үшін басқа, жақын орналасқан нүктелерді таңдадық: 1 және 2-ғимараттар үшін шамамен 30 м оңтүстік-шығысқа, ал 3-ғимарат үшін шамамен 55 м оңтүстікке ауыстырдық.

Өлшеу нүктесінің айналасында 5 м радиустағы буфер қолданылып, алынған нүктелердің орташа мәні есептелді. 6-суреттегі спутниктік өлшеу қателіктері ғимарат нүктелері мен өлшеу нүктелерінің стандартты ауытқуы арқылы есептелді.

Pleiades суреттері Agisoft Metashape бағдарламасында өңделді, себебі ERDAS Imagine 2020 бағдарламасында жасалған нүктелік бұлттар ~100 м биіктіктегі 12 және 13-ғимараттарды толық қалпына келтіре алмады және шамамен 20 м биіктікті ғана көрсетті [30]. Бұл мәселе, өңдеу параметрлерін өзгерткенімізге қарамастан, биік ғимараттардың «шулар» ретінде қабылданып, қате түрде алынып тасталуымен байланысты. Ал SPOT DEM деректерін ERDAS Imagine бағдарламасында өңдедік, өйткені бұл биік ғимараттар ешбір бағдарламалық құралда дұрыс қалпына келтірілмеді.

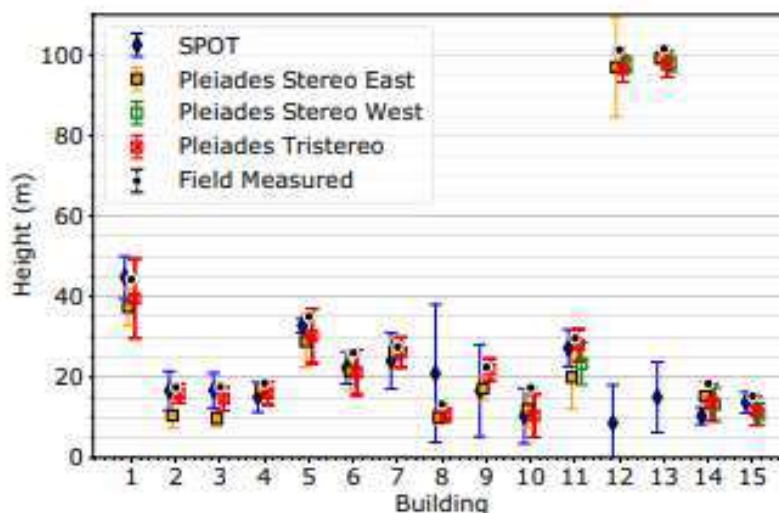


5 - сурет – Google Earth көмегімен жалпақ шатырлы ғимараттарды анықтап, жергілікті өлшеу нәтижелерін спутниктік деректермен салыстыру

a) Алматы қаласының әкімшілік аудандарындағы тұрғын үйлердің зақымдануы, b) адам өлімі және c) тұрғын үйлердің экономикалық орнына келтіру құны жеті қарастырылған жер сілкінісі сценарийлері бойынша

Әр графиктің жоғарғы қатарында тарихи жер сілкіністерінің мысалдары көрсетілген, ал төменгі қатарында – біз таңдаған ықтимал жер сілкінісі сценарийлері берілген.

Содан кейін, спутниктен алынған нүктелік бұлттар OpenStreetMap-тегі әр ғимаратқа арналған көпбұрыштар арқылы сүзгіден өткізілді. Өлшеулерді бір-бірімен салыстыру үшін, біз спутниктен алынған ғимарат биіктігін жердегі өлшеу нүктесінің спутниктік биіктігінен шегеріп отырдық [29].



6 - сурет – Ғимарат биіктіктерінің салыстырмалы графигі

(Графикте SPOT, Pleiades Stereo East, Pleiades Stereo West, Pleiades Tristereio және жердегі өлшеу нәтижелері (Field Measured) бойынша 15 ғимараттың биіктіктері көрсетілген. Тік осьте – биіктік (м), Көлденең осьте – ғимараттардың нөмірлері (Building). Графиктегі түсіндірме: SPOT деректері – көк түс, Pleiades Stereo East – жасыл түс, Pleiades Stereo West – сары түс, Pleiades Tristereio – қызыл түс, Field Measured (жердегі нақты өлшеу) – қара нүктелер)

Жер қыртысының үшөлшемді деформациясын талдау негізінде 7 – суретте көрсетілгендей тектоникалық плиталардың шекаралары мен кінәраттар бойында шартты түрде бөлінген үш аймақ анықталды. Бұл аймақтарда деформацияның кеңістіктік заңдылықтары айқын байқалды. Оңтүстіктен солтүстікке қарай ортақ деформация трендтері тіркеліп, шөгу–көтерілу–қайтадан шөгу аймақтарының ауысуынан тұратын үш өтпелі аймақ түзілді.

1-аймақта жердің шөгу үрдістері басым болды.

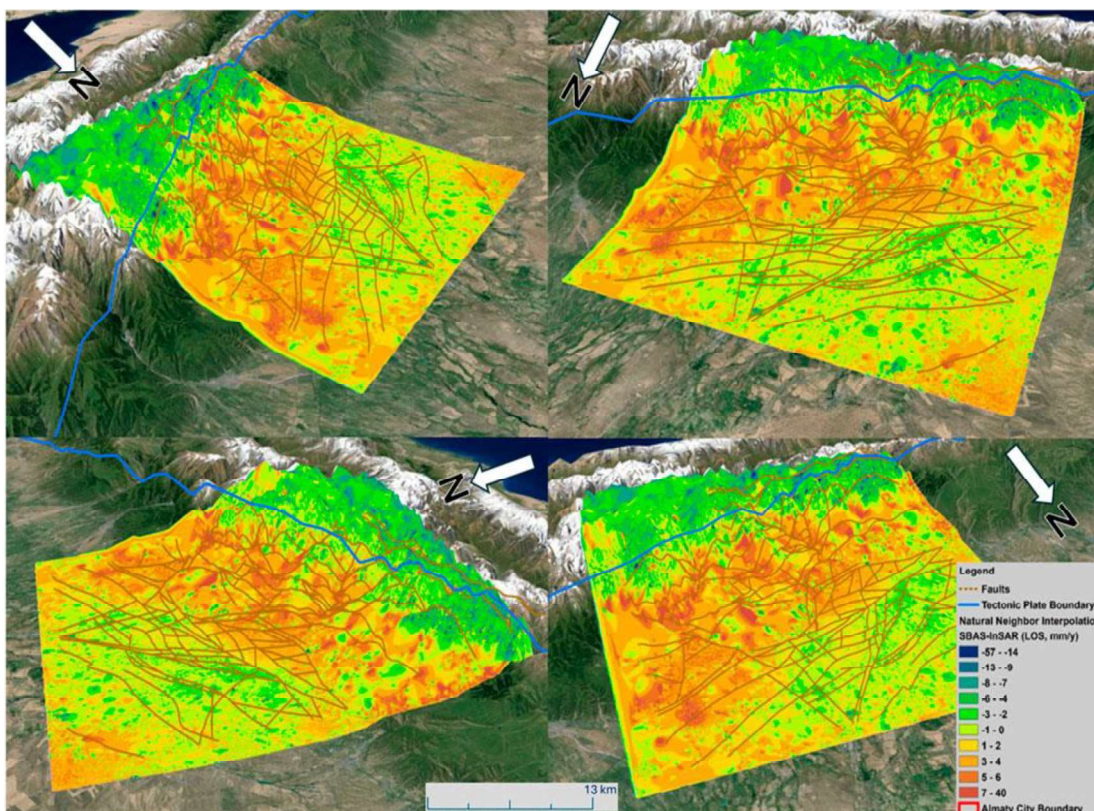
2-аймақта жердің көтерілуі басым аймақтар анықталды.

3-аймақта шөгу мен көтерілу үрдістері аралас сипатта байқалды.

Бұл үш аймақ шартты түрде бөлініп, 7-суретте көрсетілген. Сонымен қатар, осы аймақтардың барлығы геостатистикалық трендтерді талдау нәтижелерінде де анық көрінді.

Тектоникалық плитаның шекарасы бойындағы деформациялардың ерекшелігі кінәраттардағы стандартты жылжу механизмін сипаттайды. Strike-slip (жанама ығысу) кінәраттар бойынша жылжу байқалмады, себебі көлденең

жылжуларды өлшеу үшін көп спутниктік тректер қолданылған интерферометриялық өлшеулер жүргізілмеді.



7 - сурет – Интерполяцияның 3D перспективалық көріністері

Бірінші тарау бойынша тұжырым

Жетекші халықаралық және отандық зерттеулердің нәтижелері мен Алматы қаласы аумағындағы инженерлік-геодезиялық мониторинг деректері көрсеткендей, көпқабатты ғимараттар мен құрылыс нысандарындағы деформациялық процестер – тектоникалық бұзылыстардың, жер қыртысының қозғалыстарының, топырақ қасиеттерінің өзгерістерінің және климаттық-факторлық әсерлердің күрделі өзара әрекеттесуінің нәтижесі болып табылады.

Тектоникалық бұзылулар мен плиталық шекаралар бойындағы аймақтарда шөгу мен көтерілу үрдістерінің кеңістіктік құрылымы анық байқалып, жер бетіндегі қозғалыстардың таралу заңдылықтары үш негізгі аймаққа жіктелді: шөгу аймағы, көтерілу аймағы және аралас әсер аймағы.

Жетісу ауданының геологиялық ерекшеліктері мен ондағы құрылыс тығыздығы деформациялық процестердің қарқындылығы мен қауіптілігін күшейтетін негізгі факторлардың бірі болып отыр. Сонымен қатар, Медеу, Бостандық және Алатау аудандарындағы белсенді тектоникалық кінәраттардың әсері, әсіресе Verny, City Splay және Northern Splay сияқты бұзылулар бойындағы деформациялардың жиілігі мен қарқындылығы ғимараттардың қауіпсіздігіне тікелей қауіп төндіреді.

Осы зерттеу Алматы қаласының құрылыс алаңдарында тектоникалық факторларды ескере отырып геодезиялық мониторинг жүргізудің маңыздылығын тағы бір мәрте дәлелдейді. Деформацияларды бақылау жүйесі ретінде классикалық нивелирлеу әдістерімен қатар, SBAS-InSAR, GPS/ГЛОНАСС бақылау жүйелері, жерүсті лазерлік сканерлеу және дрондық түсірілімдер сияқты заманауи технологияларды кешенді түрде пайдалану – жер қыртысының динамикалық қозғалыстарын егжей-тегжейлі анықтауға, құрылыс қауіпсіздігін қамтамасыз етуге және Алматы қаласы сияқты сейсмикалық қауіпті аймақтарда табиғи-антропогендік тәуекелдерді азайтуға мүмкіндік береді.

Заманауи спутниктік технологиялар арқылы жүргізілген зерттеулер, әсіресе SBAS-InSAR әдісі көмегімен Sentinel-1 деректерін қолдану нәтижесінде, 2017–2023 жылдар аралығында Алматы қаласында жер бетінің шөгуі -57 мм/жыл, ал көтерілуі +40 мм/жылға дейін жеткенін көрсетті. Бұл көрсеткіштер мегаполис аумағында деформациялық процестердің қарқынды жүріп жатқанын білдіреді. Сейсмикалық оқиғалардан кейін жүргізілген визуалды тексерістер нәтижесінде қаладағы кейбір әкімшілік ғимараттардың қасбеттерінде тігінен және көлденең бағытта жарықтар пайда болғаны тіркелді. Бұл жарықтар конструкциялық әлсіз жерлерде – қабырға панельдерінің түйісу аймақтарында байқалып, сейсмикалық тербелістердің әсерінен болғаны дәлелденді. Мұндай жарықтардың орналасуы мен геометриясы спутниктен алынған деформация карталарындағы шөгу және көтерілу аймақтарымен сәйкес келеді.

Жер қыртысының үшөлшемді деформациясын талдау арқылы қала аумағында үш негізгі аймақ анықталды: 1-аймақ – шөгу басым, 2-аймақ – көтерілу басым, 3-аймақ – аралас сипаттағы деформация. Бұл аймақтардың барлығы тектоникалық плиталардың шекаралары мен кінәраттарға жақын аймақтарда орналасқан және геостатистикалық трендтермен дәлелденген. Бұл үрдістер қала аумағындағы жер қозғалыстарының кеңістіктік таралу ерекшеліктерін сипаттап, құрылыс және жоспарлау жұмыстары үшін маңызды дерек көзіне айналды.

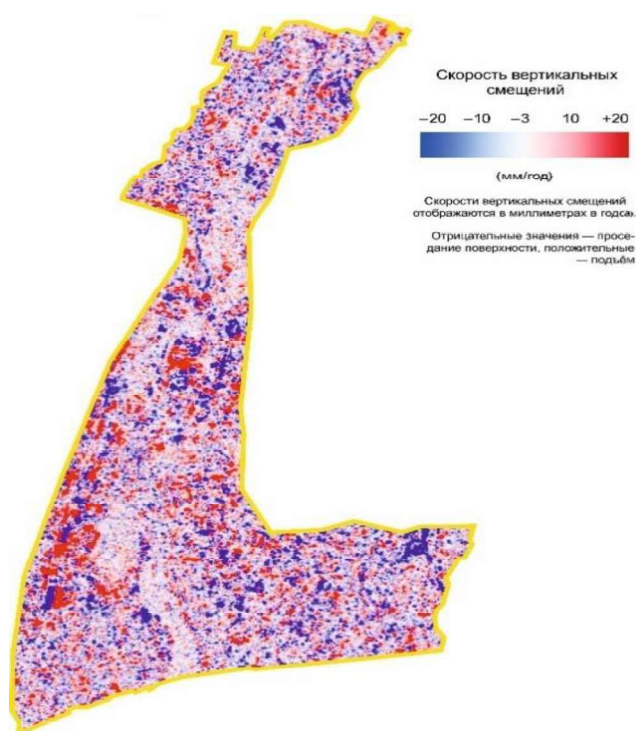
Қорытындылай келе, Алматы қаласы сейсмикалық және геодинамикалық тұрғыдан өте осал аумақта орналасқан. Қаланың қарқынды урбанизациясы мен халық санының өсуіне байланысты тектоникалық бұзылулар мен жер беті деформацияларын үздіксіз бақылау өмірлік маңызы бар мәселе болып табылады. Зерттеу нәтижелері сейсмикалық қауіпті төмендету үшін құрылыс жобаларында тектоникалық жағдайларды міндетті түрде ескеру қажет екенін, ал ғимараттардың биіктігін бағалауда жердегі және спутниктік деректерді үйлестіре қолданудың тиімділігін көрсетті.

Ғимараттар мен құрылыстардың іргетас негіздерінің деформацияларын өлшеу жұмыстарын, егер қауіпті жарықтар, жіктердің ашылуы немесе ғимараттың немесе құрылыстың жұмыс жағдайының күрт өзгеруі байқалса, жүргізу қажет.

2 Жетісу ауданындағы көпқабатты үйлердің деформацияға ұшырау жағдайын талдау

2.1 Құрылыс нысандарын бақылаудағы геодезиялық зерттеулердің заманауи әдістері және деформацияны анықтау тәжірибесі

Жетісу ауданы бойынша жерлерінің вертикалды жылжу жылдамдығы 8 – суретке сәйкес көрсетілген және ол Алматы қаласының халық тығыз орналасқан аймақтарының бірі болып табылады. Бұл ауданның құрылыс тығыздығының жоғары болуы, геологиялық-геоморфологиялық ерекшеліктері және сейсмикалық белсенді аймақта орналасуы – көпқабатты ғимараттар мен құрылыс нысандарының қауіпсіздігі мен ұзақ мерзімділігін қамтамасыз ету мәселесін өзекті етеді.



8 - сурет – Жетісу ауданы жерлерінің вертикалды жылжу жылдамдығы

Аудан аумағының топырақ құрылымы көбінесе гравийлі-құмды шөгінділерден құралған, жер асты суларының жоғары деңгейде болуы және климаттық факторлардың (температуралық, маусымдық ылғалдылықтың өзгеруі) әсері деформациялық процестердің дамуына себепші болады. Сонымен қатар, Жетісу ауданының бір бөлігі тектоникалық белсенділік аймағында орналасқан, бұл жер қыртысының динамикасын күрделендіріп, құрылыс нысандарының шөгуі мен көтерілуін күшейтеді [31].

Көпқабатты ғимараттарда кездесетін деформация түрлері – шөгу, көтерілулер, көлденең және тік ығысу, қисайу (крен), құрылымдық жарықтар – ғимараттың жалпы тұрақтылығына әсер етеді. Мұндай өзгерістер ғимарат

қаңқасының беріктігін төмендетіп, шекті рұқсат етілген шектерден асқан жағдайда төтенше жағдайларға алып келуі мүмкін. Алматы қаласы мен Жетісу ауданының тәжірибесі көрсеткендей, деформацияларды тудыратын негізгі себептерге келесілер жатады:

- инженерлік-геологиялық жағдайлардың күрделілігі (жер асты суларының тереңдігі, топырақтың тығыздығы мен ылғалдылығы);
- сейсмикалық тербелістердің әсері (жер сілкіністері, тектоникалық қозғалыстар);
- тектоникалық бұзылулар мен кінәраттардың белсенділігі;
- атмосфералық жауын-шашын мен инфильтрациялық сулардың әсерінен топырақтың ылғалдануы;
- құрылыс жұмыстары кезінде жүктеменің артуы және техногендік факторлар (вибрациялар, ауыр жүк қозғалысы).

Геодезиялық әдістер арқылы ғимараттар мен құрылыстардың жергілікті және жалпы деформациялары, көтеруші және қоршау конструкцияларының тік және жобалық жағдайынан ауытқулары, іргетастар мен топырақтардың отырулары анықталады, бұл ғимараттың немесе құрылыстың техникалық жағдайын нақты бағалауға мүмкіндік береді.

Деформациялық процестерді бақылау бойынша аспаптық байқауларды жүргізудің үлкен тәжірибесі жинақталған – бұл тәжірибе тек елімізде ғана емес, жақын және алыс шетелде де бар. Биік және бірегей құрылыс объектілерінің сәулеттік ерекшеліктерін ескеретін аспаптық бақылаулардың әдістемелері мен технологиялары әзірленген. Осы әдістемелер отандық және шетелдік нормаларға сүйене отырып жасалып, көптеген қалаларда биік және бірегей құрылыстарды салу кезінде ғылыми зерттеулермен және жинақталған практикалық тәжірибемен қатар жүреді.

ҚР СП 1.03-103-2013 «Құрылыс саласындағы геодезиялық жұмыстар» нормативтік құжатында геодезиялық мониторинг әдістері мен геодезиялық жұмыстардың дәлдігін қамтамасыз ету тәртібі баяндалған [32]. Нормативтік құжаттарда ғимараттар мен құрылыстардың жалпы деформациялық параметрлерін, олардың көтеруші және қоршау конструкцияларын анықтау мақсатында орындалатын инженерлік-геодезиялық өлшеулер кешені ұсынылған.

Геодезиялық әдістермен мониторинг – бұл ғимараттар мен құрылыстардың, олардың көтеруші және қоршау конструкцияларының, іргетастар мен іргетас негіздерінің және топырақтардың жалпы деформациялық параметрлерін анықтау мақсатында орындалатын кезеңдік инженерлік-геодезиялық өлшеулер кешені, олар құрылыстың барлық кезеңінде және пайдалану процесінде жүргізіледі [33].

Геодезиялық бақылауларды жүргізу әдістемесін таңдағанда құрылыс алаңының барлық ерекшеліктерін ескеру қажет, олар: ғимарат іргетасының астындағы топырақтардың инженерлік-геологиялық құрылымы, құрылыс аймағының сейсмикалық жағдайы, жер асты суларының деңгейі, жер асты коммуникацияларының болуы, сондай-ақ ғимараттың жауапкершілік класы,

кабаттылығы, құрылыс материалдарының сапасы және рұқсат етілетін шөгу мәндері.

Көптеген қалалар мен елді мекендерде ірі құрылыс нысандарын салу барысында сыртқы ортадан, топырақ жамылғысынан, гидрогеологиялық факторлардан туындайтын теріс техногендік әсерлерді тіркеу үшін әртүрлі және арнайы бақылау түрлері (геодезиялық, автоматтандырылған мониторинг, ғарыштық әдістер және т.б.) қолданылады [35]. Тәжірибеде ғимарат конструкцияларының отыруы немесе тік қозғалысы жағдайлары орын алып, бұл кейде ғимараттардың жобалық параметрлерінің бұзылуына немесе қирауына әкелген.

Деформацияларды (отырмалар) бақылау ғимараттар мен құрылыстар іргетастарының, сондай-ақ жер бетіндегі деформациялық процестердің мониторингін жүргізу мақсатында жүзеге асырылады. Бұл бақылаулар:

- нақты деформациялардың мөлшерлік мәндерін анықтау және оларды есептік көрсеткіштермен салыстыру;
- деформациялардың пайда болу себептері мен олардың ғимараттардың немесе құрылыстардың қауіпсіз жұмысына тигізетін әсерін анықтау;
- туындаған деформацияларды жою немесе олардың салдарын азайту бойынша уақтылы шаралар қабылдау;
- топырақтардың физика-механикалық сипаттамалары бойынша есептік деректерді нақтылау мақсатында жүргізіледі.



9 - сурет – Тахеометриялық бақылау

Геодезиялық мониторинг ғимараттар мен құрылыстарды салудың бастапқы кезеңінде – қазба жұмыстары кезінде міндетті түрде жүргізіледі [36].

Бұл кезде салынып жатқан (қайта құрылып жатқан) нысандардың деформациялары, жер асты суларының деңгейі, топырақ массивінің жағдайы, сондай-ақ болашақ құрылыс аймағының ықпал ету аймағына түсетін ғимараттар, құрылыстар мен жер үсті және жер асты инженерлік коммуникациялары бақыланады.

Мониторинг ғимараттың немесе құрылыстың жер үсті бөлігін салу кезінде де қажет. Осы кезеңде мамандар салынып жатқан объектінің тік қозғалыстарын (отырмаларын) және тік осьтен ауытқуларын (қисаюларын) бақылайды. Геодезиялық мониторинг ғимаратты пайдалануға бергеннен кейінгі бір жыл ішінде де жүргізіледі. Бұл кезеңде көлденең және тік ауытқулар бағаланады.

Ғимараттар мен құрылыстардың іргетас негіздерінің деформацияларын өлшеу жұмыстарын, егер қауіпті жарықтар, жіктердің ашылуы немесе ғимараттың немесе құрылыстың жұмыс жағдайының күрт өзгеруі байқалса, жүргізу қажет [37].

Жалпы, аспаптық бақылау тәжірибесі көрсеткендей, геодезиялық мониторинг – бұл жалпы геотехникалық мониторингтің құрамдас бөлігі, және оның сапасына деформациялық процестерді геомеханикалық зерттеу бойынша қойылған міндеттердің орындалуына байланысты.

2.2 Ғимараттардың деформациясын бақылауда геодезиялық құрал-жабдықтар мен өлшеу әдістерін кешенді қолдану

Зерттеу нысаны 10 – суретте көрсетілгендей Алматы қаласының Жетісу ауданында, Райымбек, Боткин, Казаков және Павленко көшелері шектесетін аймақта орналасқан тұрғын үй кешені болып табылады. Құрылыс алаңы сейсмикалық қауіпті аймақта орналасқан және жоба сейсмикалық қауіптіліктің 9 балдық деңгейіне есептелген.

