

Кожаяев Женис Турсуналиевичтің

6D071100- «Геодезия» мамандығы бойынша PhD философия докторы дәрежесін алу үшін дайындалған «Геодезиялық және ғарыштық технологиялар негізінде кенорнының әлсіз аймақтарындағы жылжу үдерістерін зерттеу» тақырыбындағы диссертациялық жұмыстың

АҢДАТПАСЫ

Диссертация тақырыбының өзектілігі. 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», АҚ «Казахмыс» және басқалары) нормативті әдістемелермен болжау жасалмаған жер бетінің шөгуді, 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, сондықтан геомеханикалық мониторинг негізінде, яғни жер бетінің жылжу үдерісін дұрыс болжаумен қамтамасыз етсе, онда жоғалымнан құтылудың да алдын алуға болатын еді.

Бұл кездегі өзекті мәселе тау-кен массивінің деформациялық үдерістерін бақылай және болжай алатын, қолданыстағы заманауи өлшеу аспаптарының көмегімен жер бетінің жылжу үдерісін анықтау сенімділігін жоғарлату болып саналады.

Диссертациялық жұмыс №1059/ГФ4 «Әлсіз аймақтарды геомеханикалық мониторингтеудегі заманауи маркшейдерлік, топографиялық-геодезиялық және аэроғарыштық технология негізінде пайдалы қазбаларды игеру» атты жобамен Казахмыс 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 кенорындағы 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 кенорындағы 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 практикалық тәжірибеден және әдебиет көздеріне талдау жасау, геомеханикалық мониторинг жүргізудің тәсілдері, қолданылатын заманауи геодезиялық аспаптары, нәтижелерді өңдеудің математикалық әдістері мен кешенді сұрыптау және ГАЖ технологиялары 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 үдерістердің рұқсат етілген өлшемдік мәні мен кен қазудың еселігі арасындағы графо-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, GPS бақылауларда және ғарыштық радиолокациялық интерферометрияның инновациялық әдістерін кешенді пайдалану мен дамытудан тұрады, сонымен қатар маркшейдерлік - геодезиялық өлшеулер негізінде жер бетінің опырылуға қауіпті аймақтардың 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.

- Деформациялық үдерістерді бақылау негізінде жер беті жылжуының рұқсат етілген өлшемнің мәні, кен қазу тереңдігі мен кеннің қалыңдық еселігіне графо-аналитикалық 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-тәжірибелік 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 6 мақала Қазақстан Республикасы білім және ғылым министрлігінің білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған журналдарда, 1 мақала Scopus базасы мәліметінде, 9 мақала халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциялар жинақтарында оның ішінде 3 мақала алыс және жақын шет елдерде, 6 мақала ҚР 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 әдебиеттерден және 5 қосымшалардан тұрады.

Бірінші бөлімде деформациялық үдерістерді бақылаудың қазіргі жағдайы және оның әдістемесін жетілдіруде әдебиет көздеріне талдау жасалғаны туралы жазылған.

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.

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-Компониц 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.

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.

«Қазақстан Республикасының Жер қойнауын қорғаудың бірыңғай ережесінде» 424 ст. 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 жүргізілулері 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, карьердің тау-кен массивіндегі борттарының беріктілігін үздіксіз бақылау жүргізілуі тиіс.

Осы себептен, тау-кен өнеркәсібіндегі геомеханикалық және геолого-маркшейдерлік қызметтердің бірге жасаған зерттеулері, тау-кен массивінің

және жер бетінің деформациялық үдерістерін арнайы бақылауларымен байланысты.

Анненск кенорнын игеруді мысал ретінде қарастырсақ, мұнда кен сілемінің тереңдігі 450 м-ден асатындықтан, пайдалы қазындыны тиімді өндіру, тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізу шараларында және ҚДК төмендету мақсатында, біздермен бір талай нұсқаулар ұсынылды. Мысалға, камералы-бағаналы қазу жүйесінде пайдалы қазындыны өндіріп алуда, сақтандырғыш целиктерді қазып алудың тиімді сұлбасы ұсынылып, бұл арқылы мысты өндіруде қосымша қорларын алуға жағдай тудырады.

Екінші бөлімде деформациялық үдерістегі геомехникалық мониторинг жүргізуде ғарыштық радиолокациялық интерферометрияны қолданудың әдістері мен технологиялары көрсетілген.

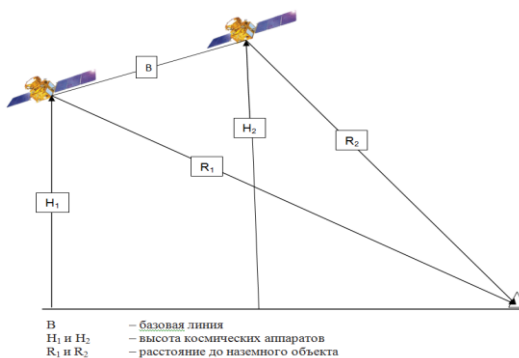
Анненск кенорнында геомехникалық бақылауды жүргізудің негізгі үш әдісін атап айтсақ болады:

1. Геомехникалық мониторинг;
2. Ғарыштық интерферометриялық мониторинг;
3. Аспаптық мониторинг.

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

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 мониторингінің интерферометрикалық әдістемесі SAR суреттерінің болуын жобалайды, олар бір-біріне жақын әр түрлі уақатта, ғарыш аппаратының локалды параллельді орбиталарынан түсірілген.



1-сурет—интерферометрикалық жұпты құратын радиолокатордың кеңістікті орналасуынан алынған суреттер

Интерферометрикалық жұптың әр радиолокациялық суреті [немесе бір-бірімен тіркесі] 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:

$$\Phi = \Phi_{\text{topo}} + \Phi_{\text{def}} + \Phi_{\text{atm}} + \Phi_n, \quad (1)$$

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

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

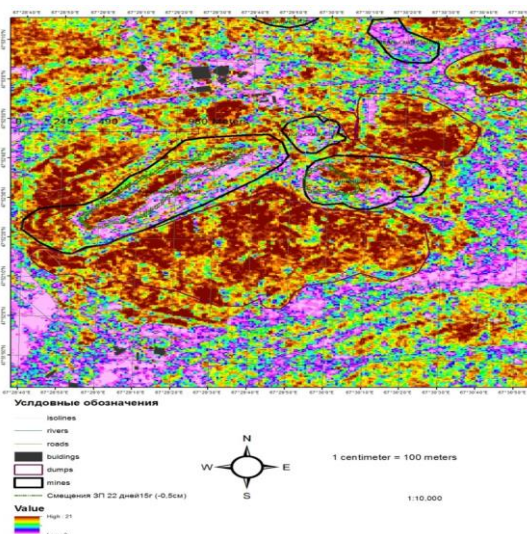
Φ_{atm} — сигналды тарату ортасында оптикалық ұзындықтарының айырмашылығынан орын алған фазалық ара қашықтық;

Φ_n — электромагнитті шу нәтижесіндегі фаза фариациялары.

Бұл фазалардың интерферометрикалық түрлілігінің қасиеті радиолокатор толқыны ұзындығымен салыстыруға келетін жер беті жылжуларын, яғни сантиметрге немесе миллиметрге дейін өлшеуге мүмкіндік береді.

Жұпты радиолокациялық ғарыш суреттері бойынша интерверограммаларды 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.

Жүргізілген жұмыстар нәтижесінде Анненск кен орны территориясының жер беті жылжуының картасы құрылды, ол картада 5 см. дейінгі шөгу үдерістері тіркелді.



2 - сурет – Радиолокациондық түсірістердің тандемдік жұптарын когеренттілігіне талдаудың нәтижелері (17 қараша және 9 қазан 2015 жыл).

Сонымен, ғарыштық радиолокациялық интерферометрия жер беті деформациясының жағдайы мен үздіксіз картасын құру кешендік мониторинг жүйесінің маңызды бөлігі болып табылатынын анықтадық.

Үшінші бөлімде аэроғарыш суреттерін қолдану негізінде әлсіз аймақтардың деформациясын анықтау үшін дифференциалды радиолокациялық әдістерді қолдануды әзірлеу және жетілдіру көрсетілді.

Жезқазған кенорнындағы Анненск кеніші аумағы үшін дифференциалдық интерферометриямен жер бетінің жылжу картасын құрудың геоақпараттық технологиясы қарастырылды.

Интерферометрия бақылаудың түрлі бұрышты антеннадан немесе түрлі уақытта, түрлі бұрыштан 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.

Кешендік суреттің әр нүктесі жалпы түрде келесідей суреттелуі мүмкін

$$Z(x, y) = I(x, y)e^{i\varphi(x, y)}, \quad (2)$$

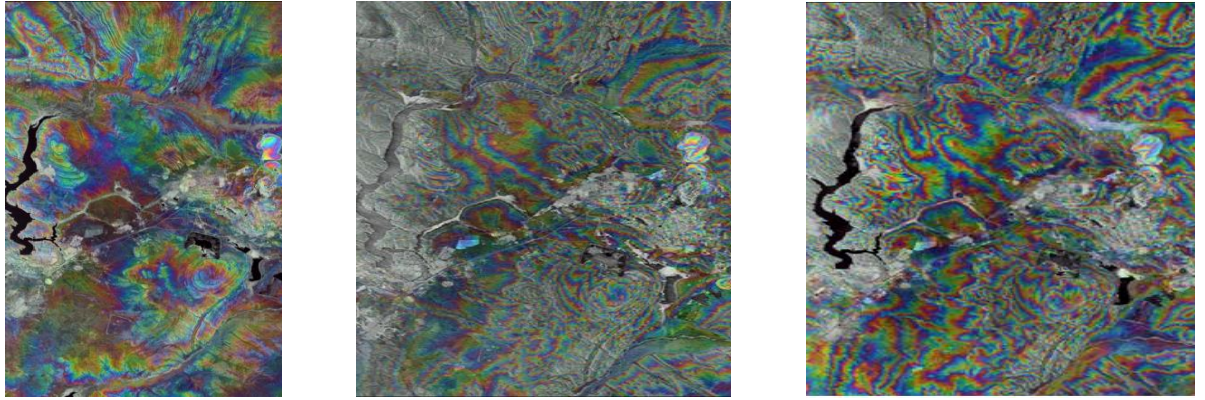
мұндағы I – оған келетін интенсивтілік (қарқындылық), φ - нүкте фазасы x мен y координаттар. Кешенді суреттерде нүктелерін арқылы фазалық түрлілік көрінісін құру барысында негізгі шама болып интерферометриялық когеренттілік табылады, ол суреттер декорелляция дәрежесін көрсетеді:

$$\gamma = \frac{[\sum S_1(x) * S_2(x)]}{\sqrt{\sum [S_1(x)]^2 * \sum [S_2(x)]^2}}, \quad (3)$$

мұндағы S_1 мен S_2 екі суреттің тиісті пиксельдері фазаларының мәндері.

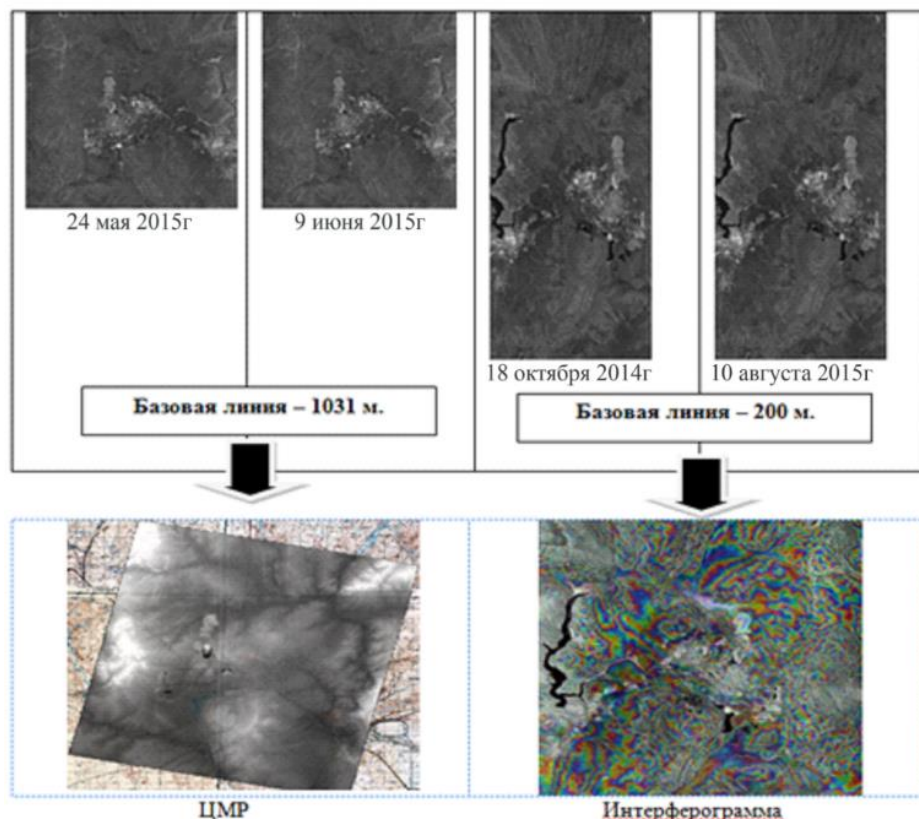
Интерферометриялық когеренттілік 0-ден 1-ге дейінгі мәндерді қабылдайды, егер сурет толығымен декорелляцияланған болса, ол нөлге жақындай түседі, интерференцияланған көріністен ақпаратты алу мүмкін емес болғанда және егер идеалды корреляция жағдайында ол бірге тең болады. (тәжірибеде мүмкін емес). γ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

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

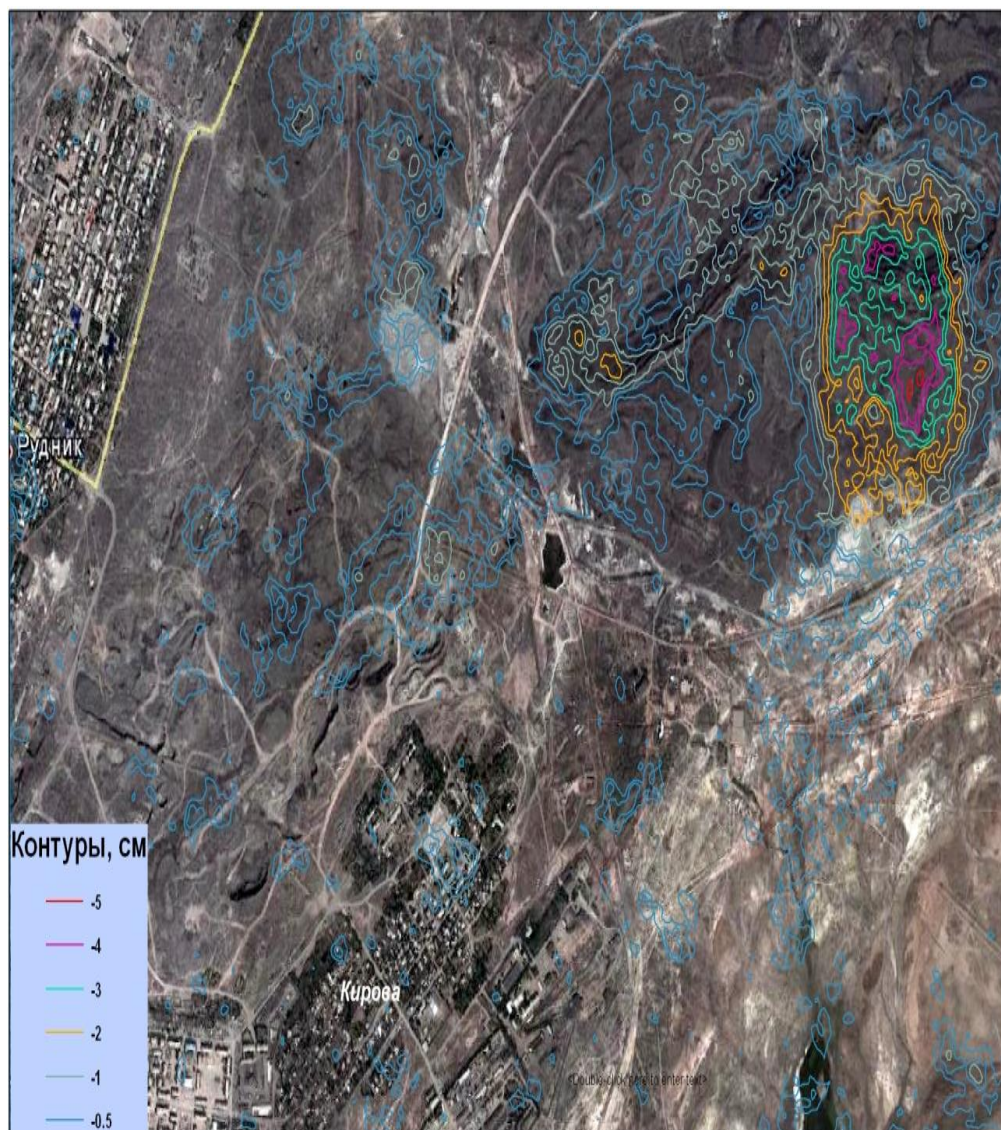


3-сурет – TerraSAR-X мен COSMO-SkyMed ғарыш аппараттарында радиолокациялық жұпты ғарыш суреттерінде құрылған интерферограммалар мысалдары

3-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.



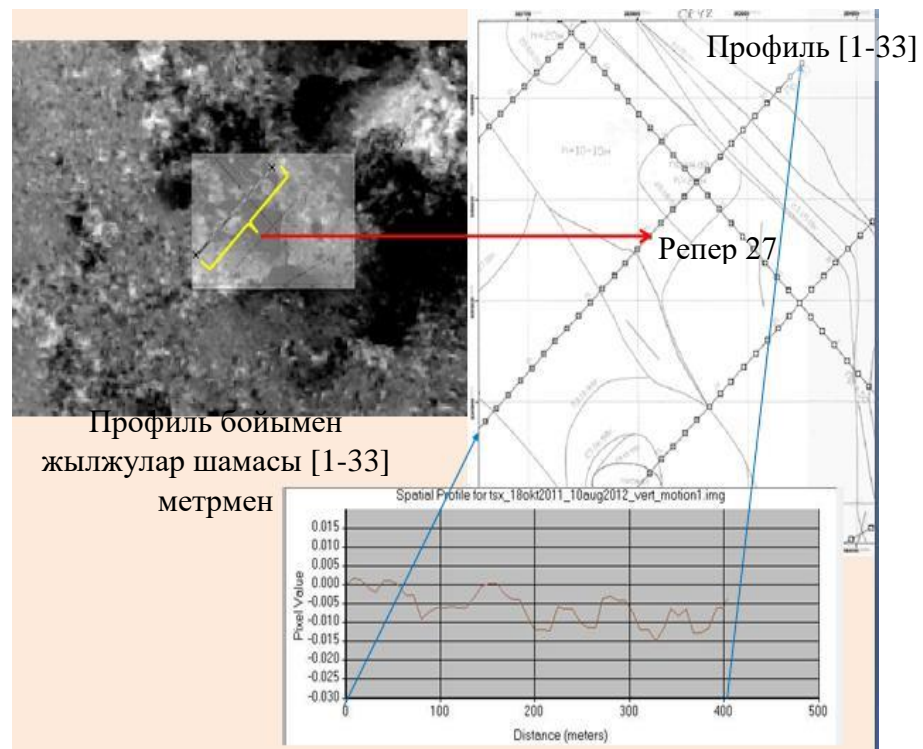
4-сурет. –РСМ және интерферограмма генерациясы. Контурлар жер бетінің сантиметрлік өлшемде тік жылжуын көрсетеді.



Сурет 5 – Анненск кен орнындағы жер беті жылжуларының картасы

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

Дифференциалды интерферометрия нәтижелерін салыстырмалы талдау және дифференциалды интерферометрия әдісімен алынған жер бетінің төмен түсу нәтижелерін 1968-2016 жж. Профиль бойынша маркшейдерлік өлшемдер деректерімен салыстыру едәуір жоғары корреляцияны көрсетті. 6- 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. Тамызына дейін 0.8 см құрады, ал жер беті өлшемдері бойынша 1 см тең.



6-сурет – Дифференциалды интерферометрия әдісімен алынған жер бетінің төмен түсу нәтижелерін жер беті өлшемдерімен салыстыру.

Әр-түрлі бұрышпен қадаланған антенналарды немесе әр уақытта алынған кешенді көріністерді интерферометрия әдісін қолдану арқылы құрамалайтыны дәлелденді. Бір учаскеден алынған екі суретті салыстыру нәтижесі интерферограмманы алады, бұл миллиметрлік – бірінші сантиметрлік дәлдікпен тіркелетін қос экспозицияларға жылжуды байқау үшін арналған қалқанша қойылып сандық түрінде көрсетілді және ол интерпретацияның бркелкілігін, тұрақтылығын білдіреді. Анненск кенішіндегі шөгү мұльдасындағы зерттеу әдістеріндегі дифференциалды интерферометрия нәтижелері, Анненск кенорнындағы орнатылған жер беті жылжу аймақтарындағы мәндері бір бірін айқындайтыны дәлелденді.

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.

төртінші бөлімде Кенорындағы опырылу қаупі бар жерлерде зоналық аудандастырудың жетілдірілген тәсілі ұсынылады.

Жоғарыда айтылған ЖШС «Казахмыс» корпорациясының геомеханикалық қызметі ұсынған әдістің ең негізгі кемшілігі болып, алынған $N/m < 10$ өлшемі тек қана геометриялық параметрлермен анықталады: қазынды кеңістіктің тереңдігі N 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.

$$P = k \int_0^H \rho(x, y, z) g dz, \quad (4)$$

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

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 $\eta_{доп}$ корреляциялық тәуелділігін игерудің еселігінен $H_{пр}/m$ анықталды

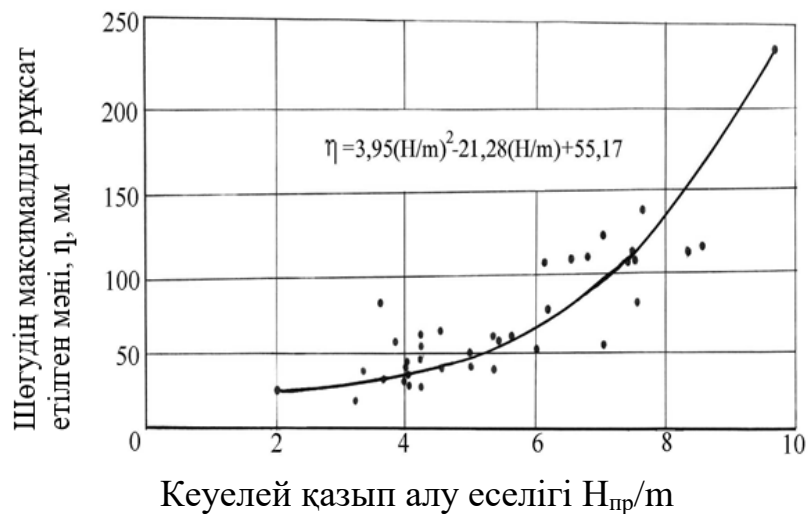
$$\eta = 3.95 (H_{пр}/m)^2 - 21.28 (H_{пр}/m) + 55.17, \text{ мм} \quad (5)$$

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 7- суретте көрсетілген. Бұл тәуелділік, жер бетінің деформациялануын аспаптық бақылау (жылжудың профильдік сызықтары) орындалмаған және рұқсат етілген көрсетілімдерді жуықтап бағалайтын аумақтарда қолданылды.

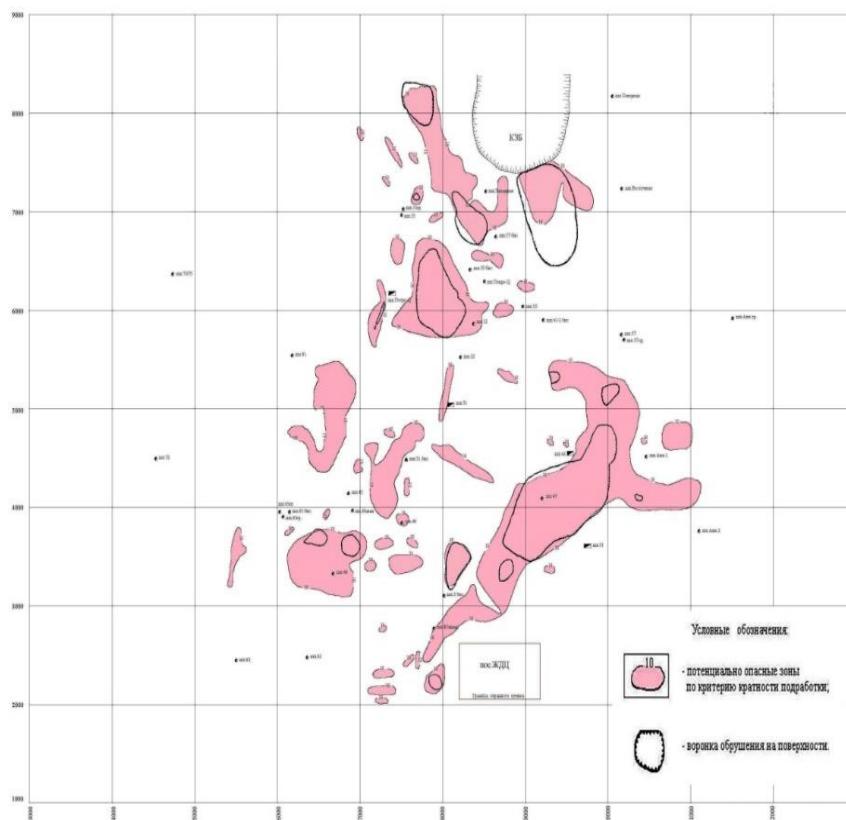


7- Сурет - Кеуелей қазып алу еселігінен жер бетінің шөгуіне дейінгі тәуелділік графигі

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

Анықталған тәуелділік (7) келесі факторларды ескеру керектігін білдіреді, олар: кен сілемінің игерудегі қазылып алынатын қалыңдығы m және келтірілген тереңдік H , шөгудің шекті жылдамдығы η , бұлар жер бетіндегі ойықтардың орнын және шарттарын анықтаушысы болып табылады. Сенімділіктің негізгі фактысы болып, барлық опырылудың жүзеге асқаны критериялық аудандарда екені анықталды (8 сурет).

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.



8 сурет – Жезқазған кенорнының кеуелей қазып алудың болжамдық планының сұлбасы

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:

$$Z_c = \frac{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (Z_i^2 - Z_{i-1}^2) \rho_{i,i-1}}{\sum_{i=1}^n (Z_i - Z_{i-1}) \rho_{i,i-1}}, \quad (6)$$

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.

Орынның өзгеруі ауырлық ортаның біршама жылжуымен сипатталады және ε тең:

$$\varepsilon = \frac{Z_{c0} - Z_c}{Z_{c0}} = 1 - \frac{Z_c}{Z_{c0}}, \quad (7)$$

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.

$$\gamma = \frac{\varepsilon_i - \varepsilon_{i-1}}{R} \quad (8)$$

Жезқазған кенорнына кіретін, Анненск кеніші үшін, бағанның ауырлық ортасының ε біркелкі тік жылжуы 1 кестеде көрсетілген.

1 Кесте – бағанның ауырлық ортасының ε біркелкі тік жылжуы

Зона	қауіпсіз	қауіпті	Қауіптілігі жоғары
$\varepsilon, \%$	$\varepsilon < 7$	$7 \leq \varepsilon \leq 12$	$\varepsilon > 12$
Пландағы зонаