

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

ӘОЖ 528.02: 622.83

Қолжазба құқығында

КОЖАЕВ ЖЕНИС ТУРСУНАЛИЕВИЧ

**Геодезиялық және ғарыштық технологиялар негізінде кенорнының
әлсіз аймақтарындағы жылжу үдерістерін зерттеу**

6D071100- Геодезия

Философия докторы (PhD)
дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Ғылыми кеңесшілер:
Байгурин Ж.Д. техника
ғылымдарының
докторы, профессор
Мустафин М.Г. техника
ғылымдарының
докторы, профессор

Қазақстан Республикасы
Алматы, 2017

МАЗМҰНЫ

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР	4
БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР	5
КІРІСПЕ	6
1 КЕНОРЫННЫҢ ӘЛСІЗ АЙМАҚТАРЫНДАҒЫ ЖЫЛЖУ ҮДЕРІСТЕРІН ГЕОМЕХАНИКАЛЫҚ МОНИТОРИНГТЕУДІҢ ЗЕРТТЕЛУІН ТАЛДАУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ	10
1.1 Деформациялық үдерістерді бақылаудың қазіргі жағдайы және оның әдістемесін жетілдіруде әдебиет көздеріне талдау жасау	11
1.2 Анненск кенорнындағы жер беті және тау-кен қазбалары туралы қысқаша мағлұмат	17
1.2.1 Кенорнының қысқаша геологиялық сипаттамасы	18
1.2.2 Кенорнының морфологиясы	20
1.2.3 Кеннің заттық құрамы	21
1.3 Кенорындағы жер бетінің жылжу үдерістеріне әсер ететін тау-кен геологиялық және тау-кен техникалық деректері	23
1.4 Геомеханикалық мониторингтеудегі геодезиялық пункттердің орналастыруын жетілдіру	26
1.5 Деформациялық үдерістерді бақылаудағы сейсмикалық мониторингтің ерекшелігі	29
1.6 Анненск кенорнындағы геомеханикалық мониторинг жүргізудің әдістемесі	31
1 бөлім бойынша тұжырым	36
2 ДЕФОРМАЦИЯЛЫҚ ҮДЕРІСТЕГІ ГЕОМЕХАНИКАЛЫҚ МОНИТОРИНГ ЖҮРГІЗУДЕ ҒАРЫШТЫҚ РАДИОЛОКАЦИЯЛЫҚ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯНЫ ҚОЛДАНУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІГІ	37
2.1 Деформациялық үдерістегі геомеханикалық мониторинг жүргізуде ғарыштық радиолокациялық интерферометрияны қолданудың әдістері мен технологиялары	37
2.2 Анненск кенорны бойынша радиолокациялық тиімді жұпты интерферометрикалық қос ғарыш суретін алу мақсатында ғарыш жүйелерін таңдаудың ерекшелігі	41
2.3 Ғарыштық радиолокациялық суреттердің ұқсастық жұптық когеренттілігіне талдау жасау	44
2.4 Анненск кенорнының зерттелу аумағын ғарыштық радиолокациялық интерферометрияның үздіксіз өлшеу нәтижесі бойынша жер беті деформациясының картасын құрудың әдістемесі	46
2.5 Жер беті өлшемдерімен радиолокациялық зондтау мәліметтерін интерферометриялық өңдеуден кейінгі алынған нәтижелердің нақтылығын бағалау	50
2.6 Жұпты радиолокациялық ғарыш суреттері бойынша интерферограмманы құруға және өңдеуге арналған программаны	53

таңдаудың ерекшелігі	
2 бөлім бойынша тұжырым	54
3 АЭРОҒАРЫШ СУРЕТТЕРІН ҚОЛДАНУ НЕГІЗІНДЕ ӘЛСІЗ АЙМАҚТАРДЫҢ ДЕФОРМАЦИЯСЫН АНЫҚТАУ ҮШІН ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫ РАДИОЛОКАЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРДІ ҚОЛДАНУДЫ ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЖЕТІЛДІРУ	55
3.1 Радиолокациялық ғарыш суреттерінің тандемді жұптары бойынша интерферограммаларды генерациялау	55
3.2 Радиолокациялық түсірілімдердің нәтижесі бойынша деформацияланған жер учаскесі рельефінің сандық моделін құру	58
3.2.1 Дифференциалдық интерферометрия әдісімен жылжу картасын құру	61
3.2.2 Дифференциалды интерферометрия нәтижелерін салыстырмалы талдау	62
3 бөлім бойынша тұжырым	66
4 ГЕОМЕХАНИКАЛЫҚ МОНИТОРИНГТІ ЖҮРГІЗУДЕГІ АСПАПТЫҚ БАҚЫЛАУЛАРДЫҢ ӘДІСІН ЖЕТІЛДІРУ	68
4.1 Жерасты әдісімен қазбаларды игерудің жер бетіне техногендік әсер етуі	68
4.2 Кенорынның жер бетіндегі әлсіз зоналарын анықтау	70
4.3 Жер бетіндегі шөгу аймақтарында зоналық аудандастырудың тәсілі	71
4.4 Кенорындағы опырылу қаупі бар жерлерде зоналық аудандастырудың жетілдірілген тәсілі	74
4.5 Геомеханикалық мониторингтеудегі ұшқызсыз ұшатын аспапты қолданудың тиімділігі	81
4.6 Деформациялық үрдістерді бақылауда жерасты сканерлік аспап көмегімен маркшейдерлік-геодезиялық түсірістерді жүргізу ерекшелігі	86
4.7 Мониторинг жүргізудегі глобалды навигациялық жерсеріктік жүйелер негізінде маркшейдерлік-геодезиялық бақылауларды жүргізудің артықшылығы	87
4.8 Кенорындағы жүргізілген жер беті және аэроғарыштық бақылаулардың нәтижелерінің негізінде корреляциялық тәуелділік алу	89
4.9 Шөгудің вертикалдык жылжуын және жер бетіндегі жарықшақтарды бақылауда жоғарғы дәлдікті нивелирлеуді негіздеу	91
4.10 Инженерлік құрылымдардың деформациясын бақылау	105
4.11 Заманауи, жоғары дәлдікті геодезиялық аспаптардың көмегімен аспаптық түсіріс әдісін жетілдіру	106
4.12 Жер бетіндегі деформациялық үдерістерінің шөгу сұлбасы	110
4.13 Бақылау әдістерін талдауда деформациялық үдерістерінің шөгу сұлбасы	112
4 бөлім бойынша тұжырым	114
ҚОРЫТЫНДЫ	115
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	118
ҚОСЫМШАЛАР	126

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Бұл диссертациялық жұмыста стандарттарға сәйкес сілтемелер көрсетілген:

«Жер қойнауы және жер қойнауын пайдалану туралы» Қазақстан Республикасы заңы.— Алматы, 2010.

«Геодезия және картография» туралы Қазақстан Республикасының Заңы. — Алматы: ЮРИСТ, 2007. — 164 б.

Қазақстан Республикасының жер кодексі. — Алматы: ЮРИСТ, 2008. — 104б.

Инструкция по наблюдению за сдвижением горных пород, земной поверхности и подрабатываемыми сооружениями при разработке рудных месторождений. — М.: Недра, 1989.—105 с.

Инструкция по наблюдению за сдвижением горных пород и земной поверхности при разработке калийных месторождений. — Л.: ВНИМИ, 1985. — 90 с.

ГОСТ 7.9-95 (ИСО 214 - 74) Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация. Общие требования.

ГОСТ 7.12 -93 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила.

ГОСТ 22268-76 Геодезия. Термины и определения

БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

ДИ	Дифференциалдық интерферометрия
ҰҰА	Ұшқышсыз ұшу аппараты
ҒРИ	Ғарыштық радиолокациондық интерферометрия
ТШ	Тұрақты шағылдырғыштар
ГАЗ	Геоақпараттық жүйелер
ЖРНЖ	Жерсеріктік радионавигациялық жүйелер
GPS	Global Positioning System

КІРІСПЕ

Диссертация тақырыбының өзектілігі. Қазақстан Республикасының президенті Н.А. Назарбаевтің 2017 жылғы 31 қаңтардағы Қазақстан халқына Жолдауында «Мемлекетіміздің тау-кен металлургиясы мен мұнай-газ кешендері» бойынша басым бағыттары көрсетілген, яғни экономикалық өсімнің тұрақтылығы үшін елдің тау-кен металлургиясы мен мұнай-газ кешендері өзінің стратегиялық маңызын сақтауға тиіс екендігі туралы айтылған. Минералдық-шикізаттық базаны кеңейтуге және заманауи индустриалды-инновациялық технологияларды пайдалануға баса назар аударылуы тиіс. Олардың біріне экономиканың барлық саласындағы жаппай сандықтандыру жатады, ол дегеніміз тау-кен өнеркәсібіндегі ғылымды көп қажет ететін түбегейлі жаңа бағыттарын құруға әкелу болып табылады [1].

Техникалық дамумен байланысты пайдалы қазбалардың кенорындарын игерудің қарқынды дамуы тау жыныстарындағы деформациялық үдерістердің пайда болуымен қатар жүреді. Мысалға алсақ, қазіргі кезде Қазақстандағы және Ресейдегі кенорындарда («Красноярск» шахтасы ААҚ «СУЭК-Кузбасс») нормативті әдістемелермен болжау жасалмаған жер бетінің шөгу, опырылулары кеңінен орын алды. Оған қоса, пайдалы қазбаны қазып алу жылдамдықтары күннен-күнге артуда, оның өзі жер бетінің мұндай әрекеттер әсерінен туындайтын сұрақтарды көптеп туғызады. Бұл үдеріс пайдалы қазбалар кенорындарының аумағындағы жер бетіне теріс әсердің қарқынды артуымен қатар жүретін жаһандық сипатқа ие. Бұған жарқын үлгі ретінде Жезқазған кенорнын алуға болады. Ондаған жылдар бойы пайдалы қазбалар шоғырын игеру нәтижесінде түрлі жерасты қазбаларының тығыз жүйесі пайда болған. Мыс өндірудің көлемін арттыру үшін күрделі және қолайсыз тау-кен геологиялық жағдайлардағы барлық терең горизонттарды өту қажет. Кейбір жағдайларда, мұндай жұмыстар кен тіректердің бұзылуы, төбенің құлауы, тіпті жер бетінің қатты бұзылуына дейін әкеліп соғады. Мұндай аймақтарда тау-кен жұмыстарын жүргізудің өнеркәсіптік қауіпсіздік ережелеріне сәйкес бұдан арғы пайдалы қазбаларды игеру жұмыстары тоқтатылады. Алайда, құлау аумағында пайдалы қазындылардың айтарлықтай мөлшерінің қалып кету жағдайлары да аз емес, яғни жер бетінің жылжу үдерісін дұрыс болжаумен қамтамасыз етсе, онда жоғалымнан құтылудың да алдын алуға болатын еді.

Бұл кездегі өзекті мәселе жер бетінің жылжу үдерісін анықтау сенімділігін жоғарлату болып саналады. Қазіргі кезде қолданыстағы құралдарға қосымша осы мәселерлерді шешуге негізделген өлшеудің түбегейлі жаңа құралдары пайда болды. Осыған орай деформациялық үдерістерді одан әрі зерттеу, жер бетінің деформацияларының геомеханикалық мониторинг жүйесінің негізінде оларды бақылау және болжау радиолокациялық интерферометриямен қоса жер серіктік түсірістер мәліметтері негізінде, ҰҰА (ұшқышсыз ұшу аппараттары) жоғары дәлдікті нивелирлеу тексерулерімен және оларды геомеханикалық рұқсатылықтарымен салыстыру өте уақтылы, тез әрі заманауи түрде жүргізуге мүмкіндік береді. Осылайша геомеханикалық мониторингтің инновациялық

маркшейдерлік, топография-геодезиялық және жоғары дәлдікті аэроғарыштық технологияларын кешенді пайдалануға негізделе отырып геомеханикалық мониторинг жүргізу өзекті мәселе болып саналады, сонымен қатар шешетін мәселе кенорындарды игеруде тиімді және қауіпсіз жұмыспен қамтамасыз етуге мүмкіндік беру болып табылады.

Диссертациялық жұмыс №1059/ГФ4 «Әлсіз аймақтарды геомеханикалық мониторингтеудегі заманауи маркшейдерлік, топографиялық-геодезиялық және аэроғарыштық технология негізінде пайдалы қазбаларды игеру» атты жобамен Қазақмыс АҚ қарасты Анненск кенорнындағы зерттеу нәтижелері бойынша орындалған.

Жұмыстың мақсаты: кенорнындағы әлсіз аймақтарды геодезиялық және ғарыштық технологиялар негізінде жер беті жылжуының геомеханикалық үдерістерін кешендік бақылау жүйесі арқылы зерттеу.

Жұмыстың идеясы: кенорнындағы әлсіз аймақтарда геодезиялық және ғарыштық технологияларды пайдаланып геомеханикалық мониторинг негізінде жер бетінің ситуациялық картасын құрудың технологиясын әзірлеу.

Зерттеудің негізгі міндеттері:

- пайдалы қазбалар кенорындарын игеру кезіндегі жер бетінің опырылу қаупі бар аймақтарды зерттеудегі геомеханикалық мониторингтің дағдылы тәсілдері мен әдістерін талдау;

- ғарыштық радиолокациондық интерферометрияның нәтижелері арқылы кенорнындағы әлсіз аймақтарда жер бетінің жылжу картасын құрудың тиімді әдісін жасау;

- жер бетінде опырылулардың қалыптасуын ескере отырып, тау-кен шоғырларының геомеханикалық жағдайының үшөлшемді моделдерін құру;

- опырылуға қауіптілік деңгейі бойынша кенорнындағы жер бетінің зоналық аудандастыру әдісін ұсыну;

- техногенді бұзылыстар мүмкін болатын аумақтарды болжаудың және тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізу іс-шараларында, ұсынылатын әдістерді практикалық түрде іске асыру;

Зерттеу объектісі: ЖШС «Қазақмыс» Корпорациясына қарасты Анненск мыс кенорны.

Зерттеу әдістері. Геомеханикалық үдерістерді зерттеу саласындағы әдебиет көздеріне бай тәжірибеге талдау жасауды, геомеханикалық мониторинг жүргізудің тәсілдері мен онда қолданылатын заманауи технологияларды, мониторинг нәтижелерін теориялық және практикалық талдап қорытындылауды қамтитын кешенді әдістер пайдаланылды.

Диссертациядағы ғылыми жаңалықтар:

- Аэроғарыштық суреттер мен дифференциалды радиолокациялық интерферометрия және топографиялық-геодезиялық бақылаулар нәтижелерін кешенді пайдалану негізінде жер беті жылжуының сандық картасын құрудың жаңа әдісінің жасалынғандығы.

- Тау-кен жұмыстарының қауіпсіз және тиімді жүргізуді қамтамасыз ететін деформациялық үрдістердің рұқсат етілген өлшемдік мәні мен кен

казудың еселігі арасындағы графиктік-аналитикалық байланыстың алынғандығы.

Жұмыстың ғылыми маңыздылығы тау жыныстарының әлсіреген аумақтарындағы (зоналарындағы) тау-кен жұмыстарын жүргізуді геокеңістік мәліметтерін жинау және өңдеудің инновациялық технологияларын пайдаланудың шешімдері және жаңа бағыттарының болашағын құрумен қортындыланады. Тау-кен жұмыстары жүргізілетін аумақтардағы жер бетінің жылжуының картасын құру әдістемесін геодезиялық бақылаулар және ғарыштық радиолокациялық интерферометрия нәтижелерінің негізінде жетілдіру.

Жұмыстың тәжірбиелік маңыздылығы жаңа буындағы (TerraSarX, CosmoScyMed) радиолокациялық зондтау жүйесін пайдалануға негізделген маркшейдерлік-геодезиялық бақылауларда және ғарыштық радиолокациялық интерферометрияда инновациялық әдістерді кешенді пайдалану мен дамытудан тұрады, сонымен қатар топографиялық-геодезиялық өлшеулер негізінде жылжудың ситуациялық (ахуалдық, үздіксіз) картасын құру болып табылады.

Қорғауға ұсынылатын негізгі қағидалар:

- Аэроғарыштық суреттер мен дифференциалды радиолокациялық интерферометрия және топографиялық-геодезиялық бақылаулар нәтижелері - тау-кен жұмыстары жүргізілетін әлсіз аймақтардағы жер беті жылжуының сандық карталарын жасауға мүмкіндік жасайды.

- Жер беті жылжуының рұқсат етілген өлшемнің мәні, кен қазу тереңдігі мен кеннің қалыңдық еселігіне дәрежелік байланыста.

Жұмыстың нәтижелерінің іске асуы: Диссертациялық жұмыстың негізгі қағидалары Анненск кенішінде тау-кен жұмыстарының жоспарын құру немесе жасауда, геодезиялық бақылаулар негізінде қауіпті жағдайлардың алдын-алу мен болжамдау және жер бетіндегі әлсіз аймақтарда жылжу үдерістерін бақылауды ұйымдастыру үшін пайдаланылуға ұсынылды.

Жұмыстың жариялылығы:

Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері: «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых» (Москва, ИПКОН РАН, 2014) атты жас ғалымдардың ғылыми-техникалық конференцияларында; 15th international Multidisciplinary Scientific Geoconference and EXPO, SGM 2015, (Albena Resort, Bulgaria, 2015); «Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр» (Москва, 2016) атты халықаралық ғылыми-техникалық конференцияда; «Современный научный потенциал и перспективные направления теоретических и практических аспектов» (Санкт-Петербург, 2017) атты халықаралық ғылыми-техникалық конференцияда; «Тау-кен металлургия кешенінің инновациялық дамуын ғылыми және кадрлық қамтылуы» (Алматы, 2017) атты халықаралық ғылыми-тәжірбиелік конференциясында; «Шахмардан Есеновтың ғылыми мұрасы» атты халықаралық Сәтбаев оқулары конференциясында (2017), ҚазҰТЗУ-дың

«Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының ғылыми семинарында (2017 ж) баяндалып талқыланды.

Жұмыс нәтижелерінің басылымдарда жарық көруі. Диссертацияның негізгі мазмұны бойынша 16 ғылыми жұмыс, оның ішінде 4 мақала Қазақстан Республикасы білім және ғылым министрлігінің білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған журналдарда, 1 мақала алыс шет ел (Болгария) журналында, 8 мақала халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциялар жинақтарында, 2 мақала ғылыми-техникалық және өндірістік журналда, 1 мақала Scopus базасы мәліметінде жарық көрді.

Жұмыстың құрылымы мен көлемі. Диссертация кіріспеден, 4 тараудан және қорытындыдан тұратын 125 беттік компьютерлік мәтіннен тұрады. Оның ішінде 85 сурет, 17 кесте, қорытынды, 111 пайдаланылған әдебиеттер және 5 қосымшалар енгізілген.

1 КЕНОРЫННЫҢ ӘЛСІЗ АЙМАҚТАРЫНДАҒЫ ЖЫЛЖУ ҮДЕРІСТЕРІН ГЕОМЕХАНИКАЛЫҚ МОНИТОРИНГТЕУДІҢ ЗЕРТТЕЛУІН ТАЛДАУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ

1.1 Деформациялық үдерістерді бақылаудың қазіргі жағдайы және оның әдістемесін жетілдіруде әдебиет көздеріне талдау жасау

Тау-кен өнеркәсіптерінде тау-кен геологиялық жағдайлар күрделенеді және кен өндіру кенорнының қолайсыз учаскелерінде жүргізіледі. Кенорнының кенді игеру аумағының тереңдеуіне байланысты пайдалы қазбалардың құрамы да төмендейді және тау-кен шоғырларының кернеулі-деформациялану күйі ұлғаяды. ТМД-ның және Қазақстанның көптеген кенорындарында жылдар бойы кенорнын жерасты тәсілмен игеру кезінде бос кеңістіктер пайда болады және олар сақтандырғыш кентіректердің, төбенің құлауына, сонымен қатар жер бетінің жылжуына әкеліп соғады. Оған қоса тау-кен геологиялық жағдайлар күрделенуі, пайдалы компоненттердің құрамының азаюы, жоғалымның артуы, тау жыныстарының жаппай жылжуы, жер бетінің опырылуы немесе құлауы өндірістің жұмысының тоқтауына әкеліп соғады.

Соңғы жылдары дамыған жақын және алыс шетелдерде тау-кен саласындағы жобалау және өндірістік тәжірибе кезінде кен игерудің ірі масштабты заманауи технологияларын және тау-кен өнеркәсіптерінде тау-кен шоғырларының деформациялану үдерістерінің нәтижесін мониторингтік зерттеу кеңінен қолданыста. Тау-кен өндірісінің қарқынды дамуы, өнімділіктің артуы, заманауи техника мен технологияны пайдалану тау-кен мамандарының алдына өзінше бір қиындық тудырды. Бұл жер бетінің шөгуі, мульдалардың қалыптасуымен байланысты болды. Кен игеру кезіндегі жер бетінің деформациялануын анықтайтын мұндай негізгі факторлар тізімі бүгінгі күні толықтай зерттеліп олардың алдын алу шаралары да қарастырылған.

Осындай геомеханикалық үдерістерді зерттеуге ТМД-ның және Қазақстанның бірқатар ғалымдары атап айтсақ Трубецкой К.Н., Машанов А.Ж., Ракишев Б.Р., Иофис М.А., Фисенко Г.Л., Попов И.И., Борщ-Компониенц И.А., Попов В.Н., Макаров А.Б., Ержанов Ж.С., Буктуков Н.С., Нурпеисова М.Б., Низаметдинов Ф.К., Қасымханова Х.-К.М., Шамганова Л.С., Бекбергенов Д.К. және тағы да басқалар көп үлестерін қосқан [2-6].

Осы ғалымдардың барлықтарының еңбектерінде геомеханикалық мониторинг саласындағы ашық және жерасты кен игеру кезіндегі тау жыныстарының жылжуы, жер бетінің шөгуімен байланысты мәселелердің қазіргі жағдайы қарастырылған. Кенорындарды игеру кезінде кен шоғырларының кернеулі-деформациялану үдерісін басқарудың тиімді әдістерін қамтамасыз ететін кен шоғырларының деформациялану үдерістерін бағалау әдістері ұсынылған [7-11].

Өнеркәсіп қауіпсіздігі және жер қойнауын қорғауды қамтамасыз ететін геологиялық және маркшейдерлік Ережеге сәйкес маркшейдерлік қызметтің атқаратын міндеттеріне жер қойнауының жағдайына мониторинг жүргізу енгізілген.

Сонымен қатар, мұнда тау жыныстарының және жер бетінің жылжу үдерісін бақылау, жер қойнауын игеру кезінде кен қазбаларына, қоршаған ортаға және жер бетіндегі объектілерге кері әсерін тигізбеу орындалатын жұмыстың негізгі мәселесі болып қарастырылады.

Жалпы Қазақстан Республикасы аумағындағы кенорнындардың 10-ында кеніштік қиябеттер беріктігінің мониторинг жүйесі құрастырылған (1 кесте).

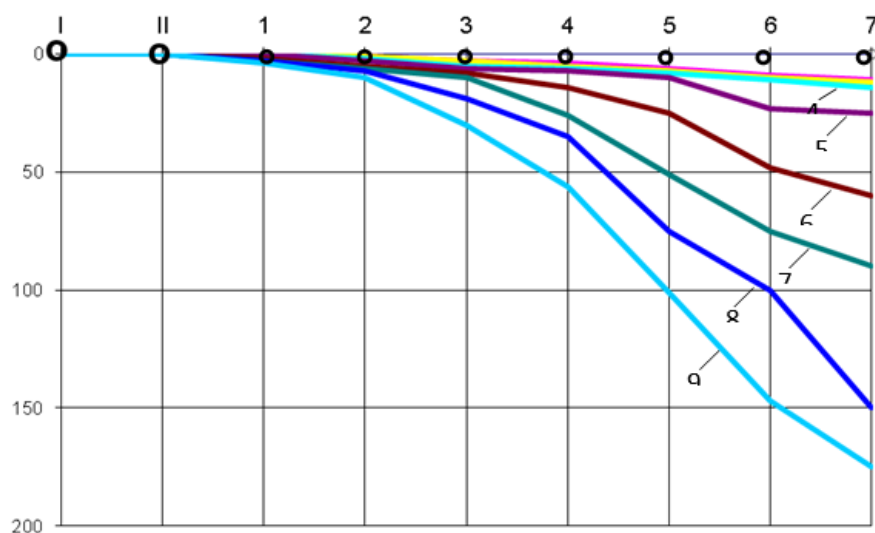
Кесте 1- Бақылау станциялары бар кәсіпорын (ҚазҰТЗУ)

Кеніш	Бақылау стан. саны.	Кеніш	Бақылау стан. саны.
Шолақтау «Қаратау»	9	Ақжал «Nova-Цинк»	7
Ақсай «Қаратау»	6	Қоңырат	3
Жаңатас «Қаратау»	4	АО Варваринск	2
Көкжон «Қаратау»	1	Соколов ССГПО	4
Ақбақай «Ақбақай КБК»	5	Сарыбай ССГПО	3
Карьерное «Ақбақай КБК»	3	Қоржынкөл	2
Шығыс Қамыс	2	Васильковск «Алтынтау»	3

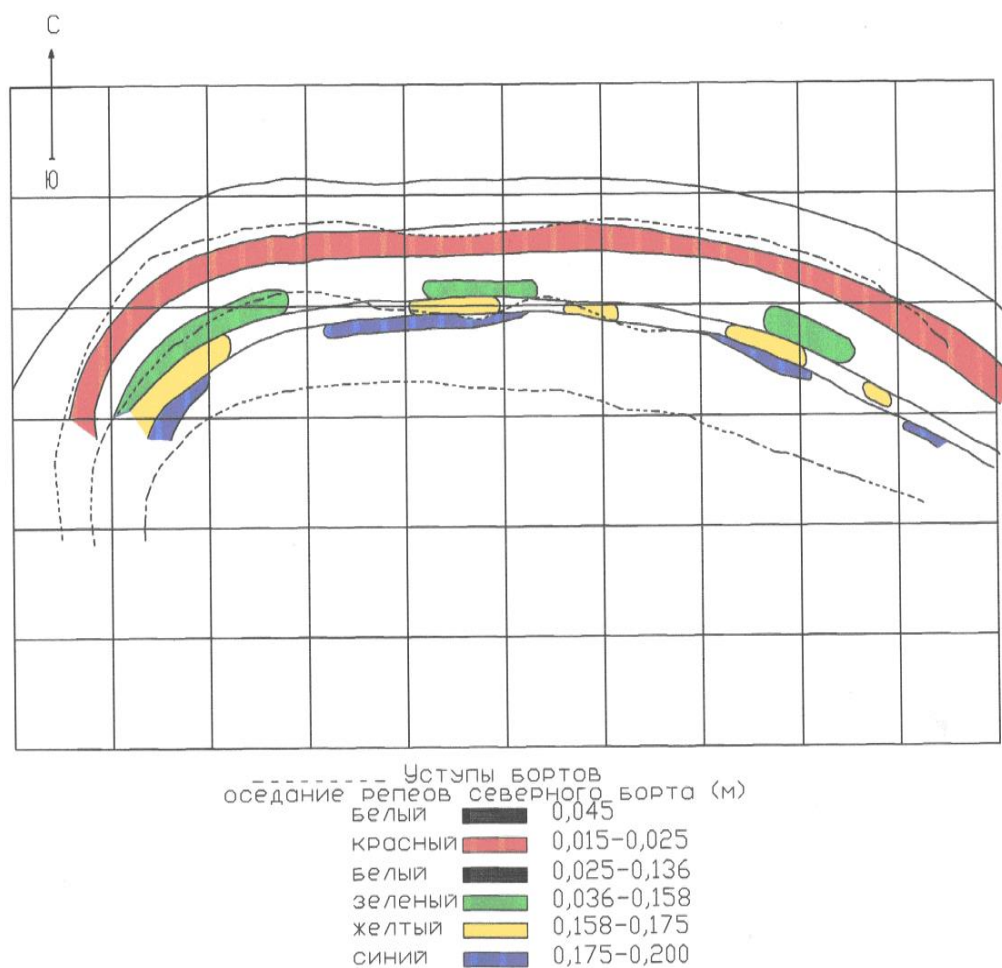
Кестедегі көрсетілген кеніштерде жылжу, опырылу сияқты бақылау үдерістерді зерттеу, дәстүрлі әдістермен орындалды. Дәстүрлі әдістердің бірден-бір ерекшелігі, зерттеу нысанында негізгі жылжу, шөгу, қауіпті аймақтарда ара-қашықтықтарын есептеп арнайы профильдік сызықтарды жүргізіп, сызықтардың бойымен реперлерді орнатып, оларды жоғары дәлдікті нивелирлердің немесе электронды тахеометрлердің көмегімен жер бетінің өзгеруін анықтап отырады.

Бақылау жүргізу барысында пункттің пландық координаттары: триангуляция, полигонометрия және трилатерация әдістерімен анықталды. Биіктік нивелирлік торда биіктік нүктелерінде геометриялық және тригонометриялық нивелирлеу әдістерінен алынған. Көбінесе торларда олардың жұмыс нәтижесінде керекті мағлұмат ретінде координаттар және биіктіктер мен жұмыс жасалды, жұмысты жасау барысында жобалық торлар пайдаланылды.

Атап айтсақ, мысал ретінде профессор М.Б. Нұрпейісованың жетекшілігімен орындалған «Nova-Цинк» АҚ, «Ақбақай КБК» АҚ тау-кен өнеркәсіптеріндегі мониторинг жүйелерін қарастырсақ болады. Орындалған жұмыс бойынша таужыныстарының жылжу үдерісін бақылау тригонометриялық нивелирлеудің және электрондық тахеометрмен орындалды. Зерттеу нәтижесі бойынша II-кластық дәлдікті қанағаттандыратын дәлдік орнатылып бекітілді.



Сурет 1- профильдік сызық бойынша реперлердің шөгу сұлбасы



Кезеңділік: 1-көктем 2003 ж.; 2-күз 2003 ж.; 3-көктем 2004 ж.; 4-күз 2004 ж.; 5-көктем 2005ж.; 6-күз 2005 ж.; 7- көктем 2006 ж.; 8- күз 2006 ж. және 9 –күз 2007 ж.

Сурет 2 - Карьер беткейлерінің шөгу картасы

Ақжал кенорнындағы геомеханикалық мониторинг бойынша 2003 жылдан 2007 жыл аралығындағы орындалған жұмыстар жағдайында ашық кен жұмыстарының кеніштің беткейлерінің орнықтылығына кері әсерінің жиілігі және ауқымдығы бойынша бақылаулар нәтижелерін геоақпараттық технологиялармен біріктіру және компьютерлік модельдеу негізінде көрнектілік алынды (1,2 сурет).

Алынған 1 және 2 сұлбалар бойынша карьер беткейлерінің қаншалықты орнықтылығын және карьердің қандай беткейлерінде қауіпті аймақтардың орын алғанын көруге болады. [12-14].

Қазақстан Республикасының бірқатар заңнамаларының шығуына және заңнаманың өзгеруіне байланысты, тау-кен өнеркәсіптерінің ұйымдастырушылық және шаруашылық қызметтерінің түрлерінің нұсқаушылық құжаттары қазіргі заманғы талаптарға сай келмейді немесе ашық және жер асты тау-кен жұмыстарын жүргізуге мүлдем сай емес.

«Қазақстан Республикасының Жер қойнауын қорғаудың бірыңғай ережесінде» 424 ст. [15] кенорнын игеру кезінде жер қойнауы, жер асты қазбалары, кемер, беткейлер және үйінділер, төнбе бүйір, кентіректерге қауіпсіз тау-кен жұмыстарын жүргізу үшін жүйелі бақылаулар жүргізу қажеттілігі белгіленген.

Кенорнындарды игеру кезінде өндіру жұмыстары міндетті түрде геологиялық және маркшейдерлік бақылаулармен қоса жүргізілуі тиіс, яғни:

- геологиялық және маркшейдерлік құжаттарды белгіленген көлемде және сапалы деңгейде орындау;

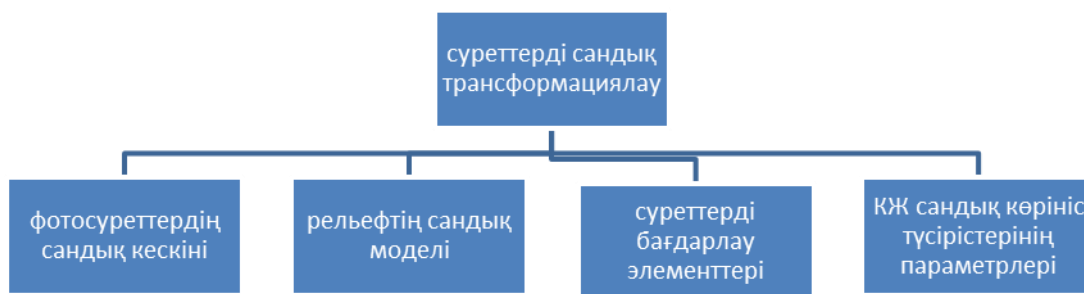
- пайдалы қазбаларды тиімді және кешенді пайдалануды қамтамасыз ету үшін маркшейдерлік жұмыстарды орындау; тау-кен жұмыстарын қауіпсіз және сапалы жүргізу; тау-кен жұмыстарының әсерінен ғимараттар мен имараттарды сақтау;

- тау-кен жұмыстарын өндірістік қауіпсіздікпен қамтамасыз ету үшін жер бетінің жылжуына үздіксіз бақылау жүргізілуі тиіс.

Геодезия саласында әртүрлі факторлардың негізінде геомеханикалық үдерістерге душар болатын құрылыс объектілерін бақылаудың түрлі әдістері мен тәсілдері кеңінен қолданылады.

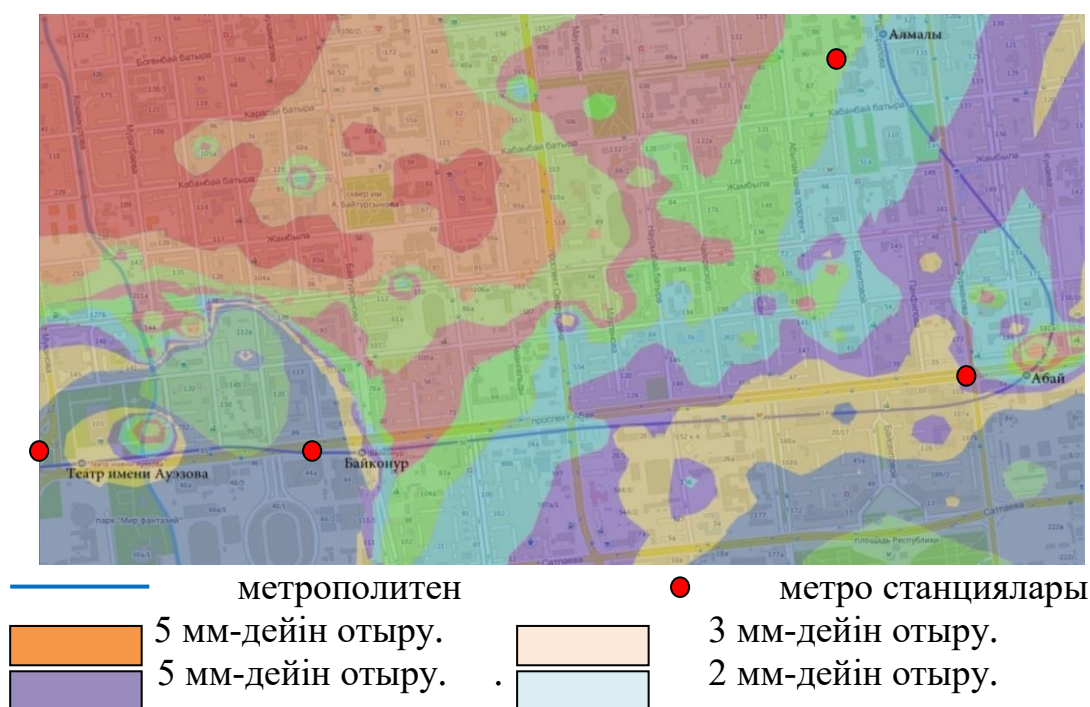
Қазіргі кезде геодезия саласындағы геомеханикалық мониторингті жүргізу бойынша жаңа бағытқа ие болуда. Көптеген авторлар геомеханикадағы мәселе жоғары дәлдікті геодезиялық аспаптарды және ғарыштық технологияны қолдану арқылы үнемі мониторинг ұйымдастыру кен шоғырларының кернеулі деформацияланған күйін бақылауда жеткіліксіз қолданылады деп санайды [16].

Геомеханикалық мониторингті жүргізу барысында ортофотопландарды құруға жедел мәліметтері алынатын ғарыштық бақылаулар, геодезиялық, аэрофотогеодезиялық түсірістер бойынша топографиялық карталар құрылады. Соңынан сандық кескінге айналатын бастапқы суреттерді трансформирлеу жүргізіледі және ол жергілікті жердің горизонталь проекциясындағы ортогональ проекциясы болады (сурет 3).



Сурет 3– Түсірістерді трансформациялаудың бастапқы мәліметтері

Деформациялық үдерістерді бақылау аймақтарындағы жер бетінің сандық мәліметтері бойынша шөгу учаскелерін және рұқсаттылығы жоғары дәлдікті шөгу аймақтарын (мульда) белгілеуге мүмкіндік береді. Ғарыштық бақылаулардың мысалдары негізінде Алматы метроқұрлысы трассасы бойындағы "Алатау" - " М. Әуезов театры " - "Байқоңыр" -"Абай" метро стансалары бойынша жер қыртысы мен бедерінің ығысу картасын мысал ретінде де қарастырсақ болады (сурет 4).



Сурет 4 - "Алатау" - " М. Әуезов театры " - "Байқоңыр" -"Абай" метро стансалары бойынша жер қыртысы мен топырақтардың ығысу картасы

Жер үсті және жер асты құрылыстарын салу және пайдалану кезіндегі деформациялану үдерістерін геодезиялық бақылау өзекті мәселе болып келеді. Жер үсті ғимараттары мен құрылыстарының деформацияларға әсер етуге арнаулы геодезиялық бақылау жүргізу үшін нақты бағыттары белгіленген.

Осыған орай кез-келген объектідегі деформациялық үдерістерді бақылау инженерлік-геологиялық және гидрогеологиялық жағдайын анықтауға және зерттеуге арналған біршама ізденіс жұмыстарынан тұрады. Мұндай мәліметтер кенорнының геомеханикалық моделінің сұлбасын құруға мүмкіндік береді (7 сурет) [17-19].

Тау-кен және құрылыстық ғимараттарды салу және олардың қалыпты жұмыс атқаруын қамтамасыз ету үшін басты ұстанатын мәселе бастапқы (жобалық) орындарды сақтау болып табылады. Әйтседе, құрылымдық ерекшеліктері және табиғи, техногендік факторлардың әсерлеріне байланысты объектілер түрлі пішіндегі қирау, шөгу және басқада деформацияның кеңістік орнын сақтауға әсерлеріне ие болады. Деформациялар тау-кен қазбаларының беріктігінің бұзылуына, құрылыстық құрылымның мықтылығына және ғимараттардың құлауына әкеліп соғады. Деформацияларды тудыратын табиғи факторлар көбіне ғимараттардың негізі ретінде пайдаланылатын инженерлік-геологиялық және гидрогеологиялық үдерістерге байланысты болады. Оларға тектоникалық бұзылымдардың ығысуы аймағындағы жер бетінің жылжуы, карстық және склонды үдерістер (жердің ыдырауы, опырылулар) жатады. Сонымен қатар жер бетінің отыруы, өз салмақтарының әсерінен топырақ құрылымының түбегейлі өзгеруі және олардың көпжылдық және маусымдық температураларының өзгеруі есебінен гидротермиялық жағдайларының, жер асты суларының деңгейлерінің өзгеруі де көп септігін тигізеді [20,21].

Берілген зерттеу жұмысындағы негізгі техногенді фактор ретінде түрлі әсер ететін тау жыныстарының физика-механикалық сипаттамалары келтірілген (сурет 5):



Сурет 5-Тау жыныстарының деформациялық үдерістеріне әсер ететін әртүрлі факторлар сұлбасы

Жер үсті және жер асты құрылыстарын салу және пайдалану кезіндегі геодезиялық қызметпен алғашында деформацияларды бақылауды ұйымдастыру шаралары орындалады, яғни олар төмендегі ретпен орындалады (6 сурет):

Геодезиялық жұмыстарының тәжірибелерінен ішіндегі ғимараттардың деформацияларын бақылау жұмыстары арнаулы құрастырылған жоба бойынша орындалады және ол төмендегілерді қамтиды:

- өлшеудің дәлдігіне қойылатын талаптары және бақылау мерзімі көрсетілген техникалық тапсырма;

- ғимараттар бойынша мәліметтер, құрылым ерекшеліктері, құрылысы, табиғи жағдайлары және оның жұмыс істеу режимдері;

- орналасу орнының сұлбасы, бастапқы және бақылау нүктелерінің геодезиялық белгілерінің құрылымы;

- шөгудің, горизонталь жылжулардың және деформацияның басқада түрлерін бақылаудың негізгі сұлбасы;

- деформация мәнін анықтаудың қажетті дәлдігіне сәйкес геодезиялық өлшеулердің қажетті дәлдігін негіздеу;

- өлшеулердің әдістерін және техникалық құралдарын сипаттау;

- геодезиялық өлшеулерді математикалық өңдеудің ұыныстары және бақылау нәтижелерінің интерпретациясы;

- объектіде геодезиялық жұмыстарды ұйымдастыру.



Сурет 6 - Деформацияларды бақылаудың геодезиялық және технологиялық ұйымдастырудың негізгі кезеңдері

Нормалық-құқықтық құжаттардың және (ҚР ҚНменЕ 1.1-1-2001, ҚР ҚНменЕ.03-30-2006, ҚР РЖҚ 1.03-XX-20XX және т.б.) материалдардың енгізілуіне байланысты құрылыста, ғимараттар мен имараттарды пайдаланудың, әсіресе Қазақстан Республикасының сейсмикалық аудандарында жобалаудың негізгі жағдайлармен техникалық шарттары енгізілген. Жауапты объектілер мен күрделі жағдайлардағы геодезиялық

бақылауларды жүргізу кезінде ғылыми тәсілдер және жоғары дәлдікті өлшеу тәсілдері мен құрылғыларын пайдалана отырып жүргізіледі [22,23].

ҚР «Геодезия және картография» заңындағы 4.п жобалау және ізденіс жұмыстарындағы, сызықтық және аудандық типтегі инженерлік ғимараттардың құрлысы мен пайдаланылуы, сонымен қатар осы бағыттар бойынша ғылыми-ізденіс жұмыстарын жүргізу, геодезиялық және басқа арнаулы жұмыстарды жүргізудің негізгі бағыттары айқын белгіленген [24,25].

1.2 Анненск кенорнындағы жер беті және тау-кен қазбалары туралы қысқаша мағлұмат

Геомеханикалық мониторингтің нысаны - бұл Жезқазған мыс кенорнының құрамына кіретін Анненск кенішінің аумағы болып саналады (13-сурет). Ол Жезқазған кенорнындағы шығыс бөлігінің қапталында орналасқан және кен өрісінің орталық бөлігіне қарағанда, тау-кен -геологиялық жағдайлары барынша күрделі. Кен қабаттарының орналасуы көп қатарлы, жақын маңындағы және басылып жатқан кен мөлшері 9-12-ге дейін жетеді. Кеннің құлау бұрыштары $\alpha=20-45^\circ$ -ға дейін өзгереді және құлауы бойынша игеру тереңдігі 600-680 м аралықты құрайды. Геологиялық ерекшеліктерге созылып жатқан және тау-кен массивіндегі сырғу кен сілемінің жиі құлауы орын алатын флексуралық аймақтардың болуын жатқызуға болады.

Бұған дейін жүргізілген зерттеулер бойынша 2004-2006 ж.ж. аралығында Анненск кенішінің аймағында (Анн.2-II-I, 2-IV, 3-I, 3-II, 4-I және 4-II) КАЦ бұзылуы және жақындатылған көпірлердің құлауы салдарынан төменгі кен жатындары бойынша аумақтық құлаулар орын алды. Жер бетінде құлау мұльдасы бойынша, сызаттардың пайда болғандығы байқалды, ол кейіннен тоқтап қалған және жер бетінде ірі жарылулар байқалған жоқ. Анненск кен телімінде өндірілген кеңістіктің ерекшелігі - бұл олардың жоспардағы және тігінен бытыраңқы болуы. Бұл үлкен жиынтық алаңдағы кен жайылмасының қалыңдығы бойынша жоғары қарай үлкен биіктікте бұзылуына жол бермейді. Мұны деңгейжиектен 270 м биіктікте жылжу мұльдасынан ШЖК өндірудің сақталып қалып отырғандығы да көрсетіп тұр.

Жезқазған мыс кенорны Қазақстанның орталық бөлігінде Жезқазған қаласының ауданында орналасқан (сурет 7).

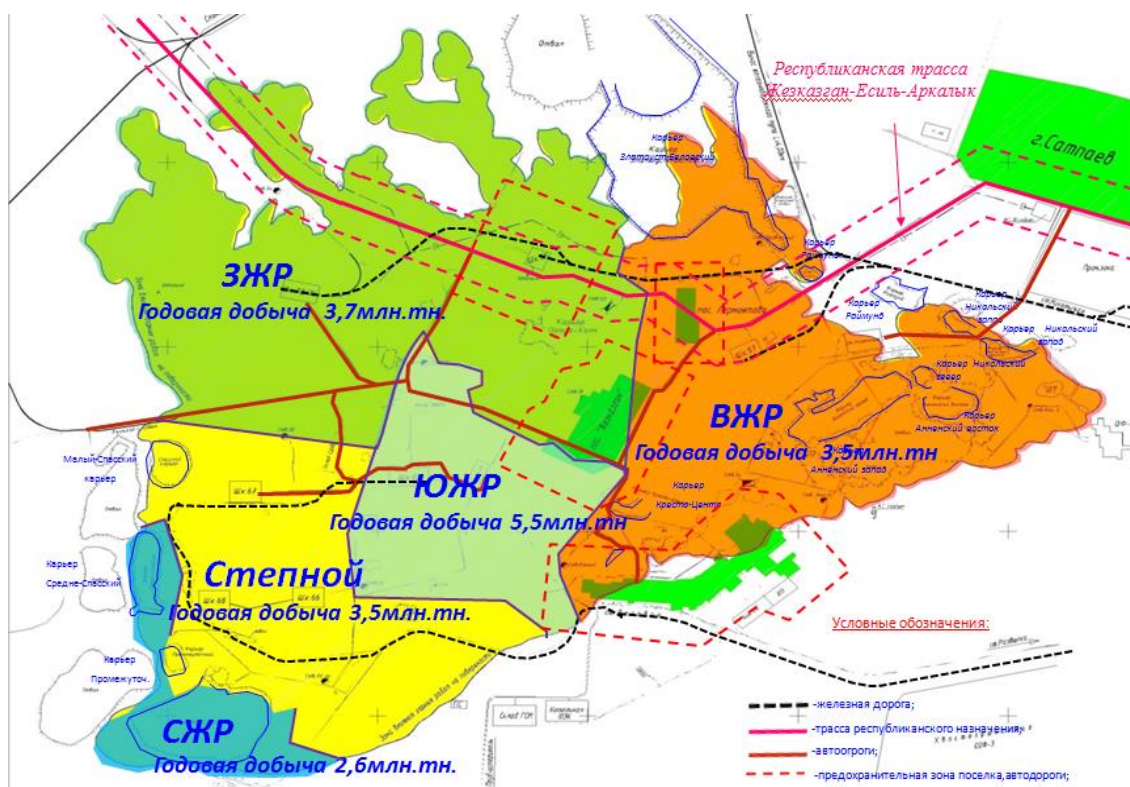


Сурет 7 - Жезқазғандағы кен орындары кешені

Жезқазғанның негізгі өнеркәсібі - мыс өндіру және металлургия болып саналады. Бұл жерде бұрынғы Кеңес Одағының қуатты мыс комбинаттарының бірі – «Жезказганцветмет» жұмыс істейді, оның құрамына екі кен байыту фабрикалары, мыс балқыту зауыты, құю-механикалық зауыты, өнеркәсіпті теміржол көлігі кәсіпорны кіреді.

Қаланың маңайында, Жезқазған кенті ауданында сирек жерлік, бытыраңқы қоспаларға және асыл металдарға (алтын, күміс, висмут, мырыш және т.б.) өте бай мыс кенорны өңделуде, оларды өңдеумен кәсіпорын айналысуда.

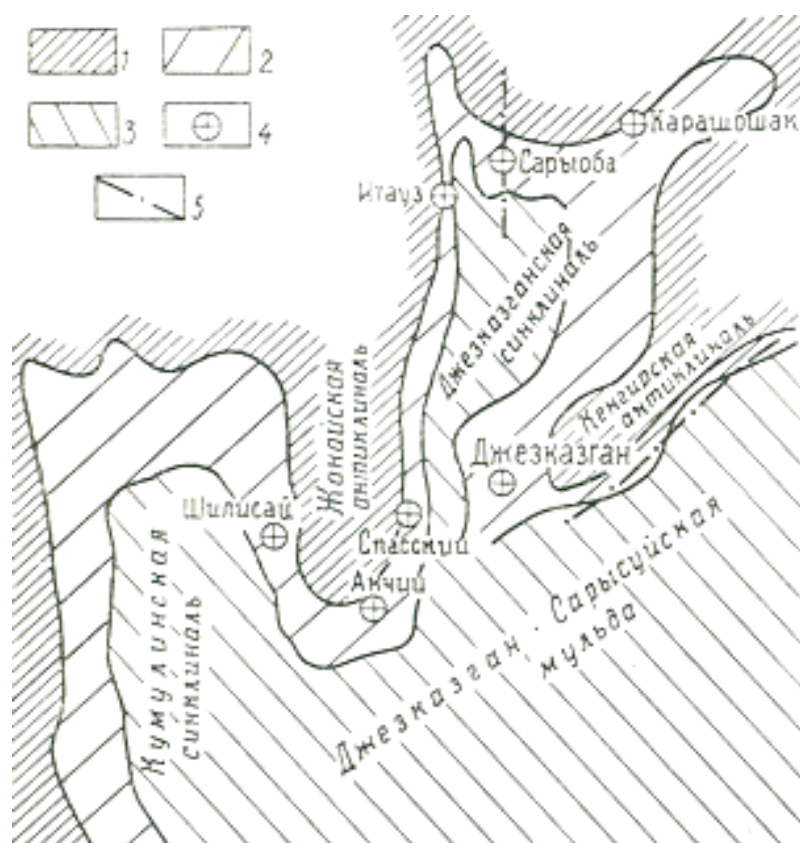
Жезқазған кешенінің кен телімі 61 км²-ді құрайды және оған мыналар кіреді: Солтүстік-Жезқазған кеніші (СЖК), Батыс-Жезқазған кеніші (БЖК), Шығыс-Жезқазған кеніші (ШЖК), Оңтүстік-Жезқазған кеніші (ОЖК), Степной кеніші (СК) (сурет 8) [26-28].



Сурет 8 - Жезқазған кенді алаңының инфрақұрылымы

1.2.1 Кенорнының қысқаша геологиялық сипаттамасы

Жезқазғазған кенорны Жезқазған-Сарысу мұльдасының солтүстік бөлігінде орналасқан, ертедегі каледондық қатпарлы негізде қалыптасқан герциндік құрылым болып табылады. Жезқазғанның кен қабаттары қызыл күрең түсті құмдауыттармен, аргиллиттермен, әктастармен және төменгі пермь жасындағы мергельдермен жабылып жатады. Әр жерлердегі палеозойлық түзілулер шұбарланған әлсіз цементті құмдауыттармен, балшықтармен, құмдармен және палеоген мен неогеннің малтатастарымен жабылған.



1 - төменгі тасты-көмірлі түзілулер; 2 - құрамы бай жезқазған кен қабаттары; 3 - пермь түзілулері; 4 - мысты құмдауыттардың кенорындары және кеннің пайда болатын орындары

Сурет 9 - Жезқазған ауданының құрылымдық сұлбасы (Б. Журбицкий бойынша)

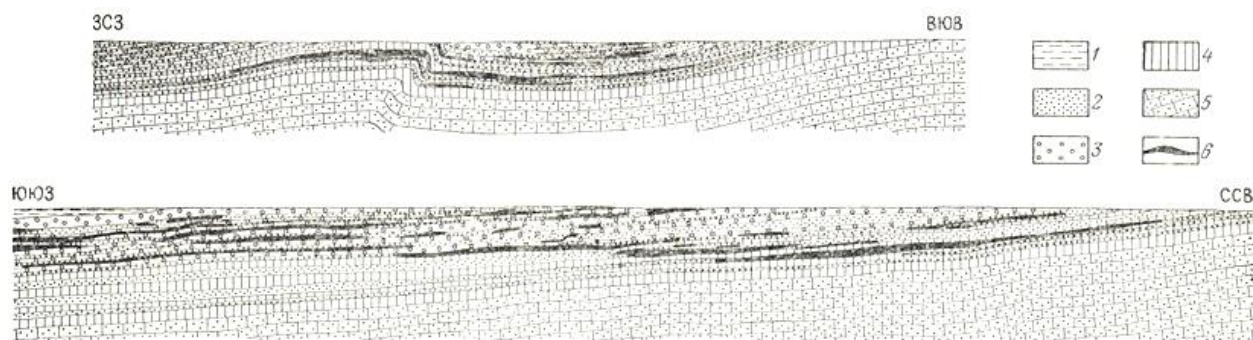
Жезқазған-Сарысу мұлдасының солтүстік бөлігінде екінші деңгейлі екі антиклинальдар ерекше байқалады: Жезқазған синклиналімен бөлініп жатқан Жанай және Кеңгір антиклинальдары. Осы антиклинальдардың периклиналдық аяқталу салаларында Жезқазған кенді аймағы орналасқан (сурет 9).

Жезқазған-Сарысу мұлдасының ішкі құрылымы екінші дәрежелі брахиформдық құрылымдардың болуымен сипатталады: жайпақтау қанаттары флексурлік бүгілулермен жиі қабаттасып отыратын, антиклинальдармен және күмбездермен кезектесіп келетін жалпақ синклиналдық қатарлар. Қабаттары бірден бүгіліп кететін учаскелерде құлаулар, бүгілулер және т.б. тәріздес бұзылып опырулар пайда болады. Геофизикалық зерттеулермен субмеридионалдық және субжалпақтықты бағыттардағы, тікелей Жезқазғанның оңтүстігіне қарай тұтасып кететін бірқатар тереңдіктегі опырулар анықталған.

Кен қоры мол Жезқазған орны кенді аймақтың шегінде табылған және сұр түсті және қызыл түсті құмдауыттар кезектесіп қабаттасқан 51 құмдауыттан, алевролиттерден және конгломераттерден тұрады. Тау жыныстарының сұр түсті және қызыл түсті әртүрлілігінің ара қатынасы 1:1-ге тең.

Жезқазған кенорнының кендері олардың литологиялық құрамдарына қарамастан, тек қана сұр түсті тау жыныстары түрінде кездеседі. Тау

жыныстарының құрамындағы мыстың, мырыштың және мырыштың құрамы қызыл түсті құмдауыттағыға қарағанда орташа алғанда 4-5 есеге жоғары. Кенорнындағы өнеркәсіптік кеннің жайылуы, мөлшермен 600 м. тереңдікке дейін таралған, гипсометрикалық төмен бөлігі тек жұпыны сульфидтік минералдауда ғана төмен екендігі байқалады.



1 - қызыл түсті пермь түзінділері; 2-4 - жезқазған мұлдасы ($C_2 - 3$): 2 - сұр түсті құмдауыттардың, алевролиттердің және конгломераттардың құрамында кені бар қабаттары, 3 - жоғарғы бөлігі, 4 - төменгі бөлігі. 5 - әктастар, құмдауыттар, төменгі карбон мергельдері; 6 - кен қабаттары [29,30]

Сурет 10 - Жезқазған кенорнының сұлбалық геологиялық қималары (Жезқазған ГБЭ материалдары бойынша)

1.2.2 Кенорынының морфологиясы

Жезқазған кенорнының кен денелері қабаттық формада болып келеді және аралас тау жыныстарының қабаттылығына сәйкес орналасқан. Жоспарда олар кей кездерде изометриялық, дегенмен көп жағдайларда ұзартылған болып келеді, ұзындығының жалпақтығына ара қатынасы 5: 1-ге дейін жетеді. Кен қабаттарының жоғарғы деңгей жиектерінде таспа тәріздес кен денелері кездеседі, олардың жалпақтығы бар-жоғы 50-100 м. болғанда, ұзындығы бірнеше шақырымдарға дейін жетеді. Аумағының мөлшері бойынша (жоспарда) кен денелерін шартты түрде үш топқа бөлуге болады: ірі, орташа және ұсақ. Ірілерінің ұзындығы мен жалпақтығы алғашқы шақырымдармен, ұсақтары - жүздеген метрмен өлшенеді, ал орташаларының мөлшерлері аралық мәндерге ие. Кен денелерінің қуаттылықтары 0,5-20 м. Ірі кен денелерінің ұзын осьтері, жатқан кендердегі сияқты, жоғарғы кен қабаттарында ең бастысы солтүстік - шығыс бағытқа бағытталған. Орташа кен қабаттарында олардың бағыты ақырындап солтүстік-батыстан кенорнының оңтүстік бөлігіне қарай келеді де, солтүстік бөлігінің солтүстік-шығысына дейін өзгеріп отырады. Төменгі кен қабаттарында кен денелері жатқан кендер сияқты, солтүстік-батыс бағытқа қарай орналасқан.

Айқын кен денелерінің геологиялық шекаралары жоқ, олардың конутрлары сынама жасау арқылы анықталады. Таралуы бойынша өнеркәсіптік кендер ақырындап жайылады, бірақ салыстырмалы түрде аса үлкен болмайтын

ара қашықтықтарда баланстан тыс мөлшерлермен, ал одан соң минералды тау жыныстарымен алмасады [31,32].

1.2.3 Кеннің заттық құрамы

Ірі кен денелерінің ішіндегі пайдалы компоненттерді бөлу біркелкі, үлкен алаңдарда ұсталған, дегенмен барлық жерде дерлік құрамында мыстың мөлшері барынша жоғары және төмен болып келетін учаскелер кезектесіп кездесіп отырады. Кей жерлерде өнеркәсіптік кеннің блоктарында баланстан тыс кедей кендерден және құрамы әлсіз болып келетін кен жыныстарынан тұратын «терезелер» кездесіп қалады.

Кен денелерінің барынша бай бөліктері антиклинальдық құрылымдардың жиынтықтары мен қанаттарына тән болып келеді, сондай-ақ олардың күрделенген флексуралары құрылымына жақын болады. Әдетте бұл жерде кен денелерінің ең жоғарғы қуаттылықтары да байқалады. Осылайша, Ш. Есеновтің және т.б. деректері бойынша 11 кен шоғырларының жиынтық қорының 40%-ы күмбездердің дөңес бөліктерінде, 35%-ға жуығы - қанаттар мен флексурларда және тек 25%-ы ғана - синклинальдарда шоғырланған.

Жезқазған кенорнының кендері кешенді болып келеді: басты пайдалы компоненті – мыс (сурет 11).



Сурет 11 - Мыс [көлемді дендрит]

Сондай-ақ қорғасын мен мырыштың да мәні жоғары, ал қоспалардан - күміс пен рений; аса көп емес мөлшерде күшән, кадмий, висмут, кобальт, сынап, алтын, никель және молибден кездеседі.

Кеннің минералдық құрамы салыстырмалы түрде қарапайым болып келеді. Мыстың негізгі құрамы үш кең тараған минералдарда - халькопиритте, борнитте және халькозинде кездеседі (суреттер 12 а,б,в).

Борнит. Жезқазған, Қазақстан. 2-3 см.

Кенорнында осы минералдардың айқын тік аймақтылығы байқалады.

Кенорнында өзінің жаңа, ренийлік минералы - *жезқазганит* ашылған. Кендегі қоспа-минералдарда сондай-ақ пирит, марказит, арсенопирит, бетехтинит, джарлеит, мыстың және кобальттың арсенидтері (теннантит) де анықталған. Жезқазған кенорны ренийдің ірі көзі болып табылады, жалпы алғанда джезказганит өте сирек кездеседі және іс жүзінде соншалықты мәні де жоқ.

Кенорнында сеппе және жолақтық кендер барынша кең тараған болып саналады. Кенорнында сеппе және жолақтық кендерден басқа минералдаудың желілік типі де байқалады, ол барынша кең тараған бірақ іс жүзінде мәні аса жоғары емес. Бұл типтегі кендер жарылуға және ұсақталу аймақтарына тән болып келеді.



а)



б)



в)

Сурет 12 - Кальцит, Борнит, Халькозин

Сеппе, жолақтық және желілік кендердің минералдық құрамы бірдей болып келеді. Кендердің арасында құрамы жағынан былай бөлінеді: 1) мыстық, 2) кешенді (мысты-мырышты, мысты-қорғасынды-мырышты және мысты-қорғасынды); 3) мырышты және қорғасынды-мырышты; 4) қорғасынды. Мыс кені кенорнының негізгі құндылығы болып саналады. Өз кезегінде ол сульфидтік, аралас және тотыққан кендер болып бөлінеді. Тотыққан және аралас кендер жалпы мөлшерінің 2%-дан кем көлемін құрайды [33].

1.3 Кенорындағы жер бетінің жылжу үдерістеріне әсер ететін тау-кен геологиялық және тау-кен техникалық деректері

Зерттелетін объектімізде, кенорны ашық және жерасты әдісімен өндіріледі (сурет 13).



а) ШАХТА



б) КАРЬЕР

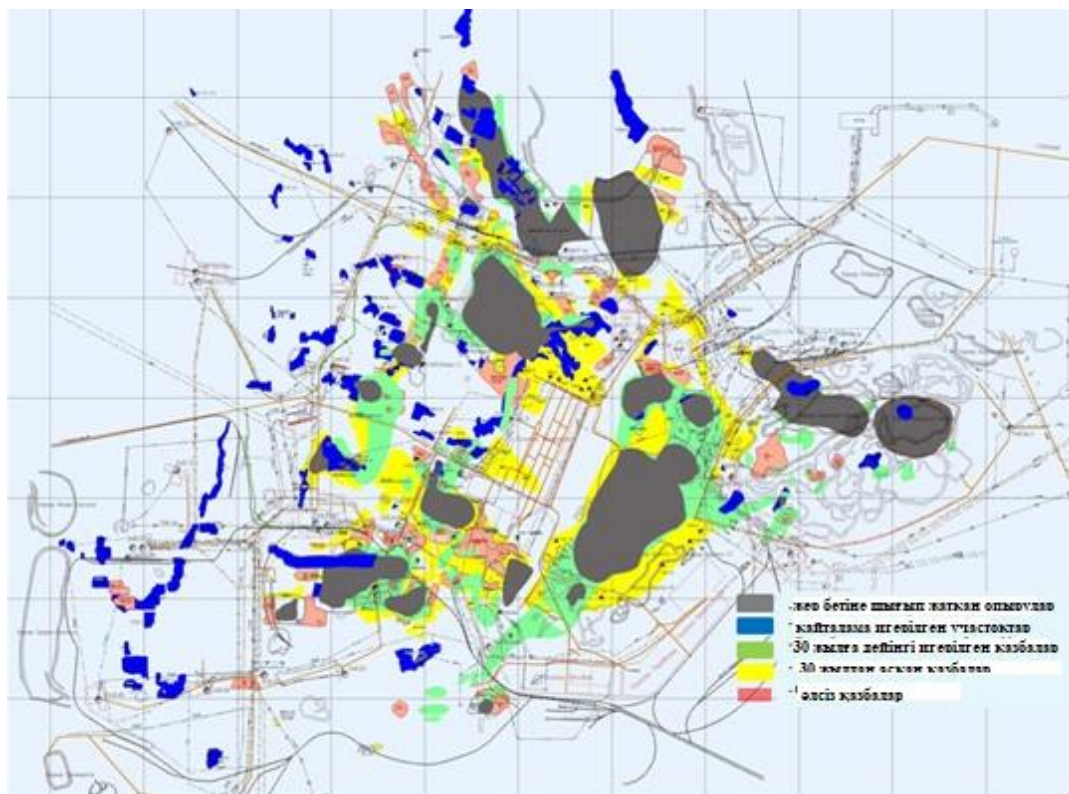
Сурет 13 - Кенорнын игеру

Соңғы 10 жылда Жезқазған кенорнында кен өндіру көлемі 25-28 млн.тоннадан 19 млн.тоннаға дейін қысқарған, сонымен қатар өндірілген кеннің құрамындағы мыстың мөлшері де екі есеге төмендеген (1,09%-дан 0,55%-ға дейін). Бұл мыс өндірісі көлемінің жылына 276 мың тоннадан 105 мың тоннаға дейін бірден төмендеп кетуіне әкеліп соқты.

Өндіріс деңгейінің төмендеуінің анықтаушы факторлары - бұл кен қорының мөлшері және сапалық жағынан азаюынан басқа, опырулары сыртқа шығып тұратын шахталық конструкциялардың құлау ошақтарының пайда болуына байланысты, кенорнындағы геомеханикалық жағдайдың нашарлауы болып табылады.

Кен қорларын көп жылдық камералық-бағанды (панельдік-бағанды) өңдеу жүйесі кенорнында тек тірек болатын камерааралық кентіректермен ғана ұсталынып тұрған бос қуыстардың үлкен көлемі пайда болуына әкеліп соқты. Бүгінгі күні қордаланып қалған бос қуыстардың көлемі 222 млн.м³-ге жуық мөлшерді құрайды, олардың ішінде жартысы тұрақсыз бос қуыстар қатарына жатқызылып отыр. Жезқазған кенорнының алаңында жағымсыз, бұған дейін болжанбаған деформациялық үдерістер байқалуда: бұрын кедергілік, панельдік

және камерааралық кентіректермен бөлінген жекелеген учаскелер біріге бастады. Нәтижесінде жердің сыртқы бетіне шығып қалған кен қалыңдығының бірнеше ірі құламалары орын алды. 14 суретте Жезқазған кенорнындағы геомеханикалық жағдай бейнеленген жағдаяттық планы келтірілген.



Сурет 14 – Жезқазған кенорнының жағдаяттық планы

Осылайша, 2004 ж. және 2006 ж. Анненск кенді ауданында, камераларық кентіректердің (КАК) және өңделіп жабылған еңістегі жатқан кен арасындағы қабатаралық құламаның бұзылуы нәтижесінде ірі опырулар орын алды. Жылжудың біріктірілген мұльдасы Анн-2-I-II және 0,6 км құламасы бойынша кен жатысының жайылуы бойынша 2 км-ге жуық алаңды адып жатты. Жер бетінде қозғалған ойыстың шекараларының бойымен жарықшақтар пайда болды. Опырылып құлаулар Анненск карьерінің батыс бөлігінде пайда болды. Үстіңгі беттегі ойыстың батыс бөлігінде, баяу жылжу аймағында коммуникациялық желілер: автожолдар, 3 коллектор, ЛЭП-35кВ, ЛЭП-6кВ, байланыс желісі әлі де пайдаланылып келеді.

Анненск кенішінің бірқатар учаскелерінде биіктікте опырылудың одан әрі өршуі 100÷200 м. тереңдіктен бастап орналастырылған сұр құмдауыттың қуатты қабаттарымен (20÷40 м) тоқтатылды. Нәтижесінде, бүкіл аймақ бойынша жаппай опырылып құлау тоқтатылды да, сұр - құмдауыттардан түзілген тау жынысы - көпірлерінің қабаттарымен үстіңгі жағынан шектелген кейбір жергілікті жердегі қалың қабаттардың опырылуы ғана орын алды. Сонымен қатар, Анненск ауданындағы жылжу мұльдасында 2006 ж. барынша мол баланстық кен қоры бар болып шықты:

- құрамындағы мыстың орташа мөлшері 0,95% болатын, 3,05 млн.т (28871 т металл);
- ішінара бөлініп алуы мүмкін болатын 22,06 млн.т мысты және кешенді кен қоры (1,03%, 228242 т мыс).

Тау-кен өндірісінің әлемдік тәжірибесі көрсетіп отырғандай, жылжымалы ойыс контурынан кенді өндіруде оң нәтижеге кешенді геомеханикалық мониторингтің нәтижесінде қол жеткізілуі мүмкін. Геомеханикалық мониторингтің құрамына тау-кен қысымының және тау жыныстарының жылжуының пайда болуын арнайы бақылаулардың бірқатары кіреді [34-36].

Тау-кен геологиялық және тау-кен техникалық ізденістері – бұл пайдалы қазбалар кенорындарын жобалау, құрылысын салу және пайдалануға арналған бастапқы ақпаратты қамтамасыз ету үшін орындалатын далалық, зертханалық және камералдық жұмыстар кешені. Бастапқы деректердің сапасынан (кен массивінің физикалық-механикалық ерекшеліктерінен және кен массивінің жағдайынан, геологиялық құрылымынан, гидрогеологиялық жағдайларынан, тектониялық бұзылулардан, кенорнын игерудің қолданылатын әдістерінен және т.б.) кен массивінің бұзылуына және кенорнын игеру уақыты бойынша ұзақтығына байланысты болады [37].

«Жер қойнаулары және жер қойнауларын пайдалану туралы» заңға және "Жер қойнауларын қорғаудың бірыңғай ережесіне" сәйкес тау-кен геологиялық және тау-кен техникалық жұмыстар кешеніне келесідей жұмыс түрлері кіреді [38] (сурет 15):



Сурет 15 –Тау-кен геологиялық, тау-кен техникалық және геомеханикалық ізденістер кешені

Бірқатар себептер мен факторларға, тау-кен геологиялық жағдайлардың күрделілігіне, пайдалы қазбаларды алу әдістеріне байланысты, геомеханикалық үдерістердің зерттелуі әлі де жеткілікті деңгейде емес.

Атап айтқанда, маркшейдерлік-геодезиялық бақылаулардың нәтижелері бойынша бастапқы ақпараттардың жеткіліксіздігі, кернеулі-деформацияланған күйін (КДК) зерттеу үдерісінде байқалады.

КДК бойынша бұған дейін орындалған зерттеулер кен массивінің деформациясын бақылау жөніндегі нұсқаулықтарға жауап беретін еді. Дегенмен өткен жылдар ішінде барынша көп өзгерістерге қол жеткізілді, өте жоғары нақтылықтағы электрондық өлшеуіш құралдары мен аспаптарының пайда болуымен байланысты деформациялауды зерттеу әдістері мен тәсілдері жетілдірілді. Дәлдік электрондық тахеометрлердің пайда болуына байланысты деформацияларды өлшеудің жаңа әдістемелері және дәлдіктері бойынша оларға қойылатын талаптар әзірленді. Жоғары дәлділіктегі өлшеулердің нәтижелері геологиялық және геомеханикалық деректермен бірге КДК-ны барынша шапшаң және толыққанды анықтауға және тау жыныстарының жылжу үдерістерін басқару жөніндегі тиісті шараларды қабылдауға мүмкіндік береді [39].

Кен өндірісіне арналған тау-кен геологиялық және тау-кен техникалық іздестірулер қолданыстағы нормативтік - құқықтық материалдарға және ведомстволық нұсқаулықтарға сәйкес орындалады.

1.4 Геомеханикалық мониторингтеудегі геодезиялық пункттердің орналастыруын жетілдіру

Зерттеу объектісінің маңайында түсіру торабын құру геодезиялық бақылауларды жүргізудегі маңызды кезеңдерінің бірі болып саналады. Ол кезде геодезиялық белгілерді таңдау кезінде геодезиялық пункттерді орнатуда ерекше орын алады. «Геодезиялық және нивелирлік жүйелердегі центрлер мен реперлерді орнату Ережелерінде» центрлер мен реперлерді орнату жұмыстары, кенорындарын игеру, ғимараттар мен құрлыстарды салу кезіндегі центрлер мен реперлердің типтік құрылымдарына бірыңғай талаптар белгіленген [40].

Геодезиялық және нивелирлік пункттердің жүйелерін құру кезінде олардың ұзақ мерзімді сақталуын және тұрақтылығын, сонымен қатар геодезиялық өлшеулер кезінде өзара көрінулерін қамтамасыз ету қажет.

Геодезиялық центрлер мен реперлерді орнату кезіндегі басты шарт жергілікті жердің рельефі бойынша биік нүктелерінде орналастыру керек.

Пункттердің геодезиялық центрлеріне деформациялар тудыратын инженерлік-геологиялық және гидрогеологиялық үдерістермен байланысты табиғи факторлар әсер етуі мүмкін. Оларға тектоникалық бұзылымдардың ығысуы аймағындағы жер бетінің жылжуы, карстық және склонды үдерістер (жердің ыдырауы, опырылулар) жатады. Гидротермиялық жағдайлар көпжылдық және маусымдық температураларының өзгеруі және жер асты суларының ылғалдықтары және деңгейлерінің өзгеруіне байланысты болады.

Кен шоғырларына негізгі әсер ететін техногендік факторларға құрылыстардың салмағы, топырақ құрылымының өзгеруі және олардың жер асты қазбаларының астында ығысулары жатады. Жер бетінің, жер үсті құрылыстарының және жер асты қазбаларының деформациясына жер бетіндегі құрылыс ғимараттарының пішіндері мен мөлшерлері және пайдалы қазбаның жатысы бойынша кенорнын игеру аймағының ауданы әсер етеді. Жоғарыда айтылғандай, геодезиялық центрлерді орнату орны механикалық әсерлерге төтеп беретін мықты жерден таңдалынады. Бірақ мұндайда жер асты кен қазбаларының торабының әсерінен болатын деформацияның себебі ескерілмеген. Осыған байланысты геодезиялық тораптар пункттерінен геомеханикалық мониторингті жүргізу үдерісінде жер қойнауындағы кен шоғырларының ығысуы немесе опырылуға қауіпі бар және олардың пункттер центрлеріне әсерін ескеру қажет. Мұндай опырулар мен ығысулар пайдалы қазбаларды игеру үдерісі кезінде кен жыныстарының қазбаларға қысымының, кен массасының құлауы, судың тасуы және тағы басқа себептердің әсерінен болады.

Сондықтан жылжудың ерекше нүктелеріндегі тау жыныстарының деформацияларын зерделеу үшін геодезиялық және геомеханикалық бақылауда ерекше нүктелерді белгілеп алады және оның кеңістіктегі орнын өзгертуін анықтайды [41,42].

Геодезиялық белгілер тағайындалулары бойынша келесі түрлерге бөлінеді: тірек пункттері, көмекші, қосымша, уақытша және пландық-биіктік реперлер (сурет 16).



а) кенорнындағы триангуляция пункті



б) профилді сызықтар үшін геодезиялық репер

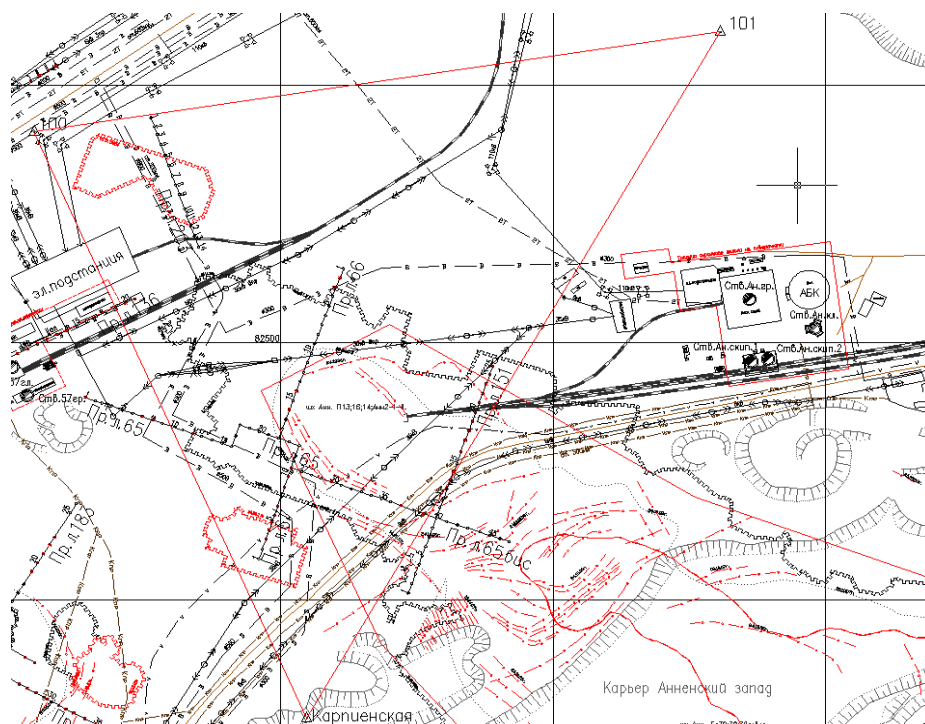
Сурет 16 - Геодезиялық пландық-биіктік белгілер

16 а суретте Анненск кенорны маңайында орналасқан және жер бетінің жылжуы мен шөгуіне геомониторинг жүргізуге арналған негізгі триангуляциялық пункттер (100, 53 және Карпиенская) көрсетілген.

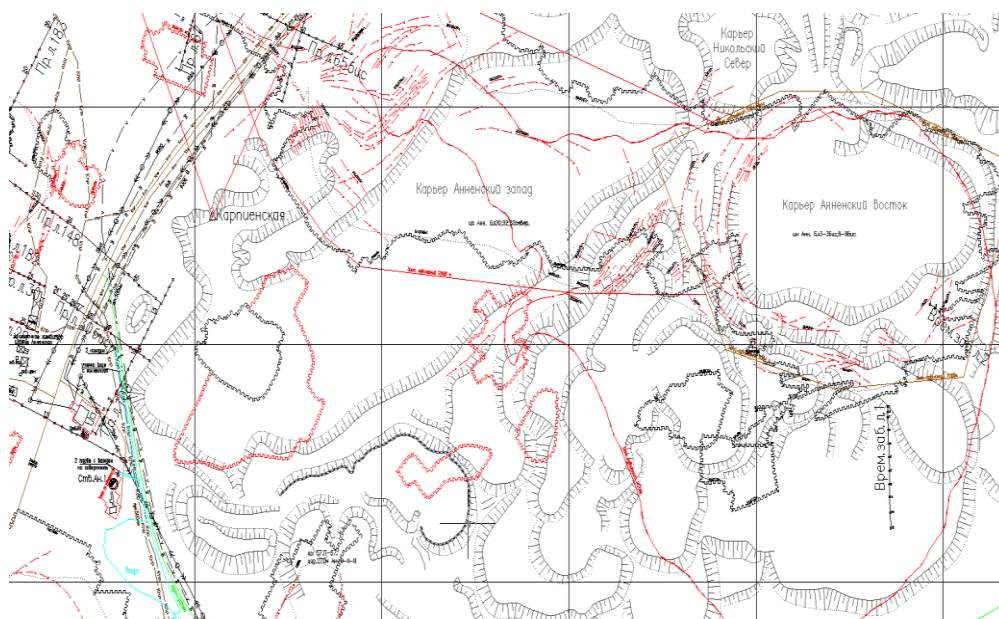
Анненск кенорнында тау жыныстарының жылжуларын геомеханикалық бақылауға арналған геодезиялық 11 триангуляциялық пункт (кесте 2) бар. Ал профильдік сызықтар бойынша жоғары дәлдікті электрондық және сандық геодезиялық аспаптар арқылы пландық-биіктік негіз құруға және геодезиялық бақылаулар жүргізуге арналған пландық-биіктік арнайы реперлер (16 б сурет) орнатылған [43].

Кесте 2 - Анненск кенорны аумағындағы қолданыстағы триангуляциялық пункттер

Триангуляциялық пункттердің атауы	X	Y	H
Сай	82656,3	51314,550	406,388
Пирамида-55	83485,209	54240,398	427,201
Пирамида-100	82910,562	57048,364	422,805
Карпиенск	81769,481	57548,268	411,520
Амангелді	81106,103	55764,067	426,350
ГМБ-13	80513,621	56352,145	417,366
Тумба А	80374,079	53904,494	403,454
Пирамида-46	80227,345	53328,921	395,580
Пирамида-10	79800,116	55111,375	407,374
Пирамида-53	80045,025	55934,281	402,186



Сурет 17 - №100, 101 және Карпиенская триангуляциялық пункттердің орналасуы



Сурет 18 - Карпиенск триангуляциялық пункті және тікелей шөгінділер байқалатын үйінділеріндегі профильдік сызықтар

Геодезиялық тораптар (триангуляциялық пункттер, полигонометриялар және түсіру желілері) белгілі координаттары бар, тартылу күші мәндері бар жер бетіндегі бекітілген нүктелердің жинтығы дегенді білдіреді және маркшейдерлік-геодезиялық бақылаулар өндірісіне арналған бастапқы геодезиялық пункттер болып табылады. Пункттерді "Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей" [44] сәйкес таңбалайды және қалап шығады және олардың осы жердегі нақты орналасқан орнын Мемлекеттік геодезиялық тораптарының (МГТ) көмегімен анықтауға болады. Геодезиялық пункттерді бекіту арнайы инженерлік қондырғылармен және құрылыстармен жүзеге асырылады. Аймақтағы геодезиялық пункттердің жақсы сақталуы мен танылуын қамтамасыз етуге қажетті сәйкесінше сыртқы безендірілуі де бар: сыртқы белгісі, жыралар, қорғандар, тану бағандары немесе тану белгілері сияқты.

Геодезиялық пункттерді геомеханикалық мониторинг жүргізуде ең негізгі және бастапқы материалдардың көзі болып қарастырылды. Өйткені, геомеханикалық үдерістерде жер бетінің қандай да бір өзгеріске ұшырағанын өлшеу құралдары (жоғарғы дәлдікті тахеометр, жоғарғы дәлдікті нивелир, сканер аспаптары) арқылы анықтадық және жоғары дәлдікті жұмыс орындау үшін, кенорнындағы триангуляциялық пункттерді (2-кесте) негізге ала отырып жасалды [41, б.14; 42, б. 6].

1.5 Деформациялық үдерістерді бақылаудағы сейсмикалық мониторингтің ерекшелігі

Пайдалы қазбаларды игеру үдерістері бағытталған сейсмикалықты құру түрінде көрінетін және кентіректердегі кен қысымының пайда болуы аймақтың

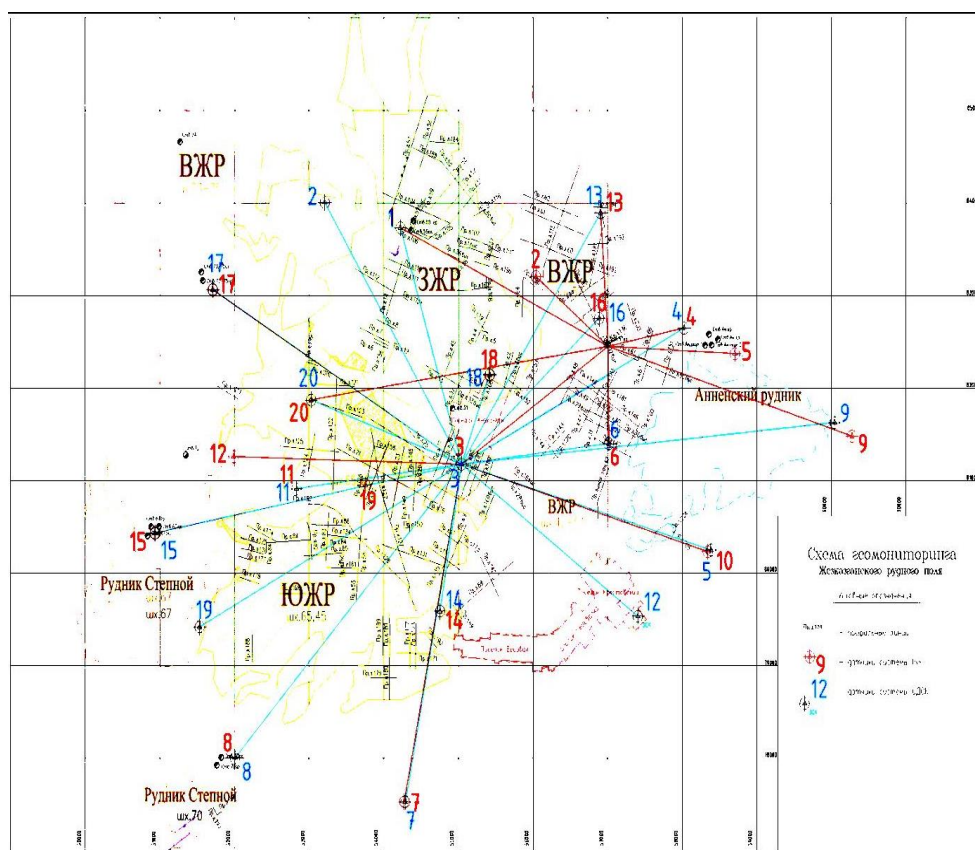
сейсмикалық режимінің өзгеруіне әкеліп соғады. Мұндай жағдай өз кезегінде техногендік апаттардың пайда болуына жағдай тудырады.

Сейсмикалық мониторинг жүйесін – кенорнының аумағында біркелкі таралған сейсмикалық станциялар желісін құрумен ерекшелінеді.

Сейсмикалық көздерді оқшаулау және олардың параметрін анықтау нәтижесінде (ошақтағы уақыты, эпицентрдің координаттары, гипоцентрдің тереңдігі және магнитудалар) сейсмикалық үдерістер мен құбылыстар туралы деректер пайда болады.

Сейсмикалық мониторингтің міндеті - кенорнында орналасқан тау жыныстары массивінен шығатын сейсмикалық үдерістердің пайда болуының кеңістіктік-уақытша ерекшеліктерін нақтылап зерттеуді қамтамасыз ету. Алынған ақпарат төтенше геодинамикалық жағдайлардың пайда болуының болжамалы белгілерін анықтау, олардың апатты салдарларын бағалау мен болжау, сондай-ақ кенорнының күрделі тау-кен – геологиялық жағдайларында тау-кен жұмыстарын тиімді жүргізу үшін пайдаланылатын болады.

Сейсмикалық мониторингті пайдаланудың тәжірибелік мақсаты - техногендік жер сілкінулерден және нақты уақыт режиміндегі опырулардан болатын сейсмикалық қауіптіліктер туралы ескерту жүйесін құру. Сейсмикалық мониторингпен қамтылған жерасты кеніштері 19 суретте көрсетілген.



Сурет 19 - «Қазақмыс Корпорациясы» ЖШС-нің сейсмикалық станцияларының желісі

Сейсмикалық мониторингтің автоматтандырылған жүйелерін пайдалана отырып, сейсмометриялық бақылаулар жасаудың міндеті - бұл сейсмикалық белсенді аймақтарды анықтау және нақты уақыт режимінде оларды бақылап отыру. Сейсмикалық бақылаулардың негізгі параметрлері – бұл олардың ауысу жылдамдықтарының амплитудасы және сейсмикалық толқулардың энергиясы табылады. Сейсмикалық ақпарат кенорнының әртүрлі учаскелерінде ақаулардың пайда болу, даму және жинақталу үдерісін уақыт бойынша (іс жүзінде әрбір миллисекундты) жедел бақылап отыруға мүмкіндік береді.

Автоматтандырылған сейсмикалық бақылау жүйесінің көмегімен жасалған зерттеулердің негізіне импульстердің кен жыныстары массивін бұзу кезінде туындайтын параметрлері – олардың амплитудасы мен энергиясы бойынша – осы опырылудың сипаты, ауқымы туралы, яғни кен қысымының пайда болуы туралы талдау жасауға болады.

«Қазақмыс Корпорациясы» ЖШС-де сейсмикалық мониторинг жүргізудің мақсаты - Жезқазған кенорындарындағы сейсмикалықты тіркеуге арналған аппаратуралық кешендердің жергілікті өнеркәсіптің шарттарға сынамадан өтуі және төселуі. Олардың ішінде, қолданылуы «Қазақмыс Корпорациясы» ЖШС-нің бірнеше нысандарында (Жезқазған, Жомарт, Орлов, Артемьев) қарастырылған система ISSI жүйесі барынша қазіргі заманға сай болып саналады [45,46].

ISSI InternationalLtd Компаниясының сейсмикалық жүйесі – нақты уақыт режимінде деректерді өңдеу, талдау және визуалдау жүргізуге мүмкіндік беретін сандық зерделі рұқсаты жоғары жүйе. ISS-тің соңғы нұсқасы Microsoft Windows немесе RedHatLinux басқаруымен жұмыс істейді және барынша қарапайым және басқа бақылау жүйелеріне қарағанда пайдалануға қолайлы болып табылады. Жер астында, үстіңгі қабатта орналасқан *Сейсмикалық Бақылаушымен* ақпарат алмасатын, сейсмометрлердің ұзақ уақытқы желісі түзіледі. GPS модульді пайдалану, басқа да жақын маңда орналасқан жүйелермен алынған, бірге өңдеуге арналған тіркелген деректерді үйлестіруге мүмкіндік береді.

1.6 Анненск кенорнындағы геомеханикалық мониторинг жүргізудің әдістемесі

Жезқазған кенорнындағы игерілген үлкен кеңістіктің өршу (үлкею, ұлғаю) динамикасы кен жыныстарының қалың жабынды қабатынан туындайтын деформациялық үдерістердің дамуына және көп жағдайларда үстіңгі қабатқа шығып жатқан ірі опырулар пайда болатынына тағы бір негізгі себеп болып табылады. Осындай опырулар көп жағдайларда жерүсті және жерасты құрылыстарының және коммуникациялардың бұзылуымен қатар жүрді және адамдардың өміріне барынша қауіп төндіріп келді. Опырылу мәселесіне толықтай немесе ішінара бөліп алғандағы кен қорын қайталап өңдеу қажеттілігі қосымша туындап отыр.

Осылайша, тау-кен өнеркәсібіндегі геомеханикалық қызметтер тау-кен массивіндегі және жер бетіндегі деформациялық үдерістерді арнайы бақылау

жүргізіп отыру қызметтері жаппай жұмысын үдейте түсуде. Мысалға Анненск кенішін алатын болсақ, ол жерде кенорнының тереңдігі 450 м төмен болғандықтан, пайдалы қазынды қорын алуда және тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізуді қамтамасыз ету мақсатында ҚДК азайту үшін бірқатар нұсқалар ұсынылды. Бұл ретте кеннің қорын камералық-бағанды қазу жүйесі бойынша алуда, бұл қосымша кен қорын алуға мүмкіндік береді, ал мұның барлығы жер бетіндегі шөгу аймақтарының пайда болуына және опрылыу аймақтарының көбейуіне бірден – бір негізгі фактор болып саналады.

Пайдалы қазбалар шоғырын жер асты игеру барысында пайда болған жер бетіндегі опрылыу аймақтары көптеген көлік жолдарының бұзылуына әкеліп соқтырды және жақын жерлерде орналасқан ауыл-шаруашылық жерлерге де өз кері әсерін тигізбей қоймады. Соның салдарынан болған опрылыу аймақтарында, қауіпті аймақтар ретінде біртіндеп шекаралап жауып басқа да адамдардың жұмыстарына өз қарсы әсерлерін туғызды. Осындай үдерістердің барлығын жою немесе алдын-алу жұмыстарын жүргізу негізгі мәселе болып табылды. Бірақ, жер бетіне шығып жатқан шөгу аймақтарының астында қаншама жоғалым болып саналатын пайдалы қазындының жатқанын да естен шығармаған жөн.

Ондаған жылдар бойы пайдалы қазбалар шоғырын игеру нәтижесінде түрлі жерасты қазбаларының тығыз жүйесі пайда болған. Бұл кентіректердің және төнбе бүйірдің жоспарлы және жоспарсыз құлауына әкеліп соғады. Нәтижесінде тау жыныстарының жаппай жылжуы, жер бетінің шөгуі мен опрылыуы орын алады. Тау жыныстарының жылжуы қазіргі таңда жалғасуда (суреттер 20-22) [47].



Сурет 20 - Жер бетінің опрылыуы



Сурет 21- Темір жол трассасының біртіндеп шөгуі



Сурет 22 - Жылу құбырларының аумағындағы жер бетінің шөгуі

Жер бетінің шөгуі (Анненск кеніші және ШЖК) нәтижесінде үлкен мұльда пішінді көлемді блоктәріздес опырылулар пайда болған. Бұл кен өндіру жұмыстарының тоқтауына және мыс кенінің баланстық қорының ауқымды жоғалымына әкеліп соқты.

Анненск кенорнындағы деформациялық үдерістерді зерттеу, оларды бақылау және болжау көптеген жағдайда қатты пайдалы қазбаны қауіпсіз және тиімді игеруге әсерін тигізеді. Деформациялық үдерістерді болжау іс жүзінде

үздіксіз және уақтылы кеңістік бақылаудың нәтижесінде ғана орындалатыны хақ.

Жер беті деформациясының геомеханикалық мониторинг жүйесі өзінің құрамында төмендегілерді қамтуы тиіс:

- тау жыныстары шоғырын алдын ала зерттеу әдістері;
- жоғары дәлдікті қайта нивелирлеу;
- ғарыштық радиолокациондық интерферометрия әдісі;
- кенорындардың аймақтық және жергілікті учаскелерін геодезиялық түсірістермен қамтамасыз етудегі аспаптық бақылаулар (жоғары дәлдікті электронды роботталған тахеометр (TS15), сканирлеу жүйесі, ұшақсыз ұшу аппараттары (ҰҰА Геоскан-101) жүргізу.

Кен орындарын пайдаланудың нұсқаулық мәліметтері бойынша пайдалы қазбаларды тиімді және кешенді пайдалануды, қауіпсіз тау-кен жұмыстарын жүргізуді қамтамасыз ету үшін геология-маркшейдерлік және геомеханикалық қызметтер жер бетінің жылжу үдерістеріне үздіксіз бақылаулар жүргізіп отырады.

Жылжу үрдістерінің әсері тек қана кен орындарына ғана емес, кенорынның аумағында орналасқан күрделі құрылыстарға да (коммуникациялар, жолдар, ғимараттар мен биік құрылыс нысандары) өзінің зиянын тигізуде. Күрделі құрылыстар геомеханикалық бақылауларды жобалаудан бастап, тұтыну кезеңіне дейін жүргізіліп отыруды қажет ететін нысан. Осы мақсатта жер үсті коммуникацияларында, ғимараттар мен құрылыстарда деформациялық үдерістер туғызатын (опырылулар, шөгу, жылжулар) барлық табиғи, технологиялық және басқа да мүмкін болатын факторлар ескерілуі қажет. Геомеханикалық үдерістерді бақылауға арналған жұмыстарды орындау барысында, біз деформациялық үдерістерге қажетті мәліметтерді толықтай алуға мүмкіндік туды. Осылайша, кенорынның әлсіз аймақтарындағы шөгу, жылжу үдерістерін анықтау және оның алдын алу өзекті мәселе болып қарастырылып, оның шешімін ұсынылып отырған әдістерді пайдаланып шешу ең оңтайлы және тиімді шешім ретінде қарастырдық [48].

Қатты пайдалы қазбалар кенорындарымен байланысты тау-кен өнеркәсіптерінде жер бетінің және кен шоғырларының деформациялық жылжу үдерісін геомеханикалық мониторинг тәжірибесінен олардың шектеулі түрде жүргізілгендігін байқауға болады. Бұл тау-кен өнеркәсіптеріндегі геомеханикалық, геологиялық және маркшейдерлік қызметтердің жер бетінің және кен шоғырларының деформациялық жылжу үдерісін бақылауды жүргізу жұмыстарының басым бағыттарының бір бөлігі деп қарастырамыз. «Табиғи ресурстарды басқарудың геокеңістіктік мәліметтерін жинау мен өңдеудің инновациялық технологиялары» [49,50] атты халықаралық конференцияда геомеханикалық үдерістерді немесе геомеханиканы тау жыныстар шоғырының беріктік, орнықтылық және деформациялану жайындағы жеке ғылым ретінде бағалайтын біршама ғалымдарда баяндап кетті.

Осы мақсатта, тау-кен өнеркәсіптерінде кеніштердегі жаппай опырулардың туындауы, зерттелу объектісі болып табылатын Жезқазған

Геомониторингтен дер кезінде алынған ақпарат арқылы, кен қысымын басқару жолымен күрделі учаскелерде тау-кен жұмыстарын жоспарлау жүргізіледі.

Орындалып жатқан диссертациялық жұмыста ұсынылып отырған мониторинг желілері және сейсмикалық мониторингтің жаңа жүйелерін енгізу әдістері арқылы, кен жыныстары массивінде опырылу үдерісінің дамуын қадағалап отыруға мүмкіндік береді және осы үдерістің дамуы арқылы, кен қысымдарының динамикалық пайда болуының аймақтық және жергілікті жердегі болжамдарын жасауды жүзеге асыруға болады.

1 бөлім бойынша тұжырым

1. Анненск кенорнындағы әлсіз аумақтарда тау-кен массивтерінің және кенорнындағы жер бетінің жылжуын геомеханикалық бақылауларға практикалық және теориялық сұрыптау жасалды.

2. Диссертациялық жұмыстағы зерттеу нысаны болып отырған жер бетінің опырылу аймақтарына негізгі фактор болып табылатын Анненск кенорнының геологиялық, морфологиялық және кеннің заттық құрамын ескере отырып жан-жақты әсер ететін кешенді зерттеулер жүргізу қарастырылды.

3. Геомеханикалық мониторинг жүргізудің дәстүрлі геодезиялық әдістеріне талдау жасалып, қолданыстағы геодезиялық әдістерді жетілдіруге және заманауи аспаптарды қолдануға негізделген геомеханикалық мониторингтаудың жаңа әдістемесі ұсынылды.

2 ДЕФОРМАЦИЯЛЫҚ ҮДЕРІСТЕГІ ГЕОМЕХНИКАЛЫҚ МОНИТОРИНГ ЖҮРГІЗУДЕ ҒАРЫШТЫҚ РАДИОЛОКАЦИЯЛЫҚ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯНЫ ҚОЛДАНУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІГІ

2.1 Деформациялық үдерістегі геомеханикалық мониторинг жүргізуде ғарыштық радиолокациялық интерферометрияны қолданудың әдістері мен технологиялары

Анненск кенорнында геомеханикалық бақылауды жүргізудің негізгі үш әдісін атап айтсақ болады:

1. Геомеханикалық мониторинг;
2. Сейсмикалық мониторинг;
3. Аспаптық мониторинг.

Анненск кен орнының геомеханикалық мониторингі жүйесінде жер бетінің деформациялануын аспаптық бақылауда негізгі әдісі ретінде біздермен зерттеу барысында келесілер қолданылады:

- Ғарыштық радарлық түсірілім.
- Жоғары дәлдікпен ниверлирлеу әдістері;
- Ұңғымалық рефлектометрия;

Соңғы уақытта жер бетінің тігінен және көлденеңінен қозғалуын анықтауда ғарыштық радиолокациялық интерферометрия [ҒРИ] әдістері кеңінен тараған, мұнда жер бетінен тараған радиосигнал амплитудасы мен фазасы тіркеледі.

Апертура синтезі бар радиолокаторлар (SAR - *SyntheticApertureRadar*) қосымшалар үшін бірқатар артықшылықтарға ие: тәуліктің қараңғы уақытында да бұлт жамылғысы арқылы да “көре” алады, қалыптасатын суреттері жоғары нақтылыққа ие, беткі қабат астынан зондтау мүмкіндігіне ие.

ҒРИ-дің жер бетінің тігінен және жоспарлы деформациялануын мониторингілеуде басқа әдістерге қарағанда ең басты артықшылығы белгілі бір кезең уақытысында орын алған әр уақытта жасалған ғарыш түсірілімдері [үш, төрт] арасында болған рельефтің айырмашылығын тікелей өлшеуінде.

Интерферометрикалық өңдеу нәтижесінде алынған жылжулар файлы зерттеліп отырған жер беті рельефінің түрлі табиғи және техногенді үдерістер нәтижесінде болған өзгерістерін көрсетеді.

Жер беті жылжуы монитрингінің интерферометрикалық әдістемесі SAR суреттерінің болуын жобалайды, олар бір-біріне жақын әр түрлі уақытта, ғарыш аппаратының локалды параллельді орбиталарынан түсірілген. Мұндай түсірілімдерді ұйымдастырудың бірнеше нұсқалары бар: бір өтпелі интерферометрия, бір антенна (сигналды қабылдау мен жіберуге бағытталған) бортта орналасады, ал екінші антенна (тек қабылдауға бағытталған) ұзын дінгектің соңында орналасқан, осылайша, антенналар арасында қашықтық тұрақты болып қала береді, екі суретті бір уақытта түсіру жүзеге асырылады; екі өтпелі схемалы түсірілімде немесе қайталанатын орбиталар түсірілімінде, екінші сурет белгілі бір уақыт өткеннен кейін сол спутниктен түсіріледі, немесе тандемді миссияда жүргізіледі. Келтірілген жұп радиолокациялық суреттерді

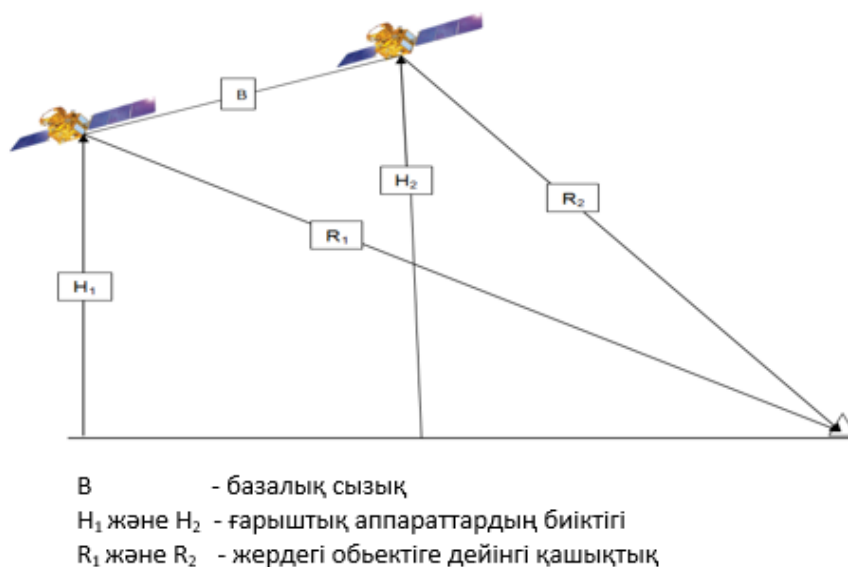
алу әдістемесі дифференциалды интерферометрия әдістерімен сандық рельеф моделін құру қолданылды.

Дифференциалды интерферометрия әдістерімен жер беті жылжуларын тіркеу тұрғысынан үлкен қызығушылыққа ие және қайталанатын орбиталардан радиолокациялық тандемді жұп суреттерін алу технологиясы ие, себебі мұндай схема түсірілімдер арасында жер бетінің өзгерісін динамикада бақылауға мүмкіндік береді. SAR-сурет кешендік санаудың екіөлшемді матрицасы түрінде келтірілген. Санаулар координаттары азимуттар деп аталады (қолданушы траекториясының бойымен бағытталған) және еңіс алшақтығы (трассаға көлденең бағытталған). Екі қабылдау антеннасының кеңістікте орналасуы айырмашылыққа ие болатындықтан, екі суреттің жоғары нақты қиыстырылуы қажет.

Интерферометрикалық жұпты алуда шектеу, яғни, радиолокациялық суреттер жұбын интерферометрикалық өңдеу (немесе алқасы) кеңістікті және уақытша база болып табылады.

Кеңістік база (немесе 25 суреттегі В базалық сызығы) интерферометрикалық жұпты құратын суреттерді алу барысындағы 1 радиолокатор мен 2 радиолокатор орналасуы арасындағы орбитальді ара қашықтық. Сонымен қатар, интерферометрикалық өңдеу нәтижесінің сапасы базалық сызық өлшеміне тікелей байланысты, оның азаюымен сапасы арта түседі.

Уақытша база - 1 және 2 радиолокаторларымен алынған суреттер арасындағы уақытты айтады (сурет 25). Уақытша база түсінігі бірінші және екінші радиолокаторларымен түсіріліген түсірілімдер периоды барысында орын алған рельеф, өсімдік, ылғалдылық және т.б. орын алатын уақытша декоррелция сияқты маңызды проблемамен байланысты. Жалпы, уақытша декорреляция әсері радиолокациялық толқын зонды ұзындығының ұлғаюымен азая түседі.



Сурет 24 – Интерферометрикалық жұпты құратын радиолокатордың кеңістікті орналасуынан алынған суреттер

Интерферометрикалық жұптың әр радиолокациялық суреті (немесе алқасы) амплитудалық және фазалық қабатқа ие. Амплитудалық қабат визуалды талдау үшін қолдануға қолайлы. Нәтижелейтін Φ фазасы, интерферометрикалық жұпты құрайтын суреттердің фазалық қабатын интерферометрикалық өңдеу барысында алынған, келесі компоненттерден тұрады:

$$\Phi = \Phi_{\text{topo}} + \Phi_{\text{def}} + \Phi_{\text{atm}} + \Phi_n, \quad (2.1)$$

мұнда: Φ_{topo} — екі түрлі бұрыштан топографияны шолудан болатын фазалық толқын;

Φ_{def} — екі түсірілім кезеңі арасында жер беті жылжуынан орын алған фазалық толқын;

Φ_{atm} — сигналды тарату ортасында оптикалық ұзындықтарының айырмашылығынан орын алған фазалық ара қашықтық;

Φ_n — электромагнитті шу нәтижесіндегі фаза фариациялары.

Басқа қосылғыштарға қарағанда Φ_{def} қатынасы орбитральді параметрлерден тәуелсіз екенін байқау қиын емес, ол толқын ұзындығымен және сәулені шолу бағытында ΔS жылжу көрсеткішімен анықталады.

Бұл фазалардың интерферометрикалық түрлілігінің қасиеті радиолокатор толқыны ұзындығымен салыстыруға келетін жер беті жылжуларын, яғни сантиметрге немесе миллиметрге дейін өлшеуге мүмкіндік береді. Жер бетінің зерттелетін бөлігінің жылжуларының абсолютті көрсеткіштерін алу үшін интерферограмманың толық фазасынан топографиялық компоненттердің әсерін алып тастау керек. Φ интерферограммасынан Φ_{topo} толық фазасынан топографиялық компоненті алып тастау қажеттілігінен Φ_{def} көрсеткішін алу мақсатында бұл әдіс дифференциалды интерферометрия (ДИ) деп аталады.

Фазаның атмосфералық және шу компоненттерінің табиғаты кездейсоқ. Атмосфера жағдайына тәуелді атмосфералық компонент жеткілікті үлкен болуы мүмкін, бізге қажетті әсерлерді жабуы мүмкін. Атмосфералық әртекстіліктің әсерін түзету үшін (қажеттілік жағдайында) фильтрацияның бірнеше түрлері бар, алайда, бұл компонент шу сияқты аз қолданысқа ие. Интерферометрикалық когеренттілік – интерферометрикалық өңдеудің маңызды өнімдерінің бірі.

Интерферометрикалық когеренттілік кескіннің шынайы мәндерін қабылдайды (0,1). Оның мәні екі сурет декорреляциясының деңгейін көрсетеді, және фазалар түрлілігі жөніндегі ақпараттың шынайылық деңгейін сипаттайды. Төмен когеренттілік жағдайында (нөлдік шамасындағы мән) декорреляция үлкен, сонымен бірге, фазалық ақпарат шынайы емес және интерферограммадағы көрініс кездейсоқ үлестірілуі ретінде көрініс табады.

Жоғары когеренттілік (бірге дейін) әлсіз декорреляцияны білдіреді, және салдарында интерферограмма нәтижесінде жасалған өлшемдердің жоғары сапасы сипаттайды. Декорреляцияның негізгі көздеріне жататындар: суреттердегі сигнал/шудың төменгі қатынасы, атмосфералық кедергілер, сонымен қатар, кеңістікті және уақытша декорреляция.

Кеңістікті декорреляция интерферометрикалық өлшемдер базасының өсуімен ұлғаяды, сонымен бірге, орбиталардың локалды параллельдігі қасиетінің бұзылуымен. **Уақытша декорреляция** қайталанатын орбиталар жағдайында негізгі фактор болып табылады. Уақытша декорреляция көздеріне микрорельеф бұзылуы, ауа райы өзгеруімен жер бетінің диэлектрикалық қасиеттерінің өзгеруі, өсімдік жамылғысының маусымдық өзгерістері, өрттер, су басу, қар мен мұздың қату-еруі және т.б. жатады. Түсірілімдер арасындағы интервал ұлғайған сайын, уақытша декорреляция әсері күшейеді және интерферограмма сапасы төмендейді [55,56].

Сценаның көп бөлігінде когеренттілікті жоғалту мәселесінің шешімі тұрақты шағылдырғыш әдісін қолдану (әдебиетте *permanentscatterers* немесе *persistentscatterers*), ол шуды қалыптастыратын табиғи шағылдырғыштар ішінен тұрақты табиғи шағылдырғыш элементтерін айқындауға мүмкіндік береді. Әдіс PCA суреттерінің қатары бойынша шағылдырғыштар статистикасының талдауына негізделген. Бұл әдіске альтернатива болып зерттелетін территорияның бірнеше нүктелерінде орналастырылатын бұйымшты шағылдырғыштар немесе белсенді калибраторлар (транспондерлер) сияқты жасанды мақсаттарды қолдану болып табылады.

Жұпты радиолокациялық ғарыш суреттері бойынша интерферограммаларды құру үшін лицензионды бағдарламалық қамтамасыз етулер (Gamma, D-InSAR (ERDAS), Photomod Radar, SARscape (Envi), и т.д.) қолданылады, олар рельефтің жоғарынақты және түрлі масштабтағы сандық модельдерін құруға, сонымен қатар, жер бетінің тұрақтылығы жөнінде сандық және сапалық ақпаратты сипаттайтын бірқатар арнайы карталарды құруға мүмкіндік береді.

Жер бетінің жылжуларын тіркеу технологиясымен радиолокациялық интерферометрия әдістерімен өңдеудің маңызды кезеңі антропогенді және басқа да қызметтен рельефтің болған өзгерістері бар сынақты жер кескінін таңдау болып табылады.

Дифференциалды интерферометрия міндетін шешудің дұрыстығын анықтайтын шешуші фактор зерттелетін аймақтың оптималды тандемді интерферометрикалық радиолокациялық SAR-суреттерін алу үшін ғарыш жүйесін таңдау болып табылады.

Жоғарыда айтылғанды қорытындыласақ, дифференциалды интерферометрия әдісінен тұратын жер бетінің жылжуларын геомеханикалық мониторинг міндетін шешудің жалпы технологиясы келесі базалық қадамдардан тұрады:

- дифференциалды интерферометрия міндетін шешу технологиясын өңдеу үшін сынақ жер кескінін таңдау.
- зерттелетін аймақтың оптималды тандемді интерферометрикалық радиолокациялық SAR-суреттерін алу үшін ғарыш жүйесін таңдау.
- жұпты радиолокациялық суреттердің интерферограммасын құру үшін лицензионды бағдарламалық қамтамасыз етуді таңдау.
- интерферограмма генерациясы.

- рельеф фазасын алып тастау арқылы фаза компоненттерін Φ_{topo} и Φ_{def} бөлу.

- фазалық шуды белгілі бір деңгейде азайтуға мүмкіндік беретін интерферограмма фильтрациясы.

- сынақ жер кескіні рельефінің сандық моделін құру.

- фазаны ұңғылау (фазаның салыстырмалы мәндерінен абсолютті мәндеріне көшу процедурасы).

- жер беті жылжуының картасын құру.

Жер беті жылжуын миллиметрлік дәлдікпен тіркеу үшін тұрақты шағылдырғыштар қолданылады (ТШ), олар радиолокациялық суреттерде тұрақты максималды қарқындылықтың дыбыстарын қалыптастырады, бақылау шарттарының вариациялары жағдайында флуктуацияға ие болмайды. Мұндай объектілерге зерттелетін территория координаттарын нақты тіркеу үшін тіректі репер ретінде қолданылатын металды бұрыштық шағылдырғыштар жатады.

Қазіргі уақытта ТШ ретінде тұрақты арнайы белгілерді қолдану ұсынылады, оларға келесілер жатуы мүмкін: жеке металдан жасалған контрукцилар, ғимараттар мен құрылыстардың бұрыштары, телекоммуникациялық антенналар және т.б.

2.2 Анненск кенорны бойынша радиолокациялық тиімді жұпты интерферометрикалық қос ғарыш суретін алу мақсатында ғарыш жүйелерін тандаудың ерекшелігі

Қазіргі уақытта Жер бетін радиолокациялық зондтау үшін қажетті аппаратурамен жабдықталған бірқатар спутниктер жинақтары бар. 3-ші кестеде солардың бірнешеулері көрсетілген.

Бірқатар спутниктер өздерінің ресурстарын өндіру себебінен түсірілімді жүзеге асырмайтынын айта кету керек, алайда, бұл спутниктерден алынған мәліметтер мұрағатта сақталады және тапсырыс берушіге берілуі мүмкін.

Кесте 3 – Радиолокацияны қолданатын спутниктер

Dataset	Polarization	Wavelength	Revisit Time
ERS-1 ERS-2	C-VV	5.7 cm	35 days (tandem: 24 hrs)
JERS-1	L-HH	23 cm	46 days
Radarsat-1	C-HH	5.6 cm	24 days
Envisat ASAR	C-band dual-pol	5.6 cm	35 days
ALOS PALSAR	L-band dual-pol, quad-pol	23.6 cm	46 days
Radarsat-2	C-band dual-pol, quad-pol	5.6 cm	24 days
TerraSAR-X	X-band dual-pol, quad-pol	3.1 cm	11 days
COSMO-SkyMed	X-band dual-pol	3 cm	
TanDEM-X (2010)	X-band dual-pol, quad-pol	3.1 cm	bistatic

Келтірілген радиолокациялық зондтау ғарыш аппараттары тізімінен кеңістікті нақтылық пен мониторинг режимінде ақпарат қабылдаудың оперативтілігі бойынша ең жақсы сипаттамаларға TerraSAR-X и COSMO-SkyMed ие. Төменде олардың сипаттамалары келтірілген.

TerraSAR-X – Жерді қашықтықтан зондтаудың алғаш неміс ұлттық спутнигі, мемлекеттік және жеке сектордың серіктестігі аясында құрылған спутник (Public-Private Partnership) – Германияның Аэроғарыш Агенттігі (DLR) мен EADS Astrium мамандарымен бірге. Спутник орбитаға сәтті 2007 жылдың 15 маусымында жіберілді, ал қазіргі уақытта TerraSAR-X мәліметтері коммерциялық тұтынушыларға да қол жетімді.

Кесте 4 – TerraSAR-X спутнигінің техникалық сипаттамалары

Өмір уақыты	5 жыл
Orbit Sun	synchronous repeat orbit
Repeat period	11 days
Equatorial crossing time (GMT)	
18:00h ascending pass	($\pm 0.25h$)
06:00h descending pass	($\pm 0.25h$)
Inclination	97.44
Altitude at the equator	514 km (319.8 miles)
Antenna type Active Phases Array Antenna	electronically separable
Antenna size	4.78 m x 0.7 m (15,7 feet x 2,3 feet)
Center Frequency	9.65 GHz (X band)
Chirp bandwidth	150 MHz / 300 MHz
Nominal acquisition direction	Right side
Polarization Single	dual - depending on imaging mode
quadruple is available	as advanced polarization

COSMO-SkyMed

COSMO-SkyMed – синтезделген апертурамен жабдықталған радары бар және X-диапазонында түсірілімді жүзеге асыратын төрт спутниктен тұратын жұлдыздар тобы. Спутниктер Италияның Ғылыми Зерттеу Министрлігімен және Қорғаныс Министрлігімен (MOD) қаржыландырылады, ал олардың жұмысы Италияндық Ғарыш Агенттігімен (ASI) қамтамасыз етіледі. COSMO-SkyMed түрлі стратегиялық, ғылыми және коммерциялық мақсатта төтенше жағдайларды алдын-алу мақсатында Жер бетіне бақылау жүргізу үшін қолданылады, сонымен қатар, ғаламдық масштабта ақпарат көзі ретінде де пайдаланылады. Синтезделген апертуралы радар ауа райы мен жарықтану деңгейіне байланыссыз 1 м нақтылықта жер бетінің суретін алуға мүмкіндік береді. COSMO-SkyMed жұлдыздар тобының бірінші спутнигі 2007 ж. маусым айында ұшырылды; жұлдыздар тобы толығымен 2010 ж. қараша айында қосылды [57,58].

Кесте 5 – COSMO-SkyMed спутнигінің техникалық мәліметтері

Орбита типі	Күнді-синхронды
Орбита еңкеюі	97,86°
Экватор үстінен орбита биіктігі	619,6 шақырым
Көтерілуші түйін	6:00 таң ертеңгі
Айналу кезеңі	98 мин
Түсірілім кезеңділігі	3 күн (бір спутник үшін), 12 сағат (барлық жұлдыздар үшін)
Өмірлік кезеңі	5 жыл
Динамикалық диапазон	8 бит

COSMO-SkyMed тәулік бойы және түрлі ауа райы жағдайында жер бетін бағылауға арналған синтезделген апертуралы интерферометрикалық радиолокациялық станцияларды қолданатын әлемдік спутниктік технологиялардың алдыңғы қатарлы зерттемесі болып табылады:

- Төрт спутник жұлдыздар тобы;
- Оң және сол борттарынан түсірілімді жүзеге асыру;
- Жоғары кезеңділік;
- Жылдам жауап беру;
- Жоғарғы нақтылық – 1 м-ден бастап;
- Геопозициялаудың жоғары нақтылығы;
- Тәулік бойы және түрлі ауа райы жағдайында түсірілімді жүзеге асыру;
- Интерферометрия мен поляриметрия мүмкіндігі;

Мультиполяриметрикалық және түрлі уақыттағы мәліметтерді алу мүмкіндігі алуан түрлі азаматтық және әскери-стратегиялық мақсаттарда қолданылады. Әр спутник Spotlight режимінде күніне 75 суретке дейін алуға мүмкіндігі бар, Stripmap режимінде 375 сурет және SCANSAR режимінде – 150 суретке дейін.

Жұлдыздар тобы күніне 1800 жуық сурет, немесе 560 Гб спутник ақпаратын алады.

Интерферометрия мүмкіндіктері:

- интерферометрия мәліметтерін бір күн ішінде алу мүмкіндігі;
- спутниктер тандемімен операцияларды орындау мүмкіндігі;
- түсірілімді қайталаудың ыңғайлы уақыты;
- түсірілімнің икемді графигі.

Жүйе өнімнің бірінші деңгейі бойынша тұтынушы сұрауын 72 сағат ішінде қарапайым жұмыс режимінде қанағаттандыра алады, 36 сағат ішінде жедел режимінде және шұғыл режимінде 18 сағат ішінде.

2015 ж. Жеказған кен орнында Анненск кен орнынның TerraSarX ғарыш аппаратының 2012 ж. қашықтықтан зондтаудың мұрағаттағы радиолокациялық мәліметтері бойынша территориясында жер бетінің қозғалуын тіркеу үшін ғарыш радиолокациялық интерферометрия әдістерін өңдеу бойынша жұмыстар жүргізілді (SAR – интерферометрия).

Жүргізілген жұмыстар нәтижесінде Анненск кен орны территориясының жер бетінің жылжуының картасы құрылды, 5 см. дейінгі топырақ ойыстары тіркелді.

2016 ж. бірінші жарты жылдығында TerraSarX ғарыш аппаратының 2015 ж. қашықтықтан зондтаудың архивтік қордағы радиолокациялық мәліметтерін қолдану негізінде Анненск кен орны территориясын ғарыштық радиолокациялық мониторингілеу жұмыстары жалғастырылды.

Анненск кен орны территориясында радиолокациялық интерферометрия әдістерімен жер бетінің өзгерістерін анықтау үшін TerraSAR-X ғарыш аппаратының келесі күндер бойынша мәліметтері қолданылды:

- 1) 17.09.2015 ж.
- 2) 28.09.2015 ж.
- 3) 09.10.2015 ж.

Оптималды тандем жұбын анықтау үшін алынған ғарыш суреттерінің базалық сызықтары мен когеренттілік файлдары анықталды:

1. TerraSAR-X суреттері 9 қазан 2015 мен 28 қыркүйек:
 - Когеренттілік 0.713 м.;
 - Перпендикуляр базалық сызық -82,11 м.
2. TerraSAR-X суреттері 9 қазан мен 17 қыркүйек:
 - Когеренттілік 0.7м;
 - Перпендикуляр базалық сызық - 12,58 м.

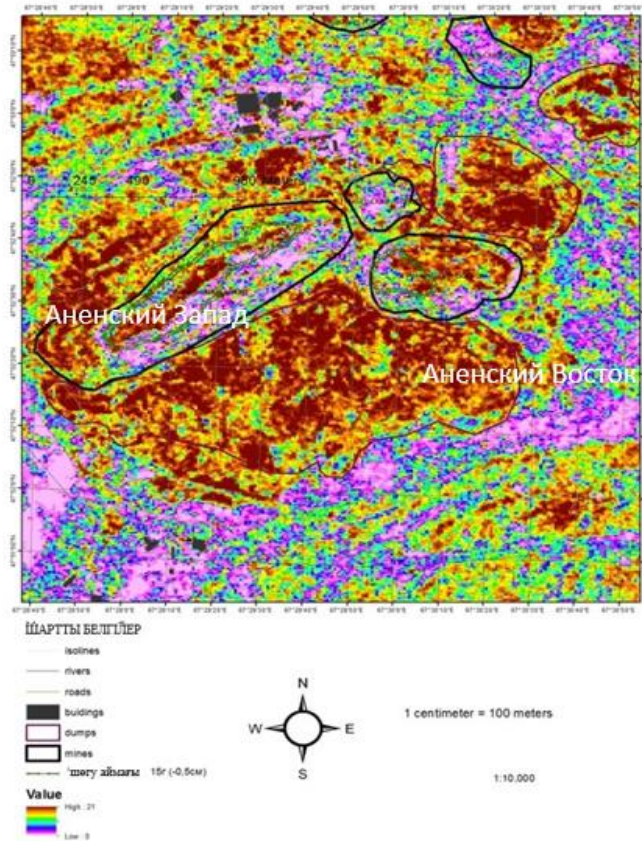
SAR – интерферометрия әдістерін дұрыс қолдану үшін зерттелетін уақыт кезеңінде орын алған жер бетінің жылжуларының абсолютті мәндерінің көрсеткіштерін анықтау үшін перпендикуляр база сызықтары минималды мәнге ие және когеренттілігі минималды мәнге ие радиолокациялық ғарыш суреттерінің тандемді жұбын қолдану керек. Бұл SAR-интерферометрия әдістерін қолдану үшін радиолокациялық ғарыш тандемді суреттерінің тандемді жұбына когерентті талдау жасау арқылы, жылжу картасын жасау жүзеге асырылды (сурет 25) [59,60].

2.3 Ғарыштық радиолокациондық суреттердің ұқсастық жұптық когеренттілігіне талдау жасау

Интерферометрикалық когеренттілік шынайы мәнге (0,1) кескіні аралығында ие болады. Оның мәні екі суреттің декорреляция деңгейін көрсетеді және радиолокациялық ғарыш суреттері фазаларының әр түрлілігі жайлы ақпарат шынайылығының дәрежесін сипаттайды. Төменгі когеренттілік жағдайында (нөлге жуық мәндер), декорреляция мәні жоғары, сонымен бірге, фазалық ақпарат шынайы емес, және интерферограмма тондардың кездейсоқ үлестірілуі ретінде көрініс табады.

Оғары когеренттілік (бірге дейінгі мәндер) әлсіз декорреляцияны білдіреді, яғни интерферограмма негізінде жүзеге асырылған өлшемдер сапасы жоғары. Декорреляцияның негізгі көздеріне келесілер жатады: суреттерде сигнал/шудың төменгі қатынасы, атмосфералық кедергілер, сонымен қатар, кеңістікті және уақытша декорреляция.

Түсірістің көп бөлігінде когеренттілікті жоғалту проблемасын шешімі тұрақты шағылдырғыш әдісін қолдану (әдебиетте permanentscatterers немесе persistentscatterers), ол шуды қалыптастыратын табиғи шағылдырғыштар ішінен тұрақты табиғи шағылдырғыш элементтерін айқындауға мүмкіндік береді. Әдіс РСА суреттерінің қатары бойынша шағылдырғыштар статистикасының талдауына негізделген. Бұл әдіске альтернатива болып зерттелетін территорияның бірнеше нүктелерінде орналастырылатын бұрышты шағылдырғыштар немесе белсенді калибраторлар (транспондерлер) сияқты жасанды мақсаттарды қолдану болып табылады.



Сурет 25 - Радиолокациялық суреттердің тандемді жұбына жасалған когеренттік талдау нәтижелері (9 қазан и 17 қыркүйек 2015 жыл)

Когеренттілік өзгерісін анықтау екі интерферометрикалық түсірілімдер арасындағы уақыт интервалында жер беті өзгерісі жайлы ақпарат береді. Өзгерістерді анықтау үшін бастапқы деректер болып интерферометрикалық түсірілім режимінде алынған кешендік суреттер жұптары табылады. Когеренттілік параметрінің мәне жоғары болған сайын, зерттелетін жер беті территориясында соғұрлым көп өзгерістер орын алғанын білдіреді, және радиолокациялық интерферометрия әдістері соғұрлым тиімдірек қолданылатынын білдіреді.

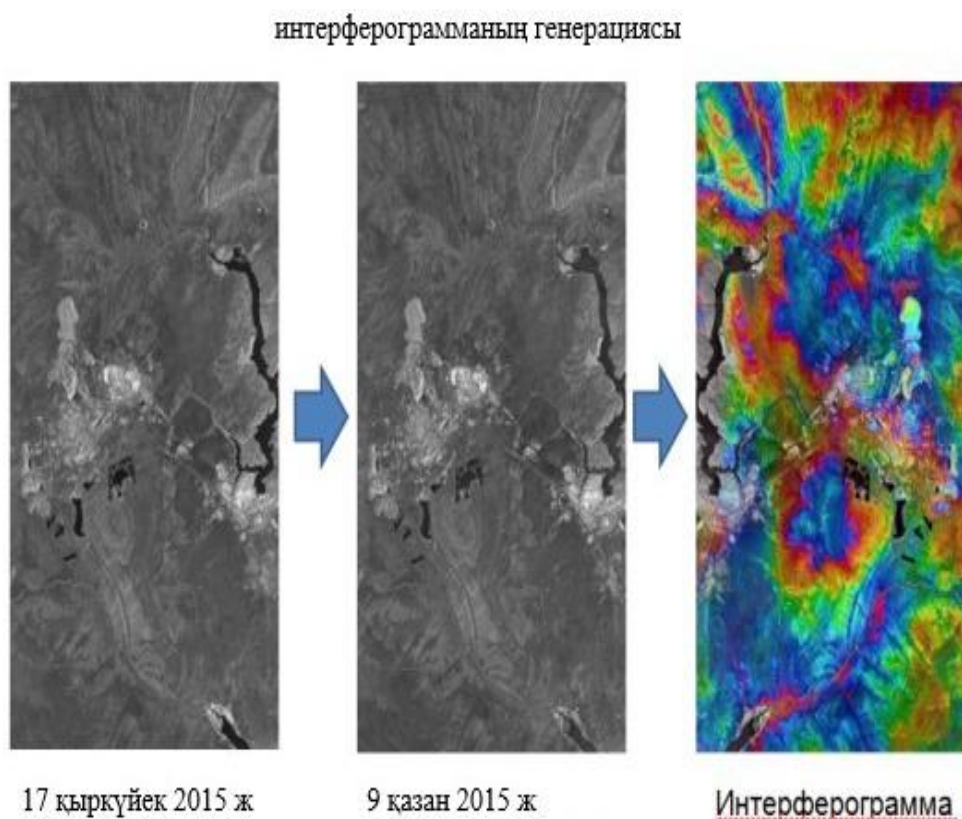
Өзгерістерді анықтау ұстанымы интерферометрикалық суреттер жұбын өңдеу негізінде алынатын түрлі-фазалық ақпаратты талдауға негізделген. Радиолокациялық сигналдың қайта шашыраудың фазалық сипаттамалары

толқын ұзындығына байланысты (3,5,6 см және т.б.), әлеуетте бұл әдіс бірнеше миллиметрге дейінгі өзгерістерді анықтауға мүмкіндік береді. 25 суретте радиолокациялық суреттердің тандемді жұбына жасалған когеренттік талдау нәтижелері көрсетілген (9 қазан и 17 қыркүйек 2015 жыл).

Радиолокациялық суреттердің ұқсастық қос жұбына жасалған когерентті талдау жасауға зерттелетін аумақтағы жер бетінің өзгерістері (қара кою қызыл түс) Анненск кен орны ойысының жылжуы аясында және кен орны үйінділері қалыптасатын территория аясында орын алған [61-63].

2.4 Анненск кенорнының зерттелу аумағын ғарыштық радиолокациялық интерферометрияның үздіксіз өлшеу нәтижесі бойынша жер беті деформациясының картасын құрудың әдістемесі

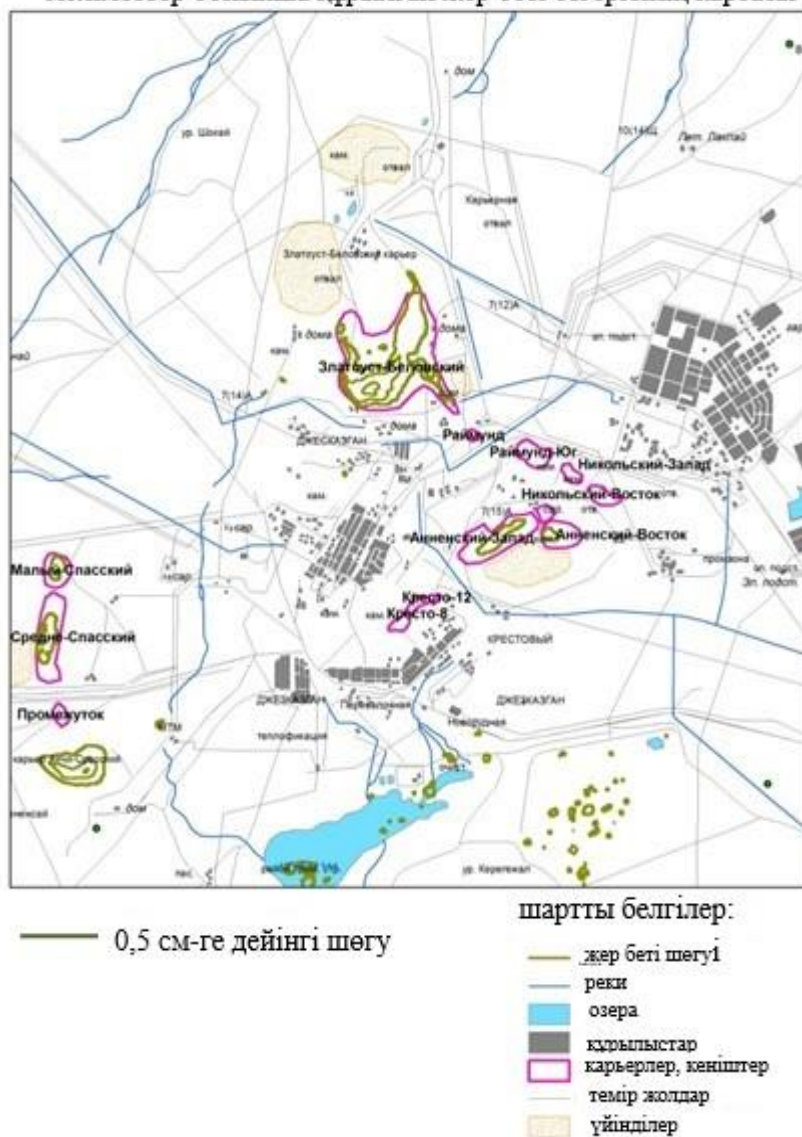
Жер бетінің абсолютті мәндерін анықтау үшін минималды перпендикуляр базалық сызығына ие (0.713 м.) және когеренттіліктің оптималды мәніне ие 2015 жылдың 9 қазан мен 17 қыркүйегінде жасалған радиолокациялық ғарыш суреттерінің тандемді жұбы қолданылды, интерферограмма құрылды (26 сурет).



Сурет 26 – Интерферограмма генерациясы

Құрылған интерферограммаға фазалық ұңғылауды қолданғаннан кейін Жезқазған кен орнының территориясында, оның ішінде Анненск кен орнының зерттелетін территориясының жер бетінің жылжу картасы құрылды.

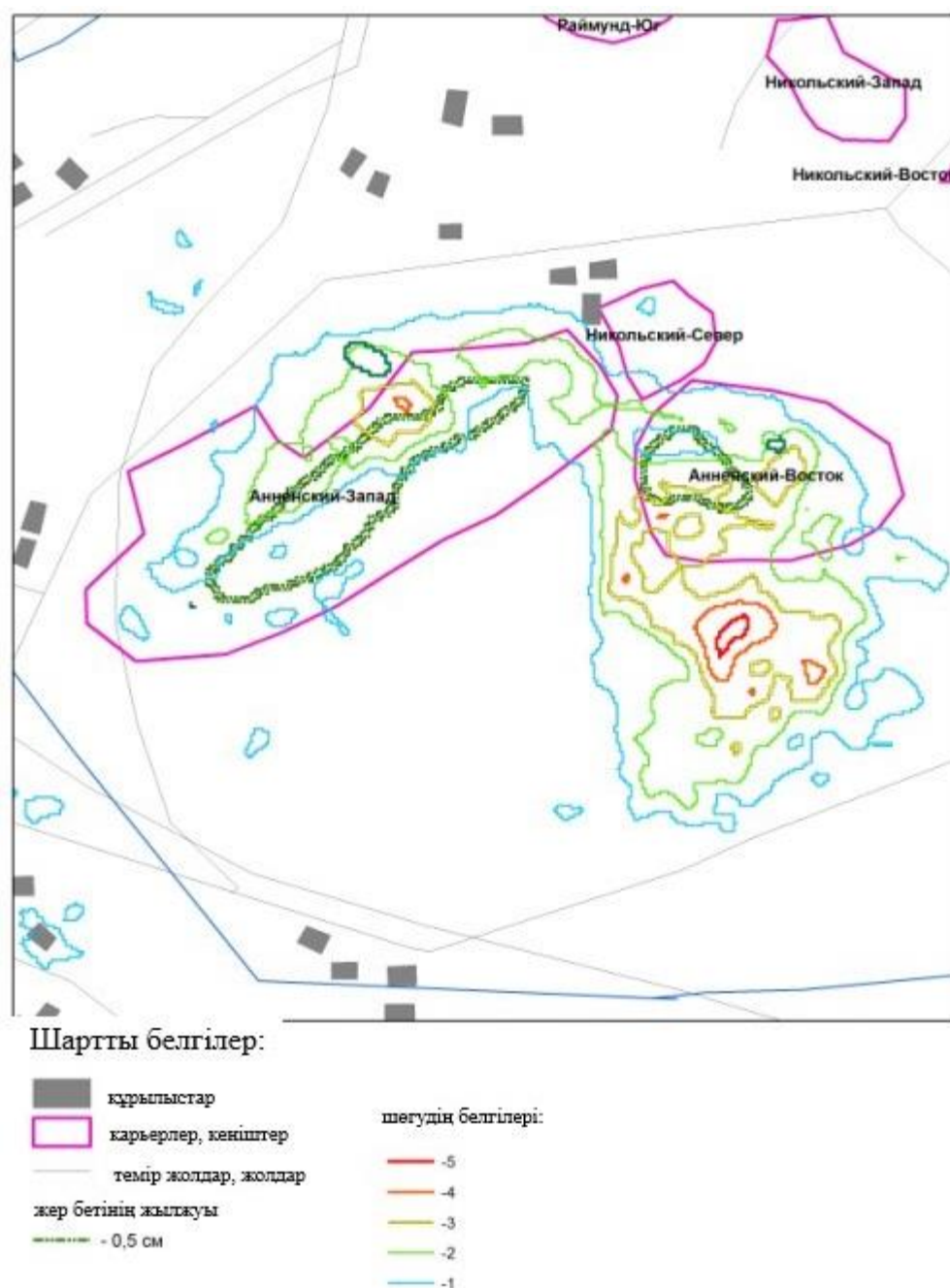
Тerra-SAR-X аппаратынан алынған радиолокациялық мәліметтер бойынша құрылған жер беті өзгерісінің картасы



Сурет 27 – TerraSAR-X аппаратынан алынған радиолокациялық мәліметтер бойынша жер беті өзгерісінің картасы

Анненск кен орнында төмен түсу мұлдасында жер бетінің жылжуы 0,5 см.кұрады. Ғарыштық радиолокациялық түсірілім деректерінің жаһандылығын ескере отырып (50 км. х 70 км.) жер беті жылжуы тек Анненск кен орны территориясында ғана емес, соынмен бірге, Жезқазған кен орнының басқа да кеніштерінде орын алған: Златоуст-Беловск, Шағын және Орта - Спасск кеніштерінде (сурет 27).

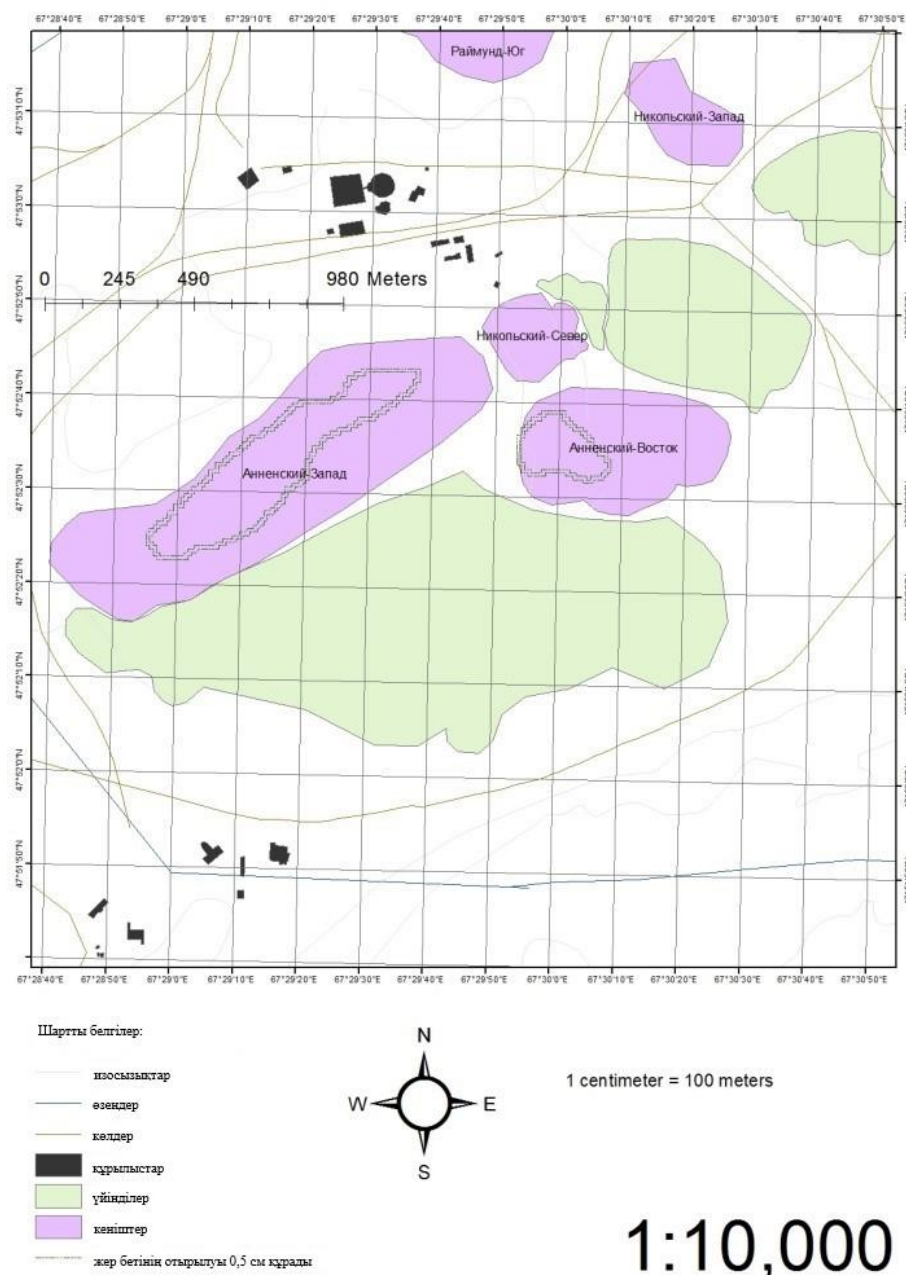
2014 және 2016 жылдар бойынша ғарыштық түсірілім материалдары бойынша жер беті жылжулары карталарының салыстырмалы талдауы 28 суретте келтірілген.



Сурет 28 - 2014 және 2016 жылдар деректері бойынша TerraSAR-X радиолокациялық интерферометрия нәтижелерін салыстырмалы талдау

SAR – интерферометрияның 2014 және 2016 ж. нәтижелерін салыстырмалы талдау Анненск кен орны территориясында төмен түсу мұлдасының пайда болуының едәуір тұрақтанғанын көрсетті. 2013-2015 жж. аралығында жер беті жылжуы Анненск кен орнының бүкіл Батыс және Шығыс бөліктерінде байқалса, ал, 2015 ж. SAR – интерферометрия деректеріне сәйкес Шығыс бөліктің төмен түсу мұлдасының орталығында орын алғанын көрсетті. Батыс территория бөлігінде жер беті контурының шамалы өзгерісі орын алған. 2015 ж. 0,5 см. дейінгі жылжудың абсолютті көрсеткішінің жалпы төмендеуі 2014 ж. 1-5 см. отырылуы орын алған.

SAR – интерферометрия нәтижелерін тексеру үшін Анненск кен орнының зерттелетін территориясында жер беті топографо-геодезиялық бақылауларды жоспарлау картасы құрылды (сурет 29).

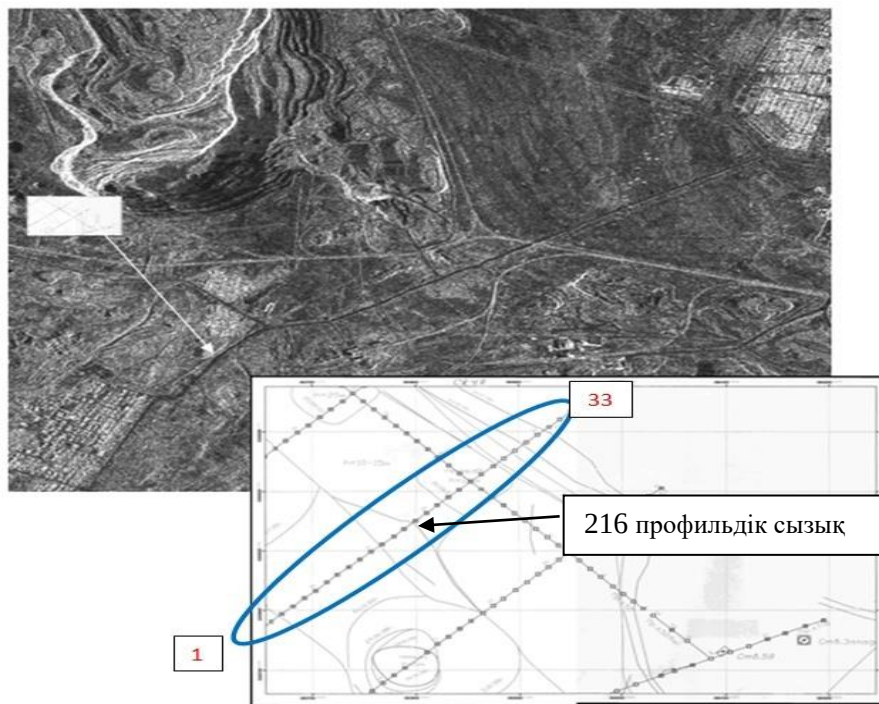


Сурет 29 – Жер беті маркшейдерлік-геодезиялық бақылауларды жоспарлау картасы

Жүргізілген жұмыстар нәтижесінде, бірінші жартыжылдықта, Анненск кен орнында SAR – интерферометрия әдістерімен жер беті жылжуының үздіксіз картасын құру негізінде тау массивтерінің төмен түсуінің кеңейтілген шөгуі байқалды және 2014-2017 жылдар аралығында төмен түсу мұлдасының салыстырмалы талдауы жүзеге асырылды [64,65].

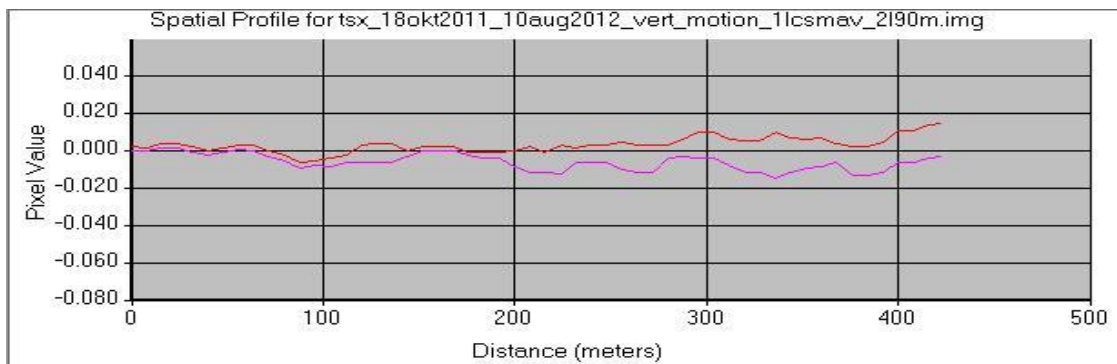
2.5 Жер беті өлшемдерімен радиолокациялық зондтау мәліметтерін интерферометриялық өңдеуден кейінгі алынған нәтижелердің нақтылығын бағалау

Ғарыш радиолокациялық интерферометрия (ҒРИ) нәтижелерін тексеру үшін Анненск кен орнының зерттелетін бір жер кескінінің жер бетінің жылжуларын маркшейдер-геодезиялық өлшеу мәліметтері қолданылды (сурет 30).



Сурет 30 – Маркшейдерлік-геодезиялық өлшеулер нүктелері және олардың радарлы суретте орналасуы

30 суретте РСМ, ғарыштық радиолокациялық интерферометрия әдістерімен (қызғылт толқын) және SRTM (қызыл толқын) қолдану арқылы жер беті жылжу профілі көрсетілген.



Сурет 31 – Екі РСМ қолдану арқылы есептеу нәтижелерінде құрылған жылжу профільдері

Көрсетілген графикте 30 суретте қисық сызықтар синхронды түрде өзгеретінін көруге болады. Алайда, төменгі қисық сызық, жақсы нақтылықты РСМ-н алынған, жер беті жылжуларын нақтырақ көрсетеді.

Кесте 6 – 2014 – 2016 жж. аралық кезеңінде жасалған интерферометриялық өлшемдердің салыстырмалы биіктік мәні

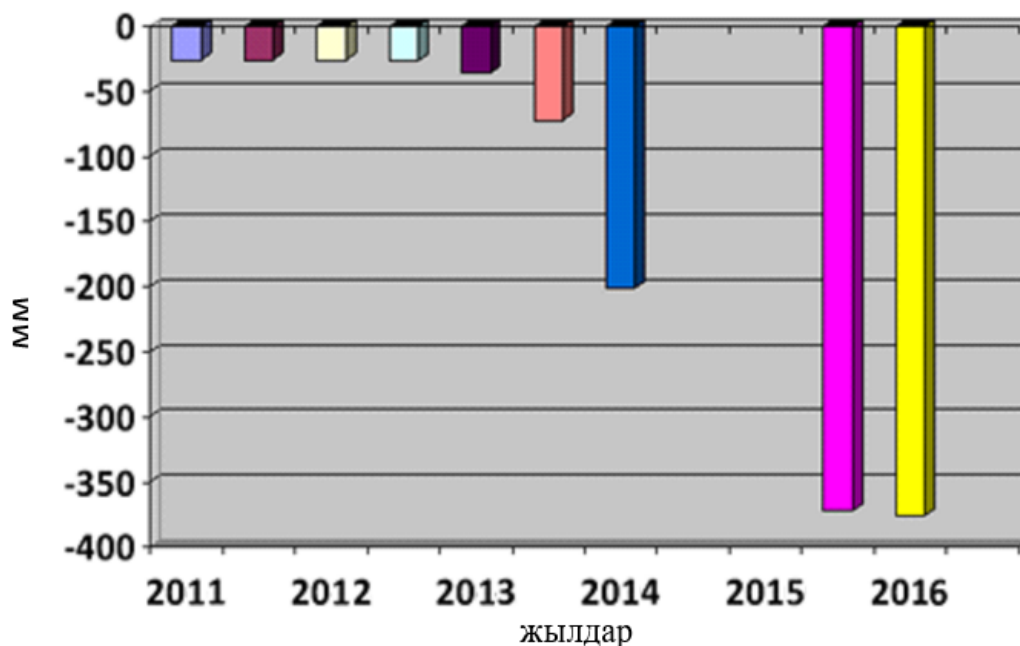
Қайта есептелген белгілер			04.07.2016			
1*	48*	48*-1*	49	49-1*	49-48*	R
438.93	438.92	-1.70	438.92	-3.30	-1.60	1
439.02	439.01	-4.80	439.01	-8.60	-3.80	2
439.72	439.68	-42.30	439.67	-45.70	-3.40	5
440.11	439.89	-212.70	439.73	-371.80	-159.10	27
440.27	440.14	-131.20	440.07	-206.80	-75.60	28
440.48	440.41	-74.80	440.38	-104.7	-29.90	29
440.79	440.76	-32.50	440.76	-27.90	4.60	30
441.15	441.13	-13.50	441.14	-9.30	4.20	31
441.58	441.57	-11.80	441.58	-7.30	4.50	32
443.01	443.00	-7.20	443.00	-2.50	4.70	33

Интерферометрия әдісімен тіркелген жер беті жылжуларының көрсеткіштері бұл профиль бойынша 2014 ж. 18 қазаннан 2015 ж. 10 тамыз уақыт аралығында алынған және 0,8 см. құрады. TerraSar-X аппаратымен 2016 ж. 17 қыркүйек пен 9 қазанда жасалған радиолокациялық түсірілім мәліметтеріне сәйкес Қайта жасалған интерферометриялық өлшемдер жер бетінің 0,5 см. дейін жылжуын айқындады.

6 кестенің 5 бағанасында келтірілген мәліметтерге сәйкес №1 реперде жер бетінің едәуір төмендеу 371,8 мм. Байқалады (кесте тиісті ұяшық көк түспен боялған), 1986-дан 2011 ж. дейін орын алған. Сондықтан, біз 2014-ден 2015 ж. дейін 9 айда интерферометрия әдісімен алынған мәліметтерді талдау үшін осы реперді таңдадық. 33 суретте 2013 мен 2016 жж. аралығында 1 реперде нүктеде 216 профилі бойынша топырақтың төмен түсуінің графигі келтірілген.

Осылайша, 216-профильдің №1 репердің биіктігі маркшейдерлік өлшемдер деректеріне сәйкес, 04.07.2014 ж. жасалған, (– 371.80 см.) құрады. Сол репердің биіктігі, 2014 ж. 18 қазанында және 2015 ж. 10 тамызында жасалған ұқсастық жұпты радиолокациялық ғарыш суреттері бойынша интерферометрия әдісімен құрылған, РСМ-н алынған деректерге сәйкес (-372.20 см.) құрады. Келтірілген биіктіктердің айырмашылығы 0.4 см құрайды.

Келтірілген нәтижелер дифференциалды интерферометрия және жер беті маркшейдер-геодезиялық өлшемдер әдістерімен алынған жер беті жылжуының көрсеткішінің жоғары корреляциясын көрсетті.



Сурет 32 – 2002-2016 жж. аралығында №1 реперде профиль бойынша отырылудың төмен түсу графигі

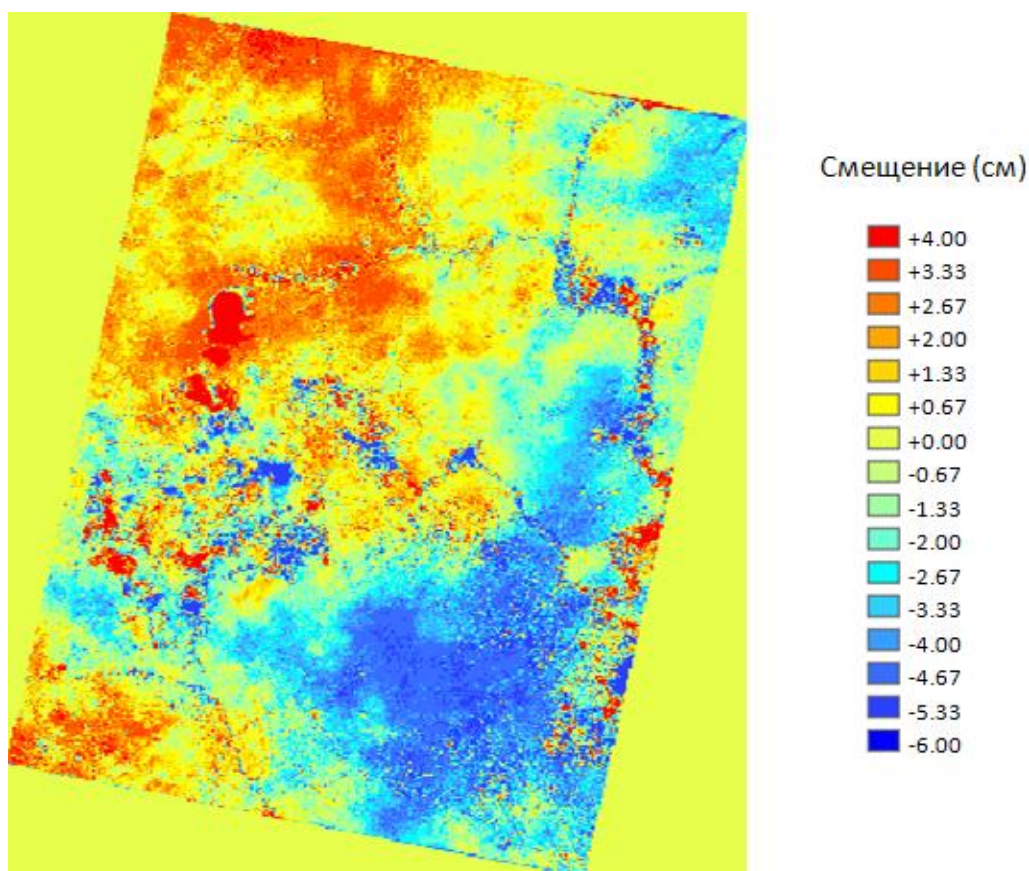
32 суретте сары бағана дифференциалды интерферометрия әдісімен алынған жер беті жылжу мәліметтері келтірілген. Интерферометрия деректеріне сәйкес жер бетінің төмен түсуі №1 реперде 0,8 мм. құрады.

Зерттелетін территорияға салынған профильді сызықтар бойынша 2002-2011 жж. аралығындаға маркшейдерлік-геодезиялық өлшемдер мәліметтерімен d-inSAR бағдарлама кешенін қолдану арқылы дифференциалды интерферометрия әдісімен алынған жер бетінің төмен түсу нәтижелерін салыстыру зерттелетін территориядағы топырақ пен жер бетінің төмен түсуі уақыт өте келе динамикада дамитындығын көрсетті.

Жұмыстардың барлығын бағдарламадағы негізгі бақылау жұмыстарын өңдеуге арналған, опрылу аумағы бойынша деректердің салыстыру сызығын сызуға және шикі өңделмеген нүктелік форматтағы материалдарды өңдеуге арналған қосымша EZYsurf-ке бағдарламасы қолнылды.

EZYsurf – қосымшасы Data Loader форматындағы нүктелік координаталы мәліметтерді тасымалдап, оны қабаттар бойынша орналастырады. Сонымен қатар бақылау мәліметтері бойынша горизонтальдарды автоматты түрде сызады, олардың дұрыстығын тексереді. Одан әрі керекті масштабтағы планды немесе үздіксіз картаны кез келген ыңғайлы түрде сызуға болады. Ең алдымен бағдарламаны жаңадан жүктеп, одан соң EZYsurf меню жолындағы атауға кіріп Data Input → XYZ-in (Points) командаларын орындаған кезде Excell есептік бағдарламасындағы *.prn форматындағы керекті көрсетілген файлды EZYsurf – Load Data File as Points терезесінде Select File командасы арқылы енгізіледі.

33 суретте 2014 ж. 18 қазан мен 2015 ж 10 тамыз аралығындағы зерттелетін аумақтың жер бетінің жылжуын дифференциалды интерферометрия әдісімен алынған жалпы көрінісі келтірілген (9 ай).



Сурет 33 – Зерттелетін аймақтағы жер бетінің жылжулары

Алынған мәліметтер талдауы шағын уақыт айырмашылығының өзі жер беті жылжулары жоғарыға көтерілу мен төменге түсу байқалады.

Бұл жылжулар техногенді де табиғи да сипатқа ие болуы мүмкін. Мысалы, 9* суреттегі қызыл дақтар, кенді шығару кезінде үйінділер қалыптасқанын сипаттайды.

Аталған уақыт кезеңінде жер бетінің максималды шөгуі 0.5 см құрайды (көк түске боялған кескіндер), ал максималды көтерілуі – 0.8 см құрайды (ашық қызыл түске боялған кескін) [66,67] .

2.6 Жұпты радиолокациялық ғарыш суреттері бойынша интерферограмманы құруға және өңдеуге арналған программаны таңдаудың ерекшелігі

Жұпты радиолокациялық ғарыш суреттері бойынша интерферограмманы құру үшін арнайы мамандандырылған бағдарламалар қолданылады (Gamma, D-InSAR(ERDAS), PhotomodRadar, SARscape (Envi), және т.б.), олар төңіректің жоғарынақты және түрлімасштабты сандық модельдерін құруға мүмкіндік береді, сонымен қатар, жер бетінің тұрақтылығы жайлы сандық және сапалық

ақпаратты көрсететінін арнайы мамандандырылған бірқатар карталарды құруға мүмкіндік береді.

Радиолокациялық ғарыш суреттерін интерферометриялық өңдеуді жүзеге асыру үшін InSAR модульді ERDAS жүйесі таңдалды. Жүйе артықшылықтары: аналогты пакеттер ішінде функционалды мүмкіндіктердің толық жинағы. Жетілген тұтынушы интерфейсі. Есептік үдерістері автоматтандырылған және тұтынушының арнайы дайындығын талап етпейді. Программалардың заманауи және көпдеңгейлі құралдары, соның ішінде SpatialModeler визуалды программалауды қолдану арқылы жасалады. Өзірлеуші ортасының нақты стандарты ERDAS, Inc-пен жасалған модульдерді ғана қолданбайды. ArcGIS мен ArcSDE толық интеграциясы пайдаланылады. Сандық фотограмметрияның жүйешелерінің болуы. Эксперттік жүйелер негізінде мықты жіктеу жүйесі. Радарлық суреттерді өңдеу бойынша функциялардың толық жиынтығы. DLL көмегімен функцияны өсіру механизмі; көпплатформалылығы. DLL жазудың көмегімен өзіндік нысандарды қолдану мүмкіндігі. Растрлы нысандарды импорттаусыз көру және өңдеу мүмкіндігі [68-71].

2 бөлім бойынша тұжырым

1. Ғарыштық радиолокациялық интерферометрия жер беті деформациясының жағдайы мен үздіксіз картасын құру кешендік мониторинг жүйесінің маңызды бөлігі болып табылатынын анықтадық.

2. Зерттелетін уақыт кезеңінде орын алған жер беті жылжуларының абсолютті мәндерін анықтауда SAR-әдістерін дұрыс қолдану үшін перпендикуляр базалық сызығы минималды мәніне ие болатын радиолокациялық ғарыш суреттерінің тандемді жұбын қолдану алу үшін, жүргізілген талдау нәтижесінде TerraSarX, CosmoSkyMed ғарыш аппараттарының мәліметтерін және SAR-әдістерін қолдану нұсқасы таңдалды.

3. 2014-2016 жж. SAR – интерферометрия нәтижелерінің салыстырмалы талдауы Анненск кен орны территориясында төмен түсу мұльдасы дамуының тұрақтылығын көрсетті. 2014-2015 жж аралығында жер мен топырақтың жылжуы Анненск кен орнының Батыс және Шығыс бөліктерінде байқалса, ал 2016 жылдың SAR – интерферометрия мәліметтеріне сәйкес бұл жылжу Шығыс бөліктегі төмен түсу мұльдасының орталығында орналасқаны анықталды.

3 АЭРОҒАРЫШ СУРЕТТЕРІН ҚОЛДАНУ НЕГІЗІНДЕ ӘЛСІЗ АЙМАҚТАРДЫҢ ДЕФОРМАЦИЯСЫН АНЫҚТАУ ҮШІН ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫ РАДИОЛОКАЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРДІ ҚОЛДАНУДЫ ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЖЕТІЛДІРУ

3.1 Радиолокациялық ғарыш суреттерінің тандемді жұптары бойынша интерферограммаларды генерациялау

Синтезделген апертуралы (SAR) радиолокаторлар мәліметтері бойынша рельеф жылжуларын бағалау үшін негіз келесі жағдайларда ғарыш түсірілімінің екі сеансында қабылданған сигналдар фазасының түрлілігін көрсететін интерферограмма болып табылады:

- ғарыш аппараттарының траекториясы жақын және тіпті параллельді болуы керек;
- түсірілімдер уақытында жер бетінің микрорельефі едәуір өзгерістерге ұшырамауы керек;
- түсірілімдер сәтінде тропосфералық жағдай қатты өзгеше болмауы керек.

$\Delta\varphi$ фазаларының түрлілігі Δr сигналы жолдарының түрлілігіне тікелей байланысты:

$$\Delta\varphi = \frac{4\pi}{\lambda} \Delta r, \quad (3.1)$$

мұнда λ — радиолокатор толқынының ұзындығы.

Интерферометрия бақылаудың түрлі бұрышты антеннадан немесе түрлі уақытта жасалған кешендік суреттерді жинақтайды. Төңіректің бір жер кескінінің екі суретін салыстыру нәтижесінде интерферограмманы алады, ол түрлі түсті жолақтар желісін құрайды, мұндағы жолақтар ені екі экспозиция бойынша фазалар түрлілігіне сәйкес келеді. Сәулелендірудің жоғары жиілігінің арқасында жылжулар миллиметрлік-бір сантиметрлік нақтылықпен тіркеледі. Түсірілімдердің барлық деректері сандық түрде ұсынылады, интерпретацияның объективтілігі мен бірыңғайлығын қамтамасыз етеді [64, 22-42 б.].

Кешендік суреттің әр нүктесі жалпы түрде келесідей суреттелуі мүмкін

$$Z(x, y) = I(x, y)e^{i\varphi(x, y)}, \quad (3.2)$$

мұндағы I — оған келетін интенсивтілік (қарқындылық), φ - нүкте фазасы x мен y координаттар. Әр нүктеде суреттерді көбейту келесіні береді

$$p(x, y) = Z_1(x, y) * Z_2(x, y) = I(x, y) * e^{i\Delta\varphi(x, y)}, \quad (3.3)$$

мұндағы I — нүктенің интерферометриялық интенсивтілігі (қарқындылығы), $\Delta\varphi(x, y)$ - интерферометрикалық фаза.

Интерферограмманы талдауда келесіні ескеру қажет (фазалар түрлілігі шамасын көрсететін суреттер):

- фазалық суреттің бірыңғай еместігі (мәндерден өту кезіндегі ажыраулар, 2π кратты);

- фазалық түрлілік көрінісі ақпараттылығының төмендететін суреттердің кеңістікті және уақытша декорреляциясын;

- түсірілім геометриясының әсерін (r жолдары түрлілігі векторының шынайы емес тіркелуі, ал тек оның визалау сызығына оның проекциялауы ғана);

- рельефтен жер беті геометриясы бұрмалану әсері (радиолокаторларға бағыттаған еңістердің қысқаруы; қайырмалы еңістерді созу мен/немесе көлеңкелеу; түсірілім нүктелерінен бірдей алшықтақта орналасқан элементтерді орналастыру, төңіректе түрлі локалданған);

- r рельефа төңірегіне еңіс алшақтығы, тропосфералық флуктуация мен жер беті жылжулары шамаларының әсері.

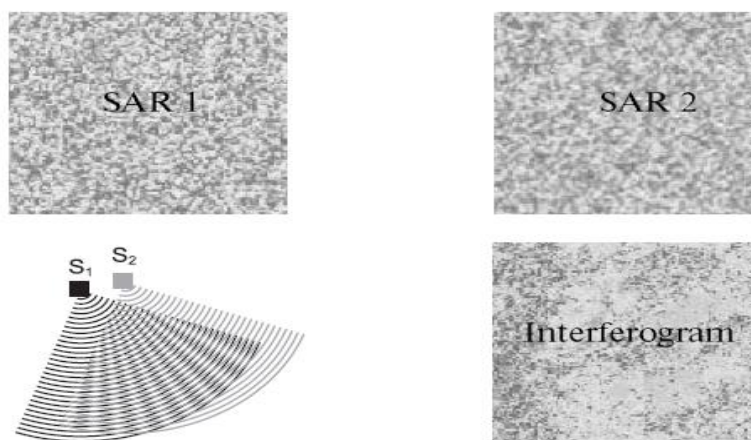
Фазалық түрлілік көрінісін құру барысында негізгі шама болып интерферометриялық когеренттілік табылады, ол суреттер декорреляция дәрежесін көрсетеді:

$$\gamma = \frac{[\sum S_1(x) * S_2(x)]}{\sqrt{\sum [S_1(x)]^2 * \sum [S_2(x)]^2}}, \quad (3.4)$$

мұндағы S_1 мен S_2 екі суреттің тиісті пиксельдері фазаларының мәндері.

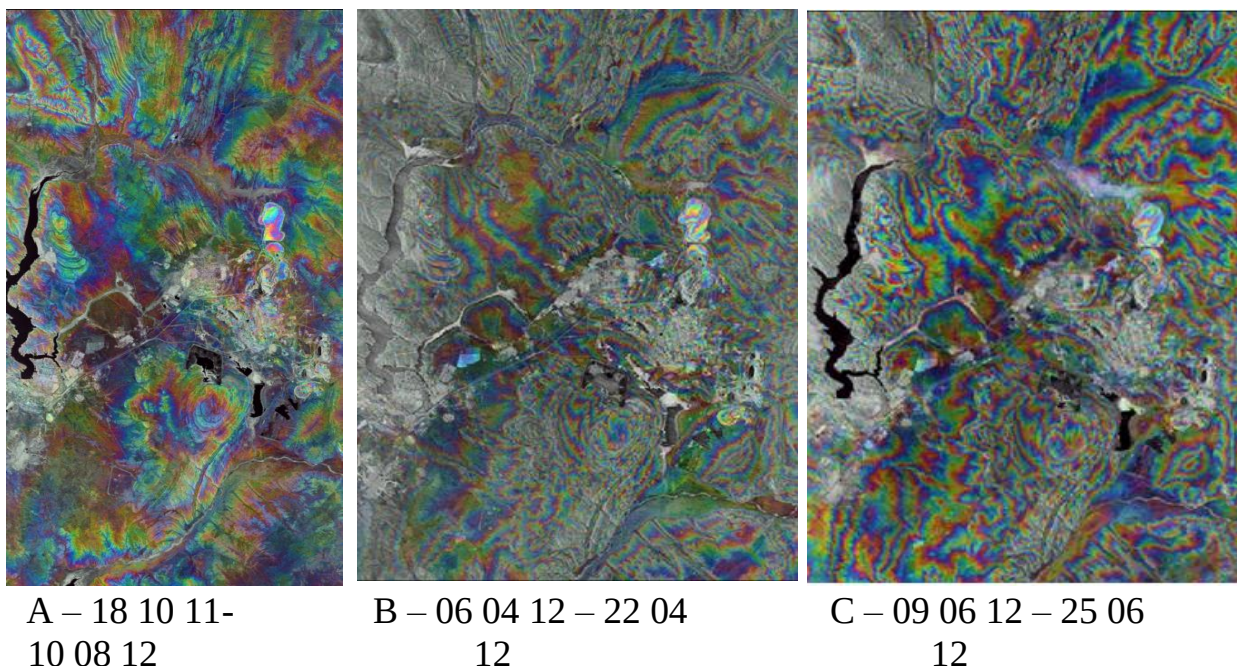
Интерферометриялық когеренттілік 0-ден 1-ге дейінгі мәндерді қабылдайды, ол нөлге жақындай түседі, егер сурет толығымен декорреляцияланған болса, интерференцияланған көріністен ақпаратты алу мүмкін емес болғанда, және бірге тең, егер идеалды корреляция жағдайында (тәжірибеде мүмкін емес). γ мәні неғұрлым үлкен болған сайын, интерферограммада оқылатын фазалық өлшемдер соғұрлым сенімдірек.

Екі спутниктік суреттердің фазалық айырмашылығы негізінде (жер беті тіркелген объектісінен біркелкі көрсететін когерентті радиотолқын фазаларының айырмашылығы) интерферограмманы құру жүзеге асырылады (сурет 34).



Сурет 34 – Интерферограмма генерациялау

Жақсы визуализациялау үшін интерферограмманы әдетте түсте кодтайды. Бір түсті цикл $\pi + \pi$ -ге дейінгі фазалық циклге сәйкес келеді.



Сурет 35 – TerraSAR-X мен COSMO-SkyMed ғарыш аппараттарында радиолокациялық жұпты ғарыш суреттерінде құрылған интерферограммалар мысалдары

35 суретте TerraSAR-X ғарыш аппараттарында радиолокациялық жұпты ғарыш суреттерінде құрылған 351 күн (А) уақыт базасымен интерферограммалар мысалдары, COSMO-SkyMed 16 уақыт базасымен (В) және COSMO-SkyMed 16 уақыт базасымен (С) мысалдары келтірілген. Үш түрлі интерферограммалар интерферометриялық жолақтар жарқындылығы мен үздіксіздігі түсірілім параметрлеріне қаншалықты тәуелді екенін көрсетеді.

Интерферометриялық жұптың жақсы когеренттіліктің болуы интерферометрия әдісімен мәліметтерді табысты өңдеудің маңызды шарты болып табылады. Когеренттілік әр жеке пиксельдің фазалық және амплитудалық өзгерісімен байланысты.

Объекті көрсететін сигналдардың уақытша өзгерісіне алып келетін алуан түрлі факторлар бар, және осымен декорреляцияны шарттайды. Уақытша декорреляцияның көздеріне (себептеріне) микрорельеф бұзылуы, ауа райына байланысты жер бетінің диэлектрикалық қасиеттерінің өзгерісі, өсімдік жамылғысының маусымдық өзгерістері, қар мен мұздық еруі мен қатуы және т.б. Түсірілімдер арасындағы уақыт интервалы неғұрлым ұлғайған сайын, соғұрлым уақытша декорреляция әсері жоғары болады және интерферограмма сапасы төмен болады.

Тұрақты фазалық қатынасты құрудың келесі шарты екі суретті де жазу барысындағы спутниктердің әруақыттық орбиталар арасындағы қашықтық

болып табылады, аталмыш геометриялық базалық сызық. Базалық сызық үлкен болған сайын, декорреляция дәрежесі жоғары болады [72].

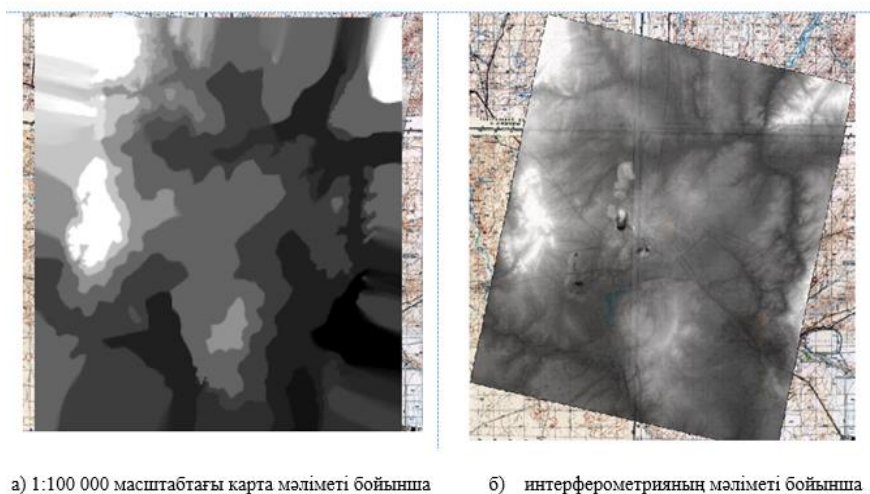
35 суретте (BC) интерферометриялық жұптардың уақыттық базасы бір, бірақ базалық сызықтар шамалары бойынша айырмашылықта. 26 С суретіндегі интерферограмма жарқынырақ екенін көру қиын емес, себебі базалық сызық 113 метрге кем. Жоғарыда атап өтілгендей, кеңістіктік декорреляция түсірілімдер арасындағы уақыт интервалы кеміген сайын уақытша декорреляция азаяды. Интерферограммада құбылмалы палитра жарқын болған сайын, жер беті жылжуларының абсолютті шамалары айқынырақ көрінеді.

3.2 Радиолокациялық түсірілімдердің нәтижесі бойынша деформацияланған жер учаскесі рельефінің сандық моделін құру

Жер бетінің зерттелетін кескіні жылжуларының абсолютті мәндерін алу үшін толық фазалық шамасынан $\Phi = \Phi_{\text{topo}} + \Phi_{\text{def}} + \Phi_{\text{atm}} + \Phi_n$, Φ_{topo} топографиялық компоненті әсерін алып тастау керек екенін еске салайық. Ол үшін құрылған интерферограммадан жер беті зерттелетін жер кескіні рельефінің сандық моделінің биіктік құрауышын есептеу керек.

Аталған мақсаттарға кеңінен қолданылатын дифференциалды интерферометрияның жалпы технологиясындағы рельефтің базалық сандық моделі – SRTM, 90 метрлік кадамдағы, 2000 ж. ShuttleRadarTopographyMission миссия нәтижелері бойынша құрылған, қажетті айқындылыққа ие емес және географиялық байланыста маңызды қателер байқалады. Сондықтан жер беті жылжуларының дұрыс мәндерін алу үшін жоғары нақтылықтағы РСМ-ді құру қажеттілігі туындайды, интерферометриялық өңдеу үдерісінде тіректі жамылғы ретінде қолдану мақсатында [73].

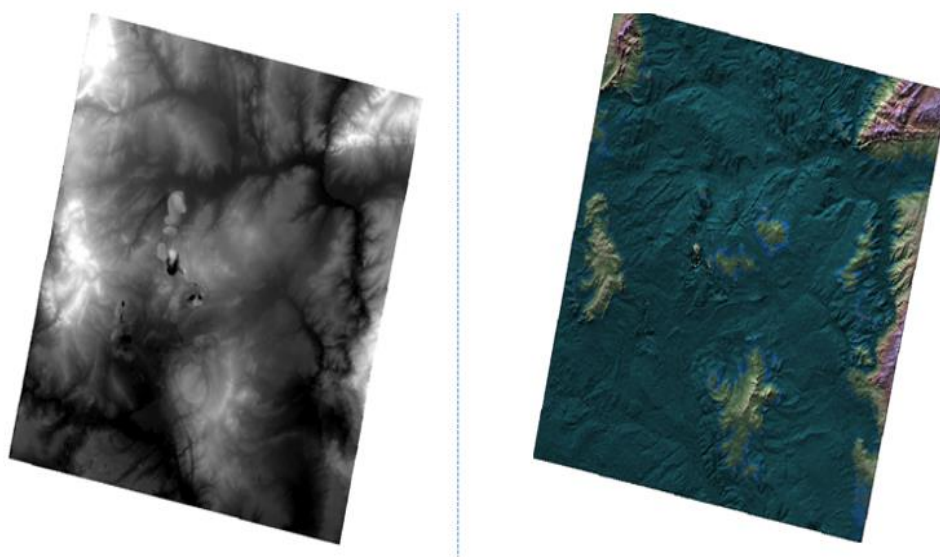
36 суретте топографиялық карталарды сандыққа нысанға келтіру нәтижесінде және радиолокациялық интерферометрия технологиясын қолдану арқылы Cosmo-SkyMed-ң радиолокациялық деректеріне сай құрылған РСМ келтірілген.



Сурет 36 – 1:100 000 масштабтағы карта мен интерферометрия деректері негізінде құрылған РСМ

Тіректі рельефтің биіктігі бойынша нақтылығы жоғары болған сайын, жылжулар жоғары сеніммен анықталады және фазалық кедергілер филтрланады, когеренттілік жоғарылайды. Тіректі рельеф фазасы мен жер беті жылжуларының фазасын максималды түрде дұрыс бөлу үшін интерферометриялық өңдеу үшін қолданылатын деректер РСМ-ге уақыт бойынша ең жақындарын таңдау керек. Себебі мұндай жағдайда биіктікті фаза құрауы шын бөліп алу айқынырақ бола түседі. Осы себептен, топографиялық карталарды сандық нысанға келтіру нәтижесі бойынша құрылған РСМ (сурет 36) ең жақсы шешім болмағаны айқын.

Φ_{topo} и Φ_{def} фаза компоненттерін бөлу үшін 8 мамыр 2015ж. И 24 мамыр 2015 ж. PCA Cosmo-SkyMed мәліметтерінің негізінде рельеф фазалар синтезі арқасында РСМ құрылды. Рельеф интерферометриялық әдіспен среде InSAR ERDAS IMAGINE ортасында алынды. Еске салайық, InSAR ERDAS IMAGINE модулі радиолокациялық түсірілім материалдарына толық кешендік өңдеуді жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Ол өңдеудің замануи алгоритмдерін және жаңа SAR нысандағы мәліметтері қолдау мүмкіндіктерін қамтиды[65, б. 56-57; 68, б. 50-56; 69, б.16-21].



А – 8 мамыр 2012 ж

Б – 24 мамыр 2012 ж

Сурет 37 – РСМ, CosmoSkyMed мәліметтері негізінде құрылған РСМ

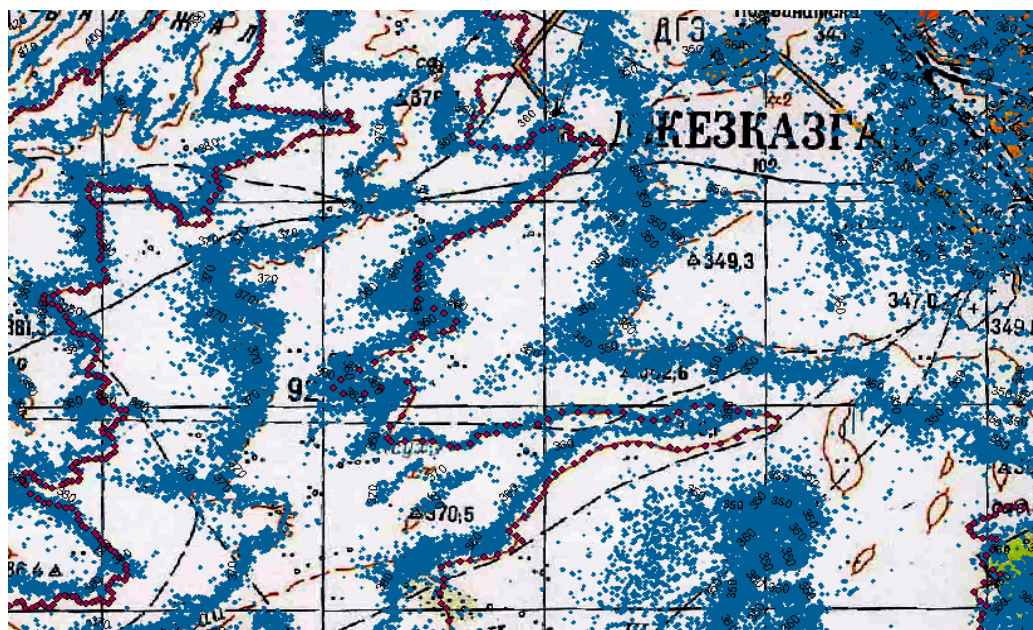
37 суреттегі А және Б суреттерінің айырмашылығы түрлі биіктіктегі түсінде.

Интерферометриялық әдіспен алынған РСМ-ді осы территорияға жататын алдыңғы мәліметтермен салыстыру үшін 1:100 000 масштабтағы планшеттер алынды. 38 сурет жоспарда құрылған РСМ топографиялық картмен толық сәйкес келетінін көрсетеді. Зерттелетін облысты жүз мыңдық масштабтағы төрт планшет қамтиды.



Сурет 38 – 100 000 планшет фонындағы интерферометрия әдісімен зерттелетін аумақ

Радарлық интерферометрия әдісімен алынған РСМ биіктік изосызығында автоматты режимде құрылды, яғни 10 м қадамдағы көлденеңдер. Олар 39 суретте көк түспен белгіленген.



Сурет 39 – Интерферометриялық әдіспен алынған РСМ және 100 000 топонегіздегі изосызықтарды түзету

100 000 карта изосызықты радарлы мәліметтерден алынған изосызықтарды жақсы корреляциялау (қызыл нүктемен белгіленген) радарлы түсірілім нәтижесінде алынған рельефтің сандық моделі дұрыс екенін растайды, түсірілім жасалған күнге жер беті жағдайын көрсетеді және алғашқы және

соңғы түсірілім арасындағы уақыт кезеңінде жер беті жылжуларын әрі қарай зерттеу үшін қолданылуы мүмкін екенін растайды.

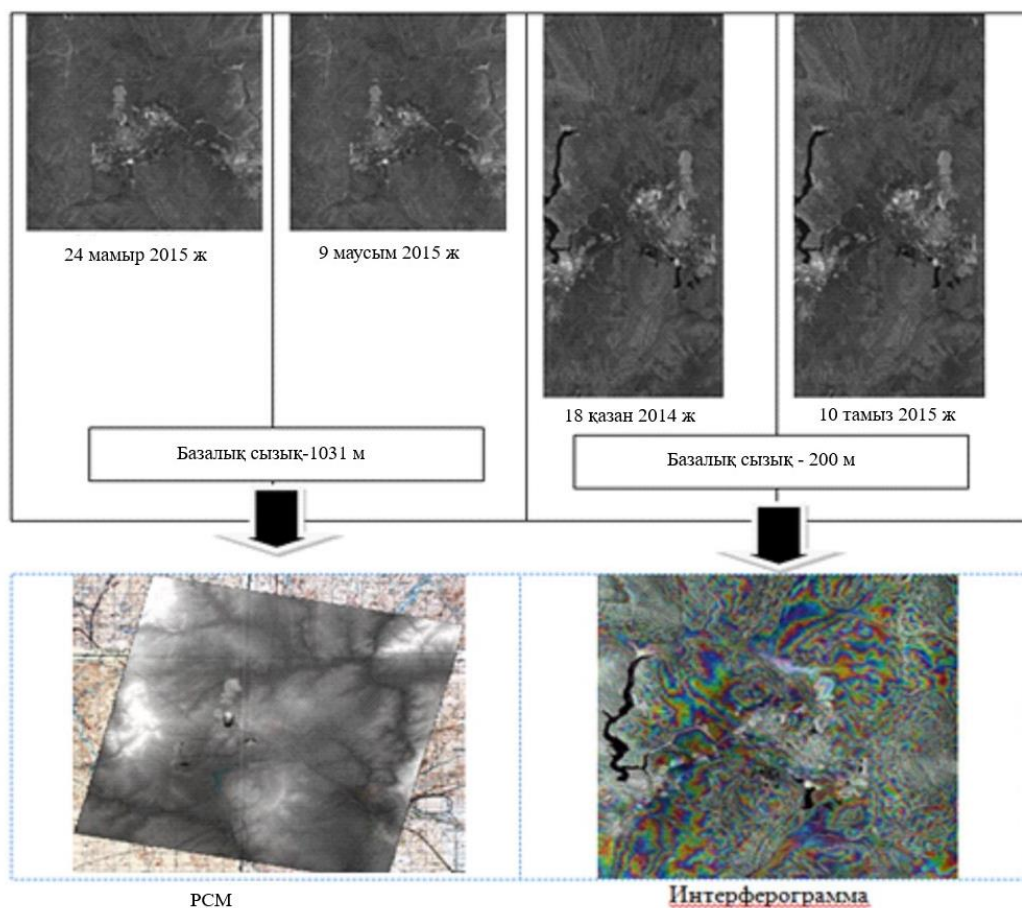
Әрі қарай құрылатын РСМ сынақтық жер кескінінде жер беті жылжуларының абсолютті мәндерін алу үшін қолданылады [62, р.670; 63, с. 40; 66, с. 27-29].

3.2.1 Дифференциалдық интерферометрия әдісімен жылжу картасын құру

Жер беті жылжуларын анықтау тоғыз ай уақыт базасымен TerraSAR-X ғарыш аппаратының радарлық суреттерін қолдану арқылы жүзеге асырылды.

Есептер үшін 2014 ж. 18 қазаны мен 2015 ж. 10 тамызында жасалған радиолокациялық суреттердің интерферометриялық жұбы таңдап алынды.

ДИ әдістерімен жер беті жылжуларын мониторингілеу үшін Cosmo-SkyMed (5 сцен) и TerraSar – X (5 сцен) ғарыш аппараттарының көп өтпелі радиолокациялық жұптар алынды, олар бойынша РСМ мен интерферограмма (сурет 40) жасалды.



Сурет 40 – Анненск кенорнының РСМ мен интерферограмма генерациясы

Сонымен бірге, максималды базалық сызық шамасы (1031 м.) болатын Cosmo-SkyMed (FA) ғарыш аппаратының ғарыш суреттерінің тандемдік жұбы рельефтің сандық моделін құру үшін қолданылды, ал минималды базалық

сызық шамасы (200 м) құрайтын TerraSar–X FA тандемдік жұбы – интерферограмма генерациясы үшін қолданылды.

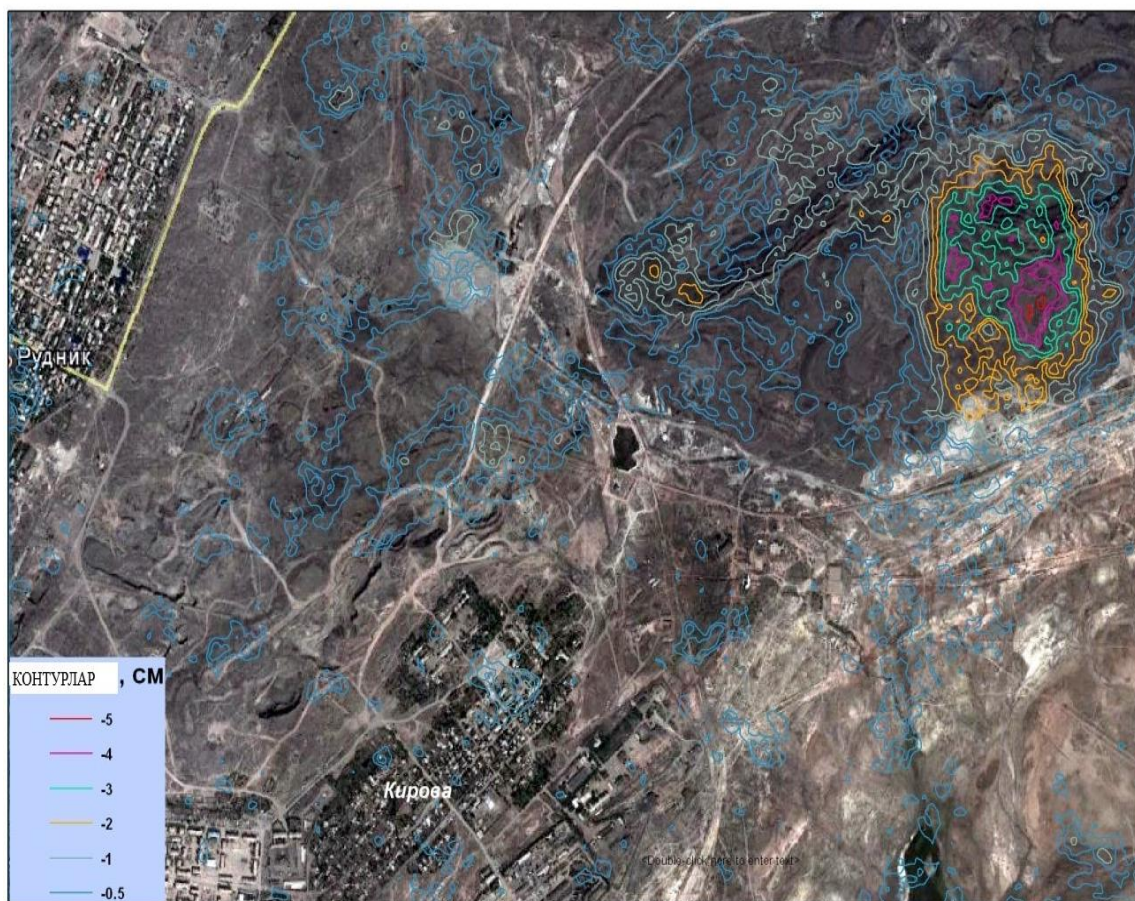
Интерферограмманы құру мен PCM құру InSAR модулін қолдану арқылы ERDAS Imagine 2014 бағдарламалық кешенінде жүзеге асырылды.

Құрылған PCM сынақ жер кескінінің бетіндегі жылжуларының абсолюттік шамаларын анықтау мақсатында тіректі рельеф пен жер беті жылжуларының фазаларын бөлу үшін негіз қызметін атқарды [66, б. 54-56; 67, б.32-36].

Операцияларды жүзеге асырғаннан кейін:

- Интерферограмманы фильтрациялау;
- Фторо мен Фdef фаза компоненттерін бөлу;
- Фазаны ұңғылау (фазаның салыстырмалы шамаларынан жылжулардың абсолютті шамаларына өту процедурасы), алынған интерферограмма негізінде сынақ жер кескінінің бетіндегі жылжулар картасы құрылды (сурет 41).

Контурлар сантиметрмен өлшегендегі жер бетінің тігінен жылжуларының шамаларын көрсетеді.

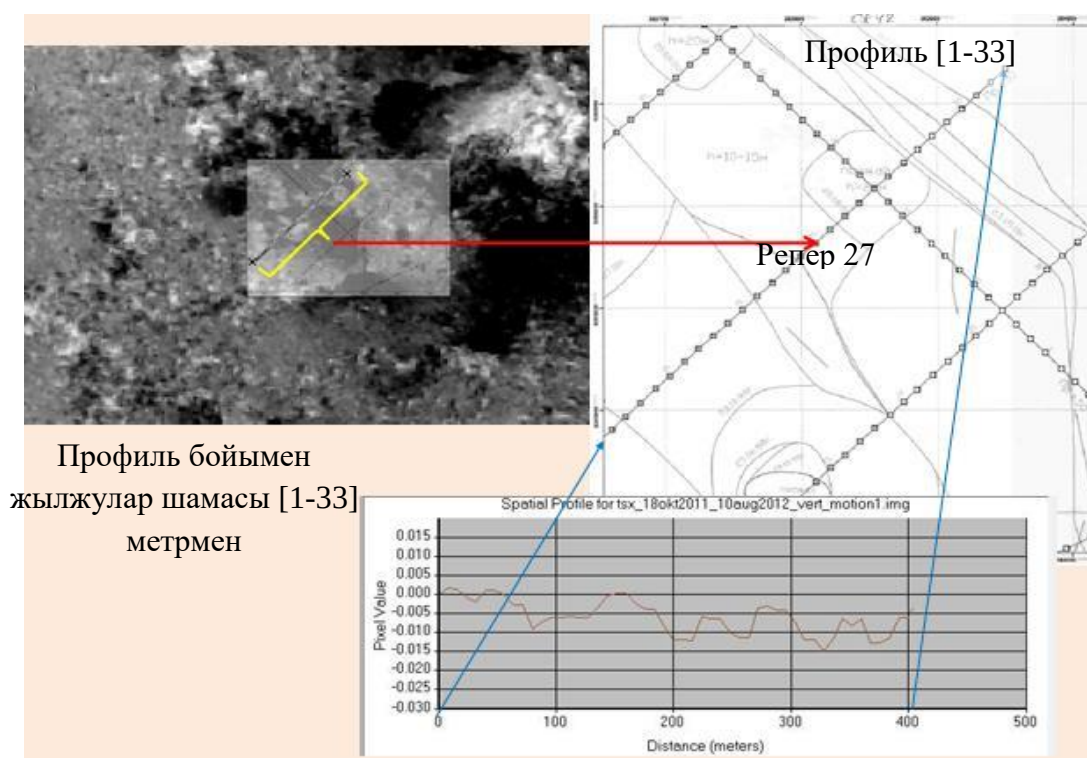


Сурет 41 – Анненск кен орнындағы жер беті жылжуларының картасы

Анненск кенішінің төмен түсу мұльдасы аясында жер бетінің төмен түсуінің максималды абсолютті шамасы 2014 ж. қазанынан 2015 ж. тамызында дейін 0.8 см құрады.

3.2.2 Дифференциалды интерферометрия нәтижелерін салыстырмалы талдау

Дифференциалды интерферометрия әдісімен алынған жер бетінің төмен түсу нәтижелерін 1968-2016 жж. Профиль бойынша маркшейдерлік өлшемдер деректерімен [63, б. 42; 65, б. 57-60; 66, б. 55-56] салыстыру едәуір жоғары корреляцияны көрсетті. 42 суретте интерферометриялық өлшемдер мен осы профиль бойымен жылжулар шамасынан алынған, нәтижелейтін жылжулар картасында профиль орналасу схемасы көрсетілген. Интерферометриялық өлшемдер бойынша 27 репер нүктесінде жер бетінің төмен түсуінің абсолютті шамасы 2014 ж. қазан айынан 2015 ж. тамазына дейін 0.8 см құрады, ал жер беті өлшемдері бойынша 1 см тең [72, б. 68; 73, б. 452-454].



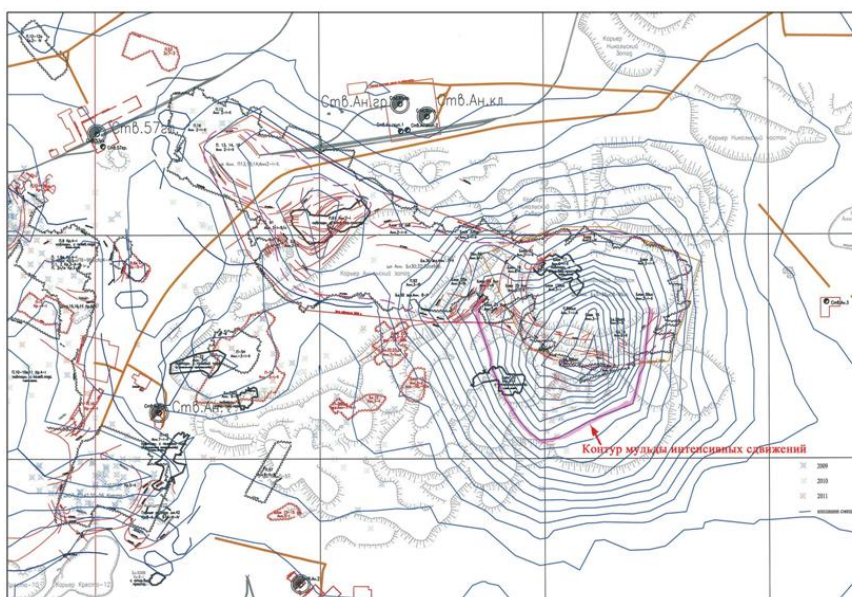
Сурет 42 – Дифференциалды интерферометрия әдісімен алынған жер бетінің төмен түсу нәтижелерін жер беті өлшемдерімен салыстыру

Жоғарыда айтылғандай, 2014-2016 жж. Кезеңінде ЖШҚ «Совзонд» Ресейлік компаниясымен FA – Radarsat -2 ғарыш аппаратының радиолокациялық зондтау мәліметтері бойынша Анненск кен орнында жер беті жылжуларын мониторингідеу мақсатында радарлық интерферометрия әдістерін қолдану жұмыстары жүзеге асырылды.

Дифференциалды интерферометрия әдісімен алынған жер бетінің төмен түсу нәтижелерін TerraSAR-X (18 қазан 2014 ж. 10 тамыз 2015ж.) ғарыш аппаратының мұрағаттық ғарыш түсірілімдері нәтижелерін ЖШҚ «Совзонд» компаниясының радарлық интерферометрия деректерімен салыстыру үшін осы грантты жүзеге асыру үшін (ҚазҰЗТУ-грант) келесілер қолданылды:

- ЖШҚ «Совзонд» алынған ҒА – Radarsat -2 2015 ж. ақпан-шілде кезеңінің мәліметтері бойынша радарлық интерферометрия нәтижелері;
- Жер беті маркшейдерлік өлшемдерінің мәліметтері.

43 пен 44 суреттерде 2015 жылдың ақпан – шілде кезеңінде ЖШҚ «Совзонд» алынған радарлық интерферометрия нәтижелері келтірілген, олар жер беті маркшейдерлік өлшемдерімен алынған қарқынды жылжулар мұльдасы контурымен қатар қолданылған, сонымен қатар дифференциалды интерферометрия нәтижелері (ҚазҰТЗУ-грант) келтірілген.

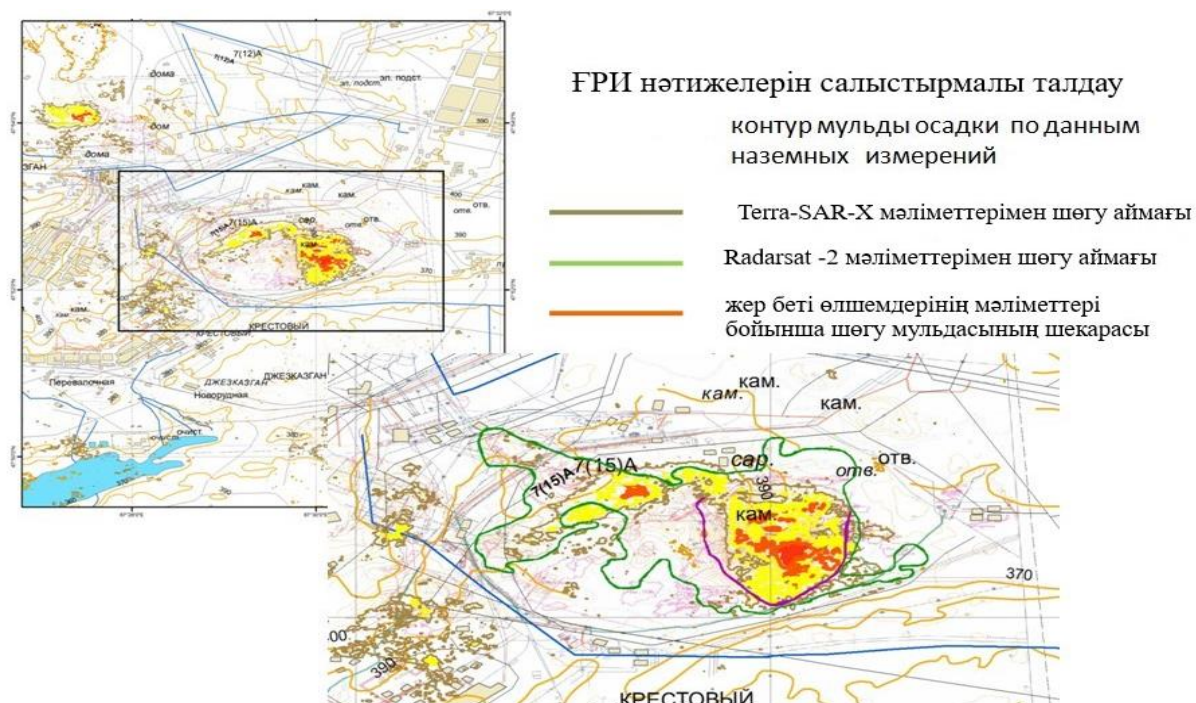


Сурет 43 – ЖШҚ «Совзонд» (КА – Radarsat -2 ақпан – шілде 2012 ж. Кезеңінде) радарлы интерферометрия нәтижелері, қарқынды жылжулар мұльдасы контурымен қатар қолданылған



Сурет 44 - TerraSAR-X (ҚазҰТЗУ-грант) ғарыш аппаратының мұрағаттық ғарыш түсірілімдерінің нәтижелері бойынша дифференциалды интерферометрия нәтижелері

45 суретте ДИ-Грант дифференциалды интерферометрия нәтижелерін, ЖШҚ «Совзонд» радарлық интерферометрия мен жер беті маркшейдерлік өлшемдерін геокеңістіктік қиыстыру келтірілген, ЖШҚ «Совзонд» (жасыл контур), ҚазҰТЗУ-грант дифференциалды интерферометрия (сұр контур) және қарқынды жылжулар мұльдасы контуры (сарғылт доға) [74,75].



Сурет 45 – ЖШҚ «Совзонд» (жасыл контур), ҚазҰТЗУ-грант дифференциалды интерферометрия (сұр контур) және қарқынды жылжулар мұльдасы контуры (сарғылт доға) радарлық интерферометрия нәтижелерін салыстыру

Жер беті жылжулары мониторингі міндеттерін шешуде дифференциалды интерферометрия әдістерінің нақтылығы ғарыш түсірілімдерінің параметрлеріне байланысты екенін ескеру керек. Сондықтан, бір-бірімен едәуір корреляцияланатын кем дегенде 5 суреттен тұратын жиықтық болу керек.

Егерде әрбір біржүрістік спутниктердің мәліметін, келесі көпжүрістік спутниктермен салыстыру барысында да алынған 5-тен кем сурет болған жағдайда әрбір алынған суреттердің когеренттілігі арқылы ол жердің ақпаратылығын тексеруге де болады. Сондықтан спутниктердің түсірістерін қандай жағдайда қолданылып жатқанымыз өте маңызды. Біздің жұмысымыздағы қабылданғын дәлдік пен алынған мәліметтер жоғары дәлдікті қажет етеді, ол үшін біз керекті жерлерінде тұрақты шағылдырғыштарды да пайдалану керектігі туындады.

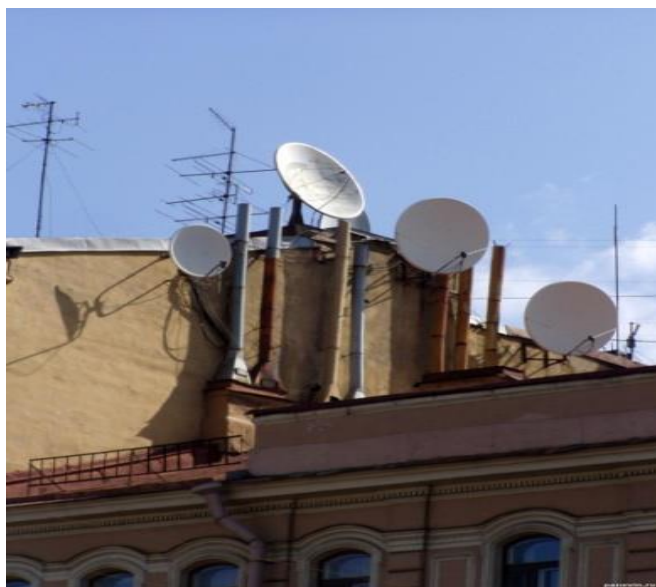
Әлемдік тәжірибеде миллиметрлік нақтылықпен жер беті жылжуларын мониторингілеу үшін тұрақты шағылдырғыштар (PermanentScatterers-PS) қолданылады, олар радиолокациялық суретте тұрақты максималды қарқындылықтың жауап берулерін қалыптастырады, бақылау шарттарының өзгеру жағдайында флуктуацияға ие болмайды. Мұндай объектілерге

радиолокациялық ғарыш суреттерін төңіректің координаттарына байлау үшін (байланыстыру үшін) тіректі бағдар ретінде қолданылатын бұрыштық шағылдырғыштар жатады (сурет 46).



Сурет 46 – Бұрыштық шағылдырғыш. Өлшемдері 900x450 mm

Бұрыштық шағылдырғыш – өзара перпендикулярлы шағылдырғыш жазықтық үшжақты бұрышы бар құрылғы (металлдан немесе айнадан жасалған), радиолокациялық сәулелерді кейін қайтара бағытта шағылдыруға мүмкіндік береді. КРИ тәжірибесі тұрақты шағылдырғыштар ретінде табиғи топографиялық объектілер қолданылуы мүмкін екенін көрсетеді: ағартатын металлдан жасалған конструкциялар, ғимарат бұрыштары, сонымен қатар әр ғимаратта орналастырылған телкоммукациялық параболалық антенналар (сурет 47).



Сурет 47 - Параболалық антенналар

3 бөлім бойынша тұжырым

1. Интерферометрия әдісін пайдалану барысында 2016 ж. бірінші жарты жылдығында TerraSarX ғарыш аппаратының 2015 ж. қашықтықтан зондтаудың

архивтік қордағы радиолокациялық мәліметтерін қолдану негізінде Анненск кен орны территориясын ғарыштық радиолокациялық мониторингілеу жұмыстарының әдістерімен, жер бетінің өзгерістерін анықтау үшін TerraSAR-X ғарыш аппаратының мәліметтерін пайдалудың тиімді уақыт кезеңдері анықталды.

2. Анненск кенішіндегі шөгу мұльдасындағы ЖШҚ "Совзонд" зерттеу әдістеріндегі радарлық және дифференциалды интерферометрия нәтижелері, Анненск кенорнындағы орнатылған жер беті жылжу аймақтарындағы мәндері бір бірін айқындайтыны дәлелденді.

3. Радарлық интерферометрия технологиясы бойынша алынған жер беті төмен түсуінің жылжу аймағы, кеңістікті жоғары нақтылыққа ие TerraSAR-X ғарыш аппаратының радиолокациялық мәліметтерін қолданатын егжей-тегжейлі нақтылауға және қарқында жылжу мұльдасының шекарасын жер беті геодезиялық өлшемдермен алынған нәтижелерін өңдеу (компьютерлік бағдарлама арқылы) жетілдірілді.

4 ГЕОМЕХАНИКАЛЫҚ МОНИТОРИНГТІ ЖҮРГІЗУДЕГІ АСПАПТЫҚ БАҚЫЛАУЛАРДЫҢ ӘДІСІН ЖЕТІЛДІРУ

4.1 Жерасты әдісімен қазбаларды игерудің жер бетіне техногендік әсер етуі

2010 жылдың 24 маусымының Қазақстан Республикасының "Жер қойнауы және жер қойнауын пайдалану" туралы Заңының 16 бабына және пайдалы қазбаларды өндіру мен кешенді қолданудың бірыңғай ережелеріне сәйкес [14, б. 53; 15, б. 3], жер қойнауын пайдаланушылар келесіні қамтамасыз ету қажет:

- қалған пайдалы қазындыны қауіпті техногендік үдерістерден қорғау, себебі қауіпті техногендік үдерістер пайдалы қазындыны ары қарай өндеуге, өнеркәсіптік бағалығын төмендеуге, пайдалы қазындыны толық және сапалы қазып алуға әкеліп соғуы мүмкін;

- сақтандырғыш кентіректердің, ұңғылаудың технологиялық схемаларының, тау кен қазындыларының параметрлері мен жобамен қарастырылған орын бағыттарын қарауды қадағалау;

- геологиялық сынамаалауды (ішкі және сыртқы) қадағалау, егер, сыртқы қадағалау жалпы сынамаалау көлемінен 5 пайыз көлемінде тоқсан сайын жүргізілу қажет;

- кенорынды игеру кезінде пайда болатын геолого-тектоникалық бұзылулар мен тау-кен массивінің күйін және тағы да басқа құбылыстарды үнемі қадағалау.

ҚР ЖҚҚБЕ 425 п. сәйкес [14, б. 53; 15, б. 1-3] тау-кен жұмыстары геологиялық және маркшейдерлік қызметтермен бақыланады және қадағаланады. Геологиялық және маркшейдерлік құжаттарда келесі негізгі жұмыстар толық көлемде көрсетілуі қажет (сурет 48).



Сурет 48 - Геологиялық және маркшейдерлік ақпараттар негізінде таукен техникалық тапсырмаларды шешудің жүйелік жолы

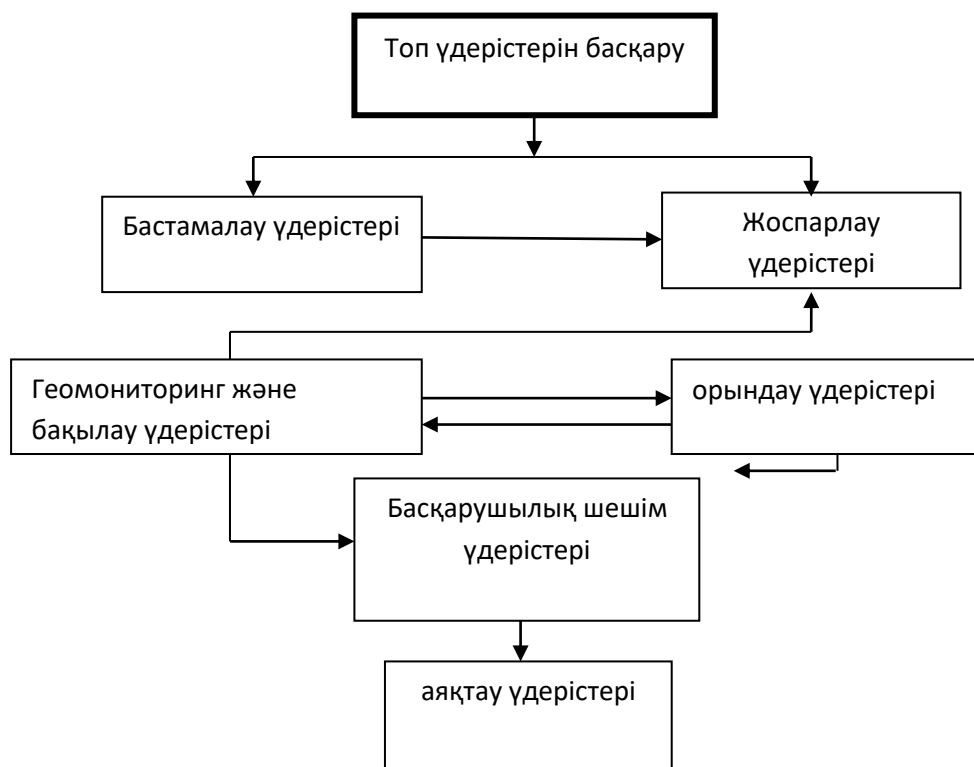
Сұлбадағы көрсетілгендей, кен массивінің геомеханикалық үдерістері кен қорының жылжу есебінің сенімділігіне және өз уақытылы болуына жауапты болуына көп себебін тигізеді. Бұл кен массивінің ҚДК учаскелермен тығыз байланысты болғандықтан, олар кен қойнауындағы көптеген қорлардың қалып қалуына және тау-кен жұмыстарының дұрыс жүргізілмеуіне әкеліп соқтырады.

Бұдан келесі тұжырымға келеміз, қатты пайдалы тау жыныстарын игеру кезінде массивтегі тау жыныстарының бұзылуы мен деформациялану үдерістері күшейіп, бұл үдерістер опырылу мен тау жынысының соққысына әкелуі мүмкін.

Игерілген массивті бақылау мен диагностикалауға кешенді бақылау жүргізу мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде, геодинамикалық құбылыстардың болуын дер кезінде анықтауға, тау кен жұмыстарын тиімді және қауіпсіз жүргізуге мүмкіндік береді.

Зерттелетін объектінің әлсіреген аумағының жер беті деформациясын геомеханикалық бақылауды тиімді жүргізу үшін жұмысты басқаратын топтар және оны орындайтын кезеңдерді құру (PMBOK Guide 3-d Edition стандартына сәйкес) (сурет 49):

- жобаны бастамалау.
- жоспарлау.
- орындауды ұйымдастыру.
- орындауды бақылау.
- жобаны аяқтау.



Сурет 49 - Геомеханикалық мониторинг жүйесін шешудің басқарма үдерістерін орындайтын топтардың тәртіптік схемасы

Жобаны бастау - бұл жобаны басқару үдерісі, нәтижесінде ғылыми жобаның орындаудың бастапқы кезеңіндегі санкциялау мен авторластыру болып табылады және келесі процедураларды өзіне қосады:

- маркшейдерлік-геодезиялық бақылаулар үдерістерін сапалы бағалау үшін техникалық құралдарды (бақылау және өлшеу аспаптары) қолданудың қажеттілігі мен мәселелерін сараптау;
- жоғары дәлдікпен өлшейтін маркшейдерлік-геодезиялық бақылауларды қолдана отырып геомеханикалық мониторингтің материалдары мен мағлұматтарын жинау;
- жобаны орындаудың тәртібін, тапсырмалары мен мақсатын анықтау;
- салыстырмалы сараптама үшін маркшейдерлік-геодезиялық бақылаулардың баламалы нұсқаларын қарастыру.

Жобаны жоспарлау - үздіксіз үдеріс болып табылады, ол алдыға қойылған мақсатқа жету үшін, оны іске асырудың факторларын ескере отырып, ең тиімді әдісін келісу мен анықтауға бағытталған.

Зерттеу жүргізу кезінде әр түрлі өзгерістер болуы мүмкін, олар жоспарды нақтылауды талап етеді, кейде қайта жоспарлауға тура келеді. Жоспарлау - кешенді, көп критерийлі функция, қарастыру, сараптау және жұмыс кезеңдерін болжауы мүмкін. Бұл кезеңдер келесі негізгі процедураларды өзіне қосады:

- жоба жұмыстарын күнтізбелік жоспарлау;
- ұйымдастырушылық жоспарлау;
- тәуекелді басқаруды жоспарлау.

Сонымен қатар, ескере кететін жағдай, жобаны іске асыру барысында, жоспарланған жұмысты анық нақтылау және айқындау жүргізіледі.

Жұмыс барысында ең маңызды кезең - жобаны орындау болып табылады, яғни, маркшейдерлік-геодезиялық бақылаулардың (уақыт, ауытқуларды талдау мен оның себептерін анықтау бойынша) нәтижелерін салыстыру үдерістері. Жағымды шешім қабылдау үшін, мүмкін баламаларды бағалау мен жағымсыз ауытқуларды жою шешім қабылдау орындалады.

Жобаны аяқтау - жұмыстың формалды аяқталуы және нақты тау кен массивінің кернеулі-деформацияланған күйін маркшейдерлік-геодезиялық бақылаудың жиынын қорытындылау.

4.2 Кенорынның жер бетіндегі әлсіз зоналарын анықтау

Пайдалы қазба кенорындарын игеру кезеңінде кендегі пайдалы компоненттердің құрамы азаю үдерісі мен кен қорының таусылуы нарықтық экономикада сапаға және шикізат санына деген талапты күшейтуді талап етеді.

Сондықтан минералдық шикізатты қазып алу көлемін жоғарылату тау кен массивінде қалған кен қалдықтарын игеруді, соның ішінде кентіректі қолдайтын жабынды қалыңдықты игеруді қажет етеді.

Геотехникалық үдерістер игеруді қиындатып, тау кен жұмысын қауіпсіз жүргізуге қауіп туғызады. Бұл кенді жоғалтуға әкеліп соғады, тау кен қазбаларының құрылымдық элементтерінің бұзылуы мен жер бетінде орналасқан объектілердің бұзылуына әкеледі. Сонымен қатар, ірі

геодинамикалық құбылыстар (опырылу және техногендік жер сілкіністер) адам өліміне және үлкен материалдық шығындырға әкелуі мүмкін.

Болжау сұрақтарының эксперименталды зерттемесі, болжаудың уақыттық аспектісін ең маңызды болып табылатынын көрсетті. Оның болжамдық көрсеткіштерін барлық төтенше оқиғалардың даму сатысынан бастап іске асыру уақытына дейін анықтау ($t \rightarrow t_0$), кинетикалық тұрғыдан ескеретін болсақ, тау кен массивін үздіксіз бақылау, оның ішінде қадағалау, игерілген тау кен массивінің күйін болжау мен бағалауға мүмкіндік береді.

Тәуекелді операцияларды бағалаудың ең маңызды бөлігі - тәуекелді басқару болып табылады, яғни, қауіпті жағдайларды алдын алатын іс шаралар кешені.

Сондықтан, қауіпті жағдайларды алдын алу мен тау кен өндірісінің тиімділігі мен қауіпсіздігін арттыру үшін, ең алдымен, геотехникалық сүйемелденудің алдында апат болуы мүмкін орындарды білу қажет және қалыптасқан жағдайға қарай игеру технологиясын таңдау керек.

Бұл тау жыныстары массивінің, кенорынның жанас пайдалы қазындысының күйін алдын ала диагностикалау арқылы қамтамасыз етілуі мүмкін. Мұндай диагностикалаудың нәтижелері қалған минералдық-шикізатты ресурстар қорын ары қарай игеру кезіндегі геотехникалық шешімдерді негіздеуді арттырады. Диагностика нәтижесінде анықталған мүмкін болатын геодинамикалық іс шаралардың әлсіз аумақтарында, болжау мақсатында мониторинг құралдарымен бақылау жүргізу қажет.

Сонымен, геотехникалық сүйемелденуді іске асырудың алдында, бірқатар шектеулер мен ерекше мәселелерді алдын алу және шешу қажет. Бұл ең біріншіден, тау жыныстар массивін алдын ала диагностикалау мен тау кен жұмыстарының болжалды салдарын көп жылдық болжауға қамтамасыз етеді, және шахта кенорындарын игерудің келешек стратегиясын анықтауға мүмкіндік береді.

Кенорынның жер бетінде әлсіз зоналарды анықтау мониторингты шоғырландырып, оның дәлдігі мен интенсивтілігін арттыруға мүмкіндік береді.

Ықтимал қауіпті деңгейден опырылуға дейінгі пайдалы қазба кенорының жер бетінде, әлсіз аумақтарды зоналаудың келесі әдістері мен тәсілдері ұсынылады [74, б. 24; 75, б. 212].

4.3 Жер бетіндегі шөгу аймақтарында зоналық аудандастырудың тәсілі

Нақты жағдай болып, геодинамикалық құбылыстың параметрлері мен оның даму уақыты игеріліп жатқан аумақтың биіктігі мен кеуелей игерілген кеңістікті жабындап жатқан тау жыныстарының шекарасынан жер бетіне дейін қопсытуға тәуелді, қопсыту коэффициентін ескергенде. Мұнымен қатар, жабынды тау жыныстарының опырылуы мен опырылу ойығы жабынды тау жыныстарының көлеміне және Кеуелей игерілген кеңістікке тәуелді.

Опырылу кезінде қопсыту коэффициенті тереңдік (Н), қалыңдық (m) және Кеуелей игерілген кеңістіктің аралық эквиваленттіне тәуелді, ал Жезқазған кенорны шартында келесі түрде анықталады:

$$K_p = 1.124 - 0.008 H/m + H/L, \quad (4.1)$$

мұнда K_p – опырылу коэффициенті;

H - кеуелей игерілген кеңістіктің тереңдігі;

m – қалыңдық;

L - аралық.

Жабынды тау жыныстарының опырылуы мен опырылу ойығының пайда болуы жабынды тау жыныстарының көлеміне және кеуелей игерілген кеңістік қатынасына тәуелді, бұл кенорын кеңістігінде жер бетінің планында H/m қатынасы арқылы, мүмкін болатын опырылу ойығының пішінін аламыз.

Жезқазған кенорнында болған опырылуларға өткенді шолу талдамасы негізінде опырылу ойығының пайда болу шарты $H/m < 10$ қатынасы арқылы анықталады.

Пайда болған қуыстықтың геометриялық өлшемдерін Кеуелей қазып алу әсерінің анықталған өзгерім заңдылығын практика жүзінде қолдану үшін «Пайдалы қазба кенорындарын жер асты тәсілімен игеру кезінде, жер бетінде пайда болатын аса қауіпті опыруларды зоналық анықтау әдісі» құрастырылды, бұл РФ өнертабыстың №2153071 халықаралық патентімен және ҚР №8159 – 990265.1 қорғалған (Авторы – Сатов М.Ж., патентиегері –Казахмыс корпорациясы).

Бұл әдіс келесі түрде орындалады. Кенорынның бүкіл ауданына, қолда бар геологиялық қималар мен барлау ұңғымаларының мәліметтері және геомеханикалық құжаттамалардың көмегімен, планға игерілмеген массивты және барлық жабындар көрсетіледі.

Вертикаль ось бойынша әрбір кен шоғырының тереңдігі мен қалыңдығы өлшенеді. Сосын, тереңдіктер және қалыңдықтар соммасын қосып, нәижесін планға енгізеді. Кенорынның барлық ауданында орналасқан көптеген геологиялық және барлау ұңғымалардың көмегімен жер бетінің әрбір нүктесіне тереңдік соммасын H және қалыңдық соммасын m мәндерін енгізеді. Қалыңдық соммасының нәтижесін планда экстраполяциялау әдісімен белгілі бір интервал арқылы изосызықтар құрады.

Қалыңдықтың соммалық ауытқымасының анықталған көлемін кенорынның тау кен жұмыстары планына енгізеді. Ең қауіпті зона болып кенорынды игеру кезінде қалыңдықтың максималдық соммасының мәні болып табылады. Сосын, алынған қалыңдық және тереңдік жиынтығының мәнін қолданып, H тереңдік жиынтығының m қалыңдық жиынтығына қатынасын анықтайды. Алынған нәтижелер бойынша экстраполяциялау әдісі арқылы H/m Кеуелей қазылған еселігінің изосызығын құрастырады. Опырылу болжамының өлшемі ретінде $H/m < 10$ мәнін қолданады.

Анықталған изосызықтар еселіктерін тау кен жұмыстары планына енгізу арқылы, опырылуға қауіпті ықтималдың аномалиялық зоналарын анықтайды. Сонымен қатар, қауіпті зоналар ретінде келесі участоктарды алады, яғни, m және H/m шамаларының сәйкес келетін изосызықтары өлшемін алады. Бұл участоктар кенорынның көлеміндегі қалған участоктерге қарағанда, опырылу бойынша ең қауіпті болып табылады, бұл кенорында болған опырылулармен расталады.

Тау кен жұмыстарын әрі қарай жүргізгенде тау кен техникалық және геомеханикалық жағдайлар өзгереді, m және H/m мәндері өзгереді. Мұндай участоктарда тазарту жұмыстарының әрбір циклына, тиісті пландарға өзгерістер енгізіліп және қауіпті опырылу зоналарының болжамы қайта жүргізіледі. Мұндай жолмен анықталған жер бетіндегі зоналар қоршалып, анықталған аса қауіпті зоналар бойынша қорғау шаралары жүргізіледі: экономикалық тиімділікке қарай қауіпті қуыстық көлемін немесе жер бетіндегі инженерлік құрылымдарды басқа жерге көшіреді, немесе құуыстықтарды жабынды тау жыныстарының өзіндік опырылу жүйесін басқару арқылы өтеуге болады. Демек, мұндай зоналарды алдын ала білу, Жезқазған кенорнында мүмкін болатын зілзалаларды шектеуге және қорғау шараларын қолдануға жүргізуге болады.

Мұндай әдісті кенорынның тау жыныстар массивында мониторинг жүргізуге болмайтын аумақтарында қолданған өте тиімді болып келеді. Қазіргі кезде кенорында мұндай аймақтардың үлесі 30 % құрайды. Ал, мониторинг жүргізілетін аймақтарда, мұндай әдіспен анықталған аса қауіпті учаскелер ерекше бақыланады, бұл мониторинг құралдарын қолдану арқылы уақытты анықтау үшін қажет, және өзіне деформациялау мониторингін, сейсмикалық мониторинг және жеке участоктерді мониторингтауды қосады.

Мұндай әдісті енгізу орнатылған өлшемдер бойынша тау жыныстары массивын диагностикалауға, жер бетіне шығатын, мүмкін болатын зілзалаларды болжауға көмектеседі. Бұл әдісті енгізу қиын геотехникалық жағдайда тау кен жұмыстарын қауіпсіз және тиімді жүргізуге, уақтылы қорғау шараларын қабылдауға қажет.

Мұндай өнертабысты қолдану нәтижесінде $H/m < 10$ Кеуелей қазудың еселігі бойынша, Жезқазған кенорнында опырылуға қауіпті аномальдық зоналар анықталды. Қауіпті зоналар болжау картасы түрінде көрсетілген, бұл бойынша Кеуелей қазылған тау кен массивын алдын ала диагностикалауға болады.

Кеуелей қазылған кеңістіктің соңғы жағдайын диагностикалау кеніштен кенді алу мүмкіндігін негіздеуге, жиналған қауіпті қуыстықтарды жоюдың тәртібі мен әдістерін қолдануға, жер бетінде орналасқан құрылымдарды көшіруге мүмкіндік береді.

Опырылған зоналар бойынша қауіпті аумақтарды білу тау кен жұмыстарын жоспарлау барысында мүмкін болатын опырылу аймақтарын орындарды белгілеуге және ұзақ мерзімді алдын ала шараларын қабылдауға рұқсат етеді. Кеуелей қазудың ең соңғы жағдайында қуыстықтар пайда болса,

онда уақыт өте келе мұндай қуыстықтардың көлемі есейеді (бұл фактті 1949 ж. Бриджен анықтаған және қолда бар қуыстықтар мен жарықшақтардың есебінен туындауды кеңейме деп атады). Сондықтан, жер бетінің опырылуы ондаған жылдардан кейін болуы мүмкін, мысалға, Қазақстандағы ядролық қарулардың сынақ полгиндарының жер бетінде опырылу ойықтарының пайда болуын айтуға болады, және кенорынды толық игеріп болғаннан кейінде деформациялық үдерістерді бақылау қажет.

Қазіргі жағдайда, жер бетінде опырылу ойықтардың пайда болуының шарттары: Кеуелей игерілген кеңістікті тіреп тұрған кентіректердің бірінші кезекті опырылуы және деформациялану үдерісінің әрі қарай дамуы мен жер бетіне опырылудың шығуы.

Жер бетінің жылжуын практикалық аспаптық және визуалдық бақылау, шахтада жылжу мұльдасының параметрлерінің өсуін мен жер асты тазарту жұмыстарынан пайда болатын қуыстықтар арасындағы тікелей байланыс бар екенін көрсетеді. Сондықтан, бұл байланыстың бар екенін Кеуелей қазылған тау жыныстарының массивын диагностикалауда ескерген жөн.

Жер бетінде шөгу мұльдасының пайда болуы, массивтың элементарлық көлемінің игерілген кеңістікке қарай жылжуын және жер бетіне шығуын көрсетеді. Қазіргі кезде, Жезқазған кенорнында мұльда пішіні бойынша, жер бетін Кеуелей қазудың жадпы ауданы қазір 8 км^2 тең болса, нүктелердің шөгуі 5 мм тең. Сондықтан, қауіпті тау кен жұмыстары зоналарында жүздеген түрлі қорғалатын объектілер орналасқан болып шықты. Бірақ, жер бетінің деформациялануын болдырмау жеткілікті түрде тиімді болған жоқ.

Жер бетінің жылжуын ұзақ уақыт бойы (>50 жыл) бақылаудың нәтижелерін жинақтау мен талдау келесіні көрсетті: деформациялану үдерісі біркелкі емес, яғни, пайдалы қазба кенорындары жағдайында, қатты тау жыныстарына қарамастан, мысалға, көмір қабатарында, Кеуелей қазу аумағында уақытты-кеңістіктік деформациялану аномалиясы бар [76,77].

4.4 Кенорындағы опырылу қаупі бар жерлерде зоналық аудандастырудың жетілдірілген тәсілі

Жоғарыда айтылған әдістің ең негізгі кемшілігі болып, алынған $H/m < 10$ өлшемі тек қана геометриялық параметрлермен анықталады: қазынды кеңістіктің тереңдігі H және қазбаның қалыңдығы m . Сонымен қатар, геодинамикалық құбылыстың параметрлері жабынды тау жыныстарының қысымынан P игеріліп жатқан аумаққа, яғни, қазылған кеңістіктің жоғарғы шекарасынан кенорынның жер бетіне дейін, оның салмағына пропорционал болып келетін, яғни, бұл көлемде тығыздықтың тарауына тәуелді.

$$P = k \int_0^H \rho(x, y, z) g dz, \quad (4.2)$$

мұнда k – пропорционалдық коэффициенті, g – бос құлаудың тездетуі, H – қазылған аумақтың тереңдігі.

Сондықтан әртүрлі бөлікте орналасқан тығыздықтың әртүрлілігіне байланысты жер бетінен бірдей тереңдікте орналасқан массив учаскелерінде, қысым әр түрлі болады, демек, геодинамикалық құбылыс барлық параметрлер бойынша айтарлықтай ерекшелінеді. Сонымен қатар, бұл аймақта орнатылған H/m өлшемі бірдей. Қорытындылай келгенде, жер бетінің әлсіз зоналарының шекараларын анықтау массивтың біркелкілік дәрежесіне байланысты. Массив біркелкілігінің өсуіне байланысты әдістің дәлдігі артады. Іс жүзіндегі шартта тығыздықтың біркелкі еместігі 30 % құрауы мүмкін.

Сондықтан анизотроптық тау кен массивына орнатылған $H/m < 10$ еселік өлшемі, маңызды көлемдегі пайдалы қазбаны алу ақталмаған шектеу қойылуы мүмкін.

Біз H/m өлшемін анизотропиясын массив тығыздығын ескеретін және деформациялық үдерістерді болжаудың сенімділік дәрежесі мен бақылаудың дәлдігін арттыратын әдісті жетілдіруді ұсындық. Массаны дискреттік үйлестіру кезінде (тығыздық кейбір биіктік интервалында қалады) қазылған аймақтың үстіңгі шекарасынан жер бетіне дейінгі жабынды тау жыныстар жағынан игерілген аумаққа P қысым үшін (4.2) формуланы келесі түрде жазуға болады:

$$p = k \sum_{i=1}^n h_i \rho_i g, \quad (4.3)$$

мұнда $h_i - \rho_i$ игерілген аймақтың ұзындық интервалы, n – интервалдар саны. Бірақ, игерілген аймақтың биіктігі H , биіктіктер интервалдарының қосындысына тең:

$$H = \sum_{i=1}^n h_i \quad (4.4)$$

Орташа тығыздық ρ_{cp} , H биіктігі бойынша келесідей анықталады:

$$\rho_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_i h_i}{H} \quad (4.5)$$

(4.5) және (4.3) ескергенде:

$$P = k \rho_{cp} H g \quad (4.6)$$

Жабынды тау жыныстар жағынан игерілген аймақтың шекарасына қысым бірдей болған кезде, бұл аумақтағы геодинамикалық құбылыстың даму бірдейлігін болжайды.

Арнайы аумақтарда жабынды тау жыныстарының биіктігі және тығыздығы келесідей байланысқан:

$$H_{кр} \rho_{cp.кр} = H_1 \rho_{cp.1} = H_2 \rho_{cp.2} \dots = H_i \rho_{cp.i}, \quad (4.7)$$

мұнда $H_{кр} \rho_{cp.кр}$ – опырылу кезеңінде тұрған аумақтың параметрлері (шектімежедегі ахуал) $H/m < 10$ өлшеміне сәйкес.

(4.7) келесіні аламыз :

$$H_{кр} = H_1 \frac{\rho_{ср.1}}{\rho_{ср.кр}} = H_1 \frac{\rho_{ср.2}}{\rho_{ср.кр}} = \dots = H_i \frac{\rho_{ср.i}}{\rho_{ср.кр}} \quad (4.8)$$

$H_{прі} = H_i \frac{\rho_{ср.i}}{\rho_{ср.кр}}$ өлшемі, игерілген кеңістік шекарасынан жер бетіне дейінгі жабынды тау жыныстарының тереңдетілген тығыздығы болып табылады (шектімежедегі ахуалы $H_{кр}$ сәйкес) және геометриялық параметрлермен массивтегі тығыздықтың тарауын сипаттайды.

Жезқазған кенорнында опырылу оқиғаларының өткенді шолу талдамасы негізінде алынған $H/m < 10$ өлшемінде, H ты $H_{пр}$ өзгертсек, онда, бұл зоналық аудандастырудың дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді, әсіресе шектелген аумақта.

Мысалы, болған опырылу оқиғаларының себептері мен салдарын қарастыра келе, келесі шөгу көлемінің рұқсат етілген $\eta_{шек}$ корреляциялық тәуелділігін игерудің еселігінен $H_{кел}/m$ анықталды

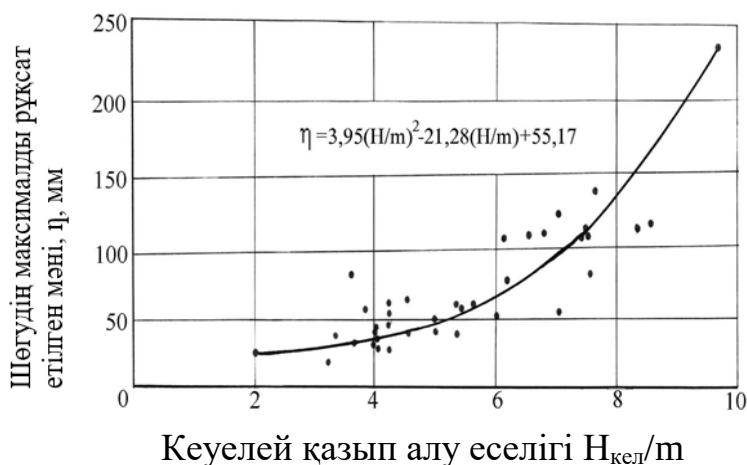
$$\eta = 3.95 (H_{кел}/m)^2 - 21.28 (H_{кел}/m) + 55.17, \text{ мм} \quad (4.9)$$

мұнда η - шөгудің рұқсат етілген мәні, мм;

$H_{пр}/m$ – кеуелей қазудың еселігі.

Әрі қарай ыңғайлы болу үшін формулалар мен графиктерде H ты $H_{пр}$ ретінде қолданамыз.

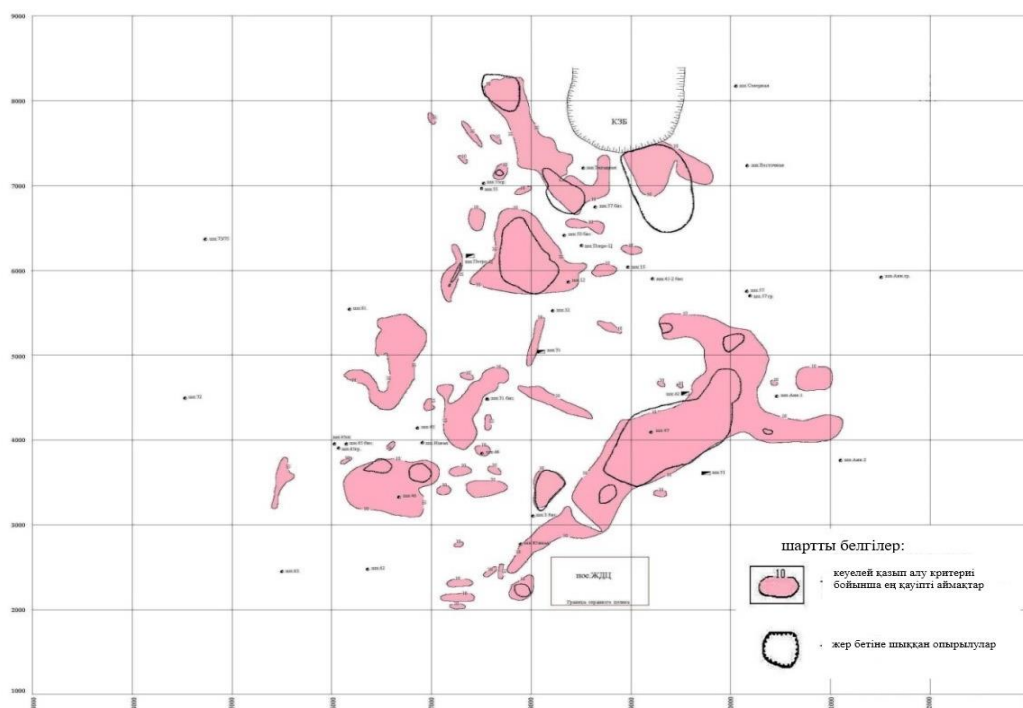
Жер бетінің жылжуы мен игерілген аумақтың параметрлерін сипаттайтын корреляциялық тәуелділік 50 суретте көрсетілген. Бұл тәуелділік, жер бетінің деформациялануын аспаптық бақылау (жылжудың профильдік сызықтары) орындалмаған және рұқсат етілген көрсетілімдерді жуықтап бағалайтын аумақтарда қолданылды.



Сурет 50 - Кеуелей қазып алу еселігінен жер бетінің шөгуіне дейінгі тәуелділік графигі

$H/m < 10$ өлшемі, шарттық жорамалда, игерілген аумақтағы кентіректер көтеруші қабілеттерін жоғалтқанда, кеуелей қазылған кен массивінің ең соңғы күйінің жағдайын білуге мүмкіндік береді.

Тіреп тұрған кентіректерді жасанды алу, кеуелей қазып алынған кеңістіктің ең соңғы күйін физикалық модельдеуге мүмкіндік береді, ал бұл, тау кен өндірісінің келешектік тапсырмаларын шешуге; Сондай-ақ, кенорынды игерудің салдары жер бетіне қалай әсер еткенін бағалауға, оны қорғау және алдын ала іс шаралар қолдану мақсатында қалған қорды кеуелей қазу мүмкіндіктерін анықтауға, соның ішінде тіреп тұрған кентіректерде тау кен жұмыстарын жүргізудің технологиясын таңдау мен оны жоспарлауға мүмкіндік береді. Қазып алу қалыңдығы m және кен шоғырын игерудің келтірілген тереңдігі H , рұқсат етілген шөгу жылдамдығы η (51), бұл жер бетінде пайда болатын ойықтың орны мен шартын анықтайтын факторларды ескеруге рұқсат етеді. Мұның дұрыстылығы барлық іске асқан опырулар анықталған өлшем бойынша көрсетілген зоналарда анықталған дерекпен расталады [76, с. 32; 78]. (сурет 51).



Сурет 51 - Анненск кенорнының әлсіз зоналарын анықтаудағы жоспарының сұлбасы

Алынған корреляциялық тәуелділік игерудің қалыңдығы мен тереңдігіне байланысты рұқсат етілген болжамды деформацияларды есепке алуға, сонымен қатар, кері тапсырмаларды шешуге, яғни, кеуелей қазылған объектілерде жер бетінің рұқсат етілген деформациясы шектен шықпайтынын таңдау қажет. Бұл

салынған объектілер астында пайдалы қазбаларды игерудің коэффициентін едәуір арттыруға мүмкіндік береді.

Егер $H/m > 10$ болса, зілзалалар анық болмайды, бірақ, жер бетінде опырулар немесе террассалар, бірқалыпты майысу, кескіш жарықтар, төгулермен жер беті құрылымдарын қорғаудың конструктивтік шамасын қолдануы мүмкін, олар болар болмас жылжулар түрлерінде жер бетінде үлкен опырулар болуы мүмкін.

Біз ұсынып отырған әдісте, игеріліп жатқан аумақтың кеңістік шекарасынан жер бетіне дейінгі жабынды тау жыныс биіктігі (H), қалыңдық (m) жоғарыдан кенорнының бетіне дейін созылған массив бағанының ауырлық ортасының вертикаль компоненті (Z_c), координаттарына ауысады.

Массаны дискреттік бөлу кезінде (кейбір интервалда тығыздық тұрақты болып қалады), бағана массасының тік координатасы Z_c тең:

$$Z_c = \frac{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (Z_i^2 - Z_{i-1}^2) \rho_{i,i-1}}{\sum_{i=1}^n (Z_i - Z_{i-1}) \rho_{i,i-1}}, \quad (4.10)$$

мұнда Z_i, Z_{i-1} - осы интервалдағы тұрақты тығыздықпен $\rho_{i,i-1}$, интервал шекарасының координаттары, n – интервалдар саны.

Мұнда айта кететін жайт, ауырлық ортасының орны массаның тереңдікте орналасуы бойынша анықталады, жай ғана тереңдікпен емес, сондықтан оның өзгеруі тау кен массивында болатын үдерістерге сезімтал болады.

Ауырлық орта массаның бағанадағы бөлінуі мен және оның тау кен жұмыстары кезінде массивтың тереңдігі бойынша тарауының өзгеруі мен сипатталынады. Ішкі және сыртқы факторлар әсерінен мұндай үдерістердің өзгеруі, жиналған энергияны істен тыс арттыру жағдайында бөлінуіне және кейбір аумақтарда диссипация үшін оның артылуына, яғни, жүйенің тұрақты болмауына әкеледі. Осындай физикалық алғышарттардан кейін, бағанадағы тау кен массивының ауырлық ортасы және орнының өзгеруі жалпы нормадан ауытқыған аймақтардың пайда болуының жергілікті индикаторы ретінде қызмет етуі мүмкін [18, p. 577-578; 54, с. 49-51; 56, 52-55].

Ұсынылып отырған әдіс келесідей орындалады: кенорынның планында координаттық тор (x, y) сызады. Z осі бойынша есептің басы ретінде кенорынның төменгі горизонты алынады (Z осі жоғары қарай тік бағытталады). Кенорынның аумағында орналасқан немесе жеке аумақтарда барлау ұңғымаларының координаталарының мәліметтерін геологиялық қолдану арқылы жер бетінің әрбір нүктесінде бағананың ауырлық ортасының тік құрамдастарын анықтайды. Алдымен мүмкін болса, қозғалмаған массивтегі бағананың ауырлық ортасы Z_{co} анықталады немесе массивтың қозғалмағандығына есептік жолмен жетеді, яғни, алынған кеннің массасына және тау кен қазбасының геомериялық пішіндеріне қарап алады.

Келесі кезеңде қазіргі жағдайдағы бағанның ауырлық массасының Z_c орны анықталады. Сосын, пландағы әрбір нүктенің $\Delta Z = Z_{c0} - Z_c$ айырымы анықталады және нәтижесі планға енгізіледі. Планда интерполяциялау әдісі бойынша, бірдей мәндерді Z қосу арқылы кенорынның жер бетін анық зоналарға бөлетін изосызық құрады. Ең қауіпті зоналар болып орналасу тереңдігіне және қазбаның едәуір көлеміне сәйкес максималдық мәні бар ΔZ алынады. Зонаның қауіптілік деңгейі көршілес зоналардағы айырмасының өлшемдері ΔZ_c мен еніне тәуелді (ΔZ_c градиентінен).

Кенорынның жер бетінің жағдайын бақылаудың маңыздылығын ескере отырып, бағанның ауырлық ортасының тік құрамдас бөлігінің бастапқы координаттарын осы бетке шығарамыз. Бұл үшін, төменгі жағы бастапқы жағдайдағы тау кен массивын жайғастырған бағанды қарастырайық, ал екіншісі - виртуалды, бірінші жартының айнадай қатесіз, бейнесіз көрсетеді. Тау кен массивінде болатын барлық құрылымдық өзгерістер виртуалды жартыда пайда болады және Z_c орнын анықтайды.

Орынның өзгеруі ауырлық ортаның біршама жылжуымен сипатталады және ε тең:

$$\varepsilon = \frac{Z_{c0} - Z_c}{Z_{c0}} = 1 - \frac{Z_c}{Z_{c0}}, \quad (4.11)$$

мұнда Z_{c0} және Z_c – ауырлық ортаның тік құрамдастарының координаттар, қазіргі және бастапқы кезге сәйкес.

Планда, интерполяциялау әдісі арқылы бірдей мәнді ε нүктелерді қосу арқылы кенорынның жер бетін нақты зоналарға (ΔZ ұқсас) бөлетін изосызықтар құрылады.

Ең қауіпті зоналар болып, орналасу тереңдігі мен қазбаның едәуір көлеміне тиісті ε көтеріңкі мәні саналады. Қауіптілік зонаның деңгейі көршілес зонадағы айырым ε мен оның көлеміне тәуелді (ε градиентінен). Изосызықтар алып жатқан кенорынның жер бетін $R_{эфф}$ тиімділік радиусымен сипаттауға болады, көлемі зона көлеміне тең болатын $R_{эфф}$ - шеңбер радиусы болады. Сәйкесінше, ε градиентінің мәні көршілес зоналардағы айырымның ε тиімділік радиусына қатынасынан анықталады.

$$\gamma = \frac{\varepsilon_i - \varepsilon_{i-1}}{R} \quad (4.12)$$

Жезқазған кенорнына кіретін, Анненск кеніші үшін, бағанның ауырлық ортасының ε біркелкі тік жылжуы 7 кестеде көрсетілген.

Кесте 7 – Бағанның ауырлық ортасының ε біркелкі тік жылжуы

Аймақ бойынша	Қауіпсіз	Қауіпті	Қауіптілігі жоғары
$\varepsilon, \%$	$\varepsilon < 7$	$7 \leq \varepsilon \leq 12$	$\varepsilon > 12$
Пландағы зонаның түсі	жасыл	сары	қызыл

ε өлшемінің дәлдігін арттыру үшін анықталатын қауіпті зоналардың ауданы, тау кен жұмыстарын қауіпсіз орындаудың талаптарын мүлтіксіз орындаған кезде, $H/m < 10$ кеуелей қазудың еселігімен анықталатын тиісті зоналардың 10-15 % кіші ауданында қауіпті зоналар мен олардың шекарасының деңгейін сипаттайды. Бұл рұқсат етілген зоналардың ауданын ұлғайтуға байланысты пайдалы қазбаларды игеруді көбейтуге болады.

Эксперименталдық мәліметтер (сынамалаудың геологиялық материалдары, геодезиялық түсірістерді бақылаулардың нәтижелері) Жерді қашықтықтан зондылау және ғарыштық түсірістерді дешифрлеу мәліметтерін қолданып, тау кен массивының физика-механикалық қасиеттерін ескере отырып математикалық талдау жүргізу арқылы η өлшемінің рұқса етілген корреляциялық тәуелділігі анықталды, болған опырулардың себептері мен салдары талданды, шөгудің рұқсат етілген өлшемінің η дан ε дейінгі корреляциялық тәуелділігі алынды.

$$\eta = \alpha\varepsilon^2 + \beta\varepsilon + c, \quad (4.13)$$

мұнда α, β, c — тиісті кенорын үшін анықталатын эксперименталдық константалар.

Қорытындылай келгенде, өлшемдерді жедел анықтау шартында ұсынылған болжаудың әдісі геодинамикалық құбылыстарды болжаудың жоғарғы деңгейін қамтамасыз етуі мүмкін. Бұл туралы далалық жағдайдағы технологиялық ахуал мен бақылау мәліметтерінің айтарлықтай ұқсастығы куәландырады.

Іс жүзінде ұсынылып отырған әдісті қолдану геодинамикалық құбылыстарды болжаудың жоғарғы деңгейін және техногендік зілзалаларды болдырмауды көрсетті.

Кен кенорнының жер бетін опырылудың потенциалдық деңгейі бойынша зоналық аудандастыру үшін, жобаны орындаушылар еркін құлауды g жеделдету өлшемінде негізделген әдісті ұсынды, бұл үшін геодезиялық гравиметрияның (қазіргі уақытқа тиісті) және барлаудың (бастапқы) мәліметтері қолданылды.

Нақты жағдайда гравиметриялық түсіріс дискретті. Сондықтан, аралық нүктелерге еркін құлаудың өлшемін интерполяциялау және өлшеудің қателігін ескере отырып дәлдікті бағалау тапсырмалары туындайды.

Зоналық аудандастырудың анықталатын параметрлері ретінде бастапқы g_0 және қазіргі g мәні арасындағы еркін құлаудың жеделдету мәнінің айырымы Δg таңдалды.

$$\Delta g = g_0 - g \quad (4.14)$$

және салыстырмалы өлшемі:

$$\beta = \Delta g / g \quad (4.15)$$

Гравиметрияда, g нақты жағдайдағы массаның бөлінуі, ал Δg - массивтің ішінде болатын үдерістердің бір күйден екінші күйге өту кезіндегі нәтижесінің қайта бөлінуі. Δg өлшемінің айырымын қолдану еркін құлауды үдетуінің абсолюттік өлшемін анықтаудан арылуға рұқсат етеді, бұл өз кезегінде зоналық аудандастыру үдерісін жеңілдетеді.

Ұсынылып отырған әдіс келесідей орындалады: кенорынның планында координаттық торды (x, y) сызады. Координаттарды, g_0 және g өлшемдерін қолдана отырып кенорын бетінің барлық ауданында немесе жеке аумақтарында кез келген нүктеде еркін құлаудың үдетуінің β (4.15) біркелкі өзгеруін анықтайды. Планды инетрполяциялау әдісі бойынша бірдей β өлшемі бар нүктелерді қосып изосызықтарды сызады. Бұл изосызықтар арқылы жер бетін нақты зоналарға бөлетін зонаның қауіптілік деңгейінің Δg өлшемін анықтауға болады. Ең қауіпті зона болып Δg (β) максималдық мәні саналады.

β мәні бойынша зоналар шартты түрде қауіпсіз, қауіпті және өте қауіпті болып бөлінеді.

β шекаралық өлшемдері әрбір зона үшін - әрбір кенорын үшін болып жатқан геодинамикалық құбылыстардың себеп-салдарлық талдамасының өткенді шолу негізінде, тау жыныстары массивінің құрылымдық ерекшеліктерін (геологиялық құрылымы, тектоникалық бұзылымы, жарықшақтылық, қолданылып отырған қазу жүйесі) тау кен массивінің кернеулі деформацияланған күйі мен физика-механикалық қасиеттерін ескере отырып орнатылатын өлшемдермен анықталады. Кенорынның жер бетін зоналық аудандастыру күрделі учаскелердегі геомеханикалық бақылауды шоғырландыруға, оның интенсивтілігінің артуы арқылы бақылаудың сапасын жақсартуға және өлшеу дәлдігін жоғарылатуға мүмкіндік береді [76, с. 33-44; 77, с. 256; 78, с. 15; 79].

4.5 Геомеханикалық мониторингтеудегі ұшқызсыз ұшатын аспапты қолданудың тиімділігі

2016 ж. жаз мезгілінде Анненск кенорында жер бетінің жағдайын бақылау үшін, ұшқызсыз ұшатын аспаптың (ҰҰА 101) көмегімен далалық және эксперименталдық жұмыстар жүргізілді (сурет 52), аспаптың техникалық сипаттамасы 8 кестеде көрсетілген.



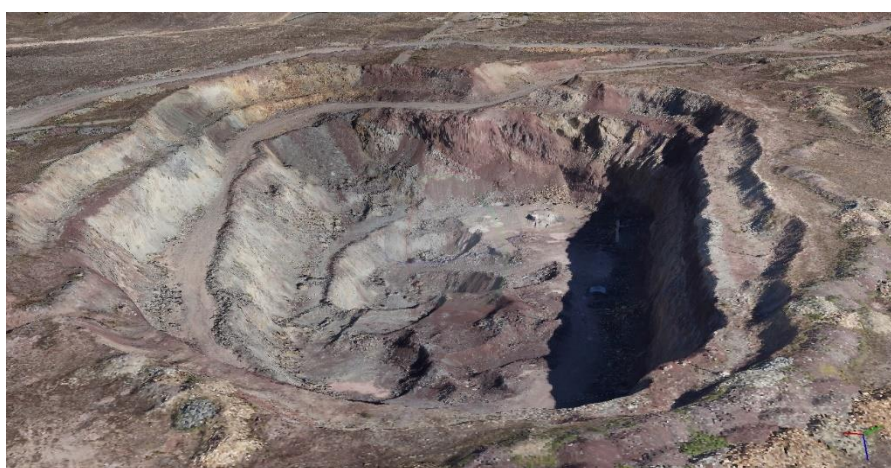
Сурет 52 - ҰҰА 101

Кесте 8 - ҰҰА 101 техникалық сипаттамасы

Техникалық сипаттамасы Планер түрі	«Ұшатын қанаты»
Ұшу салмағы	2 кг
Қанаттың серпуі	130 см
Қозғалтқыш	Электрлік коллекторсыз
Ұшу ұзақтығы	45 мин дейін
Маршруттың максималды ұзақтығы	30 км
Ауа жылдамдығы	20 м/с
Ұшудың максималды биіктігі	1000 м
Ұшудың минималды қауіпсіз биіктігі	120 м
Әуелеп ұшып шығу	катапульттан
Қонуы	парашютпен
Пайдалы салмақ	Sony Nex 5D фотоаппараты
Желдің рұқсат етілген жылдамдығы	10 м/с
Температураның жұмыс диапазоны	от -20 °C до 40 °C

ГеоСкан 101 аэрофототүсірістік кешені нысандарының және түсіріс аумағының геобайланысқанын суреттерін алу үшін, әрі қарай бұл фототүсіріс материалдарын өңдеумен, 1:500; 1:2000 масштабтарда картаның ортофотопланын құруға, 3D форматында жергілікті жердің моделін құруға, жергілікті жердің биіктік картасын құруға, карьердегі тау жыныстарының көлемін және нысан үйінділерін анықтауға қажет [80].

АФТ алғашқы мәліметтерін өңдеу үшін (Agisoft PhotoScan) бағдарламалық өнімдері қолданылды. Үйінді кешенінің түсірістік жұмыстарының тапсырмасы болып - карьер бетінің ірі масштабтағы көлемді сандық моделін құру мүмкіндігі және басқа да тау кен геологиялық жүйелерде әрі қарай қолдану үшін оның дәлдігін бағалау болып табылды.



Сурет 53 - Аненнск кенорны аумағының түсіріс картасы (ортофотоплан)

Ортофотопланды құру жұмыстарын жүргізу үдерісінде, 1:500 масштабта орталарының координаталары АФТ жүргізер алдында аспап бойынша

анықталған жербеті маркерлері қолданылды (53 сурет). Ортофотопланды байланыстырудың қателігі 20 см көлемге ие болды. 4 км² аумаққа 6 профильдік сызық қолданылды және олар бойынша біркелікті маркерлер бөлінді.



Сурет 54 - Анненск кенорнының ортофотопланын құру кезіндегі түсірісті жүргізу үдерісі

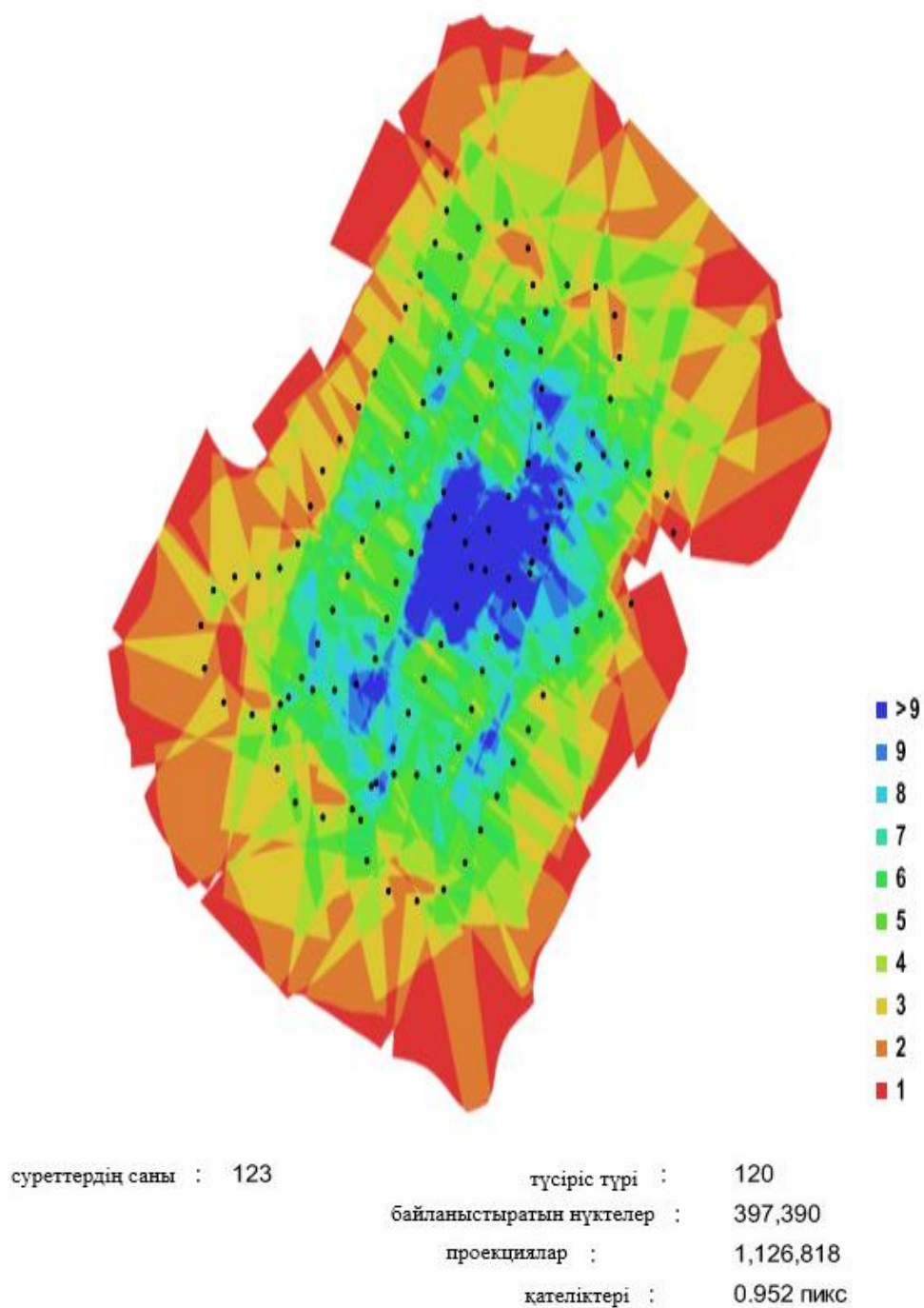
2017 ж. екінші тоқсанында Анненск кенорны аумағында жер бетінің жағдайын бақылау бойынша алдында жүргізілген далалық эксперименталдық түсірістер негізінде 2-ші рет ұшқызсыз ұшатын аспаптың (ҰҰА 101) көмегімен қауіпті зоналардағы сандық моделі саналды.

Ұшқызсыз ұшатын аспаптың (ҰҰА 101) көмегімен жүргізілген түсіріс жұмыстары, кенорынның бірнеше рет техногендік әсерге ұшыраған және сол үшін жербеті түсірістері жүргізілмейтін аймақтарда жоғарғы дәлдікті рұқсаттылығы бар аэрофототүсірістік (АФТ) материалдары бойынша нысанның жалпы планын құру және бақылау үшін қолданылды [81,82].

ҰҰА-мен мониторинг жүргізу барысында, көбіне зерттелу аймақтары ретінде адам баруға қауіпті немесе адам бара алмайтын территориялар алынды. ҰҰА бірден-бір артықшылығы әрбір белгіленген геодезиялық тірек нүктелерінің үстіндегі қойылған нүктелерді арнайы белгілер ретінде көріп сол нүктелердің дәлдігін есептетіп алынса және өндеу барысында жоғары дәлдікке қол жеткізуге болатындығында.

Камераның позициясы мен суреттердің жабылуы 55 суретте көрсетілген.

55 суретте кенорынның тиісті тереңдігіне байланысты жер бетінің түстермен бөлінуі көрсетілген.

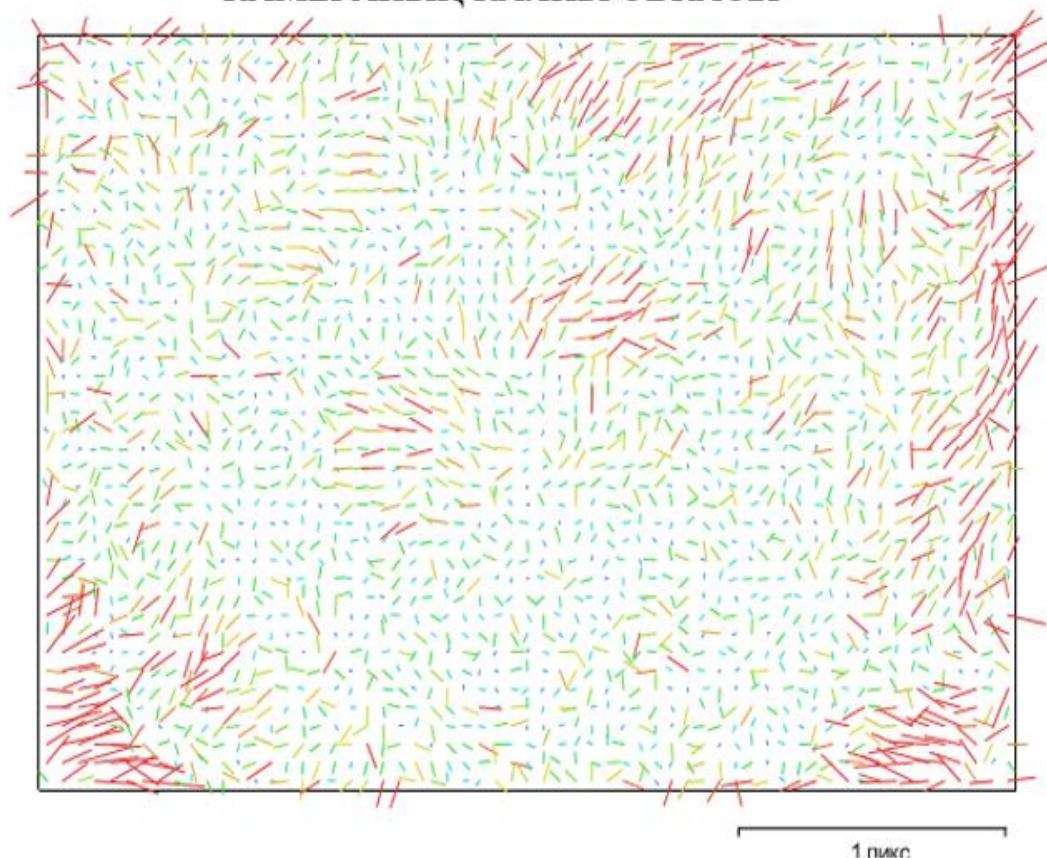


1 камера бойынша құрылған таблица

Сурет 55 - Камера позициясы мен суреттің жабындысы

NEX-5N фотокамерасының нүктелік байланыстыру үйлеспеушілігі және суреттердің түзетуі 56 суретте көрсетілген.

КАМЕРАНЫҢ КАЛИБРОВКАСЫ



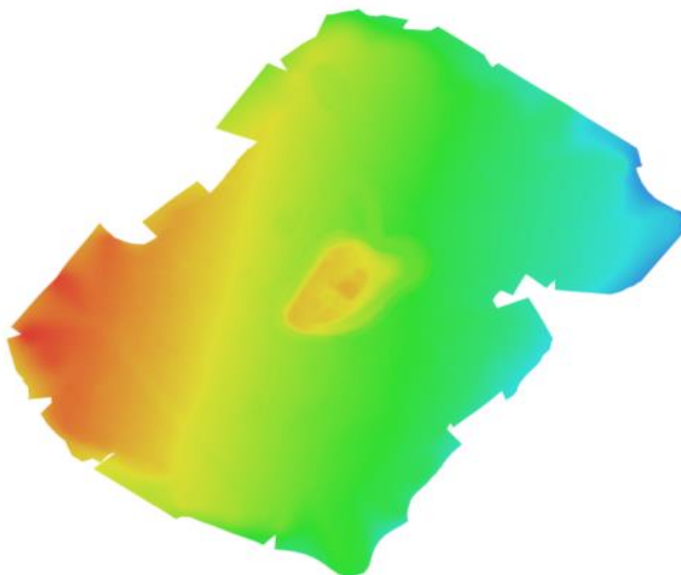
Cx:	-15.1638	B1:	-1.66226
Cy:	19.6831	B2:	-0.220088
K1:	-0.159731	P1:	-0.000785254
K2:	0.145012	P2:	0.000360904
K3:	0	P3:	0
K4:	0	P4:	0

Сурет 56 - NEX-5N фотокамерасы үшін байланыстырушы нүктелер бойынша үйлеспеушілігі

Аненнск кенорны жағдайына бейімделген, Agisoft бағдарламасын қолдану арқылы алынған мәліметтер негізінде 57 суретте көрсетілген кенорынның жер бетінің биіктіктік карта моделі алынды.

Agisoft бағдарламасымен зерттеу нысаны бойынша алынған үшөлшемді модель және биіктіктер бойынша алынған картасы арқылы көптеген шөккен немесе опырылған жерлерге алдын-алғы болжам жасауға болады. Ол үшін бастапқы алынған үшөлшемді модельге, келесі отырлған модельді салыстырмалы үстіне отырғызу арқылы, біраз мәліметтерді кескіндеп аламыз.

Жер бетінің биіктіктік карта моделі



Сурет 57 - Кенорнындағы жер бетінің биіктік карта моделі

Анненск кеноры аумағында ұшқышсыз ұшатын аспаптың (ҰҰА 101) көмегімен, жер бетінің жағдайын алдында жүргізілген далалық эксперименталдық бақылаулар негізінде тау кен массивының кернеулі-деформацияланған күйінің көрсеткіштерінің өзара әрекеттесуі негізінде, қауіпті зоналардың сандық моделі алынды. Деформацияның геометриялық параметрлерін алу үшін, модельдің есептелуі Agisoft бағдарламалық жүйесін қолдану арқылы жүргізілді.

Мұндай модель тау кен массивінде деформациялық үдерістердің өтуін болжауға және әлсіз зоналарда игеру жұмыстарын жүргізуді, оның қауіпсіздігі мен тиімділігін қамтамасыз етіп жоспарлауға мүмкіндік береді [83-85].

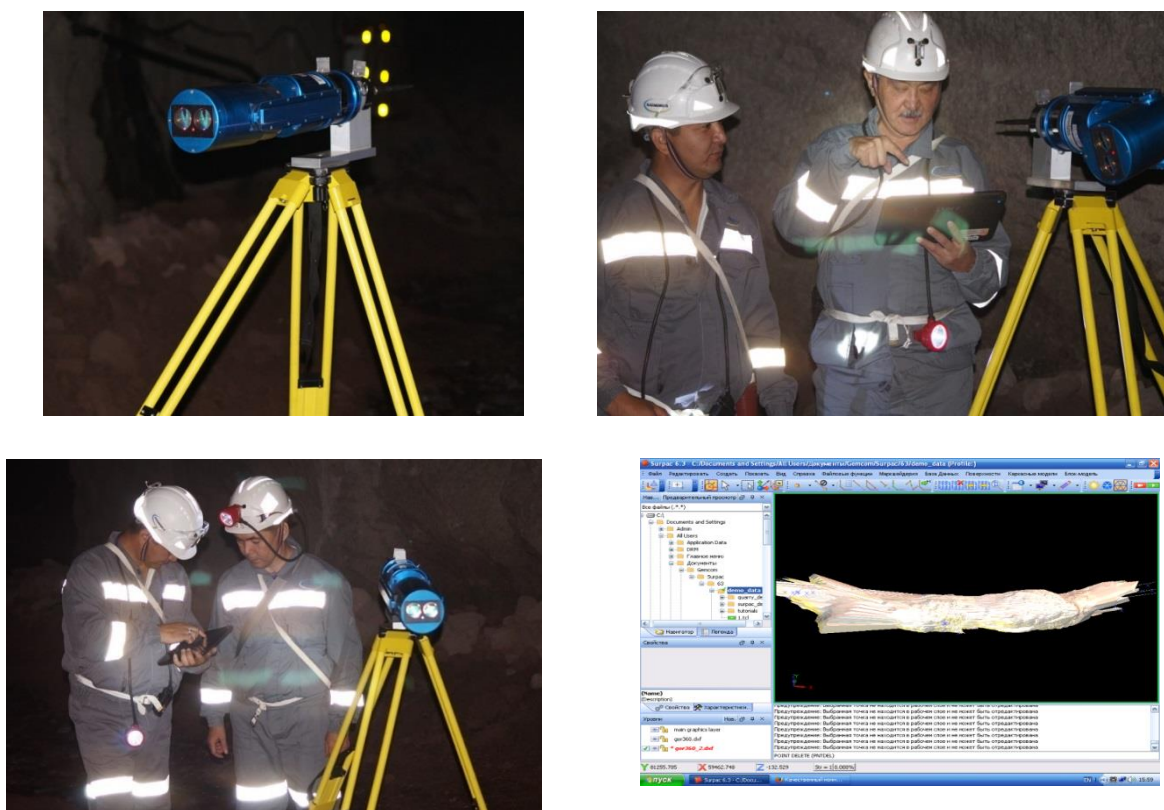
4.6 Деформациялық үрдістерді бақылауда жерасты сканерлік аспап көмегімен маркшейдерлік-геодезиялық түсірістерді жүргізу ерекшелігі

Жер беті өлшемдерімен салыстырмалы қадағалау үшін тік жазықтықта профильдік сызықтардың астында орналасқан тау кен қазбаларының аумағында жерасты лазерлік сканерлеу жүргізілді. Бұл геодинамикалық іс шараларды бақылаудың дәлдігі мен сенімділігін жоғарылатуға, уақытылы, қажетті іс шараны қамтамасыз ету үшін дамудың алғашқы кезеңінде анықтауға мүмкіндік берді.

Жезқазған кенорнын жер асты тәсілімен игеру камера-бағандық қазу жүйесімен, массивтік және камерааралық кентіректерді қалдыру арқылы жүргізіледі. Ұзақ уақыттық табиғи және техногендік факторлардың әсер етуінен жүйенің салмақ түсіретін элементтері өзінің көтеруші қабілетін жоғалтады.

Камерада орналасқан сақтандырғыш кентіректер, негізінде құрамында жоғары сапалы металы бар пайдалы қазбалардан тұрады.

Кентіректер опырылған кезде тау кен қазбасының жаппасы біраз аумақта ашылуы мүмкін. Мұнда көтеруші қабілеті кенет азайып, камераның да жаппай шөгуіне әкелуі мүмкін. Жер бетінде салымдар, жарықтар, жер үстіндегі құрылыстар мен коммуникациялар үшін қауіпті тік және көлденең деформациялар пайда болуы мүмкін. Мұндай үдерістерді болжау үшін қауіпті және шығуы қиын тау кен қазбаларының пішіні мен көлемін анықтауға мүмкіндік беретін жерасты лазерлік сканері қолданылды. Сканерлеу автоматтық режимде, тоқсанына бір цикл, сандық түрде жүргізілді. Жылдық нәтижелер бойынша тау кен қазбасының параметрлерінің қаншалықты өзгергендігі анықталды және кенорынның жер бетінің жылжуының маркшейдерлік-геодезиялық өлшемінің нәтижелері салыстырылды [54, с. 52; 67, с. 64; 86, 87, 107].

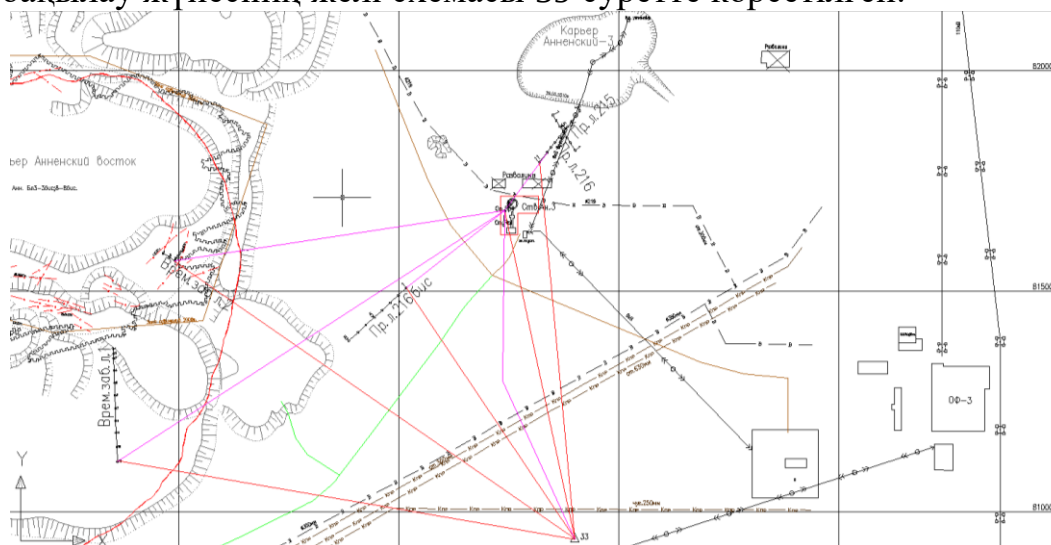


Сурет 58 – Жерасты сканері, сканерлеу үдерісі мен Surpac 3D бағдарламасында жерасты қазбасының нәтижесі

4.7 Мониторинг жүргізудегі глобалды навигациялық жерсеріктік жүйелер негізінде маркшейдерлік-геодезиялық бақылауларды жүргізудің артықшылығы

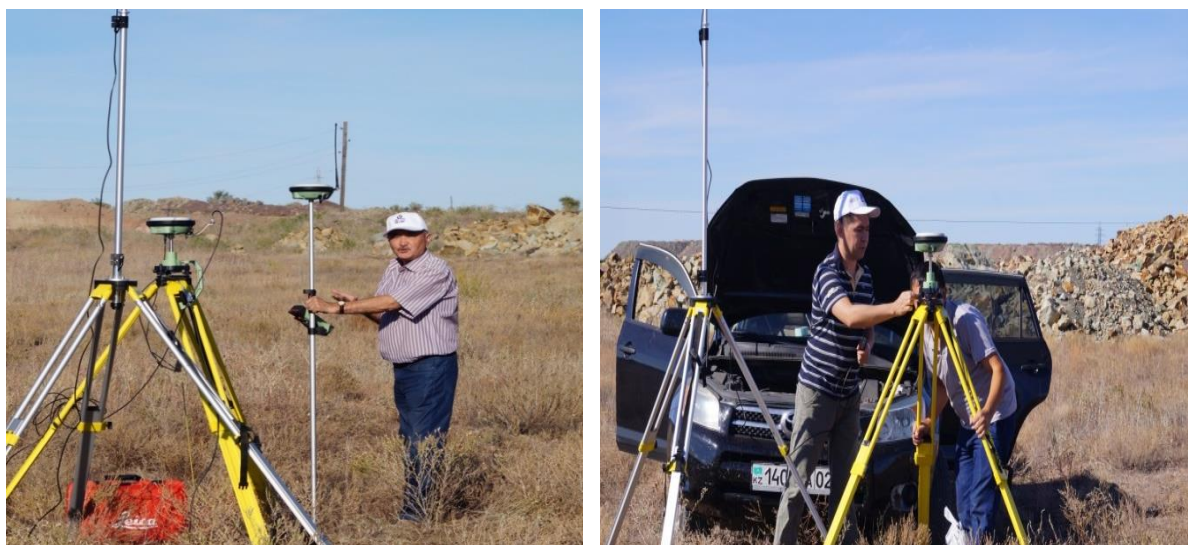
Кенорынның тау жыныстары массивының және жер бетінің деформациялануын бақылау тапсырмасын шешу үшін ғаламдық навигациялық серіктік GPS жүйесі қолданылды.

Аненнск кешенінің № 3 шахта аумағында GNSS бақылаулар жүргізілді. GNSS бақылау жүйесінің желі схемасы 59 суретте көрсетілген.



Сурет 59 - GNSS – бақылау желісінің сұлбасы

Базалық станция негізінде, жер бетінің нольдік жылжу зонасында орналасқан 33 триангуляция пункті қолданылды.



Сурет 60 - Сай базалық станциясындағы бақылаулар

Бақылау пункттері ретінде 215, 216, 216 бис профильдік сызықтары және үйінді аумағында уақытша орналасқан № 1 сызықтары тандалып алынды.

Бақылаулар GS14, GS08 plus қабылдағыштарымен статика режимінде, дифференциалдық әдіспен орындалды. Әрбір пункттегі уақыт аралығы 50-60 мин. құрады.

Тірек торлары ретінде жиілендіру жұмыстары әрбір триангуляциялық пункттерде статика режимінде орындалғандықтан, біз өзімізге керекті дәлдікті қанағаттандыратындай уақыт аралығын есептей алдық. Орталық тірек жүйесі

құрылғаннан кейін ғана, әрбір триангуляциялық торларды өз берілген координаттарынан қаншалықты ауытқығанын бақыланды.



Сурет 61 – Профильдік сызықтар бойынша өлшеу үдерісі

Жерсеріктік өлшеулердің нәтижесі бойынша желі пункттерінде екінші кезеңдік бақылаудан кейін желінің сыртқы пункттері аумағына қатысты жер бетінің жылжуы туралы мәліметтерді алуға мүмкіндік беретін тік жылжулардың мәндері алынады.

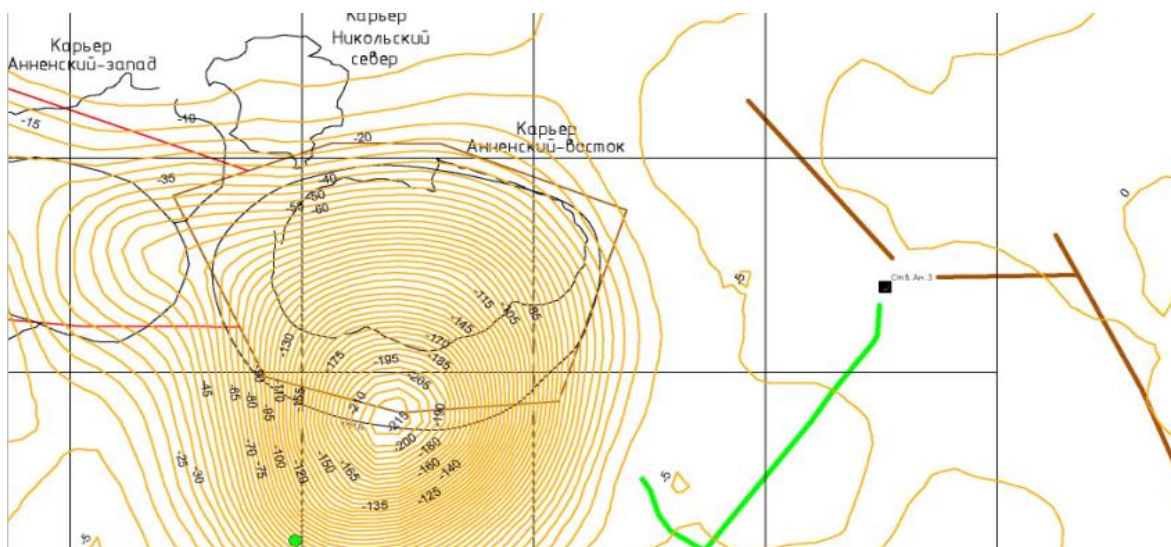
Сонымен, заманауи геодезиялық әдістер, кез келген уақыт аралығында кенорынның геодинамикалық жағдайы туралы нақты дәл мәліметтер мен модельді алуға және ары қарай жетілдіруге мүмкіндік береді.

Кенорын аумағында ҒНЖСЖ нүктелік бақылаулары және жоғарғы дәлдікті геодезиялық нивелирлеумен қатар, жер бетінің жылжуын жоғарғы дәлдікпен уақтылы алуға мүмкіндік беретін бақылау режимінде ғарыштық радиолокациялық интерферометрия (ҒРИ) түсірісі жүргізілді. Жер бетінің жылжуын бақылайтын осы үш тәуелсіз әдістердің (қайта нивелирлеу, ҒНЖСЖ бақылауы және ғарыштық дифференциалдық радиолокациялық интерферометрия) нәтижелерін салыстырмалы талдауы анық жылжуларды нақтылау мен өзара бақылауды жүргізуге рұқсат береді [88-92].

4.8 Кенорындағы жүргізілген жер беті және аэроғарыштық бақылаулардың нәтижелерінің негізінде корреляциялық тәуелділік алу

Анненск кешенінің аумағы әлсіз профильдік сызықтармен сипатталған. Нақты жағдайда, жер бетінің жылжуын бақылаудың жоғарғы дәлдікті аудандық әдісі ретінде *ғарыштық радиолокациялық дифференциалдық интерферометрия*ла технологиясы қолданды.

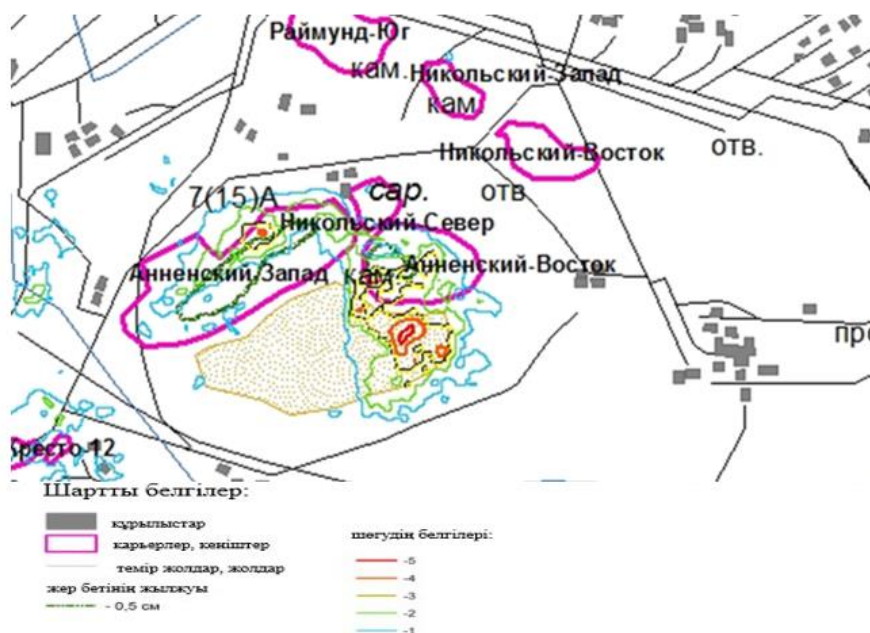
Жер бетінде және кенорында орналасқан құрылымдардың жылжуы мен деформациясын бақылау үшін, жер бетінің жылжуы мен деформациясы туралы ақпаратты қашықтықтан уақтылы алуды қамтамасыз ету үшін, 2014 жылдан бастап Жезқазған кенорнында жер бетінің тік жылжуын ғарыштық радарлық интерферометрия бақылау әдісі арқылы жүргізу жұмысын бастады. Ең бірінші жер бетінің жылжу моделін «Совзонд» Radarsat -2 спутнигінің ғарыштық суреттерін өңдеу арқылы алды (62 сурет).



Сурет 62 – Radarsat -2 мәліметтері бойынша Анненск аумағының жер беті шөгудінің изосызығы

Жер асты тәсілімен игерілетін Анненск кешені аумағының жер бетінің өзгеруін радиолокациялық интерферометрия әдісі арқылы анықтау үшін TerraSAR-X ғарыштық аппаратының 2015 ж. қыркүйектің 17, 2015 ж. қыркүйектің 28 және 2015 ж. қазанның 9 мәліметтері қолданылды [72, с. 69; 74, б. 25-26; 75, б. 213-214].

TerraSAR-X радиолокациялық интерферометриялау жұбының мәліметтері бойынша интерферограмма құрылып, жер бетінің жылжуы есептелді (сурет 63). Сонымен қатар, қосымша ЖШҚ ГеоАльянс ғарыштық суреттері де қолданылды. Барлық мәліметтерді жобаны орындаушылар өңдеді.



Сурет 63 –TerraSAR-X мәліметтері бойынша жер бетінің жылжуы

Жер беті жылжуының тәуелсіз бақылау әдістерінің нәтижелерін (қайта нивелирлеу, ғарыштық дифференциалдық радиолокациялық интерферометрия) салыстырмалы талдауы, бақылау нәтижелерінің келісушілігінің жаман емес екендігін көрсетеді.

Үйінді аумағында (№ 1 уақытша орнатылған профильдік сызық) 2014-2015 жж. орташа шөгуі 111,9 мм құрады. 2015 ж. осы аймақта жүргізілген радарлық түсіру мәліметтері бойынша жер бетінің жылжуын орташа жылдықта 83 мм тең болды. Абсолюттік көрсетілімдердің айырмашылығы екі әдістің қателігімен, сондай-ақ және суреттерге қарағанда нивелирлік профильдердің жоспарлық байланысының нақты еместігіне қатысты себептермен түсіндірілуі мүмкін.

Басқа да профильдік сызықтар аумағында нивелирлеу мен радарлық түсірілімнің мәліметтері жақсы келіседі. Мұны жер беті деформациялану көрсетілімінің аз мөлшерімен түсіндіруге болады: нивелирлеу мәліметі бойынша - 2 мм; радарлық түсіріс - 5 мм.

Маркшейдерлік-геодезиялық бақылаулар мен SAR интерферометрияның 2014, 2015, 2016, 2017 жж. нәтижелерінің салыстырмалы талдауы Анненск кенішінде шөгу мұлдасының бірқатар даму тұрақтылығын көрсетті. Егер 2014-2015 жж. аралығында жер қыртысының жылжуы Анненск кешенінің Батыс және Шығыс аумақтарында бақыланса, 2016 ж. SAR интерферометрияның мәліметтері бойынша шөгу мұлдасы Шығыс бөліктен орталыққа қарай жылжығанын көрсетті. Батыс аймақта жер бетінің жылжу контуры сәл өзгерді. 2015 ж. жылжудың абсолюттік көрсетілімінің жалпы азаюы 0,5 см болса, 2014 ж. бұл көрсеткіш 1-5 см құраған [66, с. 69; 72, с. 71; 73, 454].

4.9 Шөгудің вертикалдық жылжуын және жер бетіндегі жарықшақтарды бақылауда жоғарғы дәлдікті нивелирлеуді негіздеу

Тау кен массивының тік жылжуы және инженерлік құрылымның деформациялануы үдерістерін маркшейдерлік-геодезиялық бақылауда ең негізгі базалық әдістердің бірі болып профильдік сызықтарды жоғарғы дәлдікті нивелирлеу болып келеді. Әрбір профильдік сызық нақты реперлер санынан тұрады.

Қайта жоғарғы дәлдікті нивелирлеу қажетті дәлдікпен орындалады, мұндай дәлдікті заманауи аспаптар мен бақылау әдістерінің, яғни олардың көмегімен алуға болады, бұлар нивелирлеудің жүйелік қателігінен толық құтылуға мүмкіндік береді.

Бақылау жүйесі, жер қойнауын пайдаланушыға кенорынды игеру кезінде және технологияның қауіпті геотехникалық үдерістердің жандауына әсер етуін анықтау үшін және бұл игерудің қауіпсіз технологиясы мен технологиялар режимін анықтау мақсатында нақты ақпараттармен қамтамасыз ету үшін қажет.

Тау жыныстарының деформациялануын зерттеу болжалды зілзала оқиғаларының масштабы мен болатын орнын, жылжу мұлдасы бойынша қирау аумағының көлемін анықтауға, оқиғаның даму уақытын анықтауға мүмкіндік береді. Қайта жоғарғы дәлдікті нивелирлеудің мәліметтерін

практикалық қолдану тау жұмыстарын қауіпсіз жүргізуге және мүмкін болатын техногендік зілзаланың зиянын, әсіресе қорғалатын ғимараттар мен құрылыстардың жоғарғы концентрациялану жағдайында алдын-алуға мүмкіндік береді [93-97].

Анненск кешені аймағында, 260, 360 горизонттарда ПС-3- II және ПС-3- I кен шоғырлары үстінде темір жол аумағынан өтетін 126 бис профильдік сызығы бойынша жоғарғы дәлдікті нивелирлеу жүргізілді.

Кенорында жер бетінің тік деформациялануын анықтау үшін желі пункттері бойынша екінші класстық жоғарғы дәлдікті нивелирлеуді жүргізу жоспарлануда. Бұл әдістемеде жоғарғы дәлдікпен тез бақылау ішінде, жер бетінің тік жылжуын 3-5 мм амплитудасынан жоғары желілік ауытқушылықтарды анықтауға мүмкіндік береді. Бақылаудың практикалық дәлдігі екінші класстық нивелирлеу кезінде ± 1 мм/км құрайды.

Нивелирлеуді жүргізу үшін, ең қиын жұмыстарды жүргізуге арналған, жоғарғы дәлдікте өлшеуді талап ететін, BAR-коды бар инварлық үшметрлік рейкалар жиынтығы (сурет 64) бар Leica DNA03 заманауи сандық нивелирі қолданылды. Бұл аспап екі реттік жүрісте 1 км $\pm 0,3$ мм шектен шығудың орташа квадраттық қателігімен нивелирлеуді орындауды қамтамасыз етеді. Аспаптың техникалық сипаттамасы 9- кестеде көрсетілген.

Leica DNA03 аспабы I және II класстық жоғарғы дәлдікті нивелирлеуді жүргізуге мүмкіндік береді, және дәстүрлі оптикалық нивелирлермен салыстырғанда 50 пайызға жұмыс өнімділігін арттырады, осы себептен нивелирлік жұмысты атқакен уақыттық және еңбектік шығындар азаяды.



Сурет 64 - Leica DNA03 және BAR- коды бар инварлы рейка

Өлшенге шектен шығуларға автоматты түрде Жердің қисықтық түзетпесі, визирлеу осінің шектен шығуы енгізіледі, бұл (нивелирдің ең маңызды шарты), шектен шығудың дәлдігін арттырады.

Әр өлшенетін пикеттің басы мен соңын арнайы кесілген ағаш қазықшалармен жердің бетімен бірдейлетіп бекітілді, қазықшалардан 20-25 см алшақ, алыстан көрінетін ұзын қарауыл тақтайшалар орнатылды. Егер пикетті трассаның екі шетінен қарама-қарсы жүргізсе, онда кездесу жерінде пикеттің арасы 15 м-ден кем болуы мүмкін, бұндай пикеттерді кесілген пикет ретінде қарастырдық.

Кесте 9 - Leica DNA03 сандық нивелирінің техникалық сипаттамасы

Дәлдік	0.3 мм.
жоғарғы дәлдікті рейка бойынша арақашықтықты өлшеу дәлдігі	1см/20м
Дисплей	LCD, 8 тармақ x 24 белгі
Жады көлемі	6001 өлшеу, PCMCIA
Өлшеудің стандарттық бағдарламалары	өлшеу, шектен шығу/арақашықтық әдістерін өлшеу және жазу ЗП, қос.ЗП, ЗППЗ, доп.ЗППЗ
Пернетақта	Әріптік-сандық, 26 тетік
Үздіксіз жұмыстың уақыты 20°C орнатылған батареяда	ГЕВ111-12 сағат, ГЕВ121-24 сағат
Жұмыс температурасының диапазоны	-20°C-ден +50°C-ге дейін
Ылғалдан қорғау	IP53
салмағы, кг	2,8 кг

Далалық жұмыстарды бастар алдында қажетті тексерулер мен дәлдемелер жүргізілді.

Жұмыстың технологиясы нивелирлеуді тура және кері бағытта жүргізуді қарастырады, визирлік сәулеленудің максималдық ұзындығы 60 м аспауы қажет, станциядағы иық арасының айырымы - 1,0 м, секциялар бойынша иық арасындағы айырым жинағы - 2,0 м. Өту нүктелері ретінде кебіс немесе металды балдақтар қолданылуы мүмкін, себебі бұлар, өту нүктелеріндегі шөгу сияқты қателіктерді азайтады. Жоғарғы дәлдікті нивелирлеу кезінде балдақтар қолданылса, онда 0,5 - 1,0 сағат бұрын нивелирлеу алдында трассаны бөлу қажет.

Станцияда жұмыс істеу кезінде бақылаудың келесі бағдарламасы орындалды (10-кесте). Бұл бағдарлама бір жақ қана штрих-коды бар нивелирлік рейкаларды қолдануда орындалады. Бақылау аспаптың екі жақты горизонтымен орындалады [98-100].

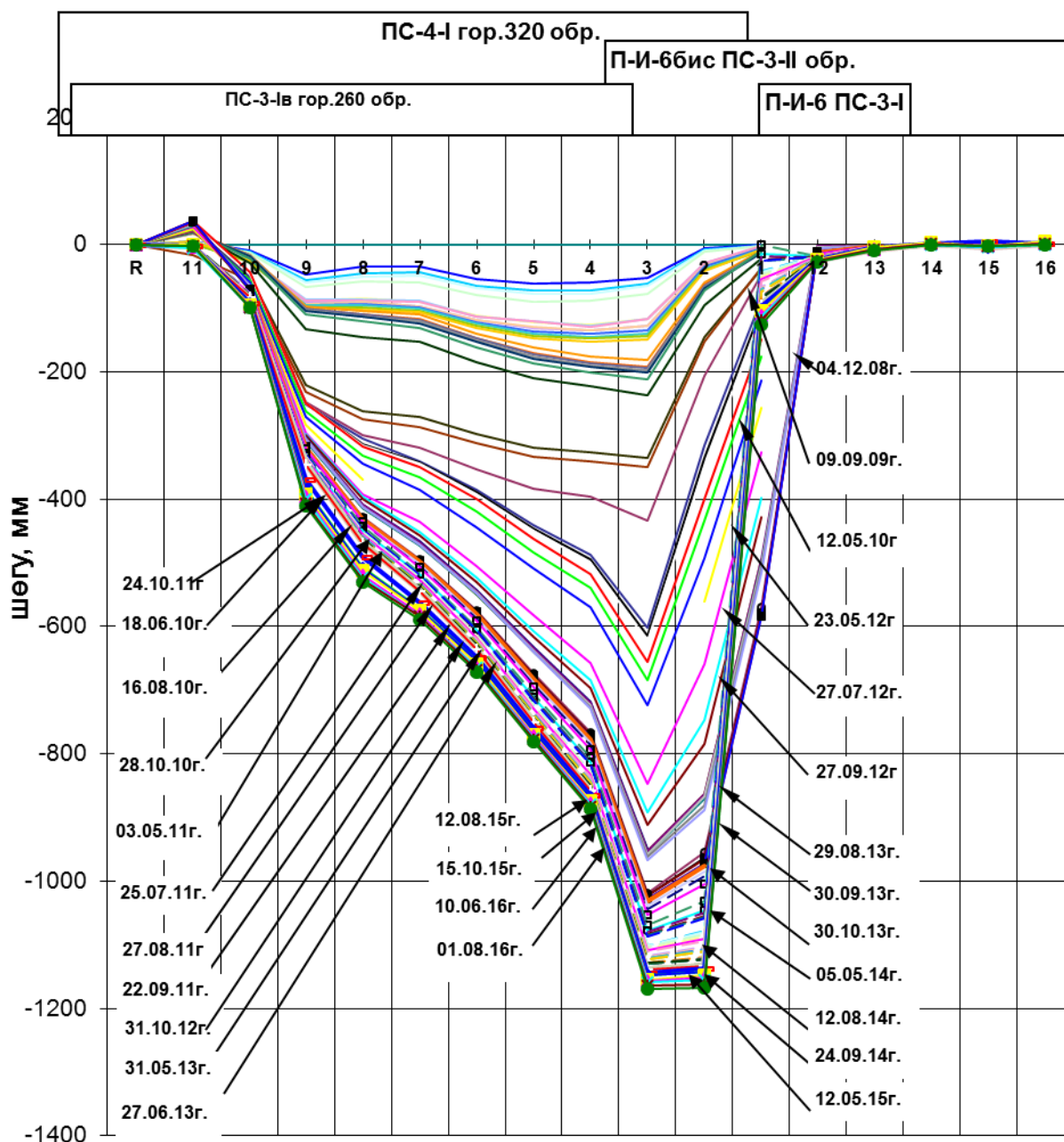
Кесте 10 – Станциядағы бақылаудың кезектілігі

Станция	Тура жүріс	Кері жүріс
Тақ	$З_K, П_K, П'_K, З'_K$	$П_K, З_K, З'_K, П'_K$
Жұп	$П_K, З_K, З'_K, П'_K$	$З_K, П_K, П'_K, З'_K$
Ескерту - $З_K, П_K$ - алдыңғы және артқы рейкалар бойынша есептеу; $З'_K, П'_K$ - аспаптың горизонтын өзгерткеннен кейінгі есептеулер		

1 бис профильдік сызығынан 16 репер бойынша нивелирлеу 2015 және 2016 жылдары өлшеу 2 кезеңінен өтті - сәуір, тамыз айларында.

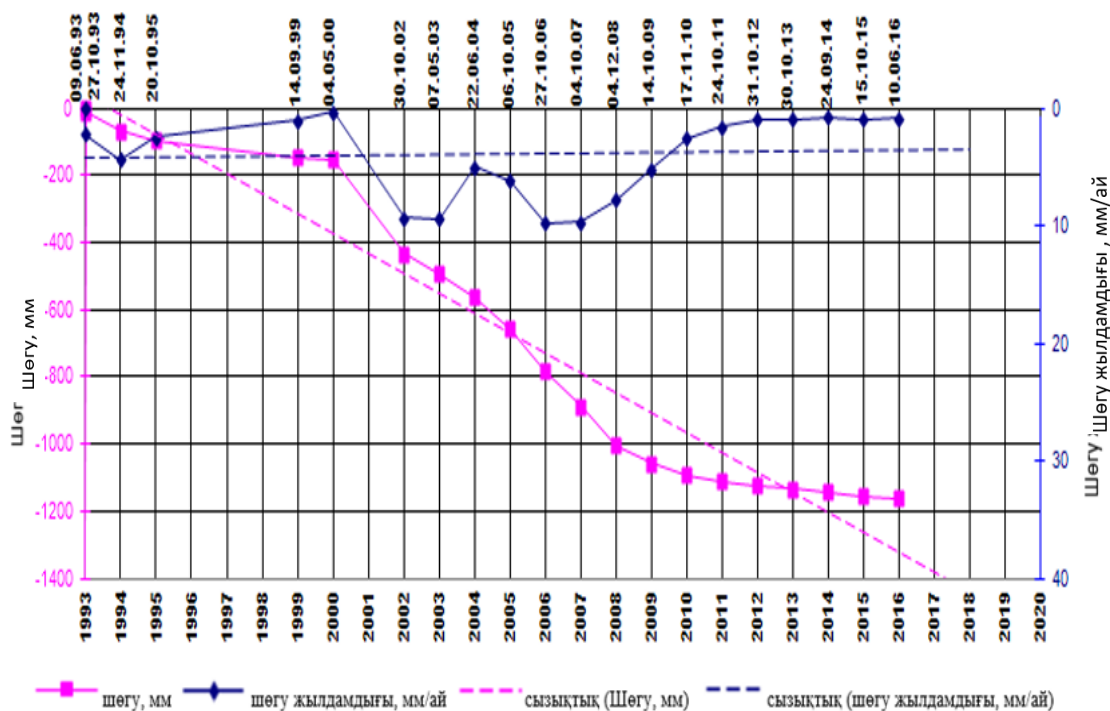
Барлық кезеңдік бақылаулардың мәліметтерін ескеріп профильдік сызықтың реперлері арасындағы шектікті теңестіру нәтижесін салыстыруы орындалды және 2008 жылдан бастап геомеханикалық бөлімнің жинаған мәліметтері бойынша профилдік сызықтың бойымен реперлердің шөгуі алынды (сурет 65).

1бис ж/д профильдік сызығы бойынша шөгу графигі

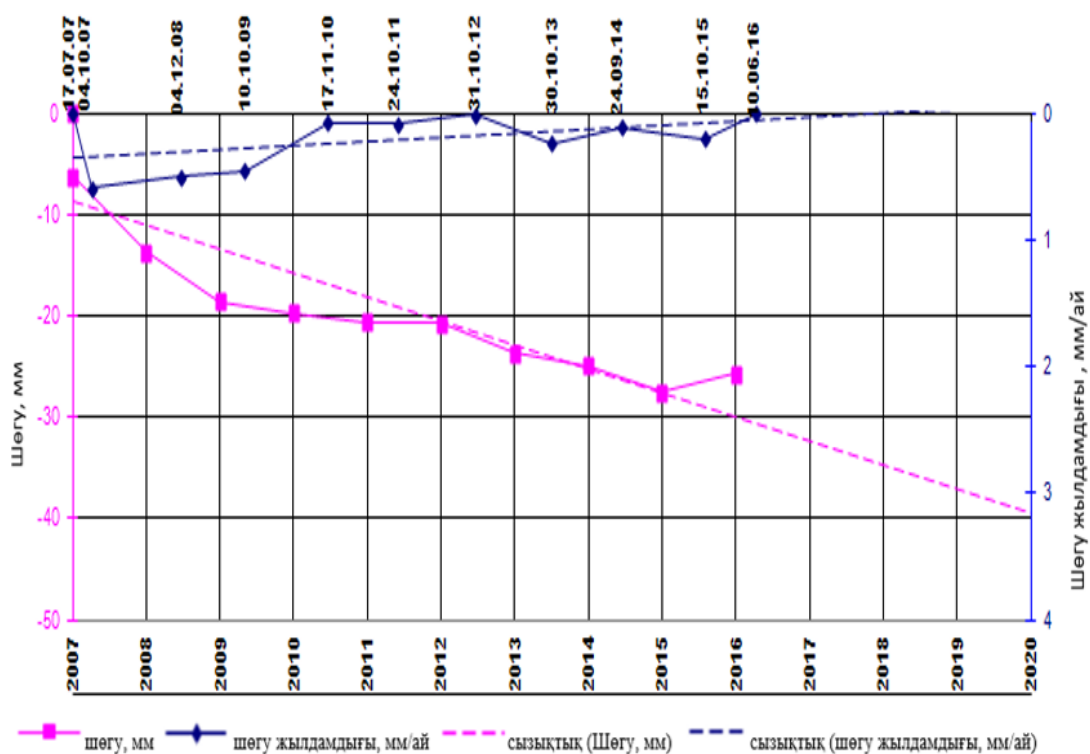


Сурет 65 – 1 бис профильдік сызығы бойынша шөгу графигі

2 репер және 12 профильдік сызықтың 1 бис бойынша шөгу графигі мен шөгу жылдамдығы арқылы 2020 жылға дейінгі мүмкін болатын шөгу болжамдары алынды (суреттер 66-67).



Сурет 66 - Рр 2 бойынша шөгү мен шөгү жылдамдығының графигі



Сурет 67 – Рр 12 бойынша шөгү мен шөгү жылдамдығының графигі

Көптеген нивелирлеу нәтижесінде алынған профильдік сызықтың шөгюінің талдамасы келесіні көрсетті:

- профильдік сызықтың аумағында жер бетінің тік қозғалуының заманауи ерекшеліктері, жоғарғы горизонтта орналасқан камерааралық кентіректерді және төменгі горизонттағы кенні игерумен сипатталады, және Rp №1 реперден Rp №13 реперге дейін шөгу бақыланады. Rp №2 және Rp №3 реперлері бойында маңызды шөгулер орын алады және 1169 мм құрайды. Реперлердің шөгу жылдамдығы жылына ≈ 50 мм.

Анненск кеніші аумағындағы үйінді зонасы аса қызығушылықты тудырады (сурет 68).

Қарастырылып жатқан аумақта 4 профильдік сызықтар №215, №216, №216 бис және үйінді зонасы аумағында №1 профильдік сызық бойынша жоғарғы дәлдікті нивелирлеу жүргізілді.

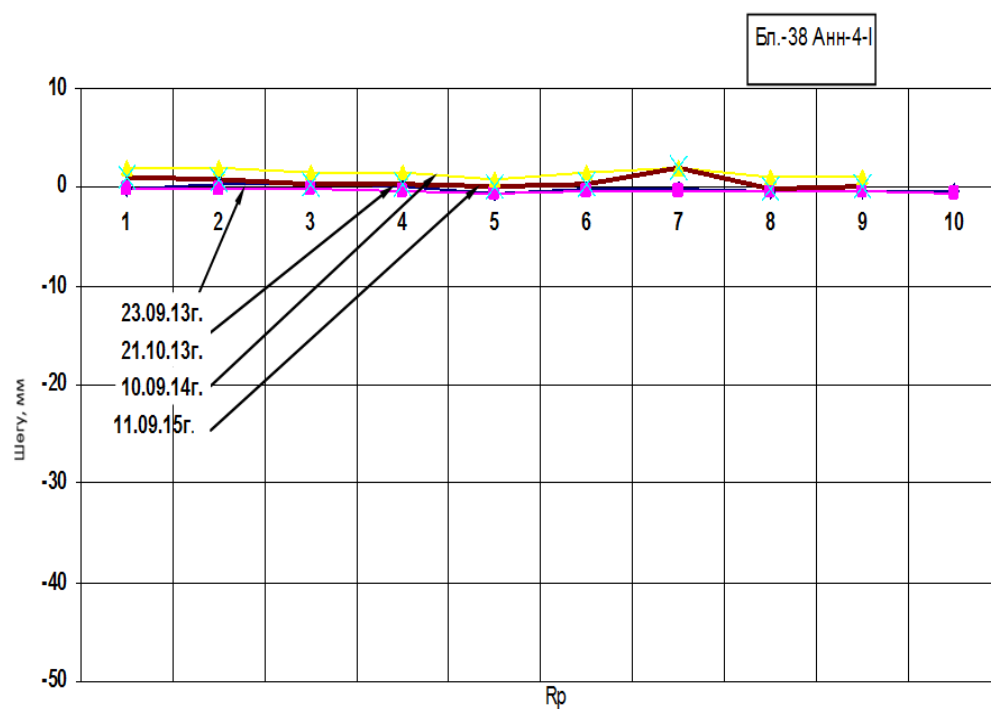
2014-2016 ж. арасындағы жоғарғы дәлдікті нивелирлеудің салыстырмалы талдамасы жүргізіліп, алынған нәтижелері 10-13 кестелерінде және 70-76 суреттерінде графиктері көрсетілген.



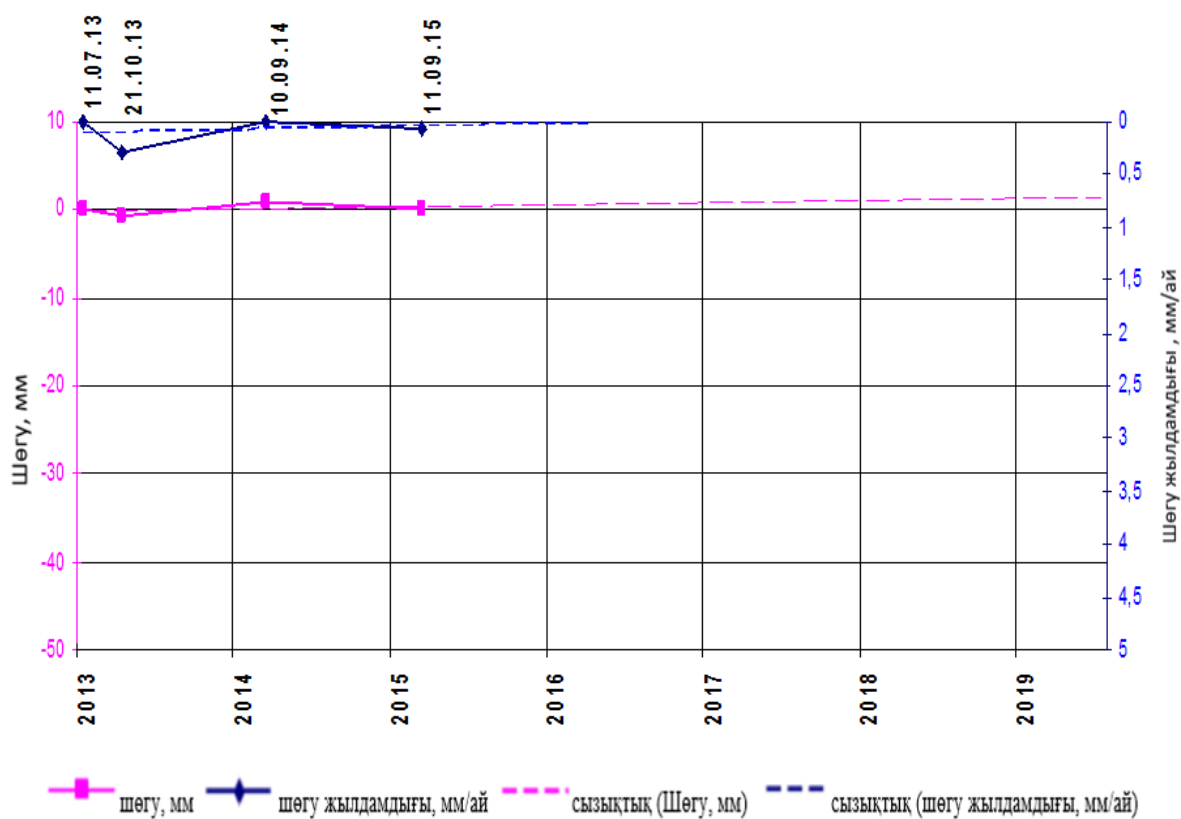
Сурет 68 – Анненск кеніші аумағындағы үйінділеу зонасы

Кесте 11 – №215 АЖР профильдік сызығы бойынша жер бетінің шөгуінің тізімдемесі

	11.07.13	23.09.13			21.10. 13				10.09.14			11.09. 15	
Rp	1	2	2-1	3	3-1	3-2	4	5	4-1	4-3	5	5-1	5-4
ОпRpI	413,8541	413,8541	0	413,8541	0	0	413,8543	413,8543	0,2	0	413,8543	0,2	0
ОпRpII	414,1038	414,1033	- 0,5	414,1035	-0,3	0	414,1038	414,1038	0	0,3	414,1038	0	0
1	416,3334	416,3333	- 0,1	416,3332	-0,2	-0,1	416,3354	416,3344	2	2,2	416,3344	1	-1
2	416,0203	416,0205	0,2	416,0201	-0,2	-0,4	416,0222	416,021	1,9	2,1	416,021	0,7	-1,2
3	415,4439	415,4441	0,2	415,4437	-0,2	-0,4	415,4454	415,4447	1,5	1,7	415,4447	0,2	-1,3
4	414,99	414,9901	0,1	414,9897	-0,3	-0,4	414,9915	414,9902	1,5	1,8	414,9902	0,2	-1,3
5*	414,52	414,5194	- 0,6	414,5193	-0,7	-0,1	414,5209	414,52	0,9	1,6	414,52	0	-0,9
6	414,4274	414,4272	- 0,2	414,4271	-0,3	-0,1	414,4288	414,4278	1,4	1,7	414,4278	0,4	-1
7	414,3402	414,34	- 0,2	414,3397	-0,5	-0,3	414,3422	414,3422	2	2,5	414,3422	2	0
8	414,2843	414,2838	- 0,5	414,284	-0,3	0,2	414,2853	414,2841	1	1,3	414,2841	-0,2	-1,2
9	413,9732	413,9729	- 0,3	413,9728	-0,4	-0,1	413,9743	413,9732	1,1	1,5	413,9732	0	-1,1



Сурет 69 – № 215 профильдік сызық бойынша жер бетінің шөгу графигі



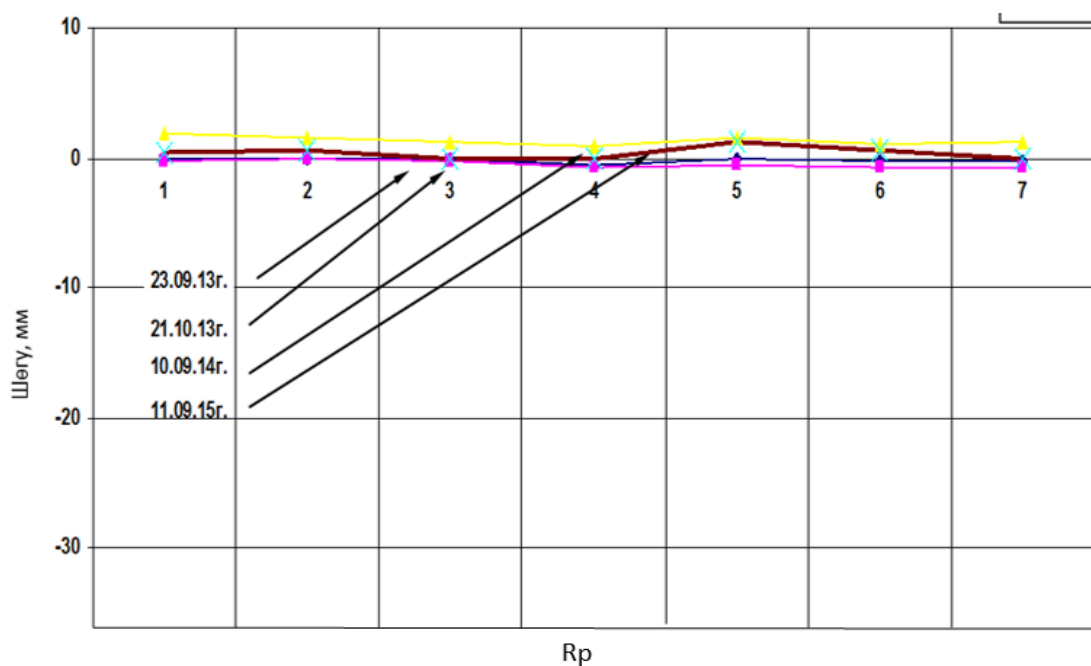
Сурет 70 – №215 профильдік сызықтың Rp5 реперінің шөгуі және шөгу жылдамдығының графигі

Кесте 12 – № 216 профильдік сызық бойынша жер бетінің шөгуінің тізімдемесі

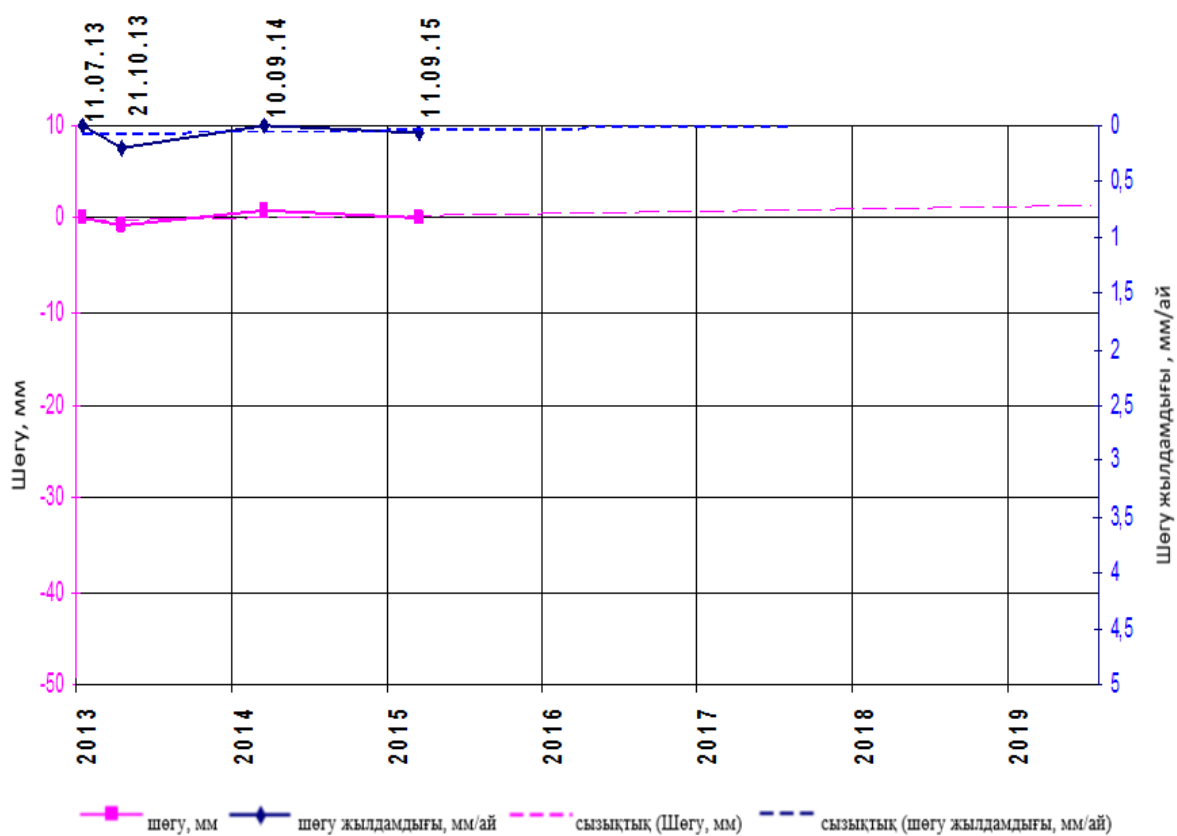
	11.07.13	23.09.13			21.10.13			10.09.14			11.09.15	
Rp	1	2	2-1	3	3-1	3-2	4	4-1	4-3	5	5-1	5-4
1	415,1068	415,1067	-0,1	415,1065	-0,3	-0,2	415,1086	1,8	2,1	414,1072	0,4	-1,4
2	415,0194	415,0194	0,0	415,0193	-0,1	-0,1	415,0210	1,6	1,7	415,02	0,6	-1
3	414,6854	414,6854	0,0	414,6852	-0,2	-0,2	414,6867	1,3	1,5	415,6853	-0,1	-1,4
4	414,52	414,5194	-0,6	414,5193	-0,7	-0,1	414,5209	0,9	1,6	414,52	0	-0,9
5	414,567	414,5669	-0,1	414,5665	-0,5	-0,4	414,5685	1,5	2,0	414,5682	1,2	-0,3
6	414,6447	414,6444	-0,3	414,6439	-0,8	-0,5	414,6458	1,1	1,9	414,6452	0,5	-0,6
7	414,543	414,5427	-0,3	414,5423	-0,7	-0,4	414,5443	1,3	2,0	414,543	0	-1,3

Кесте 13 – № 216 бис профильдік сызық бойынша жер бетінің шөгуінің тізімдемесі

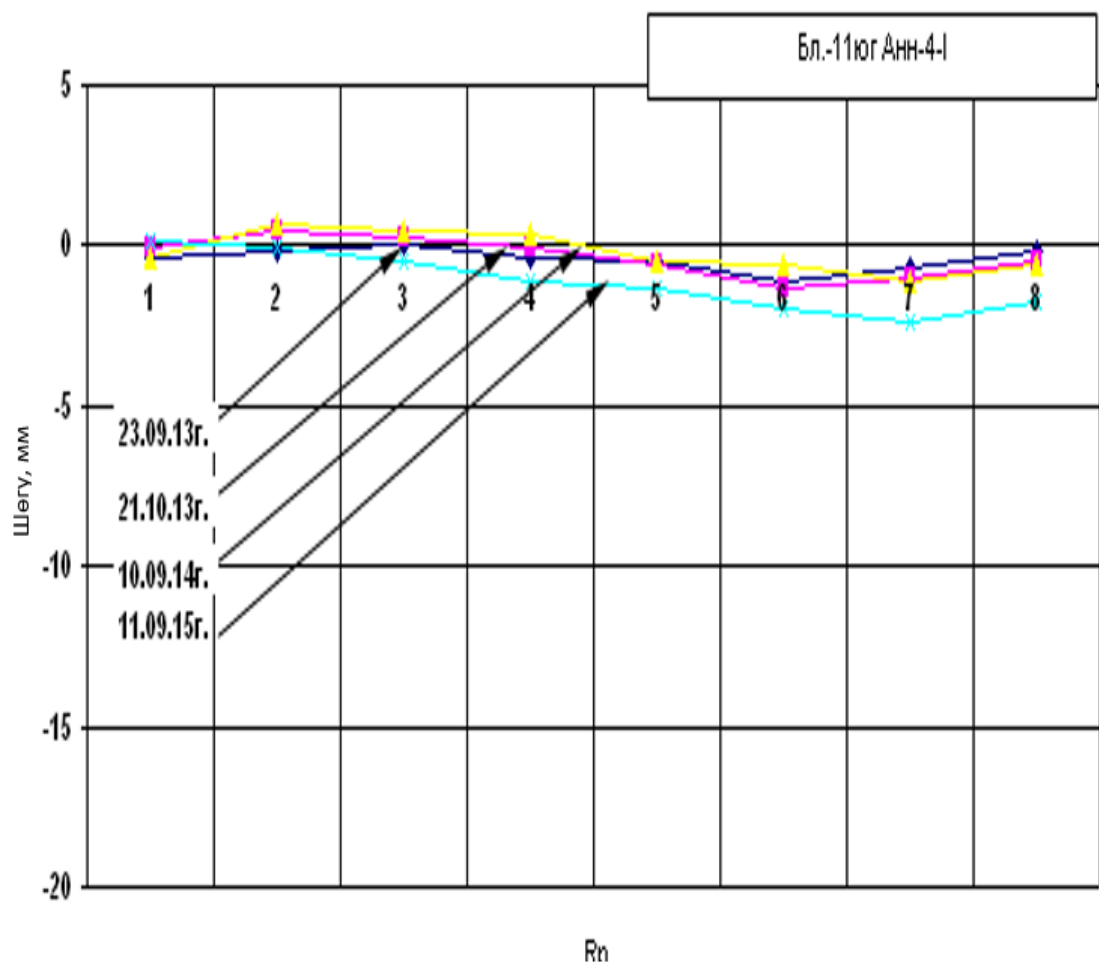
	11.07.13		23.09.13		21.10.13			10.09.14			11.09.15	
Rp	1	2	2-1	3	3-1	3-2	4	4-1	4-3	5	5-1	5-4
1	412,9554	412,955	-0,4	412,9553	-0,1	0,3	412,955	-0,4	-0,3	412,9555	0,1	0,5
2	412,3987	412,3985	-0,2	412,3992	0,5	0,7	412,3994	0,7	0,2	412,3986	-0,1	-0,8
3	412,1144	412,1144	0	412,1147	0,3	0,3	412,1149	0,5	0,2	412,1139	-0,5	-1,0
4	412,019	412,0186	-0,4	412,0189	-0,1	0,3	412,0194	0,4	0,5	412,0179	-1,1	-1,5
5	411,8097	411,8092	-0,5	411,8091	-0,6	-0,1	411,8092	-0,5	0,1	411,8084	-1,3	-0,8
6	411,6354	411,6343	-1,1	411,6341	-1,3	-0,2	411,6348	-0,6	0,7	411,6334	-2	-1,4
7	411,5811	411,5804	-0,7	411,5801	-1	-0,3	411,58	-1,1	-0,1	411,5787	-2,4	-1,3
8	411,6503	411,6501	-0,2	411,6498	-0,5	-0,3	411,6497	-0,6	-0,1	411,6486	-1,7	-1,1



Сурет 71 – № 216 профильдік сызық бойынша жер бетінің шөгуінің графигі



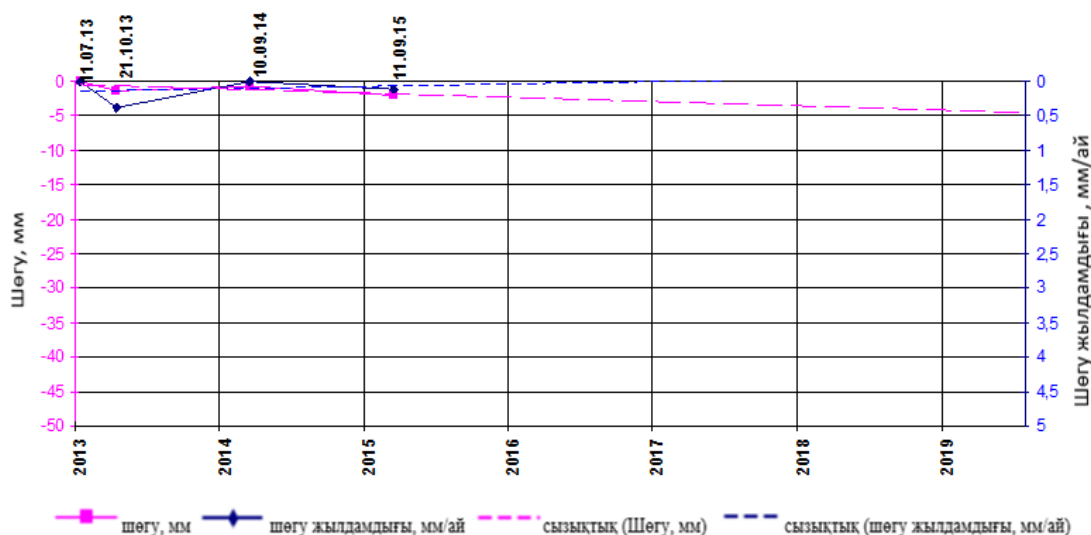
Сурет 72 – № 216 профильдік сызық бойынша Rp4 репердің жер бетінің шөгуі мен шөгү жылдамдығының графигі



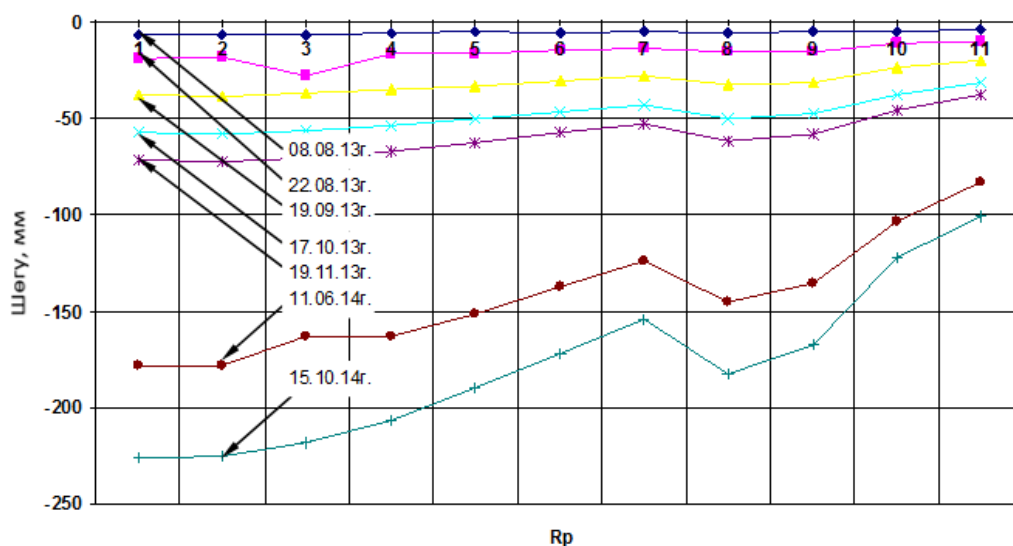
Сурет 73 – № 216 бис профильдік сызық бойынша жер бетінің шөгуінің графигі

Кесте 14 – №1 уақытша қағылған сызық бойынша бақылау тізімдемесі

Күні	08.08.13	22.08.13	19.09.13	17.10.13	19.11.13	11.06.14	15.10.14
Rp							
1	-6,4	-18,3	-37,5	-56,7	-71,6	-177,7	-225,6
2	-6,5	-18,2	-37,9	-57,4	-72,3	-177,7	-225,5
3	-6,2	-27,5	-36,6	-55,7	-70	-162,9	-217,6
4	-5,6	-16,4	-34,9	-53,6	-66,7	-162,9	-206
5	-4,8	-16	-33	-50,1	-62,4	-150,9	-189,5
6	-5,1	-14,3	-30,2	-46,4	-57,1	-136,6	-171,3
7	-4,3	-13,7	-28	-43,1	-52,9	-124	-153,9
8	-5,5	-14,9	-32,4	-49,4	-61	-144,9	-182,5
9	-4,8	-14,9	-30,8	-46,9	-58,2	-134,8	-167,2
10	-4,2	-11,1	-23,5	-37,5	-45,5	-103,1	-121,6
11	-3,7	-9,9	-19,6	-31,1	-37,1	-82,4	-100,7



Сурет 74 – №216 бис профильдік сызқтың Rr6 реперінің шөгуі және шөгу жылдамдығының графигі



Сурет 75 – №1 профильдік сызқ бойынша жер бетінің шөгу графигі

Алынған нәтижелерді талдау барысында жер бетінің қарқынды шөгуі зонасын анықтауға мүмкіндік береді және ол үйінді аумағында 2014 ж. тамыз айынан 2015 ж. қазан айына дейін екенін көрсетті. Шөгудің максималдық жылдамдығы 169 мм/жылына және опырылу аймағына жақын орналасқан 1 профильдік сызқтың Rr №1, Rr №2 реперлері. Аталған сызқтың графигі 2014-2015 жж. деформация үдерісінің өсуін айқындайды.

№ 215, № 216 и № 216 бис профильдік сызқтарының аумағы жер бетінің шөгуінің жалпы тенденциясымен ерекшелінеді. Шөгудің көлемі шамалы және 2 мм/жылына максималдық көлемінен аспайды. Басқа реперлердің профильдік сызығы бойынша шөгуі (Rr 1 және Rr 2) 0,7 мм/жылына болып келеді [66, с. 70; 67, с. 72].

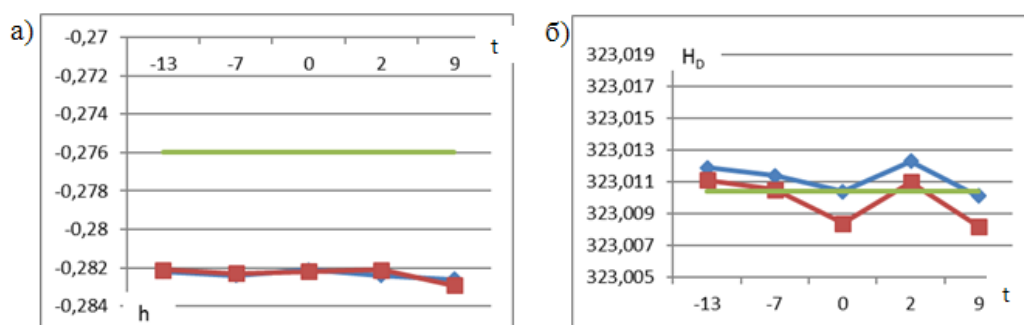
Есепті қатесіз жүргізу үшін, және жақсы нәтиже алу үшін (0.3 мм сенімділікпен), әрбір сызық 4 әдіспен әртүрлі метеорологиялық жағдайда, визирлік сәуленінің биіктігі әртүрлі болғанда 10 реттен анықталды. Барлық сызықтар рефракция коэффициентін ескергенде 0,20; 0,142; 0,132 және рефракция коэффициентін ескермегенде, бірдей әдістеме бойынша жүргізілді.

Мұндай өлшемдердің эталондық көрсеткіштері, анықталатын нүктенің h горизонталдық жағдайы мен жоғарғы дәлдікті нивелирдің арасындағы шектікті өлшейді, және h нүктелер мен белгілі биіктік пен горизонталдық бұрыш арасындағы өлшемі өлшенеді және анықталған нүктеге бағыт өлшенеді, бұлар визирлік сәуленің биіктігі әртүрлі болғанда, әртүрлі температурада және рефракция коэффициенті әртүрлі болғанда бір базистегі өлшеуді орташалаңдырып алынады [101]. Эталондық көрсеткіштер 15 кестеде көрсетілген.

Кесте 15 – Қысқа дистанциядағы базистың эталондық көрсеткіштері

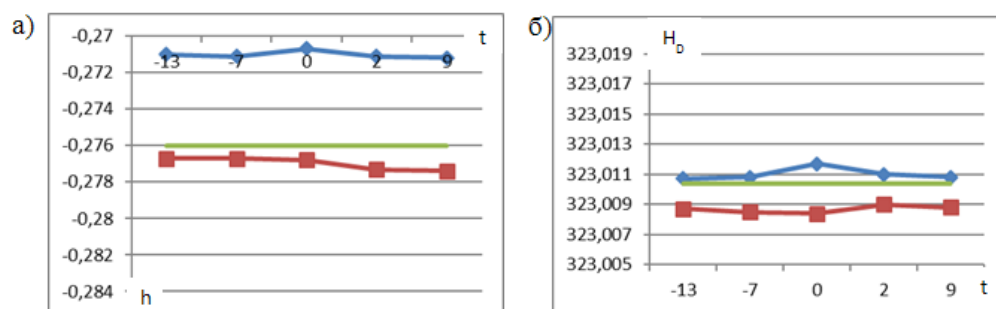
№ сызықтар	h	H_D	Гор. угол
1	-0,276	323,0104	291°14'35"
2	0,181	29,210	284°29'26"
3	2,2214	141,318	210°15'04"

Әрбір базис бойынша рефракция коэффициенті, горизонталды сәуленің визирлік биіктігінен тұратын горизонталдық төсеменің және шектіктік өлшемге деген температураның әсері бағаланды. Бірінші базис бойынша графикалық көрсетілімдер 77-80 суреттерде ұсынылған. Графиктерде 1,409 м биіктікте визирлік сәуле көк түспен, 1,662 м биіктікте қызыл түспен көрсетілген. Эталондық көрсеткіш жасыл түспен көрсетілген. Абцисса осі бойында t °C, ордината осі бойында шектік h және горизонталдық төселім H_D , графикте анықталатын көрсетілімге сәйкес көрсетіген.



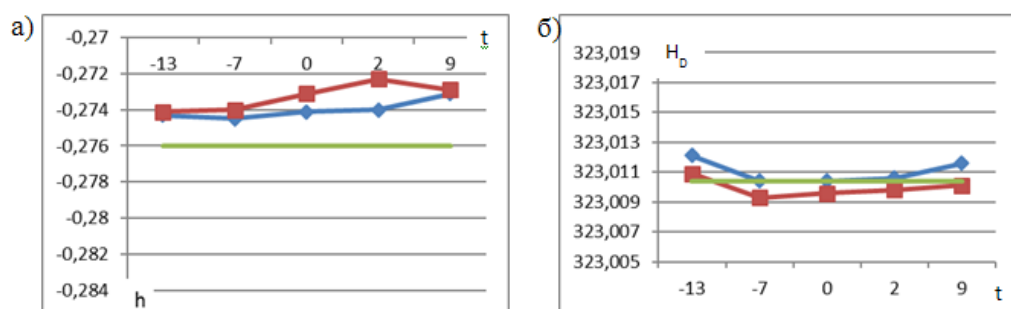
а) шектікті өлшеу; б) горизонталды төсемені өлшеу

Сурет 76 - №1 сызық бойынша температурадан рефракция коэффициенті 0,2 болғандағы өзгерістің шектік көрсетілімінің тәуелділігі



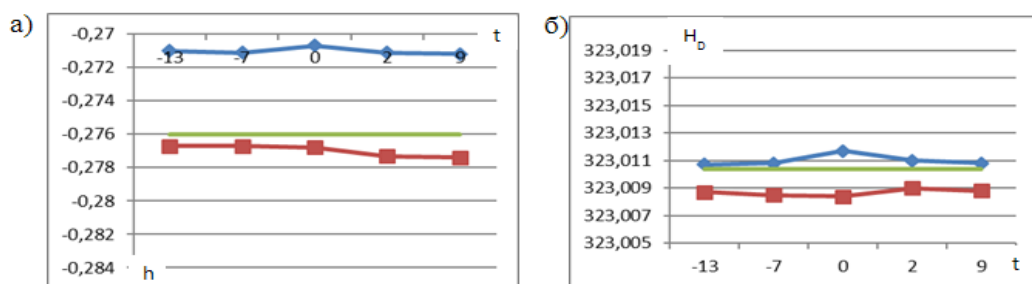
а) шектікті өлшеу; б) горизонталды төсемені өлшеу

Сурет 77 - №1 сызық бойынша температурадан рефракция коэффициенті 0,142 болғандағы өзгерістің шектік көрсетілімінің тәуелділігі



а) шектікті өлшеу; б) горизонталды төсемені өлшеу

Сурет 78 - №1 сызық бойынша температурадан рефракция коэффициенті 0,132 болғандағы өзгерістің шектік көрсетілімінің тәуелділігі



а) шектікті өлшеу; б) горизонталды төсемені өлшеу

Сурет 79 - №1 сызық бойынша температурадан рефракция коэффициентісіз өзгерістің шектік көрсетілімінің тәуелділігі

2 және 3 сызықтар бойынша ұқсас мәліметтер алынды.

Графиктен алынған нәтижелерді талдап, келесідей қорытынды жасауға болады:

- сызықтың ұзындығын және шектігін өлшеуде қателікті шамалы азайту;

- қысқа дистанцияларда 100 м аспайтын атмосфералық түзетулер мен рефракция коэффициенті қатты әсер етпейді, өлшеу 1 мм арасында өзгереді;
- рефракция коэффициентін 0,2 енгізгенде, сызықтың ұзындығы мен шектікті анықтау қате нәтижеге әкелуі мүмкін;
- 100 м аспайтын арақашықтықта атмосфералық түзетпелерді ескеруге болады, ал рефракция коэффициентін қолданбаған жөн. Болмаса 0142 көрсеткішін қолдану;
- 100 м аспайтын арақашықтықта стандарттық штативты қоюға болатын жер беті төселімінде визирлік сәуленің биіктігі әсер етпейді;
- 100 м асатын арақашықтықта атмосфералық түзетпелер мен рефракция коэффициентін ескерген жөн, жақсы нәтиже алу үшін 0,142, 0,132 коэффициенттерін алған дұрыс;
- әртүрлі биіктіктегі визирлік сәулелерге және әртүрлі температураға шектік қателіктер бірдей;
- визирлік сәуленің бойында биіктіктің айырмасы және толқынның флуктуация параметрі әсер етеді, оның қателігі 320 м визирлік сәулеленуде 2 мм дейін;
- өлшеу кезінде қосылатын рефракцияның $k = +0.14$ коэффициенті «стандарттық коэффициент» деп аталады, әр түрлі жағдайда қысқа базаларда енгізіледі, және жоғарғы дәлдікті тахеометрлерді қолдану арқылы түзетпелерді алуға және сызықтың ұзындығын өлшеуге болады.

Қайта жоғарғы дәлдікті нивелирлеу Анненск кеніші аумағында Сай пунктiнен 33 триангуляция пунктiне дейiн II класстық нивелирлеумен көрсетiлген (80 сурет).

Сызықтың негiзгi тағайындалуы - Сай пунктiнен триангуляция пунктiне дейiн белгi беру, бүкiл кенорынның бастапқы реперлерi Рр №1 и Рр №2 3 шахта аумағында орналасқан. Аталған реперлер профильдiк сызықты байланыстыру үшiн бастапқы рольдi ойнайды. Сонымен қатар, сызықтар шахтаның оқпаны, электр беру, су ағымы бойында орналасқан.

Нивелирлiк бақылаулар нәтижесiнде алынған мәлiметтер талдамасы, инженерлiк құрылым зонасында жер бетiнiң деформациялануы қажеттi көрсеткiштердi аспайтынын көрсеттi [67, с. 74-75; 74, 266; 93, 55-58.].

4.10 Инженерлiк құрылымдардың деформациясын бақылау

Гимараттар мен құрылымдарды, инженерлiк коммуникацияларды қауiпсiз Кеуелей қазып алу шартын анықтау жер бетi дефоормациясының шектi және рұқсат етiлген есептiк көрсеткiштерiн салыстыруға негiзделген. Сонымен қатар, жер бетiнiң рұқсат етiлген деформациясы құрылымдарды зақымдайды, мұндай кезде шөгуден кейiнгi жөндеудi жүргузiге тура келедi. Ал, деформацияның шектен шығуы құрылымды апаттық жағдайға әкелiп және адам өмiрiне қауiп туғызуы мүмкiн [67, с. 85; 93, с. 63-71; 95, с. 8-11].

Тау кен жұмыстары әсерінен жер бетінің және тау жыныстарының деформациялануы үдерістерінің негізгі ақпараттық дереккөздері - максималды шөгудің (майысу) η және шөгі жылдамдығын η' аспаптық маркашайдерлік-геодезиялық бақылау болып табылады.

Деформациялық үдерістерді зерттеу, оларды бақылау мен болжау қатты пайдалы қазбалар кенорындарын қауіпсіз және тиімді игеруде көптеген жағдайларда анықтайды. Практикалық болжау деформациялық үдерісті уақыт және кеңістікте үздіксіз бақылау нәтижесінде жүзеге асуы мүмкін. Сондықтан, аспаптық маркашайдерлік-геодезиялық бақылаулардың өнімділігі мен дәлдігіне деген талаптар өсуде.

Әсіресе зерттеу жүргізуде қажетті дәлдік пен тиімділікті қамтамасыз ететін заманауи өлшеуіш аспаптардың шығуымен, алдыға қойылған тапсырманы орындау үшін қазіргі кездегі қолданыстағы аспаптар мен әдістерді жан жақты талқыладық. Жүргізілген талдау нәтижесінде аспаптық түсіріс жүргізу үшін келесі заманауи жоғарғы дәлдікті аспаптар таңдап алынды: Leica DNA03 сандық нивелирі, GNSS GS14 өлшеу жүйесі, TS06 plus 5 R1000 тахеометрі, бұл аспаптар жоғары дәлдікпен түсірістерді жүргізе алады.

Өлшеу қателігі: 0.3 мм/км инварлы рейкамен екі реттік жүріс, 1.0 мм/км инженерлік рейкамен екі реттік жүріс; жадысы 6000 нүкте; PCMCIA. 15-кестеде техникалық сипаттамасы көрсетілген.

Leica GNSS GS14 өлшеу жүйесі - бұл жеңіл, сенімді және әмбебап ғарыштық қабылдағышы. Статика, Stop&Go және GSM/GPRS RTK режимдерінде жұмысты қолдайды. Қабылдағыш RTK-базасы ретінде және ровер ретінде қолданылуы мүмкін. Толығымен желііз байланыс және ыңғайлы көлемді, жұмыс күні ішінде жоғары өнімді және ыңғайлы жұмыс істеуді қамтамасыз етеді.

Жаңа технологияларды қолдану GS14 Unlimited қабылдағышын ең жоғарғы дәлдікті көрсеткіштерді бағындыруға мүмкіндік береді. Статика және жылдам статика режимдерінде (мәліметті қолмен өңдегенде) пландағы қателігі 2 мм + 0.5 ppm, биіктік бойынша 2 мм + 0.5 мм. Ұзақ уақыттық статикалық өлшеуде пландағы қателігі 1 мм + 0.1 ppm, биіктік бойынша 1.5 мм + 0.4 ppm. RTK режимінде пландағы қателік 3 мм + 0.5 ppm, биіктік бойынша 3 мм + 0.5 ppm - жүктемелеуді болғаннан кейін қозғалыссыз өлшеуде [89,90].

Leica TS15 R1000 (1") тахеометрі 1" бұрыштық дәлдігімен және 1000 м дейін қашықтықта жарықдандырғышсыз өлшеу, көптеген геодезиялық талаптарды қанағаттандыруы мүмкін. Экранның үлкендігіне қарай, өлшеу кезінде алынған барлық ақпарат қолданушы алдында бір терезеде ашылады, бұл жұмысты әрі қарай орындауды ыңғайландырады. Коаксиальдық көрінетін лазер кез келген бетті жоғары дәлдікпен өлшеуге мүмкіндік береді, соның ішінде нүктеге, жиекке, бұрыштар, үшкір бұрышты карьердің бетінде және қауіпті, адам бара алмайтын аумақтарда шағылтудың төмен коэффициентімен.

Шағылдырғышқа өлшеу дәлдігі 1,0 мм + 1 ppm, жарықдандырғышсыз режимде - 2,0 мм + 2 ppm құрайды. Трекинг режимінде өлшеу дәлдігі 1,0 мм + 1

ррт құрайды. Өлшеу уақыты - 1 секундқа дейін шағылдырғышқа және 3 секундқа дейін кез келген бетке.

Электрондық тахеометрлердің пайда болуы маркшейдерлік-геодезиялық технологиялар өндірісінде, бұл компьютерлер мен арнайы бағдарламалық қамтамасыз негізінде толассыз соққы берді. Электрондық тахеометрлер камералдық геодезиялық жұмстарды және далалық автоматтандырылған кешенді орындауға мүмкіндік береді [102,103].

Қазіргі кезде тахеометрлер сызықтық және бұрыштық өлшеудің негізгі құралы болып табылады. Қазіргі кезде аталған жоғарғы дәлдікті аспаптың қолданылу аймағы сондай кең, оның геодезия мен маркшейдериядағы маңыздылығын қайта бағалау мүмкін емес.

Сондықтан, заманауи геодезияда электромагниттік сәулелену, атмосфераның жерасты қабатының әсерісіз өлшеу қалмады, ал, электрондық тахеометрдің дәлдігін одан ары қарай жоғарылату мүмкін емес. Атмосфераның әсер етуі бірнеше жағдайда аспаптың қателігінен асады.

Барлық геодезиялық өлшеулер атмосферада орындалады. Өлшеу объектілері болып электромагниттік сәулелену бағыты мен оның ұзындығын таралу траекториясының бағыты алынады. Біртекті емес орталарда, соның ішінде, атмосферада - сәулеленудің жылдамдығы мен бағыты өзгереді.

Траекторияның қисаюы (рефракция құбылысы) бұрыштық өлшеу нәтижелерін бұрмалайды. Жылдамдықтың өзгеруі сызықтық өлшеуге дәлдігіне әсер етеді. Ең үлкен өзгеру атмосфераның жербеті қабатын 1 км дейін қалыңдықпен өзгешелендіреді, мұнда жергілікті біртекті емес қабаттың әсері бақалады. Мұның арқасында, геодезиялық өлшеуге атмосфераның жербетінің қабатының әсері маңызды сұраққа айналады.

Мұндай өлшеулерді жүргізудің дәлдігін арттыру қолданбалы геодезия, геомониторинг сияқты аймақтарда келешегі бар бағыт болып табылады.

Тахеометрлермен жүргізілетін негізгі өндірістік жұмыстар салыстырмалы үлкен емес арақашықтықта орындалады, сол үшін атмосфераның жербеті қабатының әсерін үлкен базистарда ғана емес қысқа базистерде білген жөн.

Жұмыста атмосфераның (температура басымдылығының) жағдайға әсер етуін, төсеме қабаттың визирлік сәулесінің биіктігі мен бұрыштық бағытпен, сызықтық ұзындықты анықтаудың рефракция коэффициентін таңдау зерттеледі. Зерттеу объектілері ретінде 3 базис ұзақтылығы 323.010 (№1 сызық), 29.210 (№2 сызық) және 141.318 метр (№3 сызық) таңдалды базисты таңдау кезінде, бақылауды орындау кезінде әртүрлі нұсқауларға жүгіндік.

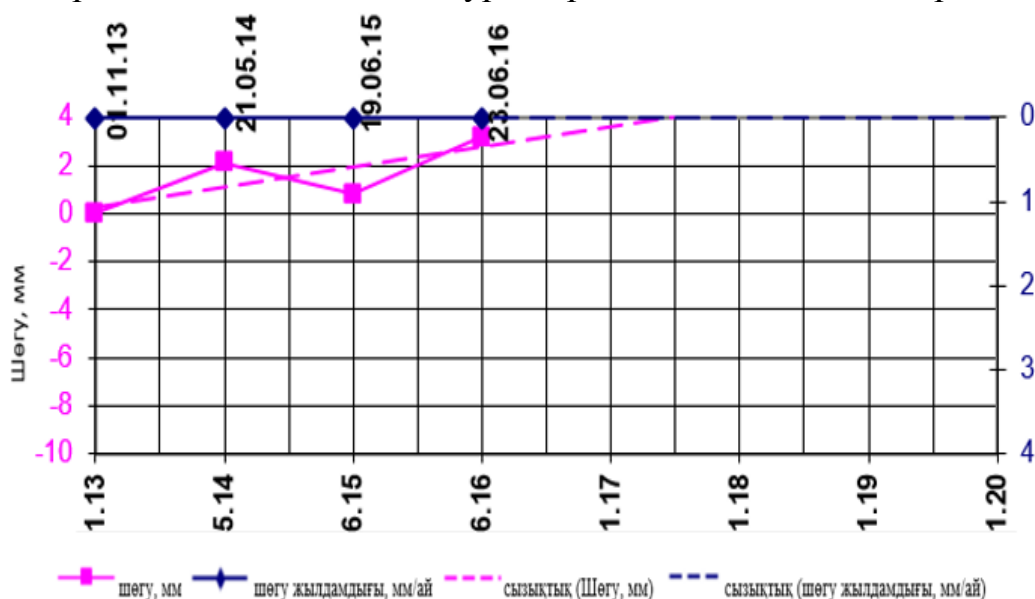
Бірінші сызық бойынша визирлік сәуле бағыты бойында шектен шығудың айырмасы 1,5 м және транспорттық құралдардың қозғалу өнімділігі. № 2 сызық су кедергілерін (өзен) перпендикуляр қияды, ал №3 - қиғаш қияды.

Бұл зерттеулерді жүргізу үшін Leica TS 15 plus R1000 (1") бұрыштық дәлдікті тахеометрлер қолданылды. Leica TS 15 R1000 (1") тахеометрі эталон ретінде және әрбір өлшеу алдында қолданылды [104].

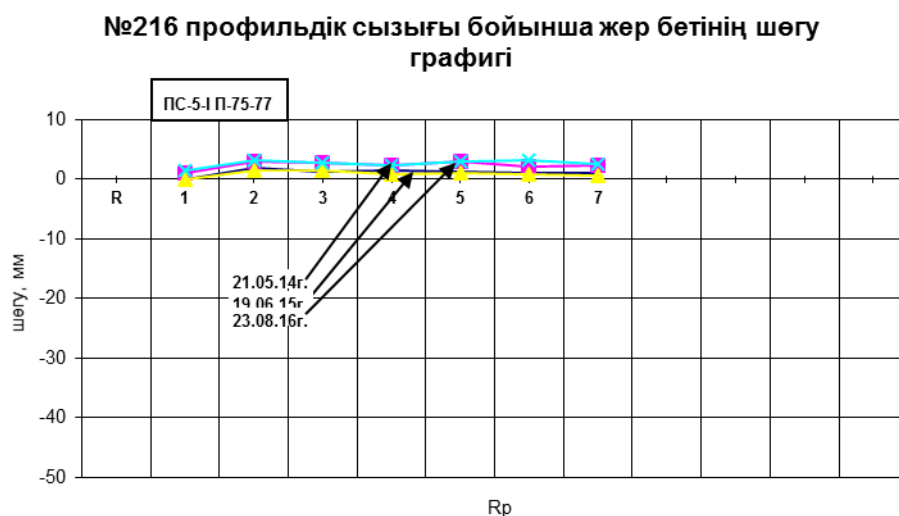
Есепті қатесіз, жақсы нәтижемен орындау үшін (0.68 сенімділікпен), әрбір сызық 4 әдіспен 10 реттен әр түрлі метеорологиялық жағдайда, визирлік

сәулеленудің әртүрлі биіктігімен орындалды. Барлық сызықтар бірдей әдістемемен рефракция коэффициентін: 0,20; 0,142; 0,132; ескермегенде.

Жүргізілген аспаптардың талдамасы негізінде таңдалған аспаптарды маркашайдерлік-геодезиялық зерттемелерде қолдану үшін Анненск кенорнында арнайы әдістеме әзірленді, бұл әдістеме басқа әдістермен қоса тәуелсіз өлшеулерді қосады: GPS өлшеу, ғарыштық, радиолокациялық интерферометрия, БПЛА аэрофототүсірісі, мұнда әр әдіс бір біріне тәуелсіз қолданылуы мүмкін және бір бірін толықтыру мүмкін, анықтылық үшін нәтижелерін салыстыруға болады. Жүргізілген тесттік өлшеулер аспаптың жұмысын және қиын жағдайларда жоғарғы дәлдікті талап ететін өлшеу әдістерін көрсетті. Нәтижесі 82, 83 суреттерде және 16-кестеде көрсетілген.



Сурет 82 - Тахеометриялық түсіріс мәліметтері бойынша №216 бис профильдік сызығының шөгу графигі



Сурет 83 - Тахеометриялық түсіріс мәліметтері бойынша №216 бис профильдік сызығының шөгу графигі

Кесте 16 - 216 профильдік сызық бойынша репердің шөгуінің салыстырмалы талдамасы

	29.10.12	01.11.13	21.05.14	19.06.15	20.10.16	22.10.16	19.06.17		23.08.16
X	-1	0	1	0,1	1,4	-0,9	0,1	-0,9	1,4
У	0	2	3	1,5	3,2	-1,5	1,5	-1,5	3,2
Н	1	1,2	2,8	1,4	2,8	-1,4	1,4	-1,4	2,8
X	0	1,4	2,3	0,8	2,3	-1,5	0,8	-1,5	2,3
У	2	1,2	3	1	3	-2	1	-2	3
Н	1,2	1	2,1	0,8	3,2	-1,3	0,8	-1,3	3,2

4.12 Жер бетінің деформациясын жоғарғы дәлдікті нивелирлеумен бақылау

Тау-кен қазбаларының әсерінен жер бетінің және тау жыныстарының деформациялану үдерісінің негізгі дереккөзі - аспаптық маркшейдерлік бақылаулар болып табылады, әсіресе, максималды шөгу (майысу)η және шөгу жылдамдығы η' .

Кенорында профильдік сызықтар желісі кеңінен таралған, оның әр қайсысы нақты саны бар реперлерден құралған, оларды бақылау станциялары деп те атайды және анық мерзімде маркшейдерлер бригадасы нивелирлік түсіріс жүргізіп, оның шөгу шамасын арнайы дала журналына енгізеді.

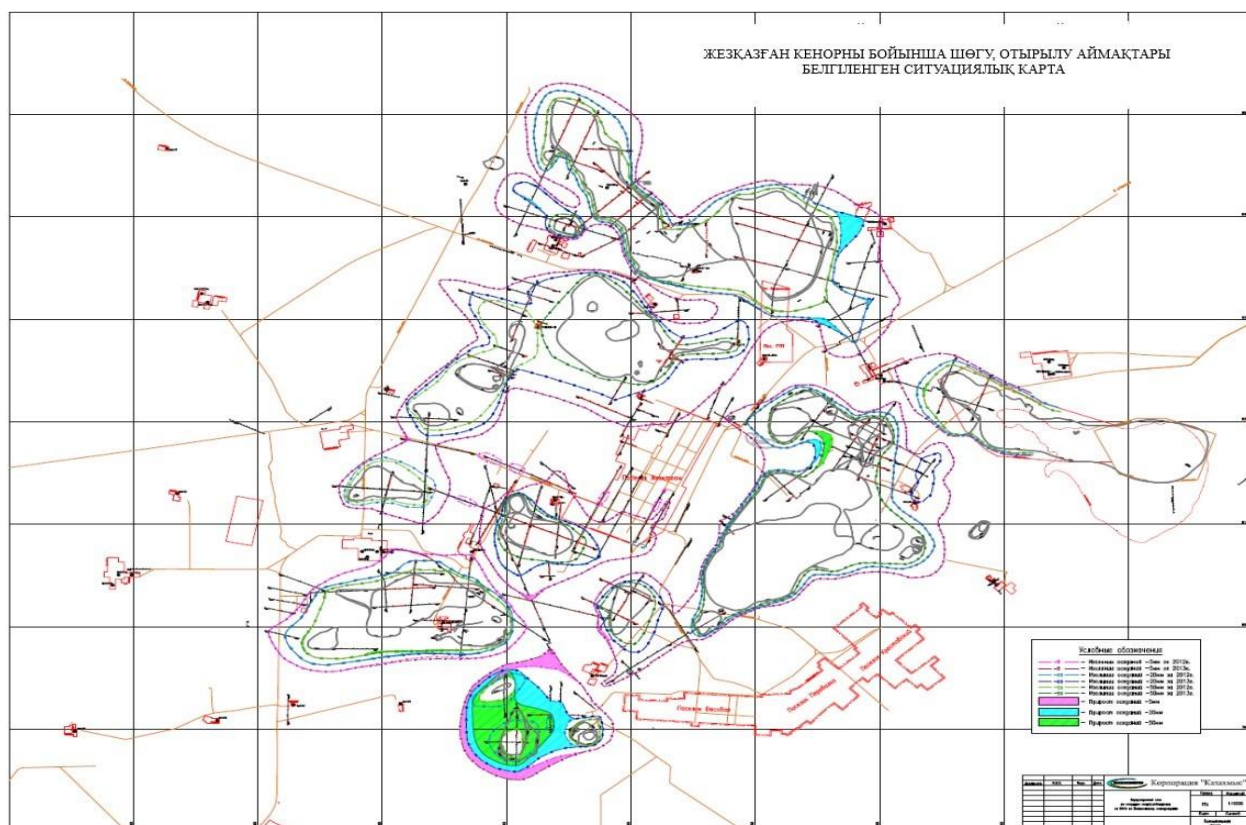
Қатты пайдалы қазындылар кенорынын игеру кезінде қайта жоғарғы нивелирлеуді келесі мақсатта жүргізеді:

- кенорынды игеру кезінде жер бетінің вертикалдық қозғалуын зерттеуде;
- геологиялық ортаның геотехникалық күйіне пайдалы қазбаны игеру үдерісінің әсер етуін болжау;
- деформациялық үдерістер мен оның дамуын объектілер орналасқан аумақта орнату;
- кенорынды игерудің жобалық технологиялық құжаттамасын дайындау кезінде жер бетінің жылжуын есептеу;
- әр түрлі горизонтта орналасқан кен шоғырларын игеруде жер бетінің және оған орналасқан жабынды тау жыныстарының жылжуын есептеу.

Қайта жоғарғы дәлдікті нивелирлеу заманауи аспаптар мен бақылау әдістерінің көмегімен қажетті дәлдікпен орындалады. Бұл заманауи аспаптар мен бақылау әдістері нивелирлеудің жүйелік қателіктерін жоюға мүмкіндік береді.

Бақылау жүйесі жер қойнауын пайдаланушыға кенорынның эксплуатациялану режимі мен технологиясының қауіпті геотехникалық үдерістердің жандауына әсер етуін анықтау, бұл игерудің қауіпсіз технологиясы мен технологиялар режимін анықтау мақсатында және нақты ақпараттармен қамтамасыз ету үшін қажет [105,106].

Жоғарғы дәлдікті нивелирлеудің өлшеуі замануи нивелирді қолдану арқылы орындалады, әсіресе, соңғы кезде пайда болған сандық нивелирдің көмегімен орындалады. Жоғарғы дәлдікті нивелирлеуді орындауда келесі типтік нивелир қолданылуы мүмкін: Ni 005A, Ni 002, «CarlZeiss, Jena» фирмасының Ni 007; «Wild» фирмасының N-3, Nak-2 және т.б., анық әдістемелер бойынша жоғарғы дәлдікті нивелирлеуді орындайтын тау кен кенорнының маркшейдерлік қызметіндегі бар аспаптармен орындалады. 84 суретте 2013 жылдың Жезқазған кенорнының жер бетінің шөгуінің ақпараттық планы көрсетілген, бұл жалпы ұзындығы 42 км болатын 146 профильдік сызықтардың жоғарғы дәлдікті нивелирдеуі бойынша құралған [98, с. 29-32].



Сурет 84 - Жезқазған кенорнының жер бетінің шөгудің ақпараттық планы

Пайдалы қазба кенорындарын игеруді аяқтау кезеңінде кен қорының таусылу мен шикі кенда пайдалы компонентті құрамның азаюының тұрақты үдерісі, нарықтық экономика жадайында шикізаттың сапасы мен санына деген талаптарды күшейтеді. Осыған орай, минералдық шикізатты алудың көлемін

арттыру игерілген массивтегі тау жыныстарының, соның ішінде кентіректерді қоршап тұрған жабынды тау жыныстарын игеруді қатыстыруды талап етеді.

Геотехникалық үдерістер игеруді қиындатып, тау кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізуге қауіп қатер туғызады. Бұл кенны жоғалтумен, тау кен қазындыларының конструктивтік элементерін қиратып және жер бетінде орналасқан объектілерді зақымдауы мүмкін. Сонымен қатар, ірі геодинамикалық іс шаралар (опырылу мен техногендік жерсілкіністер) адамдардың опат болуына және ірі материалдық қаражатқа әкелуі мүмкін.

Қауіптік операцияларды бағалаудың негізгі бөлігі болып тәуекелді басқару, яғни, қауіпті жағдайларды алдын алудың кешенді шаралары болып табылады.

Сондықтан, қауіпті жағдайларды алдын алу, тау кен өндірісінің қауіпсіздігі мен тиімділігін арттыру үшін, геотехникалық бақылаудан бұрын зілзала мүмкін болатын орынды білу қажет және қалыптасқан жағдайға қарай игеру технологиясын таңдау қажет. Бұл пайдалы қазба кенорнындағы тау кен массивінің жағдайын алдын ала диагностикалау арқылы қатамасыз етеді. Мұндай диагностикалаудың нәтижесінде қалған минералды-шикізат ресурстарының қорын ары қарай игеру кезінде геотехникалық шешімнің негіздемесін жоғарылатуға қажет. Әлсіреген аумақтың геодинамикалық іс шарасы болатын жерде болжау мақсатында бақылау қажет.

Сол үшін, айта кететіні, жер беті әдістері, яғни, жер бетінің деформациясын геомеханикалық бақылауда қолданылатын, қайта геодезиялық нивелирлеу, сонымен қатар, ғарыштық геодезия әдістері (GPS өлшеу) жер бетінде болған деформациялардың толық масштабы мен алған ауқымын анық көрсетпейді.

Қазіргі кезде ГРИ технологиясы мен әдістері практика жүзінде бағаланып келе жатыр, бұл технология жарықтандыру мен бұлттылық жағдайына байланысты жер бетінің вертикальдық және горизонтальдық жылжудың аудандық бағалауын бірінші миллиметрге дейін береді. Ғарыштық радиолокациялық интерферометрия (ГРИ) зерттелетін аумақтың үлкен аумақтық құрылысының деформациясын және жер бетінің жылжуының тікелей карталауының тиімді құралы болып табылады.

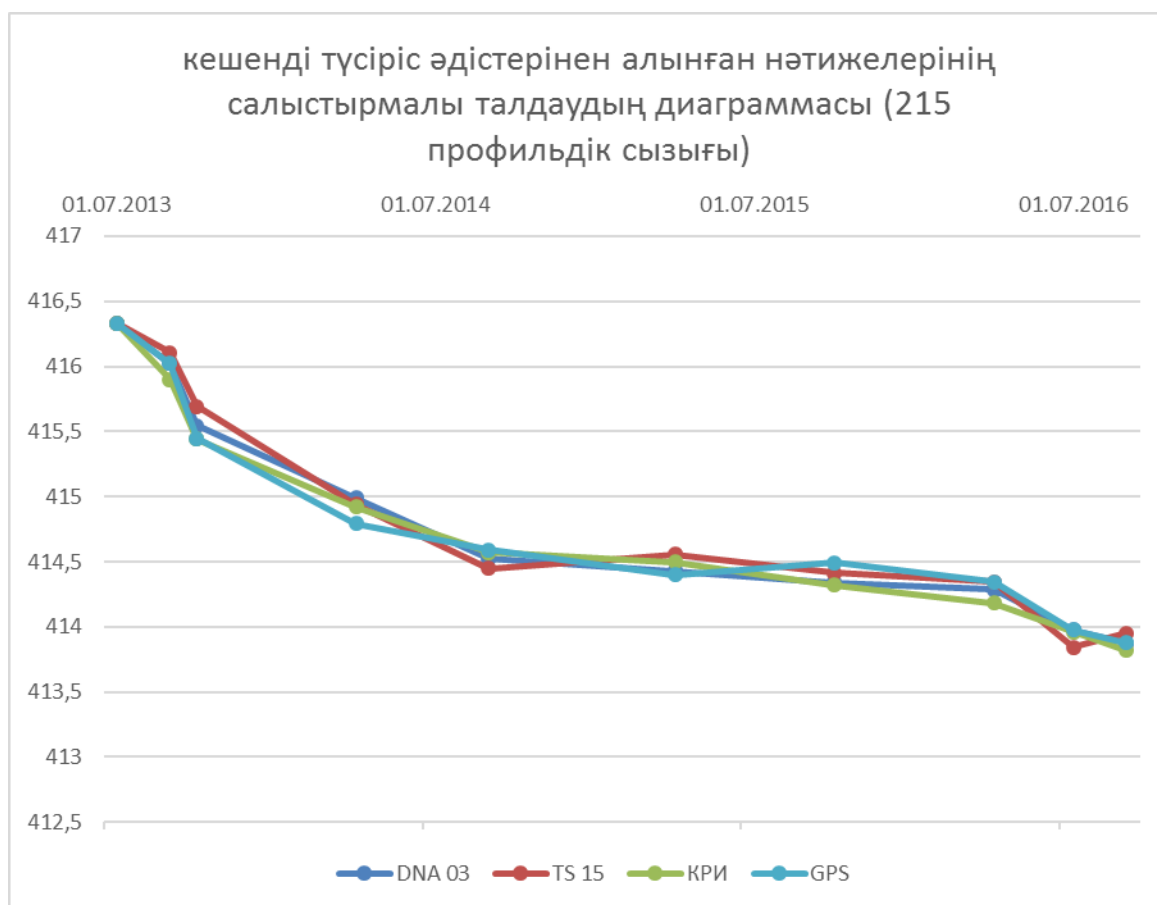
4.13 Бақылау әдістерін талдауда деформациялық үдерістерінің шөгу сұлбасы

Кенорнындағы әлсіз аймақтардың деформациясын геомеханикалық тұрғыдан тиімді бақылау үшін ғарыштық радиолокациялық интерферометрия мен қатар жер беті маркшейдерлік геодезиялық өлшеуді қоса жүргізілді. Қоса жүргүзілудің басты мақсатының бірі – диссертациялық жұмыста айтылғандай зерттеу жұмысын дәстүрлі әдістен артықшылығы, жұмыстың ділдігін жоғарлату болса, екіншіден – кешендік әдістің өзінде әрбір алынған өлшем немесе бақылау нәтижелерін бір-бірімен салыстырып және әрбір аспаптан алынған мәлімет бір-бірінің сенімділігін арттыру, өлшеу дәлдігін қайталау болатын. Маркшейдерлік геодезиялық аспаптарды (электрондық

тахеометриялық түсіріс, лазерлік сканирлеу, GPS бақылау, жоғарғы дәлдікті қайта нивелирлеу) және ғарыштық радиолокациялық интерферометрияны мониторинг жасау құрылғысы ретінде жеке қолдансақ та болады, бірақ бақылаудың кез келген әдісі бір бірін толықтырып және өздерінің мүмкіндіктерін кеңейтетінінің тағы бір дәлелі болатыны хақ. (85 сурет).

Кесте 17 - Кешенді түсіріс әдістерінен алынған нәтижелер

	№215 профильдік сызық бойынша				
	DNA 03	TS 15	КРИ	GPS	
11.07.2013	416,3334	416,3333	416,3332	416,3354	416,3344
23.09.2013	416,0203	416,105	415,9001	416,0222	416,021
21.10.2013	415,5439	415,6941	415,4437	415,4454	415,4447
10.04.2014	414,99	414,9401	414,9197	414,9415	414,7902
11.09.2014	414,52	414,4494	414,5693	414,4809	414,59
12.04.2015	414,4274	414,5572	414,4971	414,5888	414,3978
15.10.2015	414,3402	414,414	414,3197	414,8522	414,4922
10.04.2016	414,2843	414,3438	414,184	414,2153	414,3441
12.07.2016	413,9732	413,8429	413,9628	413,8743	413,9732
16.09.2016	413,87	413,9495	413,8194	413,8742	413,8761



Сурет 85 - Кешенді түсіріс әдістерінен алынған нәтижелерінің салыстырмалы талдаудың диаграммасы (215 профильдік сызығы)

4 бөлім бойынша тұжырым

1. Анненск кенорнындағы жүргізілген кешенді геомеханикалық мониторинг жүйесін, деформациялық үдерістерді зерттеуде, оларды бақылау мен болжауда, қатты пайдалы қазбалар кенорындарын қауіпсіз және тиімді игерудің көптеген жағдайларында, тау-кен жұмыстары жүргізіліп жатқан жер бетінің шөгу және опырылу аймақтарында жүргізу тиімді екені дәлелденді.

2. Кенорнында ҰҰА, жоғары дәлдікті нивелирді, жер асты сканерін, электронды тахеометрлерді және GPS аспаптарын қолданып мониторинг жүргізудің әдістемесі зерделеніп жетілдірілді.

3. Анненск кенорнындағы жер бетінің жылжу, шөгу үдерістерін маркшейдерлік-геодезиялық бақылау әдістерінің негізінде, кенорнында әлсіреген аймақтардың шекарасын дұрыс белгілеп және қауіпті зіл-залалардан сақтану барысында, оның жұмысын үздіксіз жүргізуді және дәлдігін жоғарлату керектігі дәлелденді.

4. Кенорындағы игеру тереңдігін және кеннің тығыздығын есепке алып зоналық аудандыстырудың жетілдірілген әдісі ұсынылды. Зоналық аудандыстырудың жетілдірілген әдісін пайдалану арқылы, жердің опырылу аумағын алдын-ала болжаудың жаңа жүйесі ұсынылды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Диссертациялық жұмыста кешенді геомеханикалық бақылау жүргізу барысында, маркшейдерлік, топографиялық-геодезиялық және аэроғарыштық технологиялар негізінде тау кен массиві жылжуының әлсіз аймақтарын геомеханикалық зерттеудің өзекті тапсырмасын шешудің жаңа жолы ұсынылды және келесідей нәтижелер алынды:

1. Шет елдік зерттеулердің тәжірибесіне де сүйене отырып жер бетінің жылжу үдерістерінің геомеханикалық бақылауын және кенорынның әлсіз аймағындағы кенді игерудегі басымдық бағыты анықталды, қазіргі таңдағы жағдайына талдау жасалды және ғарыштық және геодезиялық технологияның жаңа әдістері мен тәсілдерін қолданып бақылау жүргізілді.

2. Кен массивіндегі бұзылу үдерісінің дамуын болжау және тиімді бақылау үшін және күрделі тау-кен геологиялық жағдайындағы пайдалы қазындыны үздіксіз игеру кезеңінде, кенорынның әлсіз аймақтарында геодезиялық бақылаудың инновациялық әдістерін енгізу ұсынылды.

3. Анненск кенорнындағы әлсіз аймақтарда жер бетінің жылжуына геомеханикалық бақылау жүргізуде кешенді жүргізілген әдісті тиімді деп ұсынамыз.

4. Дифференциалдық интерферометрия тапсырмасының дұрыс және нақты шешімін табуда, жер бетінің көрінісін немесе радиолокационды SAR-суретінің тиімді қос интерферометриялық жұптарына қол жеткізу болып саналды, ол үшін ғарыштық жүйені дұрыс таңдау жасалуы керек. Орындалған жұмыстардың нәтижесінде, Анненск кенорнының аумағындағы жер бетінің жылжу картасы тұрғызылды және жылжу картасында жер бетінің отыру мұльдасында 5 см –ге дейінгі ығысқан аймақтар белгіленді.

5. Анненск кенорнындағы жер бетінің жылжуын ғарыштық радиолокациондық интерферометрияны пайдаланып жүргізу барысында, 17.09.2015, 28.09.2015, 09.10.2015 жылдар кезеңіндегі ғарыштық мәліметтердің тиімді жұптық суреттері пайдаланылды, ондағы базалық сызықтардың перпендикулярлығы 12,58 м 82,11 м ге дейін, ал когерентті коэффициенті 0,7 м ден 0,713 м-ге дейін жетеді.

6. Анненск кенорнындағы әлсіз аймақтардағы жер бетінің жылжуының абсолютті мәнін табу мақсатында, рельефтің сандық моделі құрылды, ол арқылы жер бетінің рельефінің фазасынан бастапқы рельефтің фазасының айырмашылығын көруге болады.

7. Профильдік сызықтар бойынша 2011-2016 жж кезеңіндегі дифференциалды интерферометрияның нәтижелерін геодезиялық бақылау нәтижелерімен салыстырмалы талдау жасалып, нәтижесінде өте жоғары корреляцияға көрсетті. 27 реперде интерферометриялық бақылау бойынша жер бетіндегі шөгудің абсолюттік мәні 0,8 см құрады, ал геодезиялық өлшемдер бойынша 1 см, бұдан геодезиялық өлшемдердің талаптандыратын қанағаттандыратын жоғары дәлдікке ($\pm 0,2$ см) қол жеткіздік.

8. Кенорынның жер бетіндегі аумақтық аудандарға бөліп есептеудің әдісін жетілдірдік және массивтің анизотропияға тығыздығын ескеретін және бақылаудың дәлдігі мен деформациялық үдерістерді болжаудың сенімділігін арттыратын N/m критериіндегі әдісті ұсындық.

9. Анненск кенорнының толық аумағы бойынша ғарыштық түсіріспен салыстырмалы түрде қарағанда әлдеқайда арзан, тиімді және 1-2 мм дәлдікпен алатын ұшақсыз ұшу аппараты (ҰҰА 101) және жоғары дәлдікті нивелирлеу сияқты геодезиялық әдістер ұсынылды, бұл арқылы кенорынның әлсіз аймақтарында жер бетінің жағдайы бақыланды, жер бетінде құлауға қаупі бар аумақтардың қозғалу, шөгу және жылжу картасы тұрғызылды.

10. Тау кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізуге және тиімділікті жоғарлату мақсатында, жер асты қуыстарының дұрыс өлшемдерін таңдауға мүмкіндік беретін, кенді игерудегі және тереңдігіне байланысты күтілетін шекті рұқсат етілетін мәндерін алуға мүмкіндік беретін, деформациялық үдерістердің параметрлерінің нәтижелерін математикалық өңдеу негізінде жоғары корреляциялық тәуелділігі алынды.

Алға қойылған мәселелердің шешілу толықтығын бағалау

Диссертациялық жұмыста кенорнының әлсіз аймағындағы тау-кен шоғырларының жылжуының геомеханикалық мониторингісі бойынша алынған нәтижелерді теориялық және практикалық кешенді талдау мен нәтижелерін қорытындылады. Деформациялық үдерістерді болжаудың сенімділік дәрежесін және бақылау дәлдігін арттыруға мүмкіндік беретін тау-кен жұмыстары кезіндегі дағдылы әдістерден ерекшеленетін, тау жыныстарының тығыздығының анизотропиясын ескеретін жер бетіндегі опырылу қаупі бар аумақтарды анықтау тәсілдері құрастырылды. Бақылау жұмыстарын жүргізуге қажет заманауи аспаптарды таңдау және мониторинг жүргізу мәселелері толығынан зерделенді.

Ғылыми нәтижелерді нақтылы пайдалану туралы ұсыныстар мен бастапқы мәліметтер. Зерттеу объектісі бойынша кешенді мониторинг жасау барысында және ГРИ түсірістері бойынша анықталған жер беті мен инженерлік құрылыстар деформацияларының мәліметтері және көрнекті жылжу графиктері Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасында оқу үдерісіне (курстық, дипломдық жобаларды жасауда және «Геомеханика», «Заманауи геодезиялық аспаптар» пәндері бойынша оқу құралында) пайдаланылуда.

Енгізудің техникалық-экономикалық нәтижелілігін бағалау

Анненск кенорны аймағында жер қабатының деформациясы мен жылжу үдерісін бақылау үшін заманауи аспаптармен геодезиялық мониторинг жүргізу арқасында кәсіпорнының өндірістік қауіпсіздігі сақталады және оның негізінде табиғи ортаның тепе-теңдігінің жақсаруынан әлеуметтік-экономикалық әсер қамтамасыз етіледі. Зерттеу нәтижелері бойынша 17 ғылыми жұмыс, оның ішінде 4 мақала Қазақстан Республикасы білім және ғылым министрлігінің білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған журналдарда, 1 мақала алыс шет ел журналында (Балгария)

журналдарында, 8 мақала халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциялар жинақтарында, 3 мақала ғылыми-техникалық және өндірістік журналда, 1 мақала Scopus базасы мәліметінде жарияланған.

Осы саладағы таңдаулы жетістіктермен салыстырғандағы орындалған жұмыстың ғылыми деңгейін бағалау

Ғылыми нәтижелер мен қорытындылардың негізделгендігі және сенімділігі өндіріс жағдайында жүргізілген геодезиялық өлшеулердің көлемімен, олардың математикалық өңделуімен, алынған нәтижелер оқу құралдары ретінде оқу үдерісіне енгізілудің оң нәтижелігімен расталады (қолдану актілері), сонымен қатар «Әлсіз аймақтарды геомеханикалық мониторингтеудегі заманауи маркшейдерлік, топография-геодезиялық және аэроғарыштық технология негізінде пайдалы қазбаларды игеру» атты жобамен» атты №1059/ГФ4 Білім және Ғылым министрлігінің 12719 грантық қаржыландыру жобасына пайдалануда.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Послание Президента Республики Казахстан Н.Назарбаева народу Казахстана. 31 января 2017 г.
[//http://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses_of_president/poslanie-prezidenta-respubliki-kazahstan-nnazarbaeva-narodu-kazahstana-31-yanvary-2017-g](http://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses_of_president/poslanie-prezidenta-respubliki-kazahstan-nnazarbaeva-narodu-kazahstana-31-yanvary-2017-g)
- 2 Трубецкой К.Н., Айруни А.Т. Напряжения и деформации в массивах горных пород при разработке полезных ископаемых. - М.: ИПКОН АН СССР, 1988. - 188 с.
- 3 Трубецкой К.Н., Милетенко Н.А., Одинцев В.Н. Развитие методики прогноза опасных геомеханических и гидрогеологических процессов при освоении недр //В сб.: Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах и выработках. - Симферополь: Таврический университет, 2011. – С. 341-344.
- 4 Машанов А.Ж., Нурпеисова М.Б. Геомеханика: оқулық. – Алматы: ҚазҰТУ, 2000. - 124 б.
- 5 Нурпеисова М.Б. Геомеханика. - Алматы: АВ «Дәуір», 2014. – 301 с.
- 6 Ержанов Ж.С. Теория ползучести горных пород. – Алма-Ата: Наука, 1970. - 195 с.
- 7 Иофис М.А., Одинцев В.Н. Разрушение горных пород и риск техногенных катастроф //Горный журнал. - 2008. - № 4. – С. 30-35.
- 8 Фисенко Г.Л. Методы количественной оценки структурных ослаблений массива горных пород в связи с анализом их устойчивости //В кн.: Современные проблемы механики горных пород: материалы IV Всесоюзной конференции по механике горных пород. - Л.: Наука, 1972. - С. 21-29.
- 9 Певзнер М.Е., Иофис М.А., Попов В.Н. Геомеханика. – М.: МГГУ, 2008. - 438 с.
- 10 Борщ-Компаниец В.И. Механика горных пород: массивов и горное давление. - М.: МГИ, 1968. – 464 с.
- 11 Попов И.И., Окатов Р.П., Низаметдинов Ф.К. Механика скальных массивов и устойчивость карьерных откосов. - Алма-Ата: Наука, 1986. - 255 с.
- 12 Нурпеисова М.Б., Касымканова Х.М. Устойчивость бортов рудных карьеров и отвалов. – Алматы: КазНТУ, 2006. - 131 с.
- 13 Байгурин Ж.Д., Нурпеисова М.Б., Касымканова Х.М. Изучение напряженно-деформированного состояния породного массива месторождения Акбакай. // Горный журнал Казахстана, 2011. - № 11. - С. 26-29.
- 14 Единые правила по рациональному и комплексному использованию недр при разведке и добыче полезных ископаемых. – Астана: Егемен Қазақстан, 2011. - С.53.
- 15 Постановление правительства с изменениями и дополнениями. Об утверждении Единых правил охраны недр при разработке месторождений твердых полезных ископаемых, нефти, газа, подземных вод в Республике Казахстан: утв. 11.07.2017 г.

- 16 Викторов С.Д., Иофис М.А., Одинцев В.Н. Разрушение массива горных пород и риск техногенных катастроф //Горный журнал. - 2005. - № 4. - С. 30-35.
- 17 Ипалаков Т.Т., Паршаков А.Т. Ресурсосберегающие технология управления устойчивостью бортов карьера //Тр. междуна. конф. «Инновационные технологии сбора и обработки геопространственных данных для управления природными ресурсами». – Алматы: КазНТУ, 2012. – С. 5-9.
- 18 Duncan J.M. State of the art: limit equilibrium and finite element analysis of slopes //Journal of Geotechnical Engineering. - 1996. P. 577-596.
- 19 Duncan J.M., Wright G. The accuracy of equilibrium methods of slope stability analysis //Engineering Geology. – 1980. - Vol. 16. – P. 5-17.
- 20 Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений. - М.: Стройиздат, 1975. -42 с.
- 21 Пискунов М.Е. Методика геодезических наблюдений за деформациями сооружений. – М.: Недра, 1980. – 260 с.
- 22 СНиП РК 1.03-26-2004 «Геодезические работы в строительстве».
- 23 СНиП СН РК 1.04.04-2002. «Обследование и оценка технического состояния зданий и сооружений».
- 24 ГОСТ 24846–81 ГРУНТЫ. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений. - Астана, 2003.
- 25 СНиП РК 5.01-01-2002 «Основания зданий и сооружений».
- 26 Щеточкин В.Н., Кисляков Я.М. Джезказган с позиций пластово-эпигенетического рудообразования //Редкометалльно-урановое рудообразование в осадочных породах. - М.: Наука, 1995. - С. 177-200.
- 27 Сатпаева М.К., Таненов Т.И. Минералогия руд и зональность залежей Джезказганского месторождения (по материалам рудного района «Анненский»). - Алматы: Гылым, 1995. - 124 с.
- 28 Чабдарова Ю.И., Жужгов Ю.В., Букин А.Н. Горное давление в антиклинальных структурах Джезказгана. – Алма-Ата: Наука, 1980. - 194 с.
- 29 Сейфулин С.Ш., Нуралин Н.Н. Геолого-структурные условия формирования месторождения Джезказган. – Алма-Ата: Наука, 1964. - 217 с.
- 30 Сатпаев К.И. Основные элементы геологии и металлогении Джезказган-Улутаусского района //В кн.: Большой Джезказган: Геология и металлогения.- Алма-Ата, 1961. – С. 27-59.
- 31 Яуралин Я.Н., Едресов Т.Е. Морфогенетические особенности рудных тел Джезказгана //Изв. АН КазССР. Сер. геол. – 1968. - № 3. – С. 29-39.
- 32 Дворниченко Е.Е., Каскараув Т.Ж., Кореньков Е.А. Рудные поля Центрального Казахстана и их древняя гидрографическая сеть //Геология и методы оценки месторождений твердых полезных ископаемых Казахстана.: сборник научных трудов. - Алма-Ата: КазИМС, 1986. - С.43-48.
- 33 Смирнов В.И. Фактор времени в образовании стратиформных рудных месторождений //Геология рудных месторождений. – 1970. - № 6. – С. 3-17.
- 34 Концепция дальнейшей безопасной и эффективной отработки Жезказганского месторождения в усложнившихся горнотехнических и геомеханических условиях» (согласована с Комитетом по государственному

контролю за чрезвычайными ситуациями и промышленной безопасностью МЧС РК). – Жезказган: Корпорация «Казахмыс», 2007.

35 Техничко-экономический расчет эффективности разработанной технологии добычи и переработки бедных руд Жезказганского месторождения. - Караганда, ТОО «КазГидроМедь», 2013.- 32 с.

36 Саттыбаев А.Б., Жангожин А., Булатова М.А. Прочностные и упругие свойства горных пород Джезказганского месторождения //В кн.: Технология разработки месторождений полезных ископаемых. – Караганда: тр. КарПТИ, 1974. – С. 184-186.

37 Катин К.П., Пестушов И.П. Физико-механические свойства пород кровли.Джезказганского месторождения //Тр. ВНИИцветмета. – 1967. – Вып. 3. – с. 523-533.

38 «Единые правила по рациональному и комплексному использованию недр при разведке и добыче полезных ископаемых» постановление правительства Республики Казахстан от 10 февраля 2011 года, № 123

39 Ильницкая Е.И., Тедер Р.И. Свойства горных пород и методы их определения. - М.: Недра, 1969. - 392 с.

40 Хаимов З.С. Основы высшей геодезии.- М.: Недра, 1984.- 360 с.

41 Данилов В.В., Успенский М.С. Описание конструкций центров и технология их закладки в различных районах страны дано в инструкции «Центры и реперы государственной геодезической сети СССР». - М.: Недра, 1973. - С. 12-52.

42 Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей /ЦНИИГАиК. - М.: Недра, 1991.

43 Кожаев Ж.Т., Байгурин Ж.Д., Имансакипова Б.Б., Салкынов А.Т. Технология построения информационного и ситуационного плана оседаний по результатам космической съемки //Горный журнал Казахстана. – 2016. - № 2. – С. 116.

44 Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей. – М.: «Картгеоцентр»-«Геодезиздат», 1993.

45 Мансуров В.А., Юн Р.Б., Сатов М.Ж. Локальная сеть микросейсмического контроля обрушений на стадии доработки Жезказганских рудников //Труды Международной конференции: Горная геофизика. - Санкт-Петербург: ВНИМИ, 1998.

46 Алипбергенов М.К., Сатов М.Ж. Инструментальный мониторинг горного массива //Материалы научно практической конференции: Геотехнология на рубеже XXI века. – Новосибирск, 1998.

47 Мансуров В.А., Юн Р.Б., Сатов М.Ж. Локальная сеть микросейсмического контроля обрушений на стадии доработки Жезказганских рудников //Труды Международной конференции: Горная геофизика. - Санкт-Петербург: ВНИМИ, 1998.

48 Методические указания по ведению горных работ в районах ослабленных участков подземных рудников Жезказганского месторождения. – Алматы; Жезказган: ИГД; «Корпорация Казахмыс», 2000. – 36 с.

49 Кантемиров Ю.И. Компания «СОВЗОНД», Космический радарный мониторинг смещений и деформаций земной поверхности и сооружений //Тр. междунар. конф. «Инновационные технологии сбора и обработки геопространственных данных для управления природными ресурсами», – Алматы: КазНТУ, 2012. – С. 333-338.

50 Шамганова Л.С., Тулебаев К.К., Джангулова Г.К., Кокишева Л.М. К вопросу изучения техногенной нагрузки в районе отработанных месторождений //Тр. междун. конф. «Инновационные технологии сбора и обработки геопространственных данных для управления природными ресурсами», – Алматы: КазНТУ, 2012. – С.27-32.

51 Мансуров В.А., Юн Р.Б., Сатов М.Ж. Локальная сеть микросейсмического контроля обрушений на стадии доработки Жезказганских рудников //Труды Международной конференции: Горная геофизика. - Санкт-Петербург: ВНИМИ, 1998. с. 156-159.

52 Кожаев Ж.Т., Салкынов А.Т., Спицын А.А., Алтаева А. Теоретический аспект эффекта кинематического разрыхления при выпуске руды //Вестник КазНУ. – 2015. - № 2.- С. 262-267.

53 Временные методические указания по выявлению ослабленных участков на рудниках АО «Жезказганцветмет». – Жезказган: ИГД АН РК; АО «Жезказганцветмет», 1998. – 36 с.

54 Земцова А.В., Байгурин Ж.Д., Юнусов Р., Спицын А.А., Имансакипова Б.Б. Повышение эффективности контроля параметров деформационных процессов земной поверхности рудных месторождений //Маркшейдерия и недропользование. – 2016. - № 4 (84). - С. 49-53.

55 Мансуров В.А., Сатов М.Ж., Жантуев Р.Т., Кантемиров Ю.И. Космический радарный мониторинг смещений земной поверхности сооружений на Жезказганском месторождении меди //Геоматика. - М., 2012. - №1(14). - С. 77-84.

56 Буш В., Хебель Х.П., Шаффер М., Вальтер Д., Барях А.А. Контроль оседания подработанных территорий методами радарной интерферометрии //Маркшейдерия и недропользование. – 2009, № 2(40).-С. 52-58.

57 Баранов Ю., Кантемиров Ю., Киселевский Е. Космический радиолокационный мониторинг определяет просадки земной поверхности, вызванные разработкой месторождений нефти и газа //Журн.Нефть и Газ. – 2008. - № 2.- С.25-28.

58 Massonnet D., Rossi M., Carmona C., Adragna F., Peltzer G., Feigl K., Rabaute T. The Displacement Field of the Landers Earthquake Mapped by Radar Interferometry //Nature. - 1993. - № 364. - P. 138-142.

59 Коберниченко В.Г., Сосновский А.В. Интерферометрическая обработка данных космической радиолокационной съемки высокого разрешения //Физика волновых процессов и радиотехнические системы. - 2012. - Т.15, №3. - С. 75-83.

60 Мухамедгалиев А.Ф., Разакова М.Г., Смирнов В.В. Создание и развитие геоинформационных технологий тематической интерпретации данных радиолокационного зондирования с использованием математических методов и

вычислительных алгоритмов текстурной классификации и нейронных сетей //Журнал «Проблемы информатики», Сибирское отделение РАН. - 2012. - №3. – С. 69-73.

61 Мухамедгалиев А.Ф., Разакова М.Г., Смирнов В.В., Бекмухамедов Б.Э. Мониторинг техногенных смещений почв и грунтов методами дифференциальной интерферометрии //Казахстанские космические исследования. Наземно-космические технологии в исследованиях Земли. – Алматы, 2013. – Т. 11. - С. 114-122.

62 Muhamedgaliev A.F., Imansakipova B.B., Milev Ivo, Baygurin Zh.D. Using Radar Interferometer Detection Progress Surface //Proceedings of the 14th SGEM GeoConference on Informatics. - Bulgaria: Geoinformatics and Remote Sensing, 2014, - Vol. 2. - P. 669-678.

63 Кожаев Ж.Т., Мухамедгалиева М.А., Мустафин М.Г., Имансакипова Б.Б., Геоинформационная система геомеханического мониторинга рудных месторождений с использованием методов космической радиолокационной интерферометрии //Горный журнал России. – 2016. - № 2.- С. 39-44.

64 Когдратенков Г.С., Потехин В.А., Реутов А.П., Феоктистов Ю.А. Радиолокационные станции обзора Земли /под ред. Г.С. Кондратенкова. -М.: Радиосвязь, 1983. - 272 с.

65 Мухамедгалиев А.Ф., Разакова М.Г., Смирнов В.В., Бекмухамедов Б.Э. Использование радиолокационной интерферометрии для обнаружения подвижек земной поверхности // “Геоинформатика”. - М., 2013. - № 3. - С. 56 - 62.

66 Разработка полезных ископаемых в ослабленных зонах с сопровождением геомеханического мониторинга на основе инновационных маркшейдерских, топографо-геодезических и аэрокосмических технологий: отчет о НИР (промежуточный) КазНИТУ: рук. Байгурин Ж.Д. – Алматы, 2015. - 110 с. - №1059/ГФ4.

67 Разработка полезных ископаемых в ослабленных зонах с сопровождением геомеханического мониторинга на основе инновационных маркшейдерских, топографо-геодезических и аэрокосмических технологий: отчет о НИР (промежуточный) КазНИТУ: рук. Байгурин Ж.Д. – Алматы, – 2016. -127 с. №1059/ГФ4.

68 Практическое руководство. - Leica Geosystems. – Швейцария, 2005. – Ч. 1-2.

69 Карманов А.Г. Учебное пособие по курсу «Геоинформатика». - Санкт-Петербург, 2012.-116 с.

70 Елсаков В.В., Кириллов Д.В. Автоматизированное дешифрирование аэрокосмических изображений: учебное пособие. – Сыктывкар:СЛИ, 2013.-44 с.

71 Построение геолого - геофизических разрезов произвольной формы в среде ARCGIS: методическое пособие. – Казань, 2013. - 20 с.

72 Кожаев Ж.Т., Имансакипова Б.Б., Мустафин М. Г., Байгурин Ж.Д. Интерферометрическая методика мониторинга за геомеханическим процессом

при разработке Жезказганского месторождения //Вестник КазНУ. – 2017. - №1. С. 66-71.

73 Имансакипова Б.Б., Мухамедгалиев А.Ф., Байгулин Ж.Д., Кожаев Ж.Т., Шәкиева Г. Мониторинг за геомеханическим процессом при разработке месторождения интерферометрическим методом //Тр. Межд. Конференции. Сатпаевские чтения «Научное наследие Шахмардана Есенова», - Алматы, 2017. – С. 452-455.

74 Кожаев Ж.Т., Байгулин Ж.Д., Имансакипова Б.Б. Геомеханикалық бақылаудың нәтижелерін сараптау //Труды междунар. науч. конф. «Инновационная парадигма устойчивого развития науки». - Санкт-Петербург, 2016. С. 23-26.

75 Кожаев Ж.Т., Байгулин Ж.Д., Имансакипова Б.Б., Анненск кенорнындағы геомеханикалық бақылаудың үдерістері //Труды междунар. науч. конф. «Научное и кадровое сопровождение инновационного развития горно-металлургического комплекса». - Алматы, 2017. Б. 211-214.

76 Байгулин Ж.Д., Кожаев Ж.Т., Имансакипова З.Б., Спицын А.А. Способ зонного районирования поверхности рудного месторождения по степени потенциальной опасности к обрушению //Сборник трудов 2-ой международной научной школы академика К.Н. Трубецкого «Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр». – М., 2016.-С. 31-35.

77 Кожаев Ж.Т., Салкынов А.Т., Байгулин Ж.Д., Имансакипова А.Б. Управление рисками при изучений вопросов сдвижения горных пород //Вестник КазНУ. – 2015. - № 2. - с. 256-262.

78 Методические указания по ведению горных работ в районах ослабленных участков подземных рудников Жезказганского месторождения.- Жезказган: ТОО Корпорации Казахмыс, 2000. – 33 с.

79 Комплексное геомеханическое обследование запасов Анненского рудника. – Жезказган: ТОО Корпорации Казахмыс, 2011.– 8 с.

80 Алипбергенов М.К., Мансуров В.А., Сатов М.Ж., Макаров А.Б. Современный комплексный мониторинг – надежный инструментарий для повышения эффективности и безопасности горных работ //Горный журнал.- 2002. - № 5. – С. 90-92.

81 Айнакулов Ж.Ж., Смирнов В.В., Кузьмин А.Г., Разакова М.Г., Кожаев Ж.Т., Макаренко Н.Г. Аэрофотосъемка открытых горнорудных месторождений с использованием БПЛА» //Вестник КазНУ. – 2017. - № 4. – С. 371-377.

82 Kakimzhanov E.N., Kozhaev Zh.T., Bektemirova S Technique of creation interactive visualization of 3d maps within the University Campus //15th International Multidisciplinary Scientific Geoconference and EXPO. – SGM, - Bulgaria, 2015. P. 845-851.

83 Фирсов А.П., Злыгостев И.Н., Савлук А.В. Применение беспилотных летательных аппаратов при геолого-геофизическом картировании //Материалы V Всероссийской научно-практической конференции «Геология и минерально-сырьевые ресурсы северо-востока России». –М., 2015. - С. 529-533.

- 84 [http:// www. ispl. ru/ Sistemy_upravleniya – BLA .html](http://www.ispl.ru/Sistemy_upravleniya-BLA.html). Практическое руководство. - БПЛА. – М., 2012. – Ч. 1.
- 85 Орлов Б.В., Мазинг Г.Ю., Рейдель А.Л., Степанов М.Н., Топчиев Ю.И. Основы проектирования ракетно-прямоточных двигателей для беспилотных летательных аппаратов, М., 2008 г. - С. 22-68.
- 86 Нурпеисова М.Б., Айтказинова Ш.К. Использование лазерного сканирования при мониторинге за состоянием массива //Труды международной конференции «Геоэкологические и геинформационные аспекты в исследовании природных условий и ресурсов науками о Земле». - Алматы: КазНУ, 2013. – С. 209-212.
- 87 [http://art-geo.ru/catalog/terrestrial / sistemy-monitoringa - polostey - cms / sistema – monitoringa -polostey-minei](http://art-geo.ru/catalog/terrestrial/sistemy-monitoringa-polostey-cms-sistema-monitoringa-polostey-minei)
- 88 Загретдинов Р.В. Спутниковые системы позиционирования. - Казань, 2014. – 148 с.
- 89 Антонович К.М. Использование СРНС в геодезии: в 2 т. - М.: ФГУП «Картцентр», 2005.-334 с.
- 90 Панжин А.А. Наблюдение за сдвижением земной поверхности на горных предприятиях с использованием GPS //Известия Уральской Государственной горно-геологической академии. - Екатеринбург, 2000. - № 11. - С. 196-203.
- 91 Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии. - М: Картцентр, 2004. - 355 с.
- 92 Соловьёв Ю.А. Системы спутниковой навигации. – М.: Эко-трендз, 2000. – 267 с.
- 93 Зайцев А.К., Марфенко С.В., Михелев Д.Ш. Геодезические методы исследования деформаций сооружений. - М.: Недра, 1991. - 272 с.
- 94 Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов, ГКИНП (ГНТА) – 03–010–03. - М.: ЦНИИГАиК, 2004. - 55 с.
- 95 ГОСТ 24846–81. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений.
- 96 Михайлов, В.И. Скребков Г.В., Тимощенко С.А. Опыт применения цифрового нивелира DNA 03 при измерении осадочных деформаций производственных объектов ОАО «Гродно Азот» //Материалы 6-й междунар. науч. -техн. конф. - Минск, БНТУ, 2008. – 50 с.
- 97 Магуськин Б.Ф. Исследования и поверки высокоточных нивелиров: методические указания. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1994. -18 с.
- 98 Руководство по эксплуатации. DNA03/ DNA10. - М.: Недра, 2007. - 52 с. Версия 1,2.
- 99 Руководство к цифровому нивелиру DNA03/DNA10. - М.: Недра, 2007. - 46 с. Версия 3,4.
- 100 Яковлев Н.В. Высшая геодезия . - М.: Недра, 1989.-445 с.

101 «Геодезический эталон» «измерения геодезические. термины и определения. ГОСТ 68-15-2001» : утв. Приказом картографии от 24.04.2001 N 93-пр.

102 Кожаев Ж.Т. Маркшейдерский мониторинг состояния прибортовых массивов //Проблемы освоения недр в 21 веке глазами молодых: 11 международная молодежная научная школа. – М.: ИПКОН, 2014. - С. 77-82.

103 <http://www.rusgeocom.ru/taheometry-leica-ts15>. Практическое руководство. - Leica Geosystems. – Швейцария, 2009. – Ч. 1.

104 Руководство пользователя Leica TS15. Leica Geosystems. - Швейцария 2015. -107 с.

105 Шантаев А.Т., Кожаев Ж.Т. Особенности использования гидрогеологических и гидроэкологических карт при строительстве промышленных объектов и разработке месторождения полезных ископаемых //Тр. Междунар. конференции. Сатпаевские чтения «Научное наследие Шахмардана Есенова». – Алматы, 2017. – С. 483-486.

106 Естаев Ә.М., Қожаев Ж.Т., Байгурын Ж.Ж. Новый подход к расчету потерь и разубоживания при отработке маломощных жил.//Тр. Междунар. конференции «Научное и кадровое сопровождение инновационного развития горно-металлургического комплекса». - Алматы, 2017. – С. 290-293.

107 Геология, геодезия және география: қазақша-орысша, орысша-қазақша сөздік. - Алматы: Қазақпарат, 2014. - Т.19. - 450 б.

108 ГОСТ 24846–81 ГРУНТЫ. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений. - Астана, 2003.

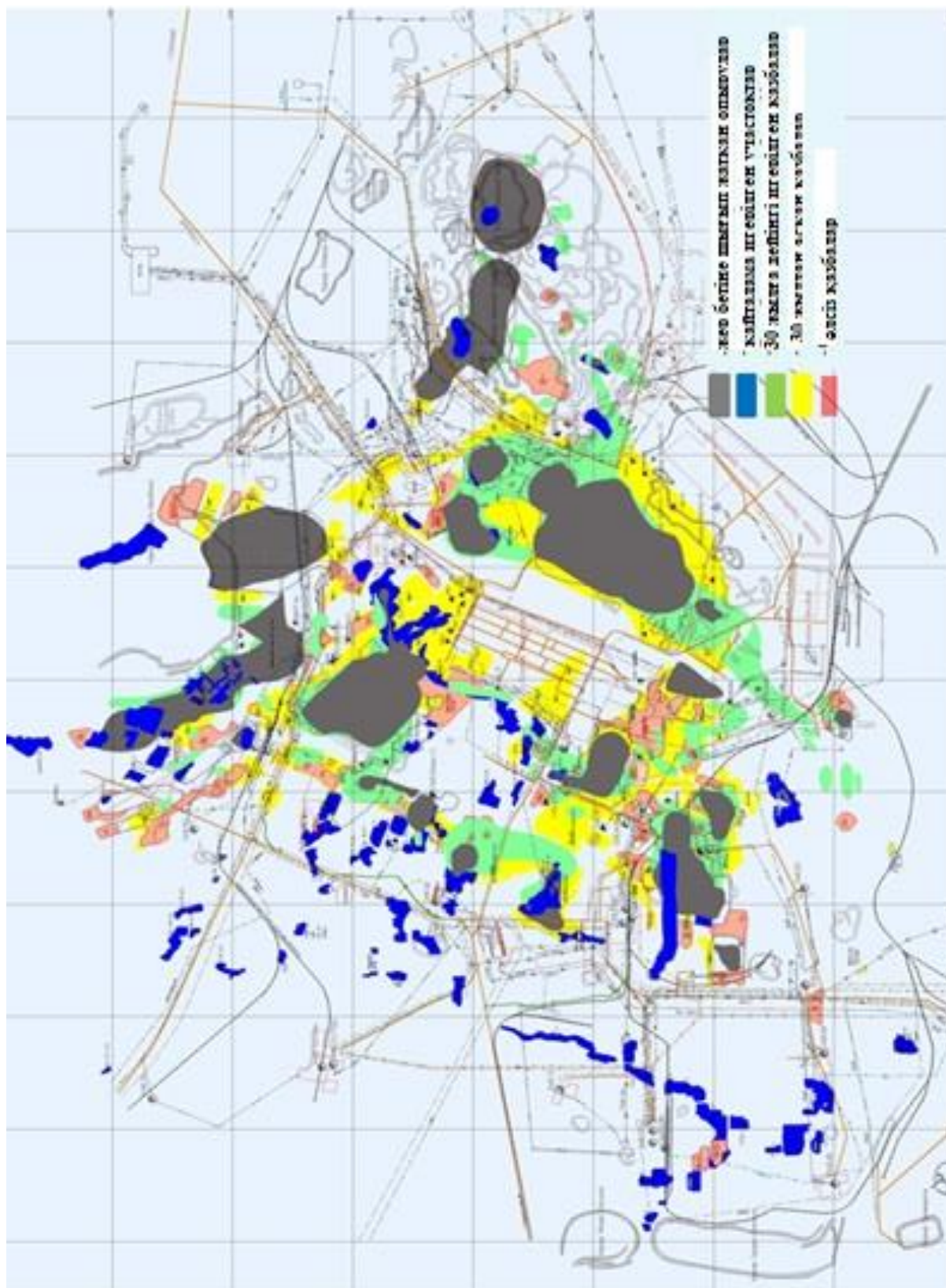
109 СНиП 5.03-37-2005 «Нагрузки и воздействия». - Астана, 2005. - 51 с.

110 СНиП РК 5.01-01-2002 «Основания зданий и сооружений». - Астана, 2002. - 48 с.

111 Бейсебаев А.М., Крупник Л.А., Сандибеков М.Н. Как подготовить и защитить диссертацию. - Алматы, 1998. - 42 с.

ҚОСЫМША А

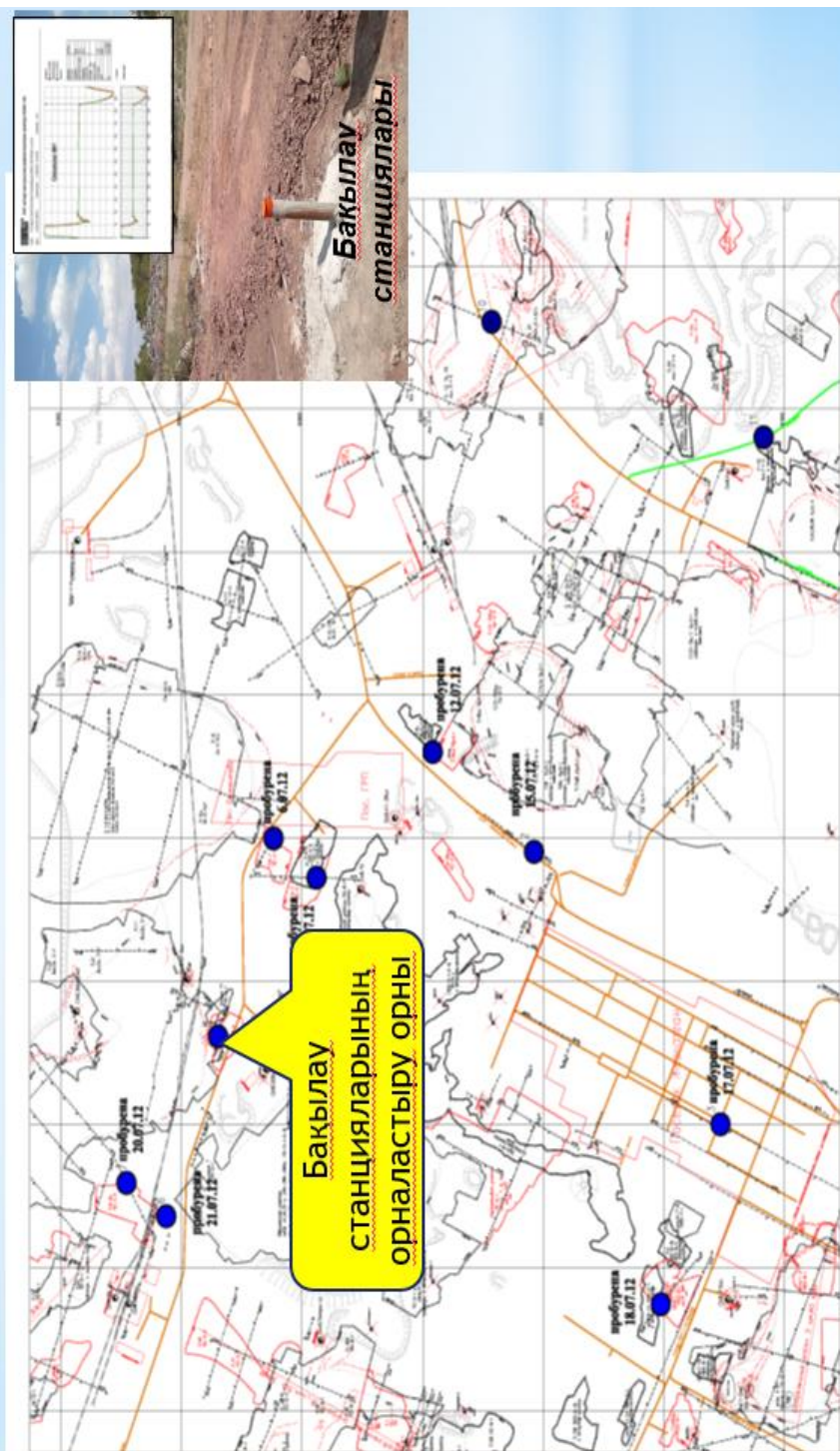
Жезқазған кенорнының жағдаяттық планы



ҚОСЫМША Ә

Бақылау стансаларының орналасу тәртібі

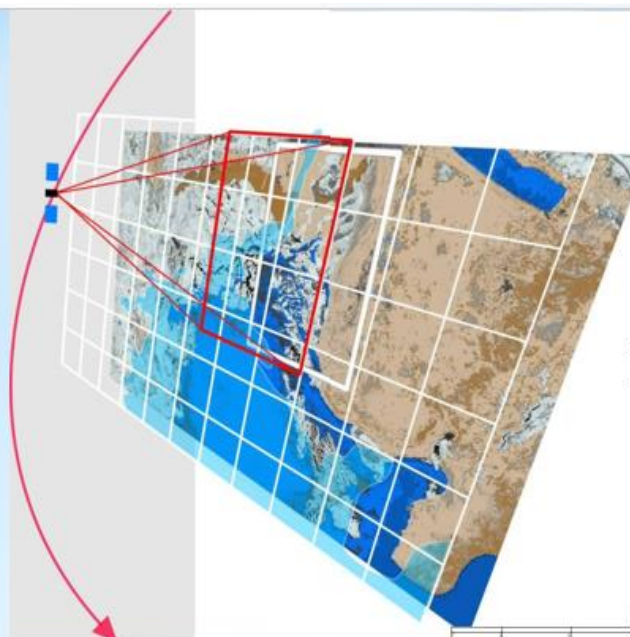
АННЕНСК КЕНОРНЫ БОЙЫНША БАҚЫЛАУ СТАНЦИЯЛАРЫНЫҢ ОРНАЛАСУ ОРЫНДАРЫ ЖӘНЕ ТӘРТІБІ



ҚОСЫМША Б

Анненск кенорнының жылжу үдерістерін дифференциалды интерферометриямен бақылау

АННЕНСК КЕНОРНЫ БОЙЫНША ЖЕР БЕТІНІҢ ЖЫЛЖУ ҮДЕРІСТЕРІН
ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯМЕН БАҚЫЛАУ
ҒАРЫШТЫҚ РАДАРЛЫҚ ТҮСІРІС (интерферометрия)

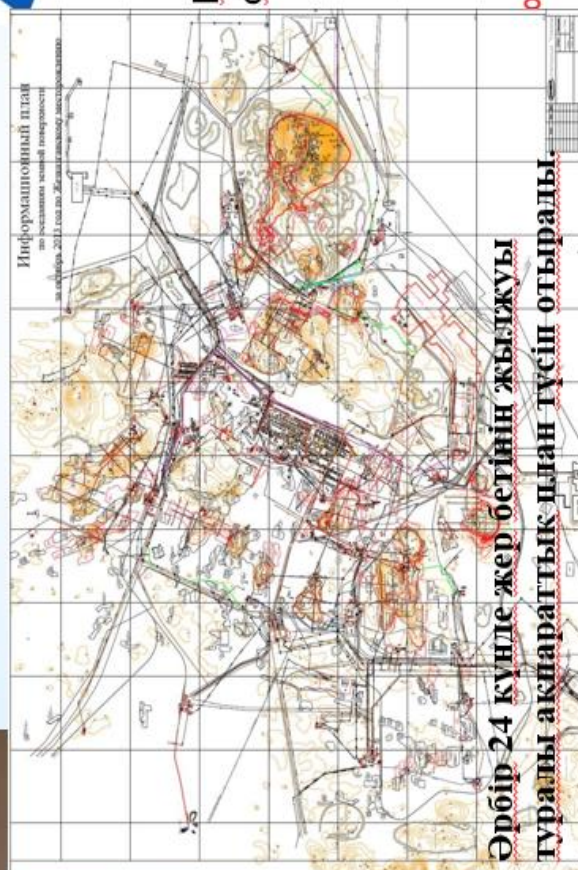
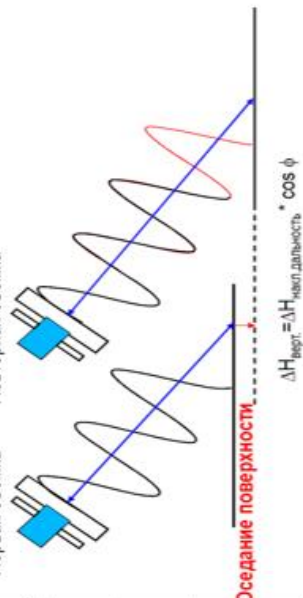


Радарлық түсіріс жұмысының

сұлбасы

Первая съемка

Повторная съемка



ҚОСЫМША В

УТВЕРЖДАЮ
Директор Восточно-Жезказганского
рудника
Жаппалиев Данияр Кенгирбаевич



М.П.
« 13 » 10 2016г.

Акт выполнения результатов научно-исследовательских и технологических работ

Настоящим актом подтверждаем, что результаты работы на тему «Разработка полезных ископаемых в ослабленных зонах с сопровождением геомеханического мониторинга на (наименование работы, разработка или ее часть, № гос. регистрации, код фти) основе инновационных маркшейдерских топографо-геодезических и аэрокосмических технологий» №757 МОН, ГФ, 15, РИПР 13 выполненной (выполняемой) в Казахском национальном техническом университете имени К.И.Сатпаева с «18» сентября 2016г. по «25» сентября 2016г., выполнены на (в) АО «Казахмыс», Восточно-Жезказганский рудник, г. Сатпаев (полное наименование предприятия (организации, учреждения), где осуществлялось изобретение, его

адрес, тел. руководителя)
в производство выполнение маркшейдерско-геодезических наблюдений в ослабленных зонах (указать: участок, цех, отдел, цеховое, производств, вид услуг, их название)
по профильным линиям Анненского месторождения для сравнительного наземных (GPS, в проектные (конструкторские, технологические) работы
БЛПА-101, лазерного сканирование) с аэрокосмическими наблюдениями для установления закономерностей изменения карты смещения горного массива и земной поверхности. (указать: объект, наименование работ, предприятие, организацию)

с «__» _____ 201 г.

Результаты работы использованы на предприятии путем создание геомеханической модели, (путем внедрения, производства продукции
методики построения карт смещения земной поверхности, а также по оказанию услуг для (единичной, уникальной, серийной), осуществления техприсса, изготовления оборудования, образцов, опытной
руководства геомеханической и маркшейдерскими службами по наблюдению состоянию
горного массива. Применения программных продуктов и космических снимков,
работ, передачи нематериальных активов, использования рекомендаций, разработки конструкторской, технологической,
информационно-технической документации, применения инт.-ху, программного продукта, обучения персонала,
продажи научно-технической информации и т.д.; их название и краткая характеристика).

Социальный, научно-технический, иной положительный эффект, полученный от внедрения:
Результаты исследований на объекте могут дать исследовательский, научно-технический
(кратко сформулированной, улучшение и оздоровление условий труда, создание новых рабочих мест,
эффект, совершенствовать методику управленческого решения горно-технических задач
совершенствование структуры управления, повышение технического уровня, конкурентоспособности продукции,
связанных геомеханическими процессами на ослабленных зонах месторождения
специальные назначения продукции и т.д.)

От Вуза

Руководитель темы

Д.т.н. профессор Байгүлдин Ж.Д.

Непосредств. тема:

Научный сотрудник, к.т.н.

Рысбеков К.Б.

Научный сотрудник, доктор PhD,

Иванчикова Е.

Младший научный сотрудник, м.т.н.

Кожанов Ж.Т.

От Предприятия

Главный маркшейдер

Томашева Г.А.

Ст.маркшейдер

Идрисов А.С.

Начальник технического отдела

Софиев Р.С.

Примечание: 1. Подписи ил. вышестоящих лиц заверяются собственной печатью: университета и предприятия и без подписей действительны.

ҚОСЫМША Г

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по академической работе
НАО КазНУ им. К.И. Сатпаева
Р.М. Искаков
2017 г.



АКТ
внедрения результатов научно-исследовательских работ (НИР)
в учебный процесс

Мы, нижеподписавшиеся, директор ГМИ д.т.н., академик НАН РК З.С. Абишева, заведующий кафедрой «Маркшейдерское дело и геодезия» доктор PhD Б.Б. Имансакипова, научный руководитель проекта №1059/ГФ4 д.т.н., профессор Байгурин Ж.Д. составили настоящий акт, о том, что результаты НИР «Разработка полезных ископаемых в ослабленных зонах с сопровождением геомеханического мониторинга на основе инновационных маркшейдерских, топографо-геодезических и аэрокосмических технологий» внедрены в учебный процесс в виде:

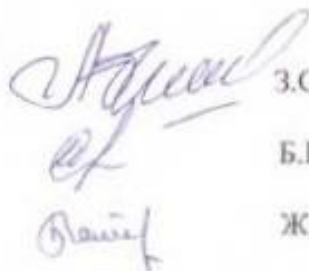
- издания монографии «Маркшейдерия и охрана недр», 2017г. (автор Имансакипова Б.Б., Кожасев Ж.Т., Байгурин Ж.Д., Спицин А.А., Земцова А.В.), по которой обучаются студенты специальности 5В070700, 5В071100;
- лекционного курса дисциплины «Геодезические инструменты и оборудования», «Геометрия и квалиметрия недр»

Результаты исследований включены в диссертационную работу докторанта PhD Кожасева Ж.Т., так как он являлся исполнителем данного проекта.

Директор ГМИ

Зав. кафедрой МДиГ

Научный руководитель



З.С. Абишева

Б.Б. Имансакипова

Ж.Д. Байгурин