Ғимараттың жобасында тұрғын үй кешенін қоса алғанда қызмет көрсету нысандары қарастырылған. Жобадағы ғимарат 7 қабаттан және жер төледен тұрады, жалпы 28 пәтерді қамтиды. Ғимараттың жоспарлық шешімі технологиялық және функционалдық байланыстарды, сондай-ақ кіреберістердің орналасуын және тапсырыс берушінің талаптарын ескере отырып жасалған [38].

Ғимараттың құрылымдық схемасы – қаңқасыз жүйе, негізгі көтеруші элементтері – 200 мм қалыңдықтағы монолитті темірбетон қабырғалар. Ішкі қабырғалар мен қалқалар – өлшемі 390×190×90 мм және 390×190×190 мм блоктардан тұрғызылған. Қабырға панельдері мен плиталары жоғары өртке төзімділікке ие (максимум 2,5 сағат). Қабатаралық плиталар қалыңдығы 200 мм, ал іргетас плитасы 1000 мм қалыңдықта орындалған.

Ғимараттың нөлдік деңгейі ретінде таза еден белгісі қабылданған, оның абсолюттік деңгейі – 758,70 м. Объект II деңгейлі жауапкершілік санатына жатады және техникалық жағынан күрделі құрылыс болып табылады.

Ғимараттың жобалық қызмет ету мерзімі – 100 жыл (I дәрежелі ұзақ мерзімділік).

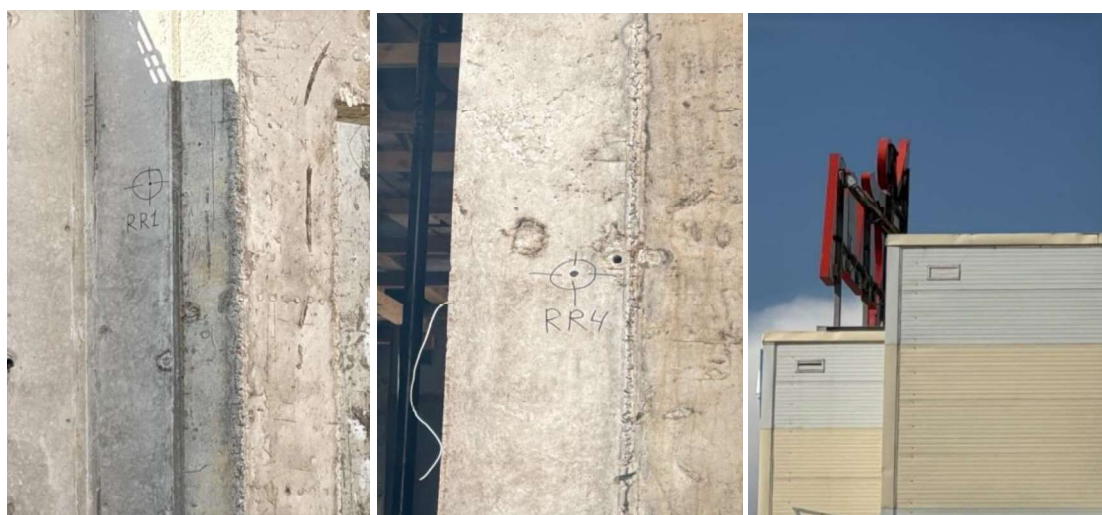
Ғимаратта тактильді тақталар, ақпараттық белгілер, кең есіктер және лифттер арқылы аз қозғалатын топтар үшін барлық жағдай жасалған. Лифт жүк көтергіштігі 1000 кг, жылдамдығы 1 м/сек, 8 қабатты қызмет етеді. Сонымен қатар, тұрғын үй кешенінде асбестоцементтік құбырлардан жасалған биіктігі 25 м болатын қоқыс құбыры қарастырылған.



10 - сурет – Тұрғын үй кешенінің жобалық макеті

Ғимараттың сыртқы әрлеу жұмыстары металл қаңқаға бекітілген фиброцемент панельдермен орындалған. Ішкі әрлеу санитарлық және өрт қауіпсіздігі талаптарына сай материалдардан жасалған.

Геодезиялық бақылау станциясы ғимарат периметрі бойынша орнатылған 11 қабырға реперінен және бақылау пункті ретінде алынған 5 сыртқы реперден тұрады, оны 12 – суреттен көруге болады.



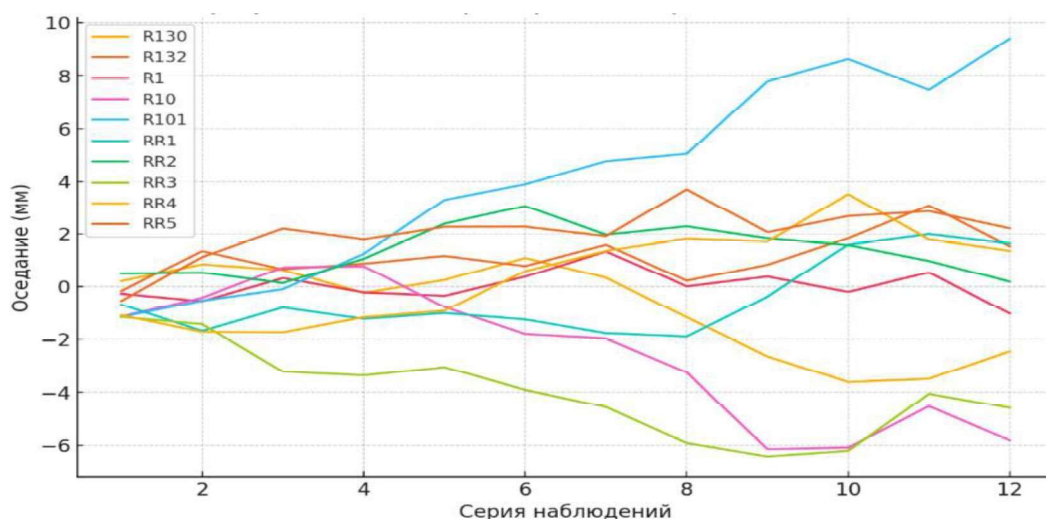
12 - сурет – Реперлердің орналасу орны

Реперлердің бастапқы координаталары зерттеудің бірінші кезеңінде анықталып, реперлердің кеңістіктегі X, Y, Z координаталары жоғары дәлдікпен есепке алынды. Бұл реперлердің орналасуы ғимараттың барлық бөлігін, әсіресе ең қауіпті аймақтарын толық қамтуға мүмкіндік береді. Қабырға реперлері ретінде диаметрі 10 мм және ұзындығы 100 мм болатын клиндік анкерлік болттар таңдалды. Олар ғимараттың кірпіш және бетон қабырғаларына 10 см тереңдікке орнатылды. Мұндай анкерлер құрылыс барысында да, одан кейін де жоғары тұрақтылық пен дәлдікті қамтамасыз етеді. Реперлердің орналасуы ғимараттың солтүстік, оңтүстік, шығыс және батыс жақтарына теңдей бөлінген: солтүстік және оңтүстік бетінде 5 реперден, ал шығыс және батыс бетінде 3 реперден орналастырылған.

Деформацияны бақылау жұмыстары геометриялық нивелирлеу әдісімен (III дәлдік класы) жүзеге асырылды. Өлшеу жұмыстары үшін келесі құрал-жабдықтар қолданылды:

- Leica Sprinter 250M сандық нивелирі қолданылды.
- 4 метрлік штрихкодтық рейкалар, рейканың өлшеу дәлдігі – 0,1 мм.
- әрбір бақылау циклінде реперлер бойынша екі еселенген өлшеу жүргізілді. Әр рейкадан алынған көрсеткіштер автоматты түрде нивелирдің ішкі жадына жазылып, қосымша түрде полевой журналда тіркелді. Өлшеу нәтижелеріндегі айырмашылықтар 0,5 мм-ден аспауы тиіс деп белгіленді, бұл нивелирлеудің жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді.

- бақылау жұмыстары жылдың әртүрлі маусымдарында жүргізілді:
- қысқы кезеңде (теріс температура және қар жамылғысы);
- көктемгі кезеңде (қар еру және топырақтың ылғалдылығы жоғары кезде);
- жазғы кезеңде (құрғақ және ыстық мезгілде).
- бұл әдіс ғимараттың деформация процесінің климаттық жағдайларға тәуелділігін бағалауға мүмкіндік береді. Барлығы 12 бақылау циклі өткізілді, өлшеулердің жиілігі – айына екі рет.

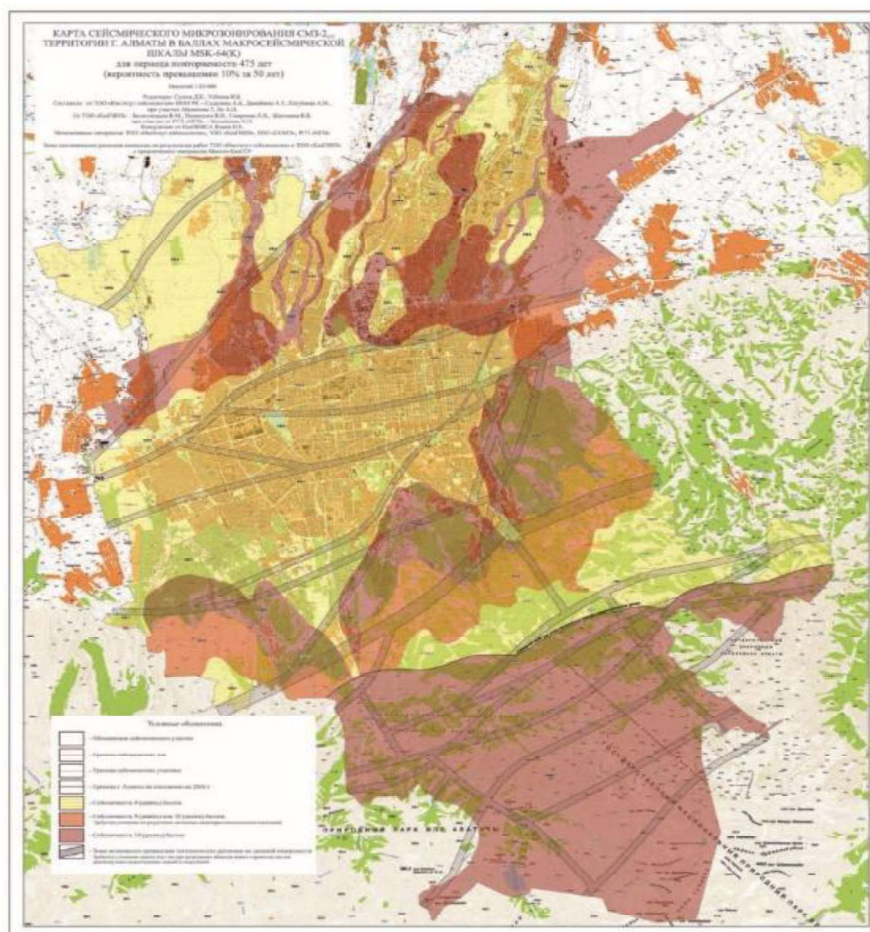


13 - сурет – Өлшеу графигі

Өлшеу нәтижелері Credo Нивелир 2.0 бағдарламалық кешенінде өңделді. Бұл бағдарлама нивелирлеу нәтижелерін уравнивание жасап, биіктік координаталардың нақты мәндерін анықтауға мүмкіндік береді. Әр бақылау циклі бойынша нивелирлеу жүрісінің қателіктері есептеліп, нәтижелері бақылау карталарына түсірілді.

Алматы қаласының бұл бөлігі 9 балдық сейсмикалық белсенді аймаққа жатады. Осы ерекшеліктер реперлердің құрылымын таңдауда және бақылау әдістемесін құруда маңызды рөл атқарды [39].

СМР-2 (MSK-64) сейсмикалық аудандастыру картасына сәйкес, зерттелетін нысан сейсмикалық қарқындылығы 9 балл болатын аймақта және тектоникалық ақауға жақын жерде орналасқан. Осыған байланысты ғимараттың деформациясын бақылау үшін стационарлық реперлер жүйесін қолдана отырып, геодезиялық бақылау әдісі қолданылды. Сондай-ақ спутниктік позициялау әдістерін пайдалана отырып, қосымша бақылаулар жүргізу ұсынылады.

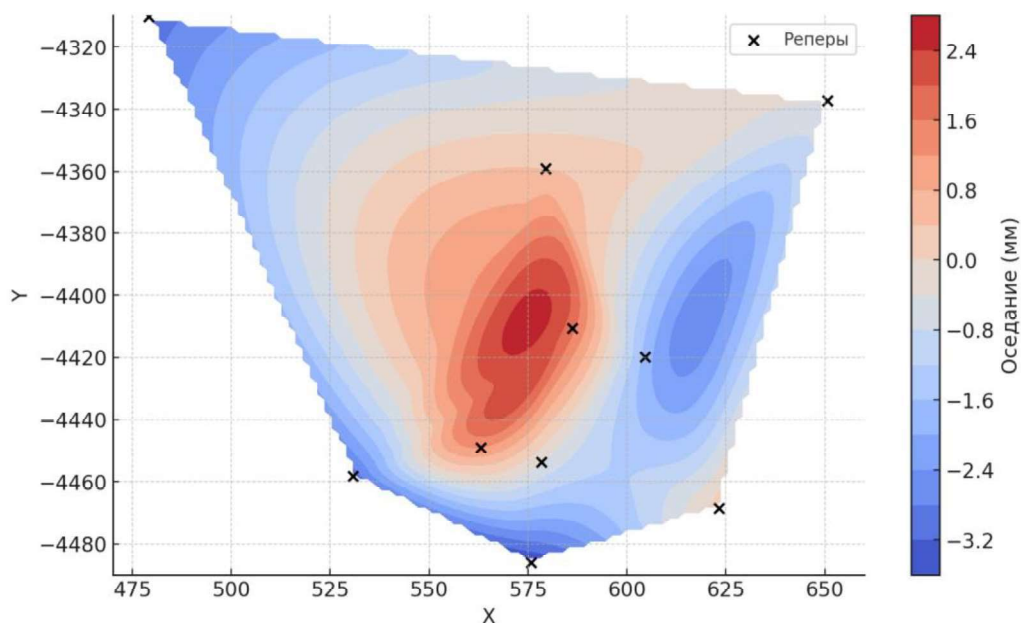


14 - сурет – Алматы қаласының сейсмикалық картасы

Нивелирлеу нәтижелерінің негізінде бақылау реперлерінің вертикаль бағыттағы орын ауыстырулары анықталды. Жинақталған өлшеу мәліметтері бойынша реперлердің шөгу шамалары интерполяция әдісі арқылы өңделіп,

оседание бетінің үлгілік картасы жасалды [40]. Бұл картада ғимарат периметрі бойынша шөгу процестерінің кеңістіктік таралуы 15 – суретте бейнеленген.

Картада қызыл реңктер шөгу деңгейінің жоғары екенін көрсетсе, көк реңктер салыстырмалы тұрақтылықты немесе көтерілу үрдісін білдіреді. Ең үлкен шөгу шамасы орталық бөлікте байқалады және ол шамамен $-3,2$ мм-ге жетеді. Бұл – шекті мән болып табылмайды және ғимараттың тұрақтылығына тікелей қауіп төндірмейді, алайда динамиканың бағытын бақылау қажеттігін көрсетеді.



15 - сурет – 12 бақылау сериясының нәтижесі бойынша ғимарат периметріндегі шөгу картасы

Реперлердің көпшілігі бойынша оседание ± 1 мм шегінде тіркелген, бұл ғимаратта шөгу процесі біркелкі жүріп жатқанын көрсетеді. Мұндай жағдайларда деформацияның біртіндеп жүруі конструкциялық құрылымдарға қауіп төндірмейді, бірақ бақылау жұмыстарын жалғастыруды талап етеді.

Изосызықтық карта шөгу аймақтарын анықтап қана қоймай, деформацияның бағыттарын, градиенттерін де бейнелейді. Бұл мәліметтер ғимараттың жүктемелік құрылымындағы кернеулердің таралуын талдауға және әрі қарайғы құрылыс немесе жөндеу шараларын жоспарлауға негіз бола алады.

2.3 Құрылыс нысандарын бақылауға арналған жоғары дәлдіктегі геодезиялық бақылау кешені

9 қабатты тұрғын үйдің құрылысы барысында жер асты сулары деңгейінің өзгеруі нәтижесінде техникалық қабаттардың су басуы немесе ылғалдануы, топырақ негізінің тығыздалуы, алдын ала ескерілмеген физика-

механикалық қасиеттердің әсері және басқа да факторлар орын алуы мүмкін. Мұндай қосымша факторларды құрылыс және пайдалану кезеңінде геодезиялық бақылау арқылы анықтау әрдайым мүмкін бола бермейді. Тәжірибе көрсеткендей, көптеген қосымша әсерлерді жүйелі түрде жүргізілетін деформациялық мониторинг арқылы анықтауға болады, әсіресе, тұрғын үйдің нақты орналасу жағдайы мен аумақтың геоморфологиялық ерекшеліктерін ескере отырып жүргізілген бақылаулар маңызды.

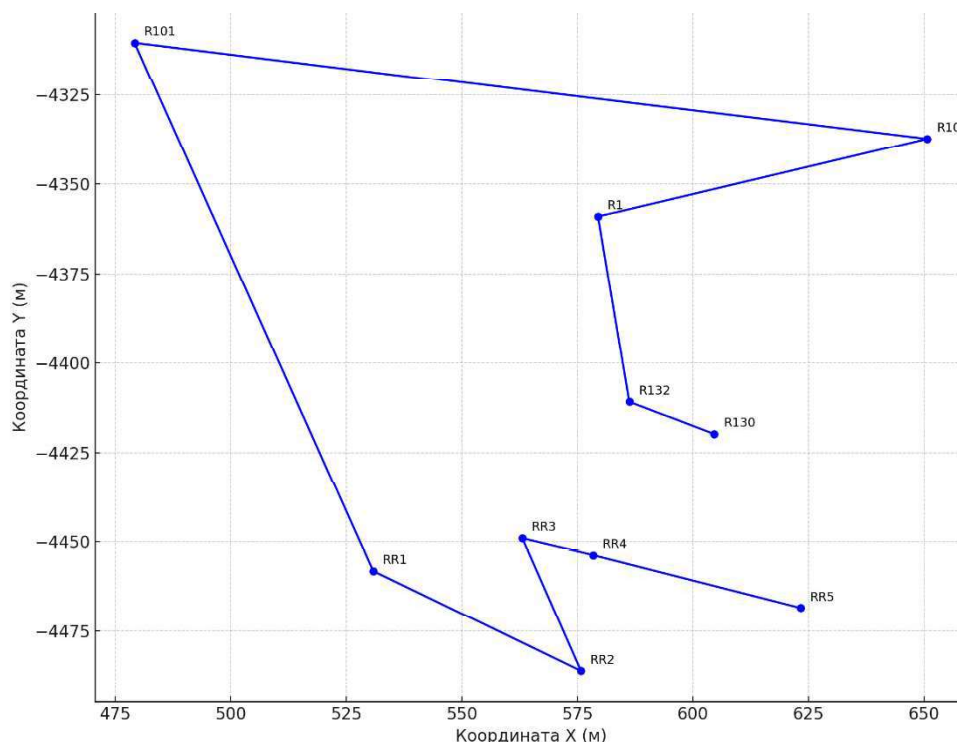
Шешілмеген мәселелердің қатарына ғимараттың топырақ негізімен, геодинамикалық процестермен және сыртқы ортамен өзара әрекеттесу мәселелері жатады, әсіресе әлсіз сейсмикалық тербелістер жиі байқалатын тау етегі аймақтарында. Тұрғын үйдің тірек конструкцияларында жиналатын зақымдар, сейсмикалық қауіпті аймақтарда пайдалану кезінде, ғимараттың динамикалық сипаттамаларына әсер етуі мүмкін.

9 қабатты тұрғын үйдің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін, оның орналасу ерекшеліктерін, пайдалану кезінде әсер ететін факторларды және құрылыс жобалау кезінде толық зерттелмеген жағдайларды ескере отырып, тұрақты геодезиялық бақылау жүргізу қажет. Бұл бақылау құрылыс нормалары мен нормативтік құжаттар талаптарына сәйкес 2 – кестеде жүзеге асырылады.

Кесте 2 – Реперлердің орналасу координаталары

Репер №	X (м)	Y (м)	Z (м)	Ескертпе
R130	604.638	-4419.776	773.066	Іргетастың бұрышындағы нүкте
R132	586.242	-4410.770	792.260	Ғимараттың қарсы бет жағындағы нүкте
R1	579.465	-4359.033	725.366	Ғимараттың периметрі, фасады
R10	650.732	-4337.321	780.057	Ғимараттың периметрі, фасады
R101	479.166	-4310.352	790.210	Ғимараттың периметрі, фасады
RR1	530.835	-4458.253	760.515	Бақылау нүктесі (сыртқы)
RR2	575.776	-4486.046	760.494	Бақылау нүктесі (сыртқы)
RR3	563.072	-4449.058	760.663	Бақылау нүктесі (сыртқы)
2RR4	578.422	-4453.793	760.220	Бақылау нүктесі (сыртқы)
RR5	623.291	-4468.461	761.826	Бақылау нүктесі (сыртқы)

Геодезиялық бақылаудың маңызды кезеңі – съёмка негізін құру, X, Y, Z координаталарын дәл анықтау, өйткені бұл бақылау нәтижелерінің нақтылығына тікелей әсер етеді. 9 қабатты тұрғын үй құрылысының айналасында оның орналасу ерекшеліктері, инженерлік-геологиялық шарттары, ауданның сейсмикалық белсенділігі және сыртқы ортаның әсері ескеріліп, геодезиялық желі құру әдістемесі ұсынылады.



16 - сурет – Нивелирлік жүріс схемасы

III дәлдік класты нивелирлеу бойынша нивелирлік жүріс схемасы және тұрғын үйдің шөгу маркаларының орналасуы 16 – суретте көрсетілген. Ғимараттың шөгу қозғалыстарын бақылау үшін арнайы А типті деформациялық маркалар орнатылды. Бұл маркалар ғимараттың кірпіш және темірбетон конструкцияларының шөгуін жүйелі түрде бақылауға арналған. Олар еденнен 0,3–0,6 м биіктікте орнатылып, арнайы қорғаныс қақпақтарымен жабдықталады және әр марканың нөмірі бояумен белгіленеді.

Бақылау нәтижелерінің сенімділігін арттыру мақсатында маркалар ғимараттың құрылымдық ерекшеліктерін ескере отырып орналастырылды. Горизонтальды ығысу қозғалыстарын анықтау үшін тахеометрлік полярлық әдіс және створлық бақылаулар әдісі қолданылды. Мұндай бақылаулар ғимараттың негізгі осьтері бойынша (AB, BC, CD, DA) көлденең ығысу бағыттарын анықтауға мүмкіндік береді.

Екінші тарау бойынша тұжырым

Жетісу ауданындағы көпқабатты тұрғын үйлерде жүргізілген зерттеулер нәтижесінде, аймақтағы инженерлік-геологиялық және сейсмикалық жағдайлардың, сондай-ақ климаттық және техногендік факторлардың деформациялық процестердің қалыптасуына тікелей әсер ететіні анықталды. Ауданның топырақ құрылымы, жер асты сулары деңгейінің жоғары болуы, маусымдық климаттық өзгерістер, тектоникалық ақаулар мен сыртқы жүктемелер – ғимараттардың конструкциялық элементтеріне түсетін күштер мен кернеулердің қайта бөлінуіне, нәтижесінде деформация процестерінің пайда болуына ықпал ететіні дәлелденді.

Зерттеу барысында ғимараттардың шөгу, көлденең және тік ығысу, қисайу және конструкциялық жарықтар түріндегі деформацияларының кеңістіктік таралу ерекшеліктері анықталды. Өлшеу нәтижелері негізінде ғимарат периметрі бойынша шөгу аймақтары мен олардың шамалары картаға түсіріліп, деформация процестерінің динамикасы мен бағыты визуализацияланды. Ғимараттың орталық бөлігінде шамамен $-3,2$ мм шөгу байқалса, жалпы деформациялар ± 1 мм шегінде тіркелді, бұл ғимараттың қазіргі жағдайда біркелкі шөгуін және оның конструкциялық қауіпсіздігін көрсетеді.

Геодезиялық бақылауларды ұйымдастыруда және жүргізуде құрылыс нысанының орналасқан жерінің ерекшеліктері, ауданның сейсмикалық белсенділігі, топырақтың физика-механикалық қасиеттері және ғимараттың жобалық сипаттамалары ескерілді. Зерттеу барысында қолданылған III дәлдік класты нивелирлеу әдісі, тахеометрлік полярлық өлшеулер және деформациялық маркалар жүйесі ғимараттардың деформацияларын жоғары нақтылықпен анықтауға мүмкіндік берді.

Жетісу ауданындағы зерттеу нәтижелері көпқабатты тұрғын үйлердің қауіпсіз пайдаланылуын қамтамасыз ету үшін тұрақты геодезиялық мониторингтің маңыздылығын дәлелдеді. Бұл зерттеу деформациялық процестерді ерте анықтау, олардың себептерін талдау және алдын алу шараларын уақытылы қабылдау үшін маңызды ғылыми және практикалық база болып табылады.

Сонымен қатар, зерттеу ғимараттар мен құрылыстардың техникалық жағдайын бағалауда геодезиялық мониторингтің маңызын дәлелдеді. Бақылау нәтижелері құрылымдық зақымданудың алдын алуға, жобалық шешімдерге түзетулер енгізуге және болашақ құрылыс нысандарының геотехникалық негізделуіне ықпал ете алады. Алматы қаласының сейсмикалық және геодинамикалық күрделі жағдайларын ескере отырып, геодезиялық мониторингтің жүйелі жүргізілуі құрылыс сапасын арттырудың, қауіпсіздік пен ұзақмерзімділікті қамтамасыз етудің маңызды тетігі ретінде бағаланады.

Жоғары дәлдікті құралдар мен қазіргі заманғы бағдарламалық кешендерді қолдану арқылы алынған өлшеу нәтижелері нақты әрі сенімді мәліметтерге негізделген. Бұл өз кезегінде сейсмикалық қауіпті аймақтарда орналасқан ғимараттар мен құрылыстардың эксплуатациялық қауіпсіздігін қамтамасыз етуге бағытталған ғылыми және инженерлік шешімдердің тиімділігін арттырады.

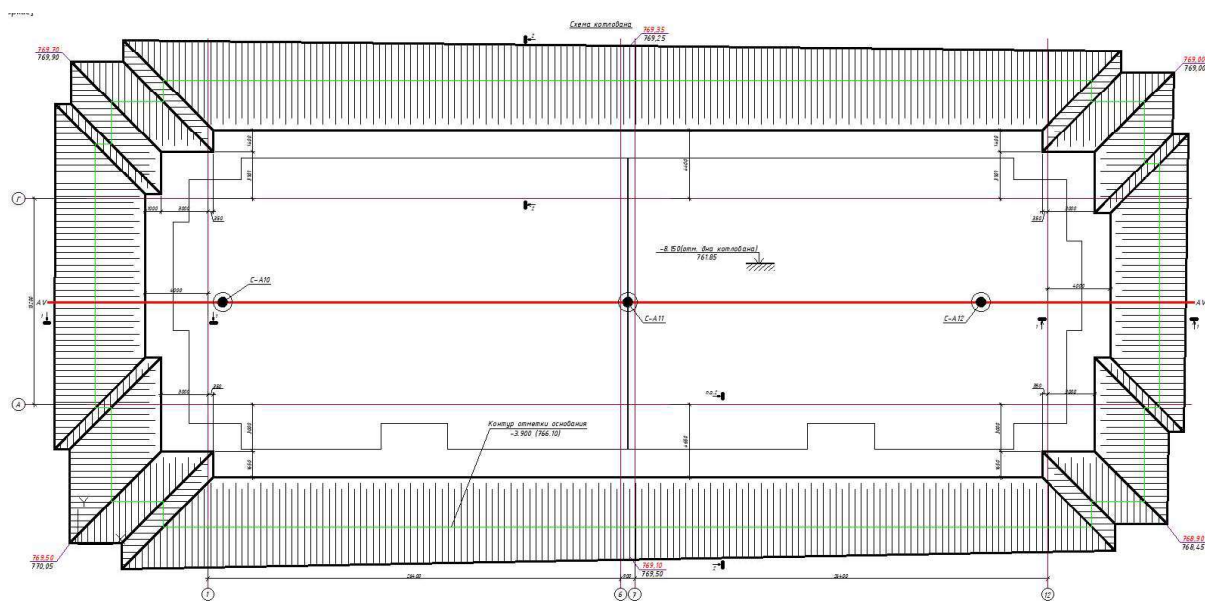
3 Геодезиялық бақылау әдістерімен ғимараттардағы деформацияларды анықтау және талдау

3.1 Құрылыс алаңының инженерлік-геологиялық жағдайлары жөніндегі мәліметтер

1 және 2-орындардағы №4 блоктың шөгуін және шөгу айырмасын анықтау. Осы мақсатта топырақ жастығы арқылы нығайтылған іргетас негізін тексеру жұмыстары орындалды. Іргетас табаны астындағы қысым, екі тұрғын үйдің алдын ала есептеу нәтижелері бойынша анықталып, Тапсырыс беруші ұсынған ПК Лира САПР бағдарламасында алынған.

Есеп шекті жағдайлар және негіздер мен іргетастардың пайдалану сенімділігі бойынша, негізгі жүктеме комбинациясы және құрылыс нысанына арналған инженерлік-геологиялық зерттеулер нәтижелеріндегі топырақ сипаттамалары бойынша жүргізілді [41].

Деформациялық схемасы бойынша топырақтардың жылжуы, шөгуі және кернеулі күйі бойынша талдау, жүргізілген есептер нәтижелеріне сүйене отырып, ПК GTS NX MIDAS 3D бағдарламасы арқылы орындалды.

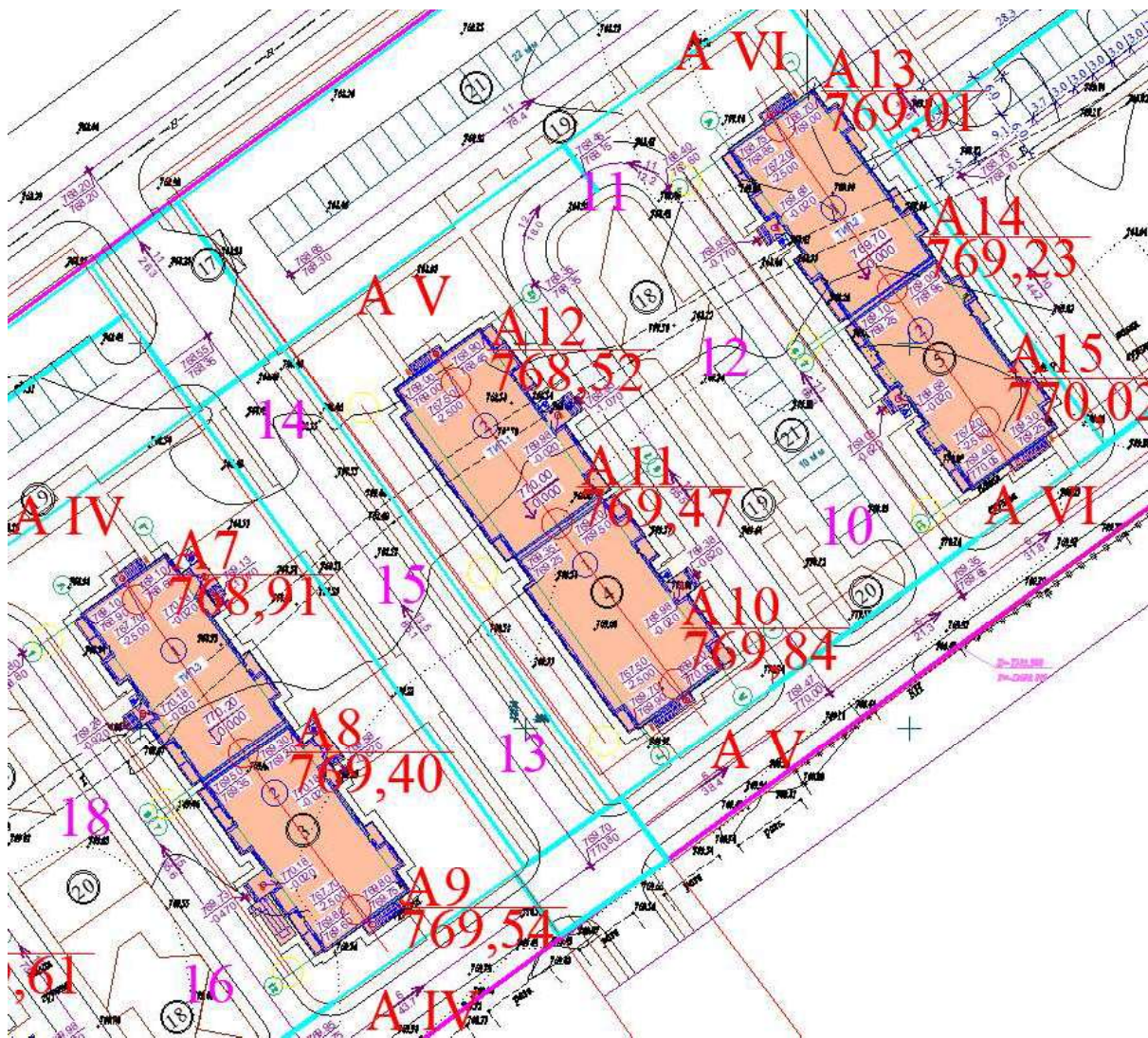


17 - сурет – №4 блогының 1 және 2 орындарының тұрғын үй кешенінің котлован белгілері

Геоморфологиялық жағынан құрылыс алаңы Зайсан Алатауы жотасының солтүстік беткейлерінің шлейф-конустарының шеткі бөлігіндегі прегорная жазықтың шегінде орналасқан. Бұл аудан шлейфтің прегорная, аз еңісті аллювиалды-пролювиалды жазықпен түйісетін бөлігінде орналасқан.

Зерттеу жүргізілген аймақ геоморфологиялық тұрғыдан Қарғалы өзенінің оң жағалауындағы үстіңгі төрттік аллювиалды-пролювиалды прегорная жазықтың шегіндегі жайпақ беткейлі аймақ болып табылады. Жер бедері әлсіз толқынды, еңісі аз (0,01–0,03), солтүстік бағытта орналасқан,

Қарғалы және уақытша ағындармен бөлінген. Қарғалы өзені таулардан басталып, негізінен қар-мәңгі мұздықтардан қоректенеді. Өзен арналарының еңісі аз болғандықтан, өзен жазықта қатты меандрланып, эрозиялық өзен табанының ені ондаған метрден жүздеген метрге дейін, тереңдігі 3 метрге дейін жетеді. Рельефтегі төмен аймақтар – бұл су тасқыны кезінде уақытша су басуға және батпақтануға бейім өзен аңғарларының шалғындық учаскелері.



18 - сурет – Геологиялық ұңғымалар мен екінші кезектегі ғимараттардың орналасуын қамтитын топографиялық түсірілім

Геоморфологиялық тұрғыдан жобаланған құрылыс алаңы абсолюттік белгілері 768–769 м болатын, прегорная сатылы жазықтың төменгі деңгейіндегі тегіс беткейлі рельеф учаскесі болып табылады. Өсімдік жамылғысы мен топырақ алаңда біркелкі таралмаған. Сондай-ақ, алаңда үйілген топырақтар таралған, олардың қалыңдығы да біркелкі емес.

Құрылыс жүргізілетін учаскеде айқын өзен арналары анықталмаған. Сондай-ақ, суды өткізуге арналған жасанды құрылыстар немесе су жиналуы мүмкін шұңқыр тәрізді ойыстар да анықталмаған.

Жер бедерінің жағдайына сәйкес, құрылыс алаңы жерүсті және жер асты суларымен уақытша су басуға ұшырамайтын аумақтарға жатады.

Алаңның геологиялық құрылымы мезокайнозой дәуірінің шөгінділерінен тұрады, олар Іле ойпатының шегін құрайды. Геологиялық қиманың жоғарғы бөлігін, шамамен 200 м тереңдікке дейінгі аралықты, орта төрттік дәуірдегі аллювиалды-пролювиалды шөгінділер құрайды. Бұл шөгінділер прегорлық (тау етегіндегі) шлейфтің конустық бөлігін қалыптастыратын аллювиалды-пролювиалды жазықпен, сонымен қатар жоғарғы төрттік және қазіргі заманғы аллювиалды-пролювиалды түзілімдермен қабаттаса орналасқан.

Орта төрттік аллювиалды-пролювиалды шөгінділер литологиялық құрамында негізінен сазды және құмдақ қабаттарымен кездеседі, сирек жағдайда саздақтар, ұсақ қиыршық тасты және құм қабаттарымен, құмдақ-сазды линзалармен және әртүрлі түйіршік өлшеміндегі құмдармен араласқан.

Жоғарғы төрттік және қазіргі аллювиалды-пролювиалды түзілімдер, прегорлық шлейфтің шеткі бөлігінде, қиыршық тастар, қиыршық-галькалық қоспалар және әртүрлі түйіршік өлшеміндегі құмдардан, сондай-ақ сазды және құмдақ қабаттарынан тұрады. Ал шлейфтің орталық және жоғарғы бөліктерінде негізінен құмдақ және саздақ қабаттары басым. Бұл қабаттардың жалпы қалыңдығы 50 м-ден аспайды.

Алаңның литологиялық құрылымы (зерттелген тереңдік бойынша) саздақтардан, құмдақтардан, қиыршық тастардан және гравийлі топырақтардан тұрады. Жер бетінде жұқа топырақ-жер қабаты және үйінді топырақтар (етQIV) кездеседі. Бұрғылау және зертханалық зерттеулердің нәтижесінде келесі инженерлік-геологиялық элементтер (қабаттар) анықталды:

Топырақ-жер қабаты (өсімдік тамырларымен): қалыңдығы 0,2–0,5 м.

– ИГЭ-1. *Үйінді топырақ* – негізінен галька мен қиыршық тастар қосылған саздақтар. Қалыңдығы 0,4–1,8 м.

– ИГЭ-2. Қоңыр түсті, тығыз, макропористы саздақтар, карбонатты қоспалармен, темірленген, орташа құм линзаларымен.

– ИГЭ-3. Ашық-қоңыр-сұр түсті құмдақтар, тығыз, шөгуге бейім, ұсақ құм мен саздақ линзаларымен, кейде қабаттасқан.

– ИГЭ-4. Қоңыр-сұр түсті саздақтар, тығыздан жұмсақ пластикалыққа дейінгі құрылымды, шөгуге бейім емес, ұсақ құм линзаларымен, 3–5% галька мен қиыршық тастармен.

– ИГЭ-5. Қоңыр-сұр түсті саздақтар, ағынды-пластикалық құрылымды, шөгуге бейім емес, ұсақ құм линзаларымен, 3–5% галька мен қиыршық тастармен.

– ИГЭ-6. Ұсақ және шаңды құм, аз ылғалды, орташа тығыздықта, саздақ және құмдақ линзаларымен.

– ИГЭ-7. Орташа түйіршікті, орташа тығыздықтағы, қоңыр түсті құм.

– ИГЭ-8. Ірі түйіршікті, орташа тығыздықтағы, қоңыр түсті құм.

- ИГЭ-9. Қоңыр түсті, гравийлі, орташа тығыздықтағы, аз ылғалды құм.
- ИГЭ-10. Сұр-қоңыр түсті гравийлі топырақ, құмдақ-сазды және құм қоспасымен, ұсақ галькалармен (30% дейін). Галькалар метаморфтық және шөгінді жыныстардың фрагменттерімен, орташа беріктіктегі және орташа үгілгіштіктегі бөлшектермен кездеседі. Құм құрамында полимиктті гравийлі құм басым. Саздақ пен құмдақ қабаттары (кейде қабаттасып) 0,7 м-ге дейін жетеді.

Аланда аллювиалды су өткізетін қабат таралған. Жерасты суларының деңгейі 2022 жылдың мамырында 17,3–19,8 м тереңдікте анықталған. Жерасты суларының маусымдық тербелісі 0,6 м-ден аспайды, ең жоғарғысы сәуірде, ең төменгісі желтоқсанда байқалады. Бұл гравийлі топырақтардың сүзгілеу қабілетінің жоғары болуына байланысты. Болашақта техногендік факторлардың (инженерлік-құрылыс игеруін ескере отырып) әсерінен уақытша сипаттағы жерасты суларының пайда болуы ("верховодка" түрі) екіталай деп бағаланады.

Топырақтардың физика-механикалық қасиеттері бұзылған құрылымды үлгілер бойынша зертханалық әдістермен анықталды. Зерттелген тереңдіктегі инженерлік-геологиялық элементтердің әрқайсысы физика-механикалық қасиеттерінің көрсеткіштерімен сипатталады. Топырақ қабаттарының сипаттамасы төменде келтірілген.

ИГЭ-1. Үйінді топырақ – қор деректері бойынша орташа тығыздығы 1,80 т/м³. Физика-механикалық қасиеттері құрылымның әртүрлілігі, құрылыс қалдықтарының болуы және жүйелі қабаттық тығыздаудың болмауына байланысты берілмейді. Бұл қабаттар іргетастардың негізі ретінде қарастырылмайды.

ИГЭ-2. Шөгуге бейім саздақтар:

- табиғи ылғалдылығы: 7,3–26,7%
- сұйылу шегі бойынша ылғалдылық: 31,3%
- илемдеу шегі бойынша ылғалдылық: 21,6%
- пластикалық көрсеткіші: 9,7%
- сұйылу көрсеткіші: <0–0,15
- топырақтың орташа тығыздығы: 1,74 г/см³
- құрғақ тығыздығы: 1,52 г/см³
- кеуектілік коэффициенті: 0,793
- су сіңіру коэффициенті: 0,50–0,82

Саздақтың тығыздығы бойынша есептік мәндері:

Деформация бойынша есептеулерде:

$$\alpha = 0,85 \text{ кезінде: } \rho'' = 1,72 \text{ т/м}^3, \rho d'' = 1,50 \text{ т/м}^3$$

Негізгі көтергіштік бойынша есептеулерде:

$$\alpha = 0,95 \text{ кезінде: } \rho' = 1,71 \text{ т/м}^3, \rho d' = 1,48 \text{ т/м}^3$$

Саздақтардың беріктік және деформациялық қасиеттерінің нормативтік мәндері:

$$\text{Табиғи ылғалдылықта: } \varphi = 23^\circ, C = 35,9 \text{ кПа}, E = 8,1 \text{ МПа}$$

Толық суға қаныққан күйде: $\phi = 18^\circ$, $C = 25,9$ кПа, $E = 3,4$ МПа

Есептік жағдайлар бойынша:

$\alpha = 0,85$ кезінде: $\phi' = 22,4^\circ$, $C' = 33,8$ кПа, $E = 7,6$ МПа

$\alpha = 0,95$ кезінде: $\phi' = 21,1^\circ$, $C' = 31,5$ кПа

Толық суға қаныққан саздақтардың есептік сипаттамалары:

Деформация бойынша: $\phi' = 17^\circ$, $C' = 23,9$ кПа, $E = 3,1$ МПа

Негізгі көтергіштік бойынша: $\phi' = 16^\circ$, $C' = 22,6$ кПа

Жердің есептік кедергісі (R_0) сіңірілетін қысымға тең деп қабылданады (P_{sl}).

Бастапқы шөгу қысымы қанығу жағдайында қосымша жүктемелер кезінде 0,010–0,157 МПа аралығында өзгереді (нормативті мән – 0,091 МПа).

Кесте 3 – ИГЭ-3. Құмайт (шөуге бейім)

№	Көрсеткіш атауы	Мәні
1	Табиғи ылғалдылық, %	11,5
2	Сұйылу шегі бойынша ылғалдылық, %	24,0
3	Илемдеу шегі бойынша ылғалдылық, %	17,3
4	Пластикалық көрсеткіші, %	6,7
5	Сұйылу көрсеткіші	<0
6	Топырақтың тығыздығы, г/см ³	1,82
7	Құрғақ топырақтың тығыздығы, г/см ³	1,63
8	Кеуектілік коэффициенті	0,656
9	Су сіңіру коэффициенті	0,47

ИГЭ - 3 Супесьтің тығыздық мәндері (сенімділік дәрежесі бойынша):

Деформация есебі кезінде ($\alpha=0,85$):

$\rho'' = 1,78$ т/м³, $\rho d'' = 1,60$ т/м³

Негізгі көтергіштік есебі кезінде ($\alpha=0,95$):

$\rho' = 1,77$ т/м³, $\rho d' = 1,59$ т/м³

Супесьтің беріктік және деформациялық қасиеттерінің нормативтік мәндері:

Табиғи ылғалдылықта:

$E^H = 13,8$ МПа (0,1–0,2 МПа интервалында)

Толық суға қаныққан жағдайда:

$\phi^H = 24^\circ$, $C^H = 35$ кПа, $E^H = 6,4$ МПа

Супесьтің толық қанығу кезіндегі есептік қасиеттері:

Деформация есебі кезінде ($\alpha=0,85$):

$\phi'' = 22^\circ$, $C'' = 28$ кПа

Негізгі көтергіштік есебі кезінде ($\alpha=0,95$):

$\phi' = 21^\circ$, $C' = 23$ кПа

ИГЭ №2 және ИГЭ №3 шөгінді топырақтар бірінші типті топырақ жағдайларына жатады (шөгу – тек сыртқы жүктеме кезінде байқалады, тұрмыстық қысымда байқалмайды).

Кесте 4 – ИГЭ-4 Саздақ (непросадочный) – физика-механикалық қасиеттері

№	Көрсеткіш атауы	Мәні
1	Табиғи ылғалдылық, %	11,5–26,8
2	Сұйылу шегі бойынша ылғалдылық, %	30,0
3	Илемдеу шегі бойынша ылғалдылық, %	20,2
4	Пластикалық көрсеткіші, %	9,8
5	Сұйылу көрсеткіші	<0–0,52
6	Топырақтың тығыздығы, г/см ³	1,95
7	Құрғақ топырақтың тығыздығы, г/см ³	1,61
8	Кеуектілік коэффициенті	0,682
9	Су сіңіру коэффициенті	0,58–1,0
10	Есептік кедергі, кПа	250

Кесте 5 – Есептік тығыздық мәндері (сенімділік дәрежесі бойынша)

№	Есеп түрі	ρ (т/м ³)	ρ_d (т/м ³)
1	Деформация бойынша ($\alpha=0,85$)	1,93	1,60
2	Көтергіштік бойынша ($\alpha=0,95$)	1,92	1,59

Кесте 6 – Беріктік және деформациялық қасиеттер

Шарттар	Φ (°)	C (кПа)	E (МПа)
Табиғи ылғалдылықта	22°	32	7,5
Су қанығуы жағдайында	21°	30	6,1

Кесте 7 – Саздақтардың (толық суға қаныққан кездегі) беріктік және деформациялық қасиеттері

Шарттар	Φ (°)	C (кПа)	E (МПа)
Нормативті мәндер	17°	20	2,7
Деформация есебі ($\alpha=0,85$)	15°	16	2,6
Көтергіштік есебі ($\alpha=0,95$)	15°	13	—

Зерттеліп отырған аумақта, литосфераның жоғарғы бөлігінде, инженерлік-құрылыс жұмыстары жүргізілетін аймақта жобалау және құрылыс жағдайларына, сондай-ақ ғимараттарды пайдалану кезеңіне әсер ететін геологиялық процестер байқалады.

Экзогендік процестерден жазықтық эрозия және просадкалық құбылыстарды атап өту қажет, олар беткі сулардың әсерінен немесе су өткізгіш инженерлік коммуникациялардан ағып кеткен сулардан туындайды.

ИГЭ-2 саздақтары мен ИГЭ-3 супестері – просадкалық сипатқа ие, құрамында карбонатты тұздар бар, олар дисперстік күйде болады және сумен қаныққанда оңай езіліп, шайылып кетеді. Беткі суларды жинау және бұру бойынша алдын ала шаралар қабылданбаған жағдайда, нөсер жауын-шашын кезінде жазықтық эрозия процестері және сүзгілеу арқылы топырақтың шайылып кету процестері дамиды.

Ұсыныс: жобаланатын ғимараттардың айналасында ені кемінде 2 м және көлденең қимасында еңісі кемінде 0,03 болатын су өткізбейтін отмостваны орнату қажет.

Егер құрылыс нысанының бүкіл пайдалану мерзімінде топырақ негізін сулау мүмкіндігі болмайтын болса, топырақтардың просадкалық қасиеттерін есепке алмауға рұқсат етіледі (бұл жағдайда сулау мүмкіндігі жоқ деп болжанады).

Осыған байланысты, зерттеліп отырған аймақтағы просадкалық топырақтарда құрылыс жүргізу тәжірибесін ескере отырып, ИГЭ-10 қиыршық тасты топыраққа тереңдетілген стакан тәрізді бұрғылау қадаларын немесе топырақтардың просадкалық қасиеттерін толық немесе ішінара жою және сумен қанығу мүмкіндігі бар топырақ қабатын қорғау бойынша кешенді шараларды қолдану ұсынылады. Сондай-ақ, конструктивті шаралар қарастырылуы тиіс.

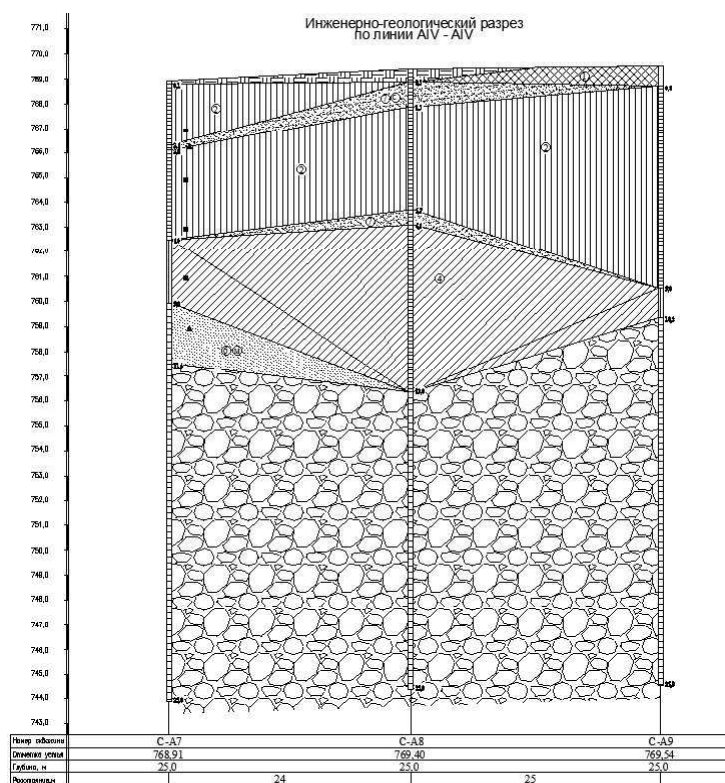
Эндогендік процестерден сейсмикалық белсенділікті атап өткен жөн, ол жер сілкіністері түрінде байқалады. Құрылыс аймағы үшін MSK-64 (K) шкаласы бойынша сейсмикалық қауіптілік деңгейі 9 (тоғыз) баллға тең.

Инженерлік-геологиялық зерттеулер нәтижелері бойынша, зерттелген қалыңдықтағы жобаланатын іргетастардың табиғи негізін құрайтын топырақтар сейсмикалық қасиеттері бойынша II санатқа жатады (СП РК 2.03-30-2017 6.1-кестесіне сәйкес). Сондықтан, құрылыс аймағының сейсмикалық қауіптілік деңгейі 6-кесте бойынша 9 (тоғыз) балл болады (топырақ жағдайларына байланысты).

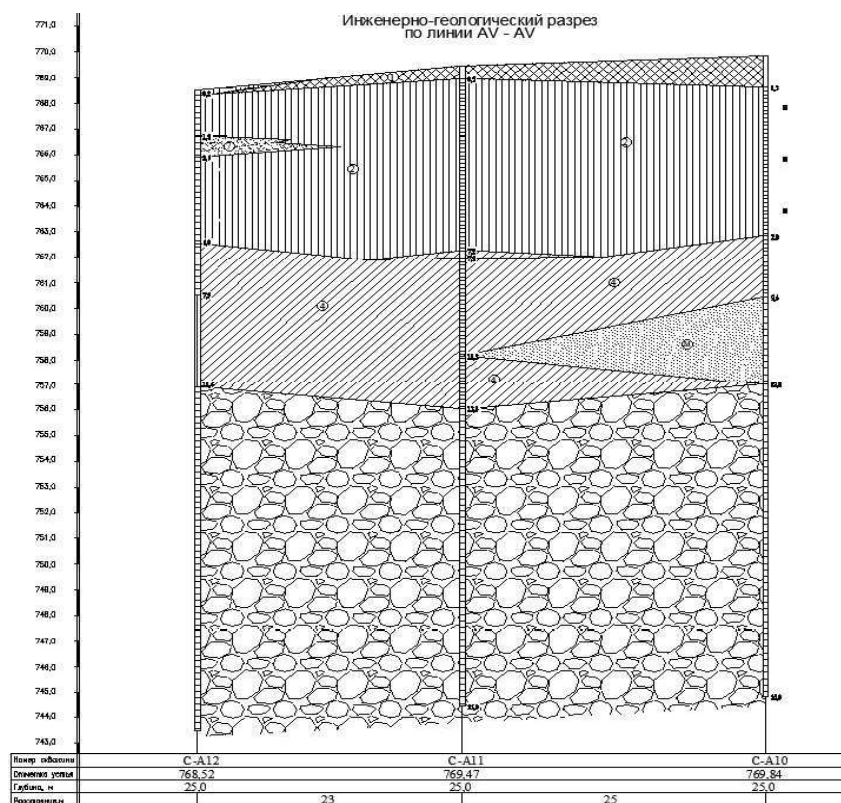
Есептік үдеулердің мәндері:

- горизонталь үдеудің есептік мәні a_g (g үлесінде) – 0,536;
- вертикаль үдеудің есептік мәні a_{gv} (g үлесінде) – 0,429.

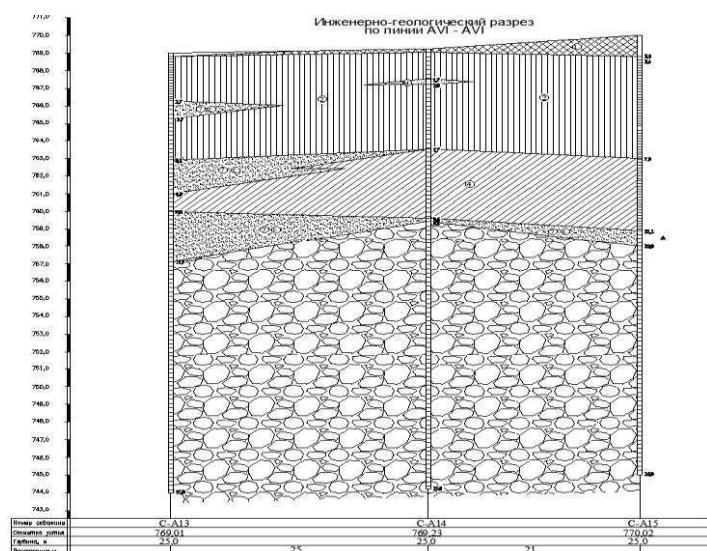
СП РК 2.03-31-2020 қосымша 4-ке сәйкес, Алматы қаласының сейсмикалық микроаудандау картасы бойынша зерттеу аймағы II-A-3 (сейсмикалық қауіптілік – 9 балл) және III-A-1 (сейсмикалық қауіптілік – 9–10 балл) аймақтарының шекарасында орналасқан. Бұл мәліметтерді инженерлік-геологиялық зерттеулердің нақты нәтижелерімен нақтылау қажет.



19 - сурет – AIV–AIV сызығы бойынша инженерлік-геологиялық қимасы

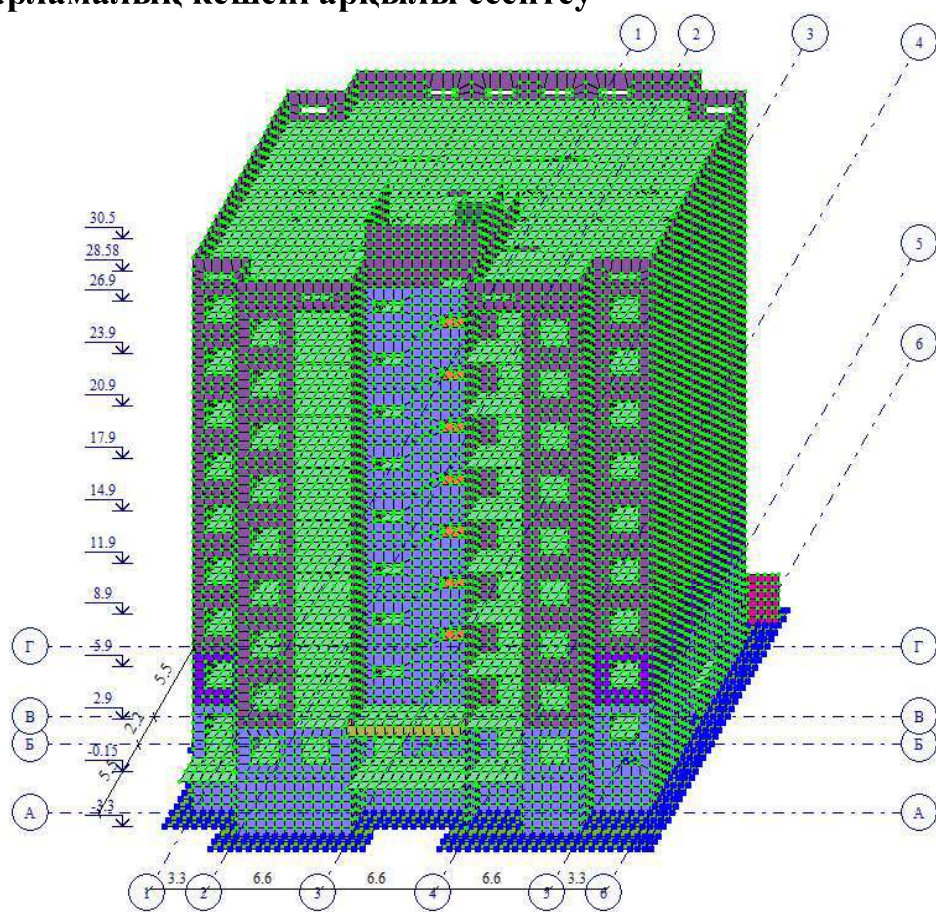


20 - сурет – AV–AV сызығы бойынша инженерлік-геологиялық қимасы



20 - сурет – AVI–AVI сызығы бойынша инженерлік-геологиялық қимасы

3.2 Сейсмикалық қауіпті аймақта орналасқан көпқабатты ғимараттың іргетас негізінің орнықтылығын Midas GTS NX бағдарламалық кешені арқылы есептеу



21 - сурет – Lira САПР бағдарламасы бойынша ғимараттың есептік сұлбасы

Кесте 8 – Есептік жүктемелер кестесі:

Жүктеме түрі	Нормативтік жүктеме (кН)	γ_f	γ_c	Есептік жүктеме (кН)
Тұрақты жүктеме	63411,5	1,1	1,35	77823,2
Тұрақты жүктеме	6546,53	1,1	1,35	8034,4
Уақытша жүктеме	6036,22	1,1	1,5	8231,2
Уақытша жүктеме	828,52	1,1	1,5	1129,8
Уақытша жүктеме	155,617	1,1	1,5	212,205
Қар жүктемесі	628,276	1,1	1,5	856,74
Жүктемелердің жалпы сомасы (нормативтік)	77606,663			
Жүктемелердің жалпы сомасы (есептік)				96287,54

ПК Midas GTS NX – ғимараттар мен олардың іргетастары арасындағы өзара әрекеттесуді соңғы элементтер әдісі арқылы модельдеуге арнайы әзірленген бағдарлама. GTS NX қазбалар мен үйінділерді тұрғызу, ғимараттар салу, жүктемелерді есептеу және жобалау мен құрылысқа тікелей әсер ететін басқа да жағдайларды кезең-кезеңімен есептеуді орындау үшін қолданылады. Бағдарламада әртүрлі жағдайларды (топырақтың сипаттамалары, су деңгейлері және т.б.) және нақты құбылыстарды модельдеудің әртүрлі аналитикалық әдістемелерін есепке алу мүмкіндігі қарастырылған.

Бағдарламада барлық типтегі далалық жағдайлар есептеу әдістерінің сызықтық/сызықтық емес түрлерін (сызықтық/сызықтық емес статикалық есептеу, сызықтық/сызықтық емес динамикалық есептеу, сүзгілеу мен консолидацияны есептеу, еңіс тұрақтылығын есептеу) және әртүрлі біріктірілген есептеу әдістерін (сүзгілеу мен кернеулі-деформациялық күйдің өзара әрекеті, кернеулі-деформациялық күй мен еңіс тұрақтылығының өзара әрекеті, сүзгілеу мен еңіс тұрақтылығының өзара әрекеті және еңіс тұрақтылығының сызықтық емес біріктірілген есебі) қолдану арқылы жүзеге асыруға болады.

СП РК 2.03-31-2020 қосымша 6 бойынша, Алматы қаласы аумағында көлденең үдеулердің мәндері 0,54g және 0,56g шегінде. Жаңа ғимараттар мен құрылыстардың, сондай-ақ Алматы қаласының бар нысандарының сейсмотұрақтылығын қамтамасыз ету шараларын таңдау және негіздеу СП РК 2.03-30 және СП РК ЕН 1998-1 талаптарына, сондай-ақ оларға арналған нормативтік-техникалық нұсқаулықтарға сәйкес жүзеге асырылуы тиіс.

Басқа қауіпті геологиялық процестер, инженерлік қорғау шараларын қажет ететін, анықталған жоқ.

Кесте 9 – Нүктелік күштердің жүктемелер бойынша мәндері

Жүктеме нөмірі	PX (кН)	PY (кН)	PZ (кН)	PUX (мм)	PUY (мм)	PUZ (мм)	PW
1	9,02e-17	1,09e-16	6341,15	0,00104	0,00236	9,48e-17	0
2	3,51e-17	4,34e-19	654,653	0,00026	0,00061	0	0
3	-32,2435	9,40143	0	-0,05078	-0,18142	-0,00403	0
4	7,63e-17	0	603,622	0,00033	0,00060	5,31e-17	0
5	0	0	82,852	-7,93e-16	1,01e-15	0	0
6	0	0	15,5617	1,97e-05	2,17e-05	0	0
7	0	0	62,8276	7,89e-05	8,68e-05	0	0
8 - 2	-1589,47	-27,7926	145,262	0	0	0	0
8 - 5	-44,7715	37,8963	0,0799	0	0	0	0
8 - 6	-229,477	-66,9303	31,2392	0	0	0	0
8 - 9	-98,5561	-22,1857	5,0794	0	0	0	0
9 - 1	31,2845	-1616,68	-14,0598	0	0	0	0
9 - 5	37,8963	-32,0768	-0,0676	0	0	0	0
9 - 7	48,5173	-346,582	8,6478	0	0	0	0
19 - 2	-1587,04	-23,4082	192,374	0	-66,3082	-3,6856	0
19 - 6	-227,402	-48,5822	37,3645	0	-28,2872	-6,4365	0
19 - 12	-56,94	-29,6829	13,9836	0	8,3932	-4,5468	0
19 - 26	-46,9129	14,7811	-6,5678	0	6,1352	1,8888	0
20 - 2	-1590,38	-32,1571	97,9698	0	9,3747	3,3820	0
20 - 6	-230,342	-48,7926	13,0969	0	34,3775	7,1061	0
20 - 11	-73,6282	-34,1338	14,2776	0	-11,3866	4,6267	0
21 - 1	26,1421	-1611,95	98,8506	146,583	0	-6,7119	0
21 - 14	83,9239	-196,584	15,1838	-36,2397	0	-21,870	0
21 - 33	-24,0389	-88,9282	40,3242	-17,9957	0	5,5292	0
21 - 35	-5,3855	-30,2713	15,3198	-4,8385	0	1,0145	0
21 - 59	-10,5544	-39,1416	-6,1655	10,7325	0	3,6666	0
22 - 1	35,9877	-1612,53	-127,215	129,443	0	9,1757	0
22 - 15	43,2932	-213,520	-7,3134	17,2769	0	12,1252	0
22 - 37	-8,3786	-57,0850	19,2698	16,7899	0	-2,8225	0
22 - 55	15,6155	-25,4670	-24,0255	-17,0706	0	4,6311	0
10 - 4	-111,027	0,7363	-5213,36	0	0	0	0

Кесте 10 – Топырақ және топырақ жастығының сипаттамалары

Name	E	G	Eoed	v	γ	Ko	Nonlinear C	ϕ	γ_{sat}
ig2_vod	3100	1148,15	4975,31	0,35	17,4	0,724363	22,6	16	18,4
ig10	30000	11538,5	40384,6	0,3	21	0,426424	0,7	35	22
podushka	30000	11538,5	40384,6	0,3	20	0,593263	9	24	21
ig2_est	7600	2814,81	12197,5	0,35	17,4	0,61893	33,8	22,4	18,4
ig3_est	13800	5187,97	20446,7	0,33	18,2	0,593263	35	24	19,2
ig3_vod	6400	2406,02	9482,53	0,33	18,2	0,641632	23	21	19,2
ig4_est	7500	2884,62	10096,2	0,3	19,5	0,65798	29	20	20,5
ig4_vod	6100	2346,15	8211,54	0,3	19,5	0,674432	28	19	20,5
ig5	2600	962,963	4172,84	0,35	19,3	0,741181	13	15	20,3
ig6	17000	6538,46	22884,6	0,3	16,7	0,561629	3	26	17,7
ig7	31000	11923,1	41730,8	0,3	17,2	0,484962	1	31	18,2
ig8	31000	11923,1	41730,8	0,3	18,3	0,484962	1	31	19,3
ig9	31000	11923,1	41730,8	0,3	20,1	0,484962	1	31	21,1

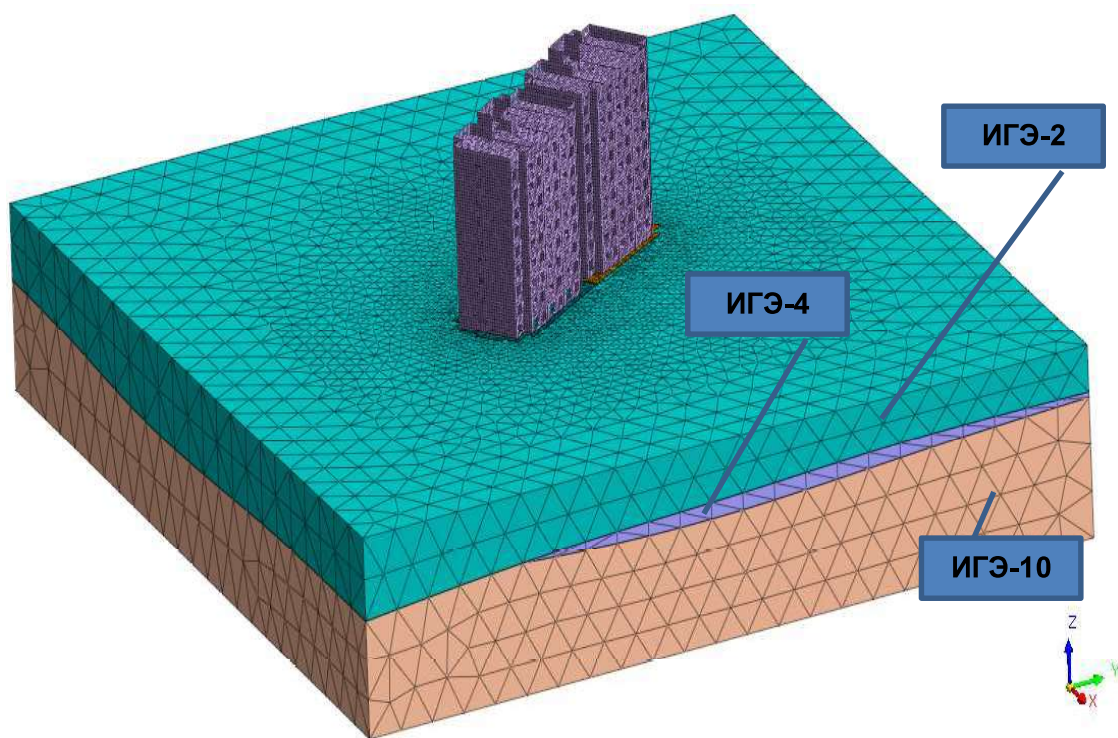
GTS NX бағдарламасының интерфейсі модельдеу және есептеу құралдарына ыңғайлы қол жеткізуді қамтамасыз етіп, тәжірибелі инженерлер үшін де, жаңадан бастаушылар үшін де түсінікті жұмыс ортасын ұсынады. 64-биттік операциялық жүйелер мен жаңа буындағы графикалық платформаларға қолдау көрсету торлы модельдерді жасау және есептеулер кезінде жоғары өнімділікті қамтамасыз етеді. Ал, кіріктірілген 64-биттік шешуші үлкен модельдерді есептеу уақытын едәуір қысқартуға мүмкіндік береді.

Кесте 11 – Құрылыс материалдарының сипаттамалары

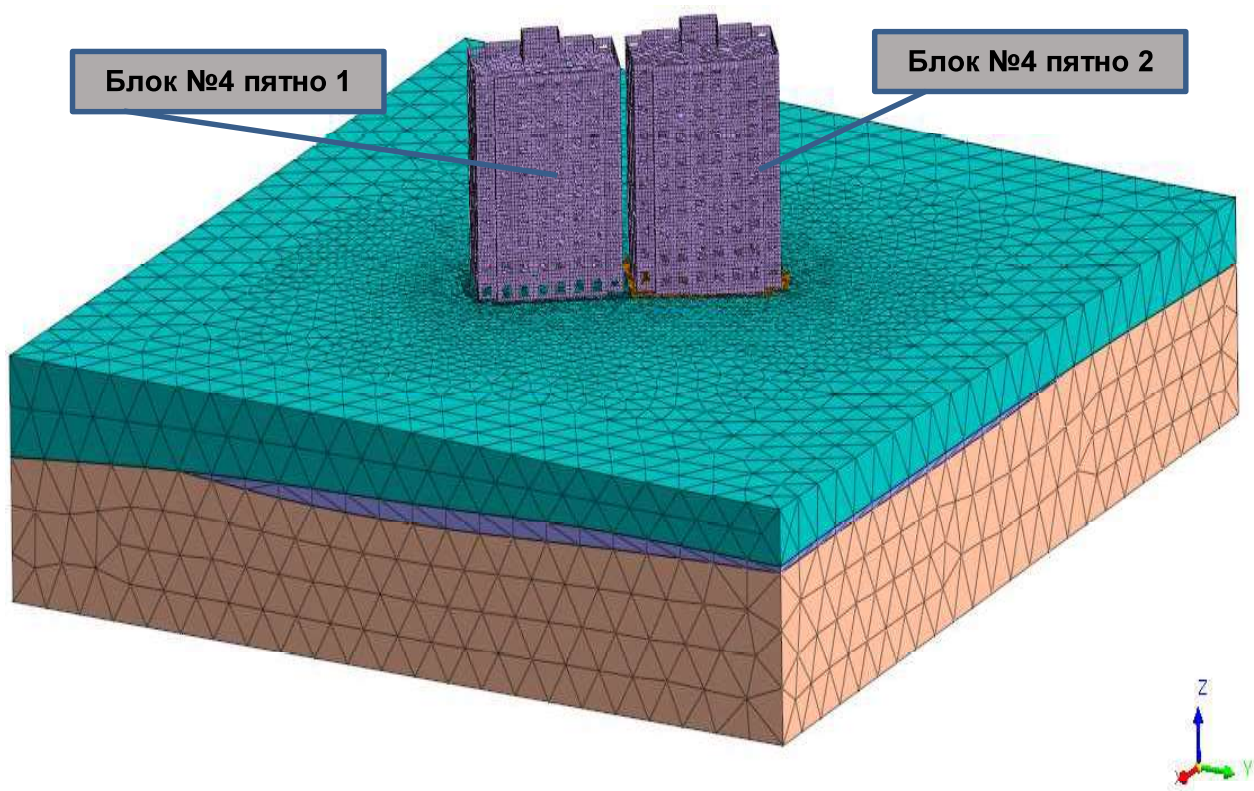
**Unit, kN, m, J, sec						
Name	E	v	γ	Ko	Damping Ratio	γ_{sat}
beton	3,00E+07	0,2	27,5	1	0,05	28,5

Басқа қауіпті геологиялық процестер, инженерлік қорғау шараларын қажет ететін, анықталған жоқ.

Учаскеде жергілікті сейсмотектоникалық, геологиялық немесе топографиялық жағдайларға байланысты сейсмикалық жағынан қолайсыз факторлар жоқ.



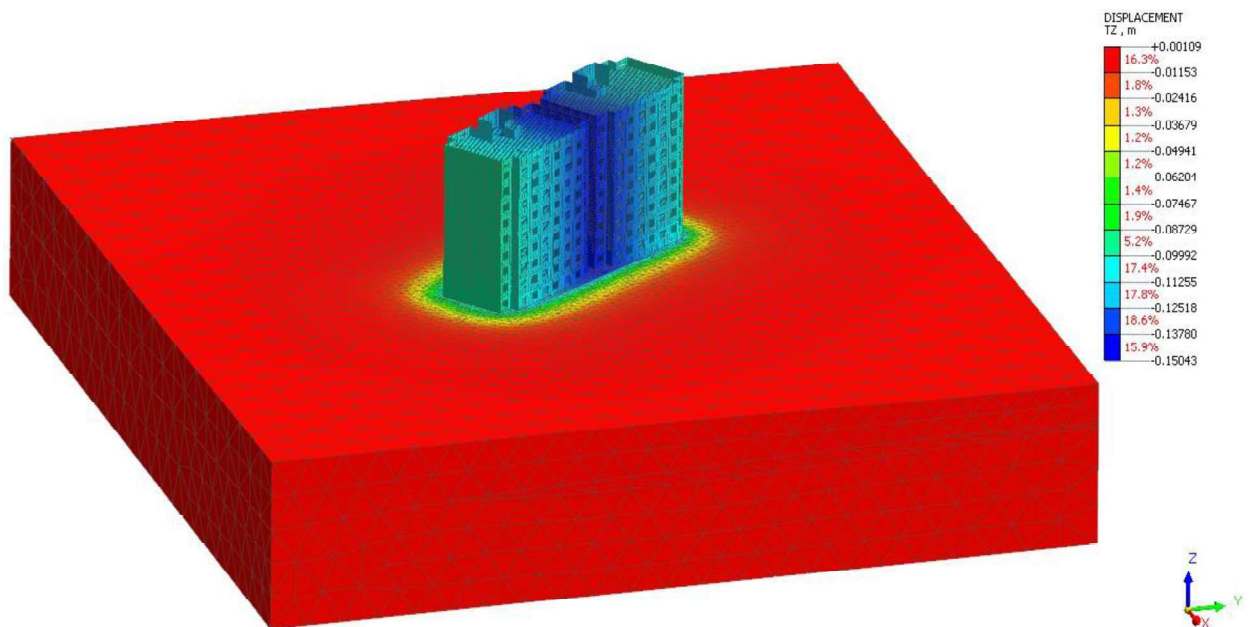
22 - сурет – Ғимараттармен бірге топырақ массивінің есептік схемасы



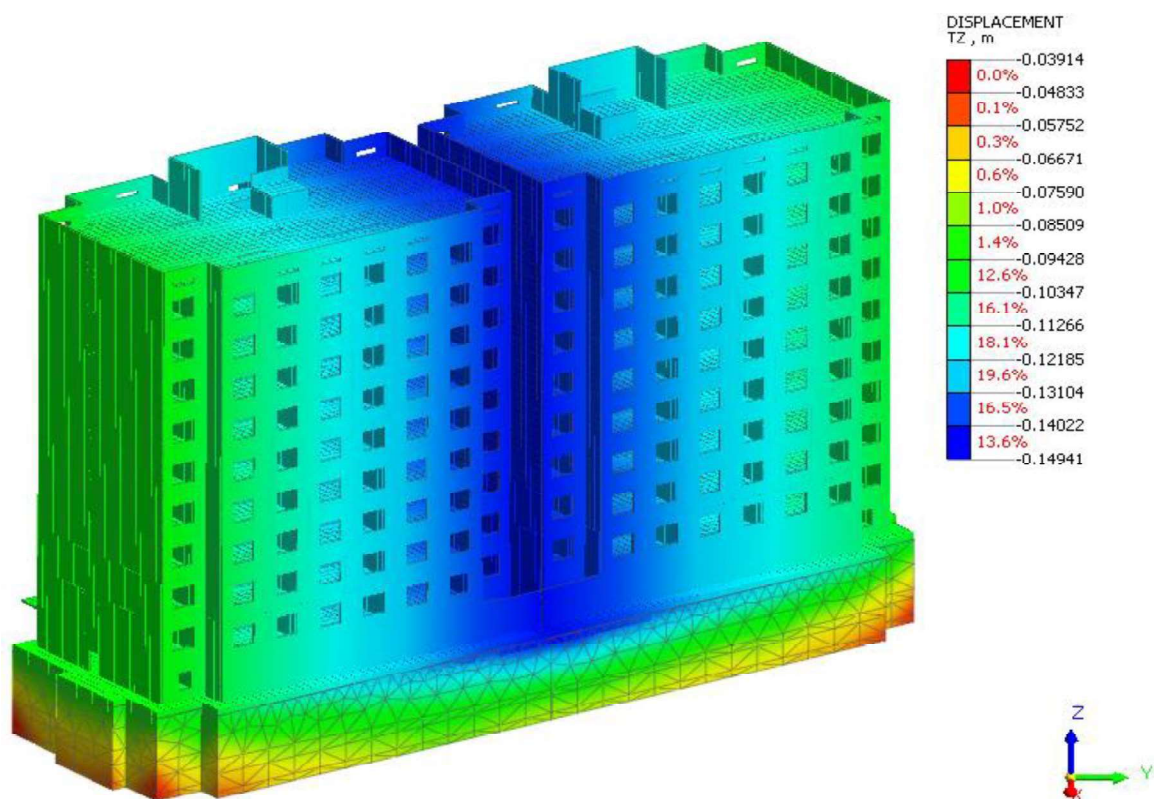
23 - сурет – Ғимараттармен бірге топырақ массивінің есептік схемасы



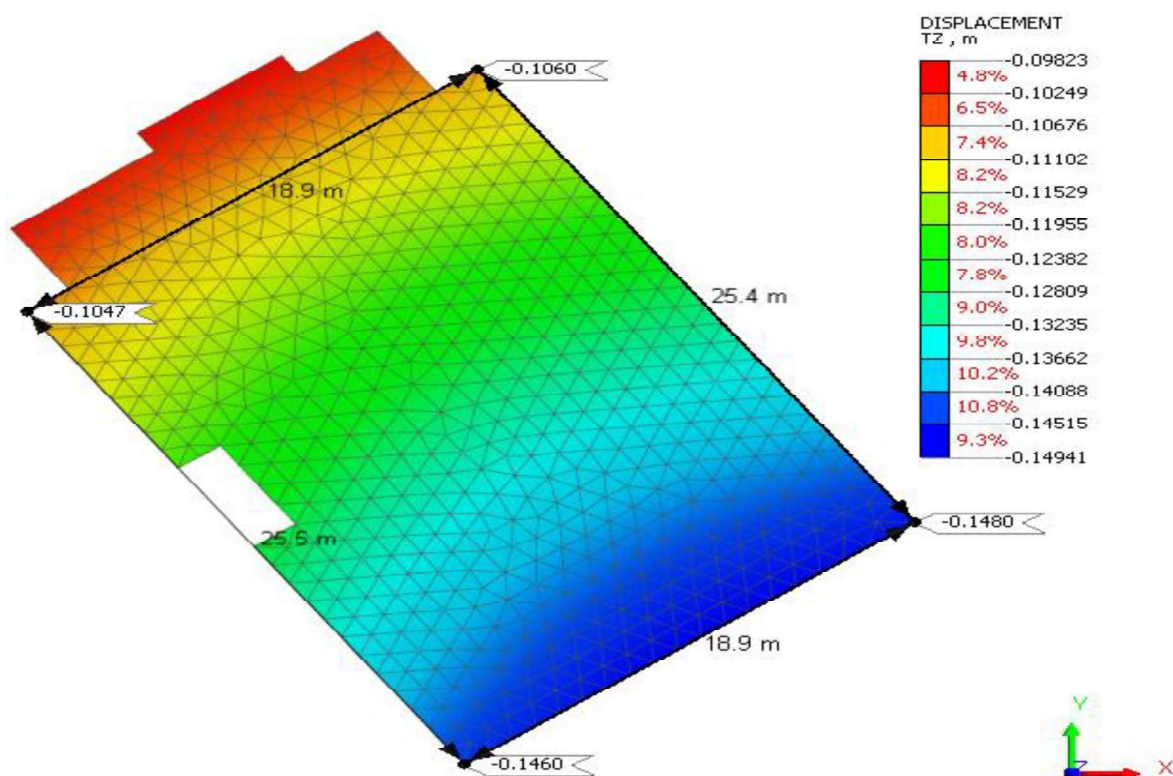
24 - сурет – 6 м қалыңдықтағы топырақ жастығы бар ғимараттар мен топырақ массивінің есептік схемасы



25 - сурет – Топырақ жастығы арқылы негізін күшейткен кездегі деформацияланған схема, ең үлкен орын ауыстырулар 15.0 см-ге дейін жетеді.

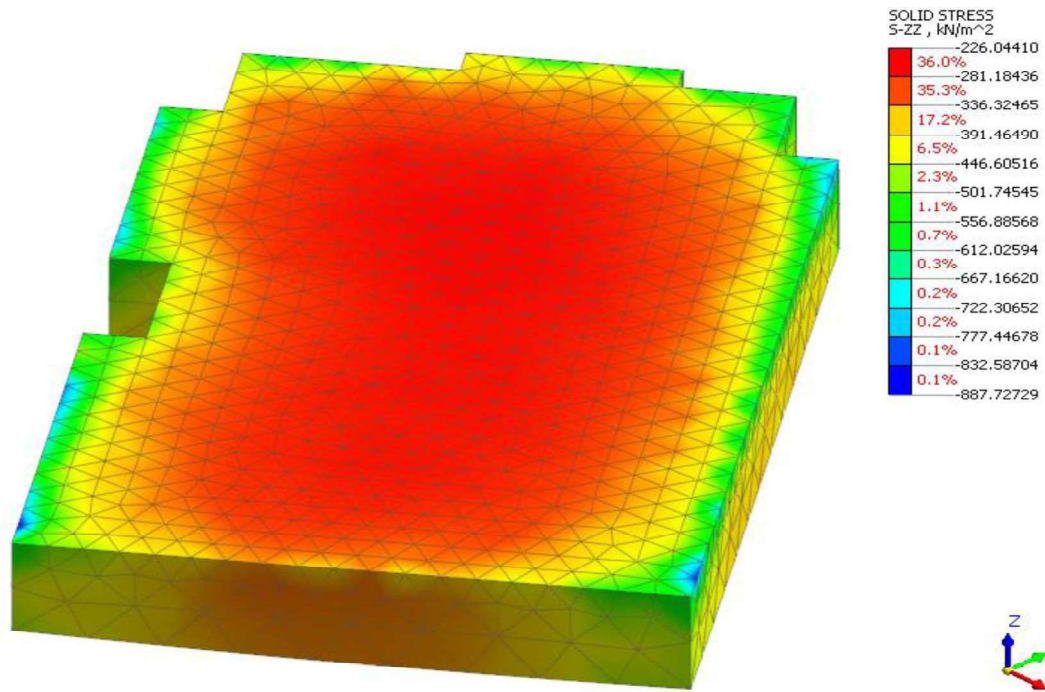


26 - сурет – 4-блок ғимараттарының іргетас плиталарының толық деформациялары 14.9 см-ге дейін жетеді < 15.0 см, нормативтік талаптарға сәйкес келеді.

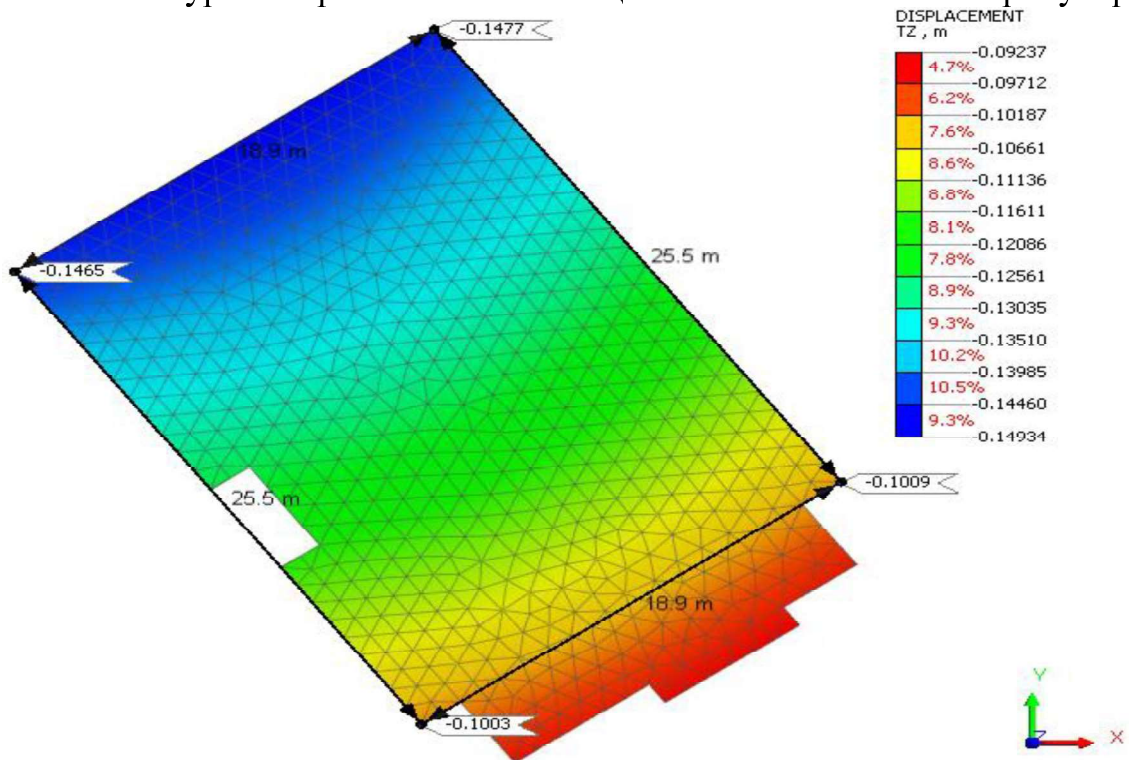


27 - сурет – Шөгу мөлшері 14.9 см

Шөгу айырмашылықтары:
 $(0.1047-0.1060)/18.9 = 0.00006 < 0.003$
 $(0.1460-0.1480)/18.9 = 0.0001 < 0.003$
 $(0.1060-0.1480)/25.4 = 0.0016 < 0.003$
 $(0.1047-0.1460)/25.4 = 0.0016 < 0.003$, шарттар орындалған.

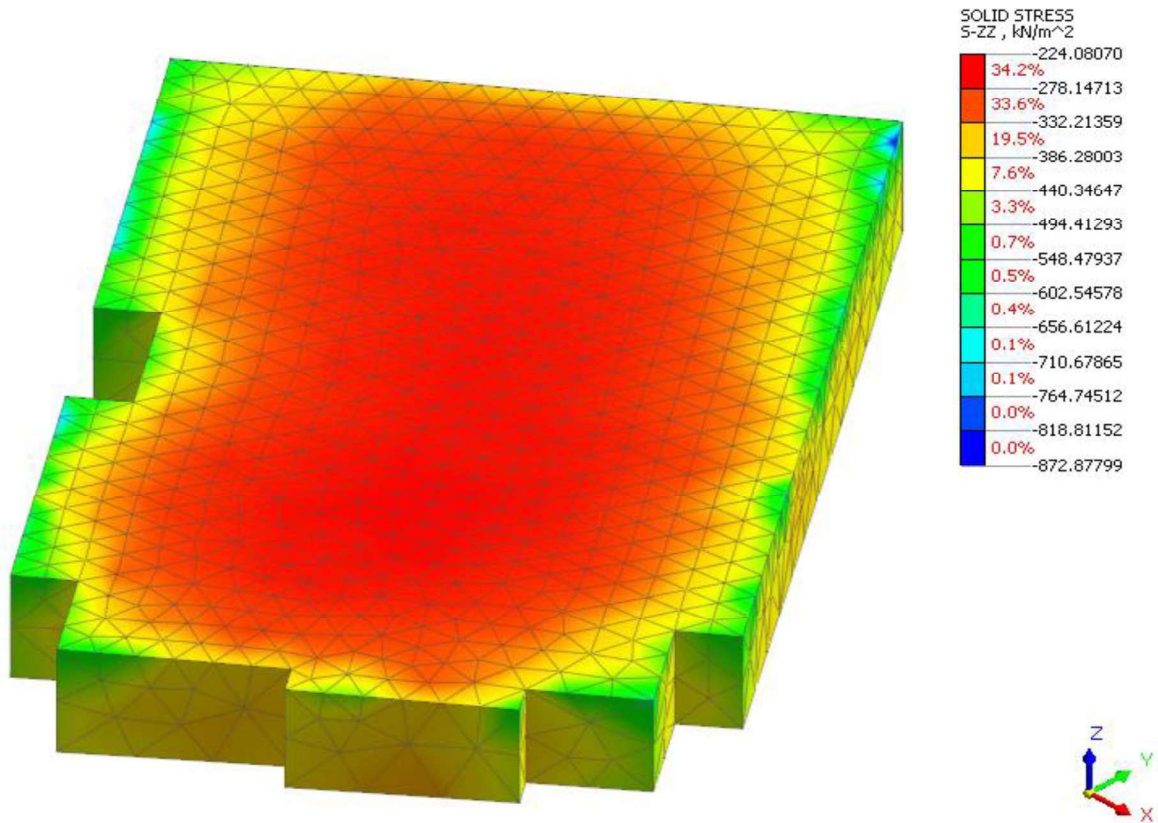


28 - суретт – Іргетас плитасының табаны бойынша тік кернеулер



29 - сурет – Шөгу мөлшері 14.9 см

Шөгу айырмашылықтары:
 $(0.1465-0.1477)/18.9 = 0.00006 < 0.003$
 $(0.1003-0.1009)/18.9 = 0.00003 < 0.003$
 $(0.1477-0.1009)/25.5 = 0.0018 < 0.003$
 $(0.1465-0.1003)/25.5 = 0.0018 < 0.003$, шарттар орындалған.



30 - сурет – Іргетас плитасының табаны бойынша тік кернеулер.

3.3 Геодезиялық бақылау нәтижелерінен деформациялық болжам жасау

Іргетас плитасының өлшемдері: 17.0x30.13 м. Іргетас плита топырақ жастығына орнатылады. Топырақ жастығының сипаттамалары:

- қиыршыққа кедергі бұрышы (ϕ_k) = 19°
- тиімді байланыс күші (c'_k) = 28.0 кПа
- топырақтың тығыздығы (γ_k) = 19.0 кН/м³
- әсерлер мен реакциялар
- А1 үшін іргетасқа әсер ететін жүктемелердің ішінара коэффициенттері:
 - $\gamma_G = 1.35$ (тұрақты жүктемелер үшін)
 - $\gamma_Q = 1.5$ (уақытша жүктемелер үшін)

Кесте А.3 бойынша (СН РК EN-7-1, 108 бет): Жүктемелер үшін жеке коэффициенттер (γ_F) немесе әсерлер нәтижелері (γ_E) қолданылады.

Жобалық тік жүктеме: (мәліметтер толық болмаса, ары қарай қосымша ақпаратты жіберіңіз — мен аударып және толықтыруды жалғастырамын).

$$V_d = \gamma_G \times (W_{Gk} + V_{Gk}) + \gamma_Q \times V_{Qk} = 96287.5 \text{ кН}$$

Іргетас плитасының табаны бойынша жобалық қысым:

$$q_{Ed} = \frac{V_d}{A_b} = \frac{96287.5}{512.21} = 187.9 \text{ кПа}$$

Материал қасиеттері және төзімділік

M1 үшін жеке коэффициенттер:

$$\gamma_\phi = 1.25 \text{ и } \gamma_c = 1.25$$

Жобалық сырғымауға қарсы тұру бұрышы

$$\varphi_d = \tan^{-1} \left(\frac{\tan(\varphi_k)}{\gamma_\phi} \right) = 15.4^\circ$$

Жобалық байланыс күші:

$$c'_d = \frac{c'_k}{\gamma_c} = 22.4 \text{ кПа}$$

Көтергіштік қабілет коэффициенттері

Әсер ету үшін:

$$N_q = e^{(\pi \times \tan(\varphi_d))} \times \left(\tan \left(45^\circ + \frac{\varphi_d}{2} \right) \right)^2 = 4.094$$

Байланыс үшін: $N_c = (N_q - 1) \times \cot(\varphi_d) = 11.232$

Для собственного веса:

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \times \tan(\varphi_d) = 1.704$$

Іргетас табанының пішін коэффициенті

Әсер ету үшін: $s_q = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \times \sin(\varphi_d) = 1.149$

Байланыс үшін: $s_c = \frac{s_q \times N_q - 1}{N_q - 1} = 1.198$

Салмақ үшін: $s_\gamma = 1 - 0.3 \times \left(\frac{B}{L} \right) = 0.830$

Белгіленген R2-ден алынған жеке коэффициент: $\gamma_{Rv} = 1.4$

Әсер ету $q_{ult_1} = N_q \times s_q \times \sigma'_{vk,b} = 330.4 \text{ кПа}$

Байланыс бойынша көтергіштік қабілеті

$$q_{ult_2} = N_c \times s_c \times c'_d = 301.5 \text{ кПа}$$

Өз салмағы бойынша көтергіштік қабілеті

$$q_{ult_3} = N_\gamma \times s_\gamma \times \gamma_k \times \frac{B}{2} = 216.6 \text{ кПа}$$

Жалпы көтергіштік қабілеті

$$q_{ult} = \sum q_{ult} = 848.6 \text{ кПа}$$

Негіздің жобалық көтергіштік қабілеті:

$$q_{Rd} = \frac{q_{ult}}{\gamma_{Rv}} = \frac{848.6}{1.0} = 848.6 \text{ кПа}$$

Пайдалану коэффициенті:

$$\Lambda_{GEO,3} = \frac{q_{Ed}}{q_{Rd}} = \frac{187.9}{848.6} 100\% = 23\%$$

Есеп қанағаттанарлық, пайдалану коэффициенті 100%-дан төмен.

Іргетас негіздерін тексеру (1-алаң, 4-блок) сейсмикалық жағдайда, ҚР СП 5.01-102-2013 «Ғимараттар мен құрылыстардың негіздері» бөліміне сәйкес тексерілді.

$$F1 = 5.975$$

$$F2 = 2.78$$

$$F3 = 8.33$$

$$k_{eq} = 0.8$$

$$\xi_q = 0.556$$

$$\xi_c = 3.659$$

$$\xi_\gamma = 1.531$$

$$\gamma_{c,eq} = 0.6$$

$$\gamma_n = 1.2$$

$$\text{ескертпеге сәйкес } F2 < k_{eq} F3, p_b = p_0$$

$$e_a = M_a / N = 41704 / 7760 = 5.3 \text{ м}$$

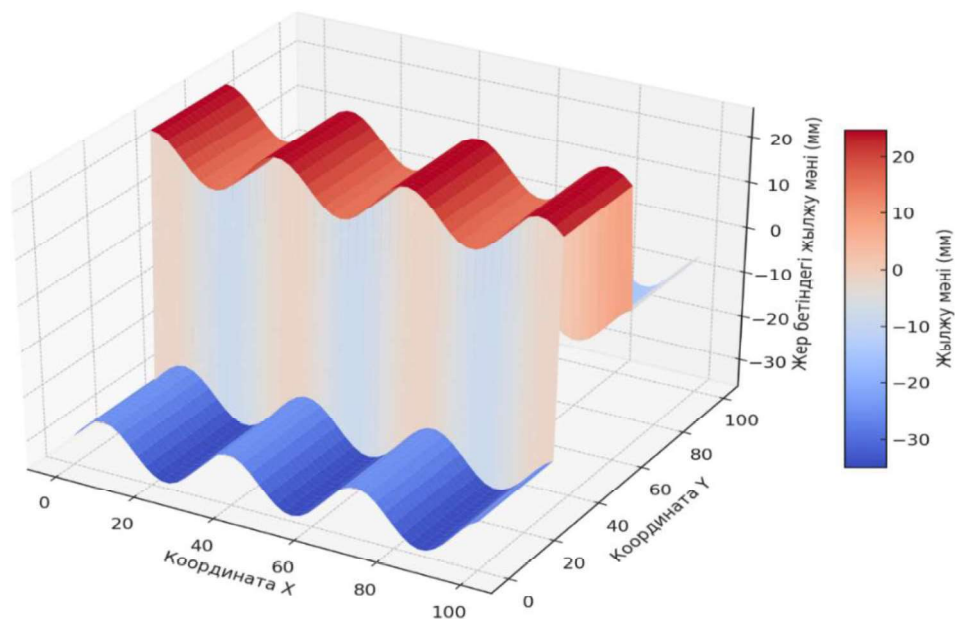
$$p_0 = \xi_q F1 \gamma' I d + \xi_c (F1 - 1) C I / \tan \varphi I = 1416 \text{ кПа}$$

$$p_b = 1416 \text{ кПа}$$

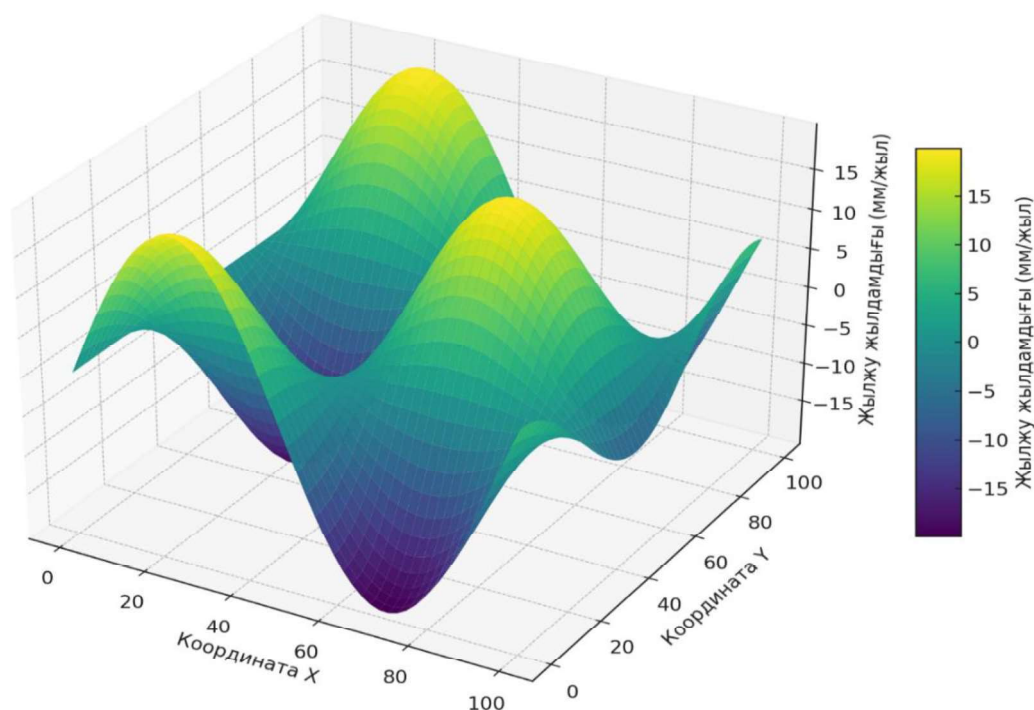
$$e_u = 0.82 \text{ м}$$

$$N_{u,eq} = 0.5 b l p_b = 204787$$

$$N_a \leq \gamma_{c,eq} N_{u,eq} / \gamma_n, 77600 \leq \square\square\square\square\square\square\square\square \text{ шарт орындалды}$$



31 - сурет – Шөгі мен көтерілудің кеңістік аймақтарының болжамы



32 - сурет – Жылжу жылдамдығының болжамы

Үшінші тарау бойынша тұжырым

Есептеулер нәтижесінде қабылданған негізгі шешім: қарастырылып отырған геологиялық қимада және тұрғын үйлер үшін топырақ жастығының қалыңдығы 6,0 м болуы ұсынылады. Топырақ жастығы жергілікті саздақ пен қиыршық тастың қоспасынан дайындалуы тиіс (70% саздақ және 30% қиыршық тас). Топырақ жастығын құрғақ топырақтың тығыздығы кемінде $1,7 \text{ т/м}^3$ етіп тығыздау қажет, қабаттап тығыздау қалыңдығы 20–30 см. Деформация модулі $E_n \geq 30 \text{ МПа}$ болуы тиіс.

4-блоктың 9-қабатты ғимараты үшін максималды шөгу мөлшері 149 мм құрады. Алынған мәндер ҚР СП 5.01-102-2013 «Ғимараттар мен құрылыстардың негіздері» нормативтік құжатының Қосымша В бөліміне сәйкес рұқсат етілген шекті мәндерден аспайды: $z_{\max} = 149 \text{ мм} < z_{\text{рұқсат}} = 150,0 \text{ мм}$.

Ғимараттың іргетасының 7-алаңындағы конструкцияларының салыстырмалы шөгу айырмасы 0,0018-ден аспайды, бұл ҚР СП 5.01-102-2013 «Ғимараттар мен құрылыстардың негіздері» нормативтік құжатының В1-кестесіне сәйкес рұқсат етілген шекті мәннен (0,003) төмен және талаптарға сәйкес келеді.

Екі алаңдағы іргетас негіздерінің көтергіштік қабілеті GEO шекті күйі бойынша және 3-ші жобалау принципін қолдану арқылы есептелді. Есептеу нәтижелері топырақ негіздерінің көтергіштік қабілеті статикалық және сейсмикалық әсерлер үшін жеткілікті екенін көрсетті.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл диссертациялық жұмыста сейсмикалық қауіпті аймақта орналасқан көпқабатты тұрғын үйлердің деформациялық процестерін геодезиялық әдістермен бақылау және олардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселелері қарастырылды. Алматы қаласының Жетісу ауданында орналасқан «Maxima City» көпқабатты тұрғын үй кешені зерттеу нысаны ретінде алынды.

Зерттеу барысында Алматы қаласының Жетісу ауданындағы геоморфологиялық, инженерлік-геологиялық, сейсмикалық жағдайлары егжей-тегжейлі талданып, топырақтардың физика-механикалық қасиеттері зерттелді. Зерттеу нәтижелері бойынша, ауданның топырақ құрылымы көбінесе қиыршық тасты-гравийлі шөгінділерден құралған, саздақ және супесь қабаттары шөуге бейім, ал жер асты суларының деңгейі салыстырмалы түрде жоғары. Бұл факторлар ғимараттардың деформациясына тікелей әсер ететіні анықталды. Жетісу ауданында орналасқан көпқабатты ғимараттардың шөгу, көтерілу, көлденең және тік жылжулары анықталып, деформациялардың кеңістіктік таралуы мен динамикасы картаға түсірілді.

Зерттеу жұмысының маңызды бөлігі ретінде 4-блоктағы 9-қабатты тұрғын үйдің шөгуі мен шөгу айырмасы Midas GTS NX бағдарламалық кешенінде модельденді. Есептеулер нәтижесінде 6,0 м қалыңдықтағы топырақ жастығын орнату ұсынылды. Бұл жастық жергілікті саздақ пен қиыршық тастың қоспасынан (70% саздақ, 30% қиыршық тас) дайындалуы тиіс және қабаттап тығыздау арқылы $1,7 \text{ т/м}^3$ құрғақ топырақ тығыздығына дейін жеткізілуі қажет. Деформация модулі $E_n \geq 30 \text{ МПа}$ болуы тиіс. Есептік жүктемелер, топырақтардың беріктік сипаттамалары, шөгу мөлшері мен салыстырмалы шөгу айырмасы есептеліп, ҚР СП 5.01-102-2013 талаптарына сәйкес екендігі дәлелденді: шөгу мөлшері 149 мм болып, рұқсат етілген 150 мм шектен аспады; салыстырмалы шөгу айырмасы 0,0018 болып, рұқсат етілген 0,003 мәнінен төмен болды. Бұл нәтижелер зерттеу нысанындағы ғимараттардың жобалық шешімдерінің сенімділігін және орнықтылығын растайды.

Есептеу нәтижелері топырақ негізінің көтергіштік қабілеті мен ғимараттардың орнықтылығының сейсмикалық әсерлерді ескере отырып та қанағаттанарлық екенін көрсетті.

Жүргізілген зерттеу жұмыстарының нәтижелері сейсмикалық қауіпті аймақтарда орналасқан ғимараттардың геодезиялық бақылау жұмыстарын ұйымдастыруда, құрылыс және пайдалану кезінде шөгу мен деформацияларды басқару шараларын әзірлеуде, сондай-ақ ғимараттардың қауіпсіздігін бағалауда маңызды ғылыми және практикалық мәнге ие.

Осы зерттеу нәтижелері Алматы қаласының құрылыс алаңдарында геодезиялық бақылауды жетілдіру және дамыту бойынша нақты ұсыныстар жасауға негіз болады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 ҚР ҚНЖЕ 1.02-03-2011 «Құрылыстағы геодезиялық жұмыстар». – Алматы: ҚР Құрылыс істері комитеті, 2011. – 50 б.
- 2 ҚР СП 5.01-102-2013 «Ғимараттар мен құрылыстардың негіздері». – Алматы: ҚР Құрылыс істері комитеті, 2013. – 76 б.
- 3 ҚР СП 2.03-30-2017 «Құрылыс сейсмикасы». – Астана, 2017.
- 4 ҚР СП 2.03-31-2020 «Құрылыс сейсмикасы. Қосымша 6». – Астана, 2020.
- 5 Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules. EN 1997-1:2004. – European Committee for Standardization, 2004.
- 6 Григорьев, М.Н. Геодезический мониторинг деформаций зданий и сооружений. – М.: Недра, 2009. – 256 с.
- 7 Бондаренко, В.И., Ройзман, Я.А. Геотехника: Учебник. – М.: Высшая школа, 2013. – 512 с.
- 8 Малышев, В.И. Основы инженерной геодезии: Учебное пособие. – М.: Стройиздат, 2014. – 320 с.
- 9 Grützner C., et al. (2017). Active faulting in the Tien Shan and its influence on seismic hazard. *Geophysical Journal International*, 211(1), 1-19.
- 10 Tanaka S., et al. (2021). Advances in InSAR applications for urban deformation monitoring. *Remote Sensing*, 13(4), 567-582.
- 11 Sentinel-1 User Handbook. ESA Standard Document, 2014.
- 12 Филиппов, В.Н. Геодезические работы в строительстве. – М.: Стройиздат, 2018. – 416 с.
- 13 Құрманов, Ә.К. Геодезия негіздері: Оқу құралы. – Алматы: Білім, 2020. – 248 б.
- 14 Мұратбеков, Т.Ж. Қазақстан Республикасының сейсмикалық аудандастыру карталары. – Алматы: КазНИИСА, 2019. – 80 б.
- 15 Credo Нивелир 2.0: Руководство пользователя. – Алматы: CredoSoft, 2022.
- 16 MIDAS GTS NX. Геотехнический анализ методом конечных элементов. Руководство пользователя. – Сеул: MIDAS IT, 2021.
- 17 GNS Science. (2019). Seismic hazard modelling for risk assessment. – Wellington, New Zealand.
- 18 ESA (European Space Agency). (2022). Copernicus Open Access Hub Documentation. OpenStreetMap Contributors. (2023). Global Building Footprints.
- 19 Қазақстан Республикасы Ұлттық инженерлік академиясы. Сейсмикалық қауіпсіздік: Алматы қаласының жағдайы. – Алматы: 2023. – 120 б.
- 20 Agisoft Metashape. Photogrammetric processing software. User Manual. – St. Petersburg, 2021. SPOT Satellite Imagery User Guide. – Airbus Defence and Space, 2020.
- 21 Pleiades Satellite Imagery User Guide. – Airbus Defence and Space, 2020.

22 Бектенов, Қ.Қ., Айтқазиев, Т.Ж. Жергілікті жердің геодинамикасы мен сейсмикалық тұрақтылығын бағалау әдістері. – Алматы: ҚазҰТЗУ, 2021.

23 Алматы қаласының сейсмикалық микроаудандастыру картасы. – Алматы: КазНИИСА, 2020.

24 Лира САПР. Руководство пользователя. – Москва: ЛИРА Софт, 2022.

25 InSAR for Structural Health Monitoring: A Review. *Remote Sensing*, 2020.

26 Нурақынов С.М., Уразалиев А.С. Разработка методики модернизации плановой геодезической сети города Алматы с использованием современных спутниковых технологий. – Алматы: Институт ионосферы, 2023. – 45 с. [Ионосфера+2NCSTE+2Ионосфера+2](#)

27 Нурақынов С.М. Оценка состояния компонентов горных криосфер с применением спутниковых технологий: Диссертация PhD. – Алматы: Satbayev University, 2025. – 150 с. [Satbayev University+1Satbayev University+1](#)

28 Нурақынов С.М. и др. (2024). Применение спутниковых технологий для мониторинга геодинамических процессов в горных районах. *Геодезия и картография*, №3, с. 25–32.

29 Нурақынов С.М., Искаков Б.А. (2022). Модернизация геодезической сети города Алматы: проблемы и перспективы. *Вестник геодезии*, №2, с. 40–47.

30 Нурақынов С.М. (2023). Использование спутниковых данных для оценки деформаций земной поверхности в условиях сейсмической активности. *Научные труды Института ионосферы*, №5, с. 60–68.

31 Нурақынов С.М., Уразалиев А.С. (2024). Анализ точности преобразования координат при модернизации геодезической сети. *Геоинформационные технологии*, №1, с. 15–22. [NCSTE](#)

32 Нурақынов С.М. (2025). Влияние тектонических движений на стабильность геодезических пунктов в Алматы. *Журнал геодезических исследований*, №4, с. 55–63.

33 Нурақынов С.М. (2024). Методика оценки деформаций зданий с использованием спутниковых технологий. *Инженерная геодезия*, №2, с. 30–38. [NCSTE](#)

34 Нурақынов С.М., Искаков Б.А. (2023). Применение ГНСС технологий в мониторинге городской инфраструктуры. *Современные технологии в геодезии*, №3, с. 45–52.

35 Нурақынов С.М. (2022). Спутниковый мониторинг деформаций земной поверхности: методы и результаты. *Геодезия и дистанционное зондирование*, №1, с. 20–28.

36 Нурақынов С.М., Уразалиев А.С. (2023). Оценка точности координат при использовании различных методов преобразования. *Технические науки*, №4, с. 35–42.

37 Нурақынов С.М. (2025). Геодезический мониторинг в условиях сейсмической активности: опыт Алматы. *Научный вестник Казахстана*, №2, с. 50–58.

38 Нуракынов С.М., Искаков Б.А. (2024). Использование спутниковых данных для анализа деформаций зданий. *Геодезия и строительство*, №5, с. 60–67.

39 Нуракынов С.М. (2023). Методика интеграции спутниковых и наземных данных в геодезии. *Инновации в геодезии*, №3, с. 25–33.

40 Нуракынов С.М., Уразалиев А.С. (2022). Применение ГНСС в мониторинге геодинамических процессов. *Геодезические исследования*, №2, с. 40–48.

41 Нуракынов С.М. (2024). Анализ деформаций земной поверхности с использованием InSAR технологий. *Дистанционное зондирование*, №1, с. 30–

РЕЦЕНЗИЯ

Диссертациялық жұмысқа
(жұмыс түрлерінің атауы)

Ережепов Ерғали Орыналиулы
(оқушының аты жөні)

7M07306 – «Геокеңістіктік цифрлық инженерия»
(мамандықтың атауы мен шифрі)

Тақырыбы: Тектоникалық бұзылу аймақтарын ескере отырып, ғимараттар мен құрылыстардың деформацияларын геодезиялық бақылау

Орындалды:

а) Графикалық бөлім _____ 17 _____ парақтарда
б) түсіндірме жазба _____ 56 _____ беттерінде

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУЛЕР

Магистрлік диссертациялық жұмыс тақырыптың өзектілігі мен ғылыми маңыздылығын толық ашады. Зерттеу әдістері дұрыс тандалып, нәтижелері нақты өңделген. Жұмыс құрылымы жүйелі, мәтін ғылыми стильге сай рәсімделген. Мазмұндық немесе рәсімдеу жағынан елеулі ескертулер жоқ.

Жұмысты бағалау

Зерттеу тақырыбы өзекті, ғылыми және инженерлік тұрғыдан маңызы зор. Автор тектоникалық бұзылу аймақтарының деформациялық процестерге әсерін нақты көрсетіп, геодезиялық бақылау әдістерін (нивелирлеу, спутниктік бақылау, InSAR технологиялары және т.б.) үйлестіре отырып кешенді талдау жүргізген. Жұмыс заманауи талаптарға сай, әдебиетке шолу терең, қолданылған әдістер негізделген, өңдеу мен интерпретация сапасы жоғары. Автор өз алдына қойған мақсаттарына толық жеткен. Тақырыптың өзектілігі мен қолданылған әдістердің заманауилығы, нәтижелердің негізделуі мен өңделу сапасы жоғары бағаға лайық және “өте жақсы” (95%) бағамен бағаланады. Ережепов Ерғали Орыналиұлының магистрлік диссертациясы талаптарға сай орындалған және магистр академиялық дәрежесін алуға лайық деп есептеймін.

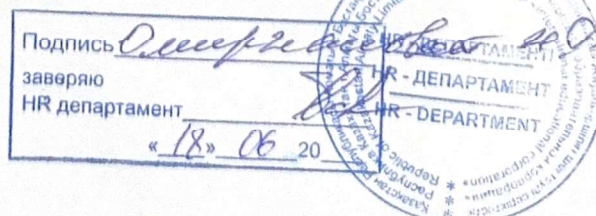
Рецензент

т.ғ.к., қауым. Профессор

Халықаралық білім беру корпорациясы

Оми Омиржанова Ж.Т.

« 18 » 06 2025 ж.



Ережепов Ергали Орыналиулы «Тектоникалық бұзылу аймақтарын ескере отырып, ғимараттар мен құрылыстардың деформацияларын геодезиялық бақылау» атты 7M07306 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия білім беру бағдарламасы бойынша магистр дәрежесін алу үшін дайындаған магистрлік диссертациясына

ПІКІР

Магистранттың жұмысы Тектоникалық бұзылу аймақтарын ескере отырып, ғимараттар мен құрылыстардың деформацияларын геодезиялық бақылауға арналған. Автор өз жұмысында Google Earth, MODIS, Sentinel сияқты спутниктік деректерді пайдаланып, ғимараттар мен құрылыстардың деформацияларын геодезиялық бақылау жағдайын бағалаған.

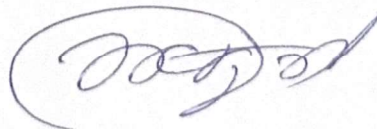
Жұмыс барысында AutoCAD, Google Earth Engine, SNAP сынды платформалар көмегімен алынған мәліметтер өңделіп, карта және график түрінде көрнекі түрде ұсынылған.

Жалпы зерттеу өзекті тақырыпқа арналған. Қазіргі таңда Диссертацияда ұсынылған әдістер мен алынған нәтижелер – осындай маңызды проблемаларды анықтауға және шешуге көмектесетін нақты құралдар.

Жұмыстың құрылымы жүйелі, тілі түсінікті, ғылыми негіздері нақты берілген. Практикалық және қолданбалы маңызы жоғары. Жергілікті жерлерде мұндай зерттеулер тектоникалық бұзылу аймақтарын зерттеуде өте пайдалы болуы мүмкін.

Ережепов Ергали Орыналиулының диссертациялық жұмысы 7M07306 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия мамандығы бойынша өзекті ғылыми мәселелерді шешуге бағытталған, аяқталған, мазмұнды әрі сапалы ғылыми еңбек. Жұмысты 97%-ға өте жақсы деп бағалап, ізденушіге магистр академиялық дәрежесін беруге ұсынамын.

Ғылыми жетекші
ҚазҰТЗУ, МІЖГ кафедрасының
қауымдастырлған профессоры,
Доктор PhD
«/8» маусым 2025 ж.



Қожаев Ж.Т.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ережепов Ергали Орыналиұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Диссертация магистра наук

Название работы: Ережепов Ергали Орыналиұлы - магистрант диссертациясы

Научный руководитель: Женис Кожаев

Коэффициент Подобия 1: 0.7

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 29

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

12.06.25г.



Заведующий кафедрой

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ережепов Ергали Орыналиұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Диссертация магистра наук

Название работы: Ережепов Ергали Орыналиұлы - магистрант диссертациясы

Научный руководитель: Женис Кожаев

Коэффициент Подобия 1: 0.7

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 29

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

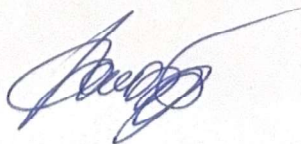
☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ 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 12.06.2022



Востужаев О.
проверяющий эксперт

Редакция жетістігі: 14 жылдық тарих, 120 мыңнан аса публикация

ТАҒЫЛЫМ

2011 жылдың наурызынан бастап шығады

№05 (135)

III бөлім

Мамыр
2025 жыл



«Educational Sciences Index» Қазақстан педагогтарының ғылыми-әдістемелік мақалаларының базасында индекстеу жүргізіліп, «Edunews.kz» ақпараттық агенттігі арқылы республиканың педагог қауымына таратылады



Басылым Қазақстан Республикасы
Байланыс және ақпарат министрлігінде есепке
қойылып, 2011 жылдың 26 қаңтарында №11349-ж
тіркеу куәлігі берілген



МАЗМҰНЫ

Геогебра мүмкіндіктері	147
Назарова Салтанат Асановна,	149
Өзің жаса-физиканың сырын аш!	149
Айтжанов Қуандық Амандықұлы,	150
Көркем еңбек: шығармашылық пен шеберліктің үйлесімі.....	150
Көшер Нұрдаулет,	152
Когнитивные характеристики религиозной лексики в английском языке.....	152
Алпысбаев Жаксылық Айтказиевич,	153
Тогызқұмалақ: Көшпенділердің ақыл-ой ойыны	153
Мухатова Лайла Шалабаевна,	156
Электр тізбегі және оның құрамды бөліктері, ток күші, кернеу	156
Алькеева Асем Жумабаевна,	159
Қазақ тілі сабағында функционалдық сауаттылықты арттырудағы жазылым дағдысының рөлі.....	159
Муратова Ю. Э.,	161
ГТО біздің өмірімізде	161
Амирханова Венера Даулетовна,	164
Көшпенділер мен отырықшылардың өмір салты.....	164
Кулкаева Л. А.,	166
Мәдени өсімдіктердің әртүрлі орта жағдайларына көрсеткіштерін зерттеу	166
Сыдық Мұхамеджанов,	169
Космуратова Гульвира Тулегеновна,	169
Жарқ етпес қара көңілім, не қылсада	169
Скарасакова Анар Ушканбердиевна,	170
Логикалық ойлау қабілеттерін дамыту ойындары Баскетбол. Командалық қорғаныстағы ойын	170
Азиева Дина,	172
Жалқы есім және жалпы есім	172
Айсултанова Светлана Дуйсенбековна,	174
Геометриялық фигураларды әріптермен белгілеу.....	174
Сәндібек С. С, Салыбекова Н. Н,	176
Биологияны оқытуда кешенді тәсілді жүзеге асырудың формасы ретінде экологиялық-ландшафтық экскурсияларды ұйымдастыру.....	176
Байсбай Жансая Мүтәліпқызы,	180
Заманауи музыкалық білім берудегі абай әндерінің тәрбиелік мәні	180
Исмайлова Разия Шукирбаевна,	182
Музыка пәнінің ұлттық тәрбиелік мәні	182
Дарибаева Нургул Сарсенбековна,	184
Жұмысшы мамандықтарының жаңа дәуірі.....	184
Налибаева Гулзия Курбанкуловна,	185
Оқушылардың шығармашылық қабілеттерін дамытудағы өнер мектептеріндегі ән-күй сабақтарының маңызы	185
Сағындыкова Фарида Абдумомыновна,	187
Музыка сабағында патриоттық тәрбие беру тәсілдері	187
Ханиева Арайлым Әбілханқызы,	189
Вокалдық музыканың дамуы және жас әншіні қалыптастырудағы дауыс жаттығуларының маңыздылығы	189
Мырзаханов Нурдаулет Талантулы,	191
Малдыбаева Багила Усеновна,	191
Жасанды интеллект архитектурасы: Нейронды желілердің құрылымы мен түрлері.....	191
Карақучукова А. Б, Бактубаева А. С, Бычкова Е. Л.,	193
Ескендирова А. З.,	193
Применение устного зачета при суммативном оценивании за раздел на уроках биологии в 9, 10 классах для повышения качества знаний учащихся	193
Жумағалиев Нұрпейіс Аманжолович,	197
«ЖАС МЕРГЕН» авторлық бағдарламасы – жас ұрпаққа әскери-патриоттық тәрбие берудің жаңа қадамы	197
Е. Ережепов,	200
Көпқабатты ғимараттың деформацияларын геодезиялық бақылау: құрылыс кезіндегі мониторинг әдістері	200
Наметов Ильяр Алымжанович,	203

Е. ЕРЕЖЕПОВ,
Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан)

КӨПҚАБАТТЫ ҒИМАРАТТЫҢ ДЕФОРМАЦИЯЛАРЫН ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ БАҚЫЛАУ: ҚҰРЫЛЫС КЕЗІНДЕГІ МОНИТОРИНГ ӘДІСТЕРІ

Аңдатпа

Бұл мақалада сейсмикалық белсенді аймақтарда көпқабатты тұрғын үй кешендерін салу барысында пайда болатын деформациялық үдерістерді геодезиялық бақылау әдістері арқылы зерттеу мәселесі қарастырылады. Sentinel-1 спутнигінің радиоинтерферометриялық деректері негізінде 2016–2023 жылдар аралығында Жетісу ауданы аумағындағы Жер бетінің тік бағыттағы жылжуының картасы құрылды. Алынған мәліметтер құрылыс салынатын немесе салынып жатқан аумақтардағы топырақтардың әлсіз механикалық қасиеттері мен құрылыс жүктемесінің әсерінен туындайтын смещениелерді анықтауға мүмкіндік берді. Деформациялық аймақтардың кеңістіктік таралуы мен динамикасы талданып, құрылыс алаңдарында ерте кезеңде қауіпті өзгерістерді анықтау жолдары ұсынылды. Зерттеу нәтижелері сейсмикалық тәуекелі жоғары аймақтарда ғимараттардың орнықтылығын қамтамасыз ету және пайдалану қауіпсіздігін арттыру үшін маңызды болып табылады.

***Түйінді сөздер:** сейсмикалық аймақ, құрылыс қауіпсіздігі, жер бетінің жылжуы, көпқабатты тұрғын үй, әлсіз топырақтар.*

Кіріспе

Сейсмикалық белсенді аймақтарда көпқабатты ғимараттар мен инфрақұрылымдық нысандарды салу барысында олардың құрылымдық тұрақтылығын қамтамасыз ету – маңызды ғылыми және практикалық мәселе болып табылады. Мұндай аймақтарда жер қыртысының қозғалысы, тектоникалық бұзылыстар, әлсіз топырақтардың отыруы мен жүктемелерге төзімділігі сияқты факторлар деформациялық үдерістерге алып келеді. Бұл жағдайлар ғимараттардың техникалық жағдайына ғана емес, сонымен қатар адамдардың өмір қауіпсіздігіне тікелей әсер етеді[1].

Қазақстанның оңтүстік-шығыс бөлігінде орналасқан Алматы қаласы сейсмикалық қауіпті аймақтардың бірі саналады. Қаланың кейбір аудандары

тектоникалық жарылыстар белдеулеріне жақын орналасқан, бұл құрылыстың қауіпсіздігі мен мониторингін қамтамасыз етуде заманауи технологияларды қолдануды талап етеді[2].

Соңғы жылдары қашықтықтан зондтау технологиялары, әсіресе Sentinel-1 спутнигі арқылы алынатын радарлық деректер кең қолданыс табауда[3]. Дифференциалдық радарлық интерферометрия әдісі жер бетінің вертикалды және горизонталды жылжуын жоғары дәлдікпен анықтауға мүмкіндік береді. Бұл зерттеу Жетісу ауданындағы құрылыс аймағында геодезиялық бақылау жүргізу арқылы деформациялық өзгерістерді анықтауға бағытталған. Нәтижесінде құрылыс нысандарының қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік беретін жер беті жылжуының картасы жасалды[4].

Әдістері мен материалдары

Зерттеу үшін таңдалған бақылау аймағы Алматы қаласының Жетісу ауданында орналасқан. Бұл аймақ құрылыс қарқыны жоғары, топырақтың инженерлік-геологиялық жағдайы күрделі, сондай-ақ сейсмикалық қауіптілік деңгейі жоғары аудан ретінде сипатталады.

1-суретте спутниктік мониторинг жүргізуге арналған спутниктік радар деректерінің қамту аймағы көк тікбұрышпен көрсетілген, ал нақты зерттеу нысаны – “**Maxima City**” тұрғын үй кешені орналасқан аумақ қызылмен белгіленген.

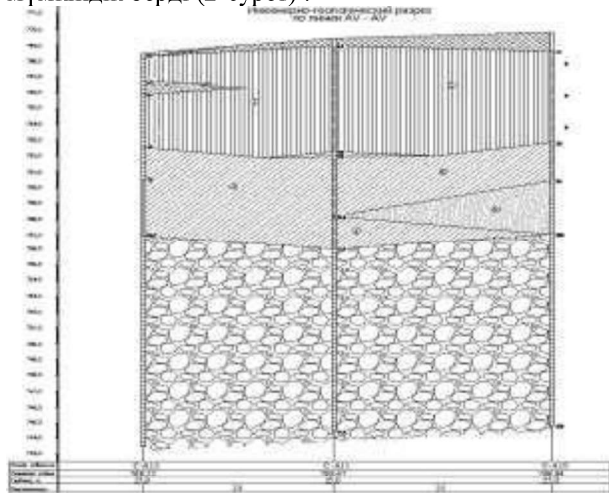
Зерттеу шеңберінде котлованға жақын орналасқан екі бақылау нүктесі таңдалып алынды (1-суреттегі жасыл жұлдыз) . Сонымен қатар, алынған нәтижелердің дәлдігін бағалау үшін салыстырмалы түрде **нивелирлеу арқылы алынған деректер** де пайдаланылды.

Алматы контекстінде бұл ғимараттар ретінде “**Maxima City**” кешенінің 9 қабатты тұрғын блогы қарастырылды.



1 – сурет – Тұрғын үй кешенінің орналасу ауданы

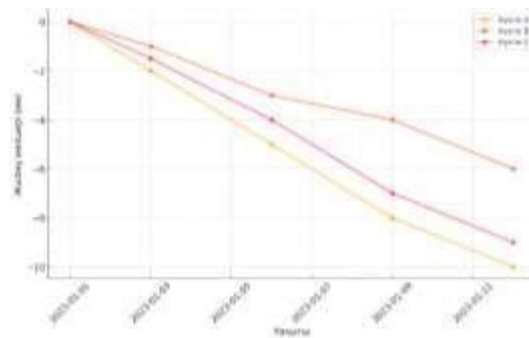
Аталған аумақ сейсмикалық белсенді аймаққа жатады және топырақ қабаты күрделі инженерлік-геологиялық құрылымға ие[5]. Алдын ала инженерлік-геологиялық ізденіс жұмыстары жүргізіліп, бірнеше ұңғымалар бұрғыланды. Осы негізде жасалған инженерлік-геологиялық қима құрылымның стратиграфиялық ерекшеліктерін айқындауға мүмкіндік берді (2-сурет) .



2 – сурет - АВ – АВ сызығы бойынша инженерлік-геологиялық қима

Қимада жоғарғы жағында – әлсіз сазды және құмдақ жыныстар, төменгі қабаттарда – қиыршықтас пен малтатасты шөгінділер орналасқан. Бұл жағдай жүктеменің әртүрлі қабаттарға біркелкі таралмауына және жердің отыруына себеп болуы мүмкін.

Құрылыс барысында деформациялық үдерістерді бақылау мақсатында геодезиялық әдістер қолданылды. Атап айтқанда, ғимараттардың қабырғаларына арнайы деформациялық маркалар орнатылып, олар арқылы нивелирлеу әдісімен тік бағыттағы жылжулар анықталды. Бақылау III класты дәлдіктегі нивелирлеу құралдары арқылы жүргізілді. Өлшеулер бірнеше рет қайталанып, уақыт бойынша салыстырмалы түрде талданды (3 – сурет) .



3 – сурет – Бақылау нүктелердің вертикалды жылжуы

Геодезиялық бақылау мәліметтері инженерлік-геологиялық қимамен салыстырылып, деформацияға бейім қабаттардың әсері мен ғимараттардың орнықтылығы арасындағы байланыс бағаланды[6]. Бұл әдістердің үйлесімі құрылыстың сенімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз етуге мүмкіндік берді.

Зерттеу барысында құрылымдардың жермен өзара әрекеттесуін модельдеу үшін Midas GTS NX бағдарламалық кешені қолданылды[7]. Бұл бағдарлама құрылыс алаңындағы инженерлік жағдайларды үш өлшемде модельдеуге мүмкіндік береді және шекаралық шарттарды, жүктемелерді, топырақ сипаттамаларын ескеріп, әртүрлі геомеханикалық сценарийлер бойынша есеп жүргізуге арналған. Бағдарламада жердің сызықты және сызықтық емес деформациясы, сүзу және консолидация процестері, еңіс тұрақтылығы және кернеулі-деформациялық күйдің өзгеруі есептеледі.

Модельде қолданылған топырақ сипаттамалары алдын ала жүргізілген инженерлік-геологиялық ізденістер нәтижесінде алынған. Әрбір қабаттың серпімділік модулі (E), Пуассон коэффициенті (ν), бірлік салмағы (γ), қаныққан тығыздығы (γ_{sat}), сцепление (C) және ішкі үйкеліс бұрышы (ϕ) анықталды. Мысалы, жоғарғы қабаттағы әлсіз ылғалды саздақтардың ($ig2_vod$) E мәні – 3100 кПа, ϕ – 16° , ал төменгі қабаттағы ірі қиыршықты топырақтарда ($ig10$) бұл көрсеткіштер тиісінше 30000 кПа және 35° құрайды.

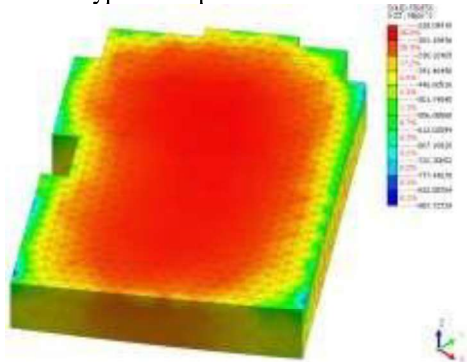


4 – сурет - топырақ қабаттарының сцепление (C) мен ішкі үйкеліс бұрышы (ϕ)

Бұл деректердің негізінде әр топырақ қабаты үшін материалдық үлгілер тағайындалып, олардың сипаттамалары график түрінде талданды. Талдау нәтижесінде сцепление (C) мен ішкі үйкеліс бұрышы (ϕ) арасындағы айырмашылықтар қабаттардың орнықтылығына тигізетін әсерін айқындайды. Бұл көрсеткіштер құрылыс негізінің тұрақтылығын бағалауда шешуші рөл атқарады және модельдеу нәтижесінің сенімділігіне тікелей әсер етеді.

Зерттеу нәтижелері мен талқылау

Құрылыс алаңындағы топырақтардың механикалық сипаттамаларын ескере отырып, Midas GTS NX бағдарламалық кешенінде іргетас плитасының астындағы кернеулердің үлестірілуі модельденді. Есептеулер нәтижесінде алынған вертикалды кернеулердің (σ_{zz}) үлестірілу картасы төменде келтірілген 5 - суретте көрсетілген.

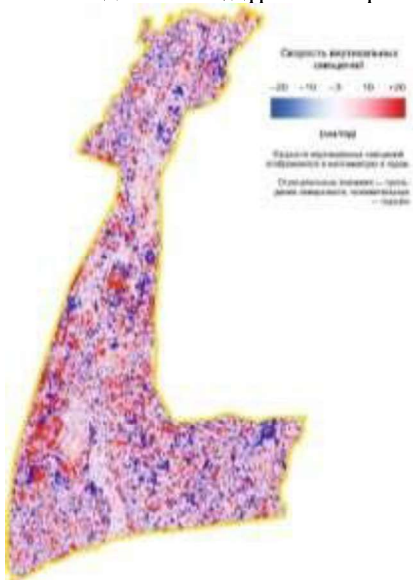


5 – сурет - вертикалды кернеу (σ_{zz}) үлестірі

Суретте қызыл түспен берілген аймақтар максималды кернеулердің шоғырланғанын көрсетеді, бұл жүктеменің құрылым арқылы негізге біркелкі таралмағанын білдіреді. Бұл аймақтар әдетте ғимараттың орталық бөлігінде немесе ең жүктелген бұрыштарда орналасады. Ал көк және жасыл түспен белгіленген шеттерде кернеу мәндері айтарлықтай төмен, бұл негіздің салыстырмалы түрде жеңіл жүктелгенін көрсетеді.

Кернеу мәндерінің таралу диапазоны $+226 \text{ кН/м}^2$ -тан бастап -887 кН/м^2 -ке дейін өзгеріп отыр. Теріс мәндер топырақтың тартылу күйінде немесе есептік шекаралық шарттардың әсерінен болуы мүмкін, оларды егжей-тегжейлі талдау қажет.

Бұл нәтижелер іргетастың астындағы топырақтың нақты жағдайларын ескеру қажеттілігін және жүктемені қайта үлестіру немесе іргетас құрылымын жетілдіру қажеттігін көрсетеді. Сонымен қатар, құрылысқа дейінгі инженерлік-геологиялық зерттеулер мен модельдеудің сәйкестігін салыстыру арқылы есептік әдістерменің дұрыстығы расталды.



6 - сурет - жер бетінің вертикалды жылжу жылдамдығы

Жоғарыда көрсетілген карта Sentinel-1 спутнигінің көпжылдық радарлық деректері негізінде жасалған. Онда **жер бетінің вертикалды жылжу жылдамдығы** миллиметр/жыл бірлігінде көрсетілген. Теріс мәндер (көк түстер) – жердің отыруын (просадку), ал оң мәндер (қызыл түстер) – беткі қабаттың көтерілуін білдіреді.

Карта Жетісу ауданының шекарасын камтиды және кеңістіктегі деформациялардың біркелкі емес екенін көрсетеді. Қызыл аймақтарда жылдық көтерілу $+20 \text{ мм}$ -ге дейін жетсе, көк түсті аймақтарда отыру -20 мм/жыл шамасында тіркелген. Мұндай шоғырланған деформациялар, әдетте, құрылыс салынған немесе салынып жатқан, сондай-ақ инженерлік-коммуникациялық желілерге жүктеме түскен учаскелерде байқалады.

Бұл карта инженерлік-геологиялық жағдайлар мен құрылыс жүктемелері нәтижесінде жер қыртысында пайда болған қозғалыстарды жан-жақты бағалауға мүмкіндік береді. Деформациялардың таралу сипаты бұрынғы инженерлік қималармен және геодезиялық өлшеулер нәтижелерімен салыстырылып, қауіпті аймақтар анықталды.

Қорытынды

Бұл жұмыста сейсмикалық белсенді аймақтағы құрылыс нысандарының тұрақтылығын бағалау мақсатында инженерлік-геологиялық, геодезиялық және есептік модельдеу әдістері кешенді түрде қолданылды. Алдымен құрылыс алаңында инженерлік-геологиялық ізденістер жүргізіліп, топырақ қабаттарының литологиялық және физико-механикалық сипаттамалары анықталды. Жасалған геологиялық кима негізінде әлсіз және деформацияға бейім қабаттардың бар екендігі дәлелденді.

Жер қыртысының вертикалды жылжуын анықтау үшін геодезиялық бақылау жұмыстары жүргізілді. Өлшеу нәтижелері уақыт бойынша салыстырылып, құрылыс жүктемесінің әсерінен орын алатын тік жылжулар тіркелді. Сонымен қатар, GTS NX бағдарламалық кешенінде жасалған модельдеу нәтижелері іргетас астындағы кернеулердің біркелкі таралмайтынын көрсетті. Бұл деформация қаупі жоғары аймақтарды нақты анықтауға мүмкіндік берді.

Көпжылдық спутниктік бақылау негізінде құрылған вертикалды жылжу жылдамдығының картасы жер бетінің қозғалыс динамикасын кеңістікте бағалауға жағдай жасады. Талдау нәтижелері құрылыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін деформациялық үдерістерді ерте кезеңде анықтап, кешенді бақылау мен мониторингтің маңыздылығын дәлелдейді.

Жалпы, бұл зерттеу заманауи геотехникалық талдау әдістерін біріктіре отырып, құрылыс нысандарының орнықтылығын кешенді бағалауға және тәуекелдерді азайтуға бағытталған тиімді тәсілді ұсынады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Сапаров А. М., Сапаров Ж. А. Геотехникалық бақылау және ғимараттар мен имараттардың

орнықтылығын бағалау. – Алматы: ҚазҰТЗУ баспасы, 2020. – 214 б.

2. Қазақстан Республикасы Құрылыс нормалары және ережелері (ҚР ҚНЖЕ) 5.01-102-2013. «Ғимараттар мен имараттардың іргетастары. Негізгі жобалау ережелері». – Астана, 2013.

3. Казанин О. С. , Мухаметзянов И. Р. Применение программного комплекса MIDAS GTS NX для оценки устойчивости оснований // Инженерные изыскания. – 2021. – №1. – С. 32–38.

4. Ferretti A. , Prati C. , Rocca F. Nonlinear subsidence rate estimation using permanent scatterers in

differential SAR interferometry // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 2001. – Vol. 39 (5) . – P. 220–225.

5. Мусаев Б. М. , Айтмуратов Б. Ш. Геоакпараттық технологиялармен инженерлік-геологиялық зерттеулерді кешенді жүргізу тәсілдері // Геология және пайдалы қазбалар. – 2022. – №2 (76) . – Б. 56–63.

6. Sentinel-1 User Guide. European Space Agency (ESA) . <https://sentinel.esa.int> – accessed May 2024.

7. MIDAS GTS NX. User Manual. MIDAS IT Co. Ltd. – 2022. – 430 p.

EDUNews.KZ
EDUCATIONAL NEWS AGENCY

EDUCATIONAL
SCIENCES
INDEX



Ғылым
дағдарысы

ҰСТАЗЫ

VOLUME I

• №05 (72) •

MAY 2025

РЕСПУБЛИКАЛЫҚ. ҒЫЛЫМИ - ӘДІСТЕМЕЛІК ШЫҒАРЫЛЫМ

(«Educational Sciences Index» Қазақстан педагогтарының, Ғылыми-әдістемелік мақалаларының, базасында индекстеу жүргізіліп, «Edunews.kz» ақпараттық агенттігі арқылы республиканың, педагог қауымына таратылады)



Any reproduction of the materials or their extracts is only with written permission of the editors.

The editors are not responsible for the contents.

The editors' opinion may not coincide with the opinions of the authors.

CONTENTS

Айтбай Талғат Темірханұлы,	129
Өнер пәнінде жасанды интеллект мүмкіндіктерін қалай тиімді қолдануға болады? (8-сынып).....	129
Амантай Шұғыла Нұрғазықызы,	133
Қазақстан және шетел суретшілері мысалында инсталляция, цифрлық арт, постер өнерінің контрастпен байланысы.....	133
Ерғазиева Гулбарам Амантайқызы,	135
Құстар — біздің досымыз.....	135
Амирова Ардак Амангельдиевна,	136
Мобильді қосымшаның адам өміріндегі рөлі.....	136
Дәулетова Гүлзабира Дауылбайқызы,	137
№50 Шамалар арасындағы тәуелділікке берілген есептерді шығару.....	137
Абдрахманова Гулзира Кабдуллақызы,	139
Бастауыш сыныптарда көркем жазуды қалыптастырудың маңызы мен әдістемесі	139
Жаугашева С. А, Белисарова Ф. Б, Сайдуллаева С. С, Бақтыгереева Е,	140
Релятивисттік емес кварктық потенциалды анықтау.....	140
Айтматова Меруерт Гари-фоллаевна,	143
Химия және экология: қышқыл жаңбырлар, озон қабатының тесілуі және адамның рөлі.....	143
Жамантаева Майра Мейрамғалиевна,	146
Таңғажайып ертегілер Алтын сақа	146
Бекболат Айдана Айбарқызы,	149
Кіші ғарыш денелері.....	149
Самарханова Галия Турганбековна,	152
Домра-прима аспабында ойнау техникасын дамыту әдістемесі.....	152
Azhar Satybaldy,	154
Lesson Plan for a Student-Centered Approach to Teaching Applied Maximum and Minimum Problems Using Singapore Methods in a Grade 10 Algebra Classroom.....	154
Ердеш Балдинар Бақытханқызы,	157
Заманауи технологиялар көмегімен стереометрияны оқытудың инновациялық тәсілдері.....	157
Жакиянова Айгуль Назаровна,	160
XXI ғасыр дағдылары қазақ тілі мен әдебиеті сабақтарында.....	160
Perizat Saparbayeva, Gulnaz Zhumagul	162
The impact of ai on english language learning.....	162
Е. Ережепов,	164
Көпқабатты ғимараттың деформацияларын геодезиялық бақылау: құрылыс кезіндегі мониторинг әдістері	164
Ауелбаева Замзагул Жетеровна,	168
«Цифрлық білім беру арқылы бастауыш сынып оқушыларының киберқауіпсіздік дағдыларын дамыту».....	168
Әуелбай Гүлшат Жеткіншекқызы,	170
№53 Бастауыш 5-8 жаттығулар.....	170
Баймаханов Мейрамбек Абилбекович,	172
Мектепте білім беру сапасын басқару.....	172

Е. ЕРЕЖЕПОВ,
Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан)

КӨПҚАБАТТЫ ҒИМАРАТТЫҢ ДЕФОРМАЦИЯЛАРЫН ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ БАҚЫЛАУ: ҚҰРЫЛЫС КЕЗІНДЕГІ МОНИТОРИНГ ӘДІСТЕРІ

Аңдатпа.

Зерттеу жұмысы 2024 жылдан бастап салынып жатқан көпқабатты тұрғын үй кешенінің құрылыс барысындағы деформациялық процестерді бақылауға арналған. Құрылыс басталар алдында, 2024 жылы учаскенің геотехникалық жағдайын анықтау мақсатында кешенді зерттеулер жүргізіліп, құрылыс салуға қолайлы деген қорытынды жасалды. Алайда, зерттеу нысаны сейсмикалық аймақта орналасқандықтан, ғимараттың құрылыс кезеңінде деформациясын тұрақты түрде бақылау қажеттілігі туындады.

Зерттеудің мақсаты – көпқабатты тұрғын үй кешенін салу кезінде ғимараттың деформациясын қадағалау және оның қауіпсіздігін бағалау. Зерттеу әдістері ретінде III дәлдік класты нивелирлеу арқылы қабырға реперлерінің жылжуын геодезиялық аспаптармен бақылау, сейсмикалық жағдайды талдау, сондай-ақ реперлерді бақылау әдісі қолданылды. Зерттеу нәтижесінде ғимараттың деформациясына әсер ететін факторлардың кешені анықталды. Атап айтқанда, саз және саздақтардың әртүрлі физикалық-механикалық қасиеттері бар литологиялық әртүрлілігі, ықтимал бос кеңістіктер мен сейсмикалық әсер нәтижесінде жер қыртысының босансыған учаскелерінің болуы сияқты факторлар негізгі ықпал ететіні анықталды.

Түйінді сөздер: геодезиялық бақылау, ғимарат деформациясы, нивелирлеу, сейсмикалық аймақ, геотехникалық зерттеу, қабырға реперлері, көпқабатты тұрғын үй, литологиялық алуан түрлілік, физикалық-механикалық қасиеттер, құрылыс қауіпсіздігі.

Кіріспе

Көпқабатты тұрғын үй кешендерін сейсмикалық қауіпті аймақтарда салу – құрылыс индустриясы үшін өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Мұндай аймақтарда салынған ғимараттардың тұрақтылығы мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету – басты талаптардың бірі. Алматы қаласы сейсмикалық белсенді өңірлердің қатарына жататындықтан, мұнда жүргізілетін кез келген құрылыс геотехникалық және сейсмикалық жағдайларды ескере отырып жүзеге асырылады[6].

Әлемдік тәжірибе көрсеткендей, сейсмикалық қауіп аймақтарында тұрғызылған ғимараттарда әртүрлі деформациялық процестер тіркеліп отырады. Мысалы, Жапония, Иран және Түркия сияқты елдерде сейсмикалық тұрақсыздықтың салдарынан ғимараттардың зақымдануы мен қирау жағдайлары жиі кездеседі [1–3].

2024 жылдан бастап салынып жатқан «Maxima City» көпқабатты тұрғын үй кешені де сейсмикалық аймақта орналасқан. Құрылыс жұмыстары басталар алдында арнайы геотехникалық зерттеулер жүргізіліп, жер бедерінің құрылысқа жарамдылығы расталды. Соған қарамастан, аймақтағы сейсмикалық белсенділік ғимараттың құрылыс барысындағы және кейінгі пайдалану кезеңіндегі деформацияларын жүйелі түрде бақылау қажеттілігін туындатады[4].

Зерттеу нысаны – 9 қабатты көпфункционалды тұрғын үй кешені. Ғимараттың тұрақтылығын қамтамасыз ету және әлеуетті қауіптердің алдын алу мақсатында деформациялық процестерді анықтау үшін геодезиялық аспаптармен мониторинг жүргізу қолға алынды[7]. Бұл зерттеу құрылыс нысандарында геодезиялық бақылаудың рөлін және сейсмикалық қауіптілікті басқарудың заманауи әдістерін көрсетуге бағытталған[8].

Әдістері мен материалдары

Зерттеу нысаны Алматы қаласының Жетісу ауданында, Райымбек, Боткин, Казаков және Павленко көшелері шектесетін аймақта орналасқан тұрғын үй кешені болып табылады (1-сурет). Құрылыс алаңы сейсмикалық қауіпті аймақта орналасқан және жоба сейсмикалық қауіптіліктің 9 балдық деңгейіне есептелген.



1 – сурет – Тұрғын үй кешенінің жобалық макеті

Ғимараттың жобасында тұрғын үй кешенін қоса алғанда қызмет көрсету нысандары қарастырылған. Жобадағы ғимарат 7 қабаттан және жертөледен тұрады, жалпы 28 пәтерді қамтиды. Ғимараттың жоспарлық шешімі технологиялық және функционалдық байланыстарды, сондай-ақ кіреберістердің орналасуын және тапсырыс берушінің талаптарын ескере отырып жасалған[5].

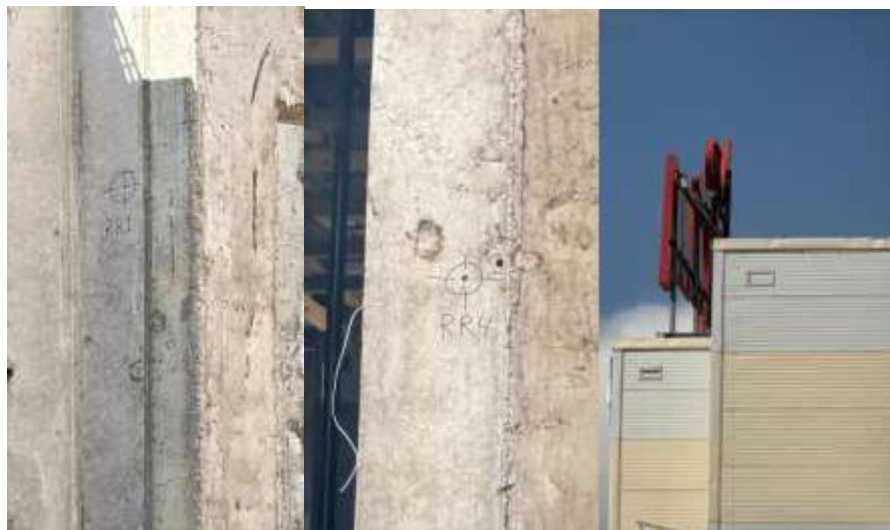
Ғимараттың құрылымдық схемасы – қаңқасыз жүйе, негізгі көтеруші элементтері – 200 мм қалыңдықтағы монолитті темірбетон қабырғалар. Ішкі қабырғалар мен қалқалар – өлшемі 390×190×90 мм және 390×190×190 мм блоктардан тұрғызылған. Қабырға панельдері мен плиталары жоғары өртке төзімділікке ие (максимум 2,5 сағат). Қабатаралық плиталар қалыңдығы 200 мм, ал іргетас плитасы 1000 мм қалыңдықта орындалған.

Ғимараттың нөлдік деңгейі ретінде таза еден белгісі қабылданған, оның абсолюттік деңгейі – 758,70 м. Объект II деңгейлі жауапкершілік санатына жатады және техникалық жағынан күрделі құрылыс болып табылады. Ғимараттың жобалық қызмет ету мерзімі – 100 жыл (I дәрежелі ұзақ мерзімділік).

Ғимаратта тактильді тақталар, ақпараттық белгілер, кең есіктер және лифттер арқылы аз қозғалатын топтар үшін барлық жағдай жасалған. Лифт жүк көтергіштігі 1000 кг, жылдамдығы 1 м/сек, 8 қабатты қызмет етеді. Сонымен қатар, тұрғын үй кешенінде асбестоцементтік құбырлардан жасалған биіктігі 25 м болатын коқыс құбыры қарастырылған.

Ғимараттың сыртқы әрлеу жұмыстары металл қаңқаға бекітілген фиброцемент панельдермен орындалған. Ішкі әрлеу санитарлық және өрт қауіпсіздігі талаптарына сай материалдардан жасалған.

Геодезиялық бақылау станциясы ғимарат периметрі бойынша орнатылған **11 қабырға реперінен** және бақылау пункті ретінде алынған **5 сыртқы реперден** тұрады (2-сурет). Реперлердің бастапқы координаталары зерттеудің бірінші кезеңінде анықталып, реперлердің кеңістіктегі X, Y, Z координаталары жоғары дәлдікпен есепке алынды. Бұл реперлердің орналасуы ғимараттың барлық бөлігін, әсіресе ең қауіпті аймақтарын толық қамтуға мүмкіндік береді.



2 – сурет - Реперлердің орналасу орны

Реперлердің координаталары төмендегі кестеде көрсетілген:

Репер №	X (м)	Y (м)	Z (м)
R130	604,638	-4419,776	773,066
R132	586,242	-4410,770	792,260
R1	579,465	-4359,033	725,366
R10	650,732	-4337,321	780,057
R101	479,166	-4310,352	790,210
RR1	530,835	-4458,253	760,515
RR2	575,776	-4486,046	760,494
RR3	563,072	-4449,058	760,663
RR4	578,422	-4453,793	760,220
RR5	623,291	-4468,461	761,826

Қабырға реперлері ретінде диаметрі 10 мм және ұзындығы 100 мм болатын **клиндік анкерлік болттар** таңдалды. Олар ғимараттың кірпіш және бетон қабырғаларына 10 см тереңдікке орнатылды. Мұндай анкерлер құрылыс барысында да, одан кейін де жоғары тұрақтылық пен дәлдікті қамтамасыз етеді. Реперлердің орналасуы ғимараттың

солтүстік, оңтүстік, шығыс және батыс жақтарына теңдей бөлінген: солтүстік және оңтүстік бетінде 5 реперден, ал шығыс және батыс бетінде 3 реперден орналастырылған.

Деформацияны бақылау жұмыстары **геометриялық нивелирлеу әдісімен (III дәлдік класы)** жүзеге асырылды. Өлшеу жұмыстары үшін келесі құрал-жабдықтар қолданылды:

- **Leica Sprinter 250M сандық нивелирі** қолданылды.
- **4 метрлік штрихкодтық рейкалар**, рейканың өлшеу дәлдігі – 0,1 мм.

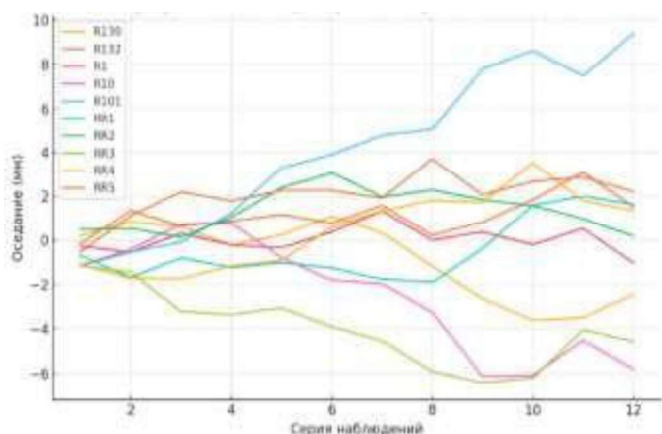
Әрбір бақылау циклінде реперлер бойынша екі еселенген өлшеу жүргізілді. Әр рейкадан алынған көрсеткіштер автоматты түрде нивелирдің ішкі жадына жазылып, қосымша түрде полевой журналда тіркелді. Өлшеу нәтижелеріндегі айырмашылықтар 0,5 мм-ден аспауы тиіс деп белгіленді, бұл нивелирлеудің жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді.

Бақылау жұмыстары **жылдың әртүрлі маусымдарында** жүргізілді:

- Қысқы кезеңде (теріс температура және қар жамылғысы) ;
- Көктемгі кезеңде (қар еру және топырақтың ылғалдылығы жоғары кезде) ;
- Жазғы кезеңде (құрғақ және ыстық мезгілде) .

Бұл әдіс ғимараттың деформация процесінің климаттық жағдайларға тәуелділігін бағалауға мүмкіндік береді. Барлығы **12 бақылау циклі** өткізілді, өлшеулердің жиілігі – айына екі рет.

Өлшеу нәтижелері **Credo Нивелир 2.0** бағдарламалық кешенінде өңделді. Бұл бағдарлама нивелирлеу нәтижелерін уравнивание жасап, биіктік координаталардың нақты мәндерін анықтауға мүмкіндік береді. Әр бақылау циклі бойынша нивелирлеу жүрісінің қателіктері есептеліп, нәтижелері бақылау карталарына түсірілді.

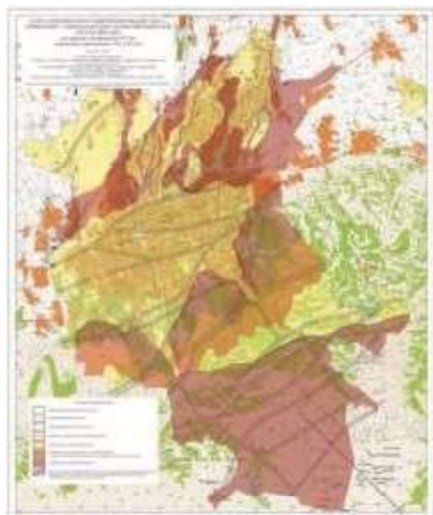


3 – сурет – Өлшеу графигі

Құрылыс алаңының топырағы – гравийлі-күмді құрылымға ие (тығыздығы 2,17 т/м³, үйкеліс бұрышы 34°, ілінісу күші 24 кПа, деформация модулі 68 МПа) . Грунт сулары 11,2–12,9 м тереңдікте орналасқан. Алматы қаласының бұл бөлігі **9 балдық сейсмикалық белсенді аймаққа** жатады. Осы ерекшеліктер реперлердің құрылымын таңдауда және бақылау әдістемесін құруда маңызды рөл атқарды.

Зерттеу нәтижелері мен талқылау

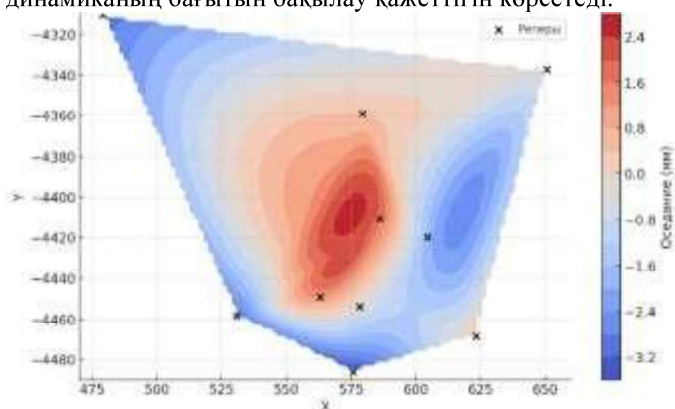
СМР-2 (MSK-64) сейсмикалық аудандастыру картасына сәйкес, зерттелетін нысан сейсмикалық қарқындылығы 9 балл болатын аймақта және тектоникалық ақауға жақын жерде орналасқан. Осыған байланысты ғимараттың деформациясын бақылау үшін стационарлық реперлер жүйесін қолдана отырып, геодезиялық бақылау әдісі қолданылды. Сондай-ақ спутниктік позициялау әдістерін пайдалана отырып, қосымша бақылаулар жүргізу ұсынылады.



4 – сурет – Алматы қаласының сейсмикалық картасы

Нивелирлеу нәтижелерінің негізінде бақылау реперлерінің вертикаль бағыттағы орын ауыстырулары анықталды. Жинақталған өлшеу мәліметтері бойынша реперлердің шөгу шамалары интерполяция әдісі арқылы өңделіп, оседание бетінің үлгілік картасы жасалды. Бұл картада ғимарат периметрі бойынша шөгу процестерінің кеңістіктік таралуы бейнеленген (7-сурет).

Картада қызыл реңктер шөгу деңгейінің жоғары екенін көрсетсе, көк реңктер салыстырмалы тұрақтылықты немесе көтерілу үрдісін білдіреді. Ең үлкен шөгу шамасы орталық бөлікте байқалады және ол шамамен $-3,2$ мм-ге жетеді. Бұл – шекті мән болып табылмайды және ғимараттың тұрақтылығына тікелей қауіп төндірмейді, алайда динамиканың бағытын бақылау қажеттігін көрсетеді.



7-сурет – 12 бақылау сериясының нәтижесі бойынша ғимарат периметріндегі шөгу картасы

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу нәтижелері көрсеткендей, ғимарат орналасқан аумақтағы топырақ жыныстарының литологиялық құрылымы әртүрлі және күрделі сипатқа ие. Әсіресе, глинисті шөгінділердің су сіңіру қабілетінің жоғары болуы және олардың тиксотропты қасиеттері – яғни, ылғалдану нәтижесінде құрылымдық беріктігін жоғалтуы – ғимараттың деформациясына әсер ететін негізгі факторлардың бірі болып табылады.

Аймақта тіркелген шөгу құбылыстары мен жергілікті теріс вертикальды ауытқулар тектоникалық жарықтар бойында немесе бұрынғы құрылыс жұмыстары нәтижесінде қалыптасқан бос кеңістіктердің ықпалымен түсіндірілуі мүмкін. Бұл бос кеңістіктер ылғалдың инфильтрация жолдары ретінде әрекет етіп, каолин-гидрослюдисті және каолин-монтмориллонитті глиналардың жүктемеге төзімділігін төмендетеді.

Сонымен қатар, зерттеліп отырған аумақ делювиалды және элювиалды шөгінділерден құралған, құрамында ұсақ қиыршықты қосындылар кездеседі. Элювиалды саздақтар табиғи жағдайда құрылысқа жарамды болғанымен, қосымша ылғал әсерінен құрылымдық байланыстарын жоғалтып, көтеру қабілетін төмендетеді. Бұл жағдай, әсіресе жертөле аймағынан шығатын тұрмыстық сулар мен жаңбыр суларын тиімді бұрып әкету жүйесінің болмауы салдарынан, топырақтың артық ылғалмен қанығуына әкелуі мүмкін. Мұндай жағдайда топырақ құрылымы әлсіреп, оның беріктігі төмендейді.

Осылайша, зерттеу барысында анықталған ғимараттағы деформация мен шөгу процестері – бұл жекелеген бір себептің емес, **топырақ жыныстарының литологиялық ерекшеліктері, ылғалдану деңгейі, маусымдық өзгерістер және құрылыс-техникалық факторлар жиынтығының нәтижесі** болып табылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. ГОСТ 31937-2011. Ғимараттар мен құрылыстар. Техникалық жағдайын тексеру және мониторинг жүргізу ережелері. – М. : Стандартинформ, 2012. – 34 б. (орыс тілінде)
2. Соловьев С. В. , Зобнин С. П. Ғимараттардың шөгуі мен деформациясын геодезиялық бақылау әдістері. – М. : Недра, 2010. – 208 б. (орыс тілінде)

3. Кряжев А. А. , Саттаров И. Ш. Үшінші дәлдік класты нивелирлеу әдіснамасы бойынша бақылау. // Геодезия және картография, 2020, №4, 42–46 б. (орыс тілінде)
4. Credo Нивелир 2.0. Қолданушы нұсқаулығы. – Минск: ГИСПро, 2021. (орыс тілінде)
5. Назаров Ю. А. Құрылыс саласындағы геотехникалық мониторинг. – СПб. : ГИЦ, 2019. – 180 б. (орыс тілінде)
6. Жунусов С. К. , Абдраимов С. К. Глинисті топырақтардың маусымдық өзгерісі және олардың құрылысқа әсері. // ҚазҚСҒЗИ хабаршысы, 2021, №2, 51–57 б. (қазақ тілінде)
7. Карабаев М. Е. Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы элювиалды және делювиалды шөгінділердің литологиялық ерекшеліктері. // Геология және жер қойнауын пайдалану, 2018, №3, 62–68 б. (қазақ тілінде)
8. Пановко Я. Г. , Герасимов А. В. Негіздер мен іргетастардағы деформациялар мен бұзылулар. – М. : Стройиздат, 2008. – 272 б. (орыс тілінде)
9. Plaxis 2D/3D Reference Manual. Delft University of Technology, 2022. (ағылшын тілінде)
10. Hofmeister, N. ; Silva, J. C. D. Өлі өзен: Бразилияда Шикрин тайпасына тиесілі Катете өзенін шахта лаптап жатыр ма? The Guardian, 2018. (ағылшын тілінде)
11. Götze, C. ; Beyer, F. ; Gläßer, C. Тастанды шахталардағы геохимиялық параметрлердің индикаторы ретінде пионерлік өсімдіктердің гиперспектралды мәліметтер арқылы талдануы. Environmental Earth Sciences, 2016, 75, 613. (ағылшын тілінде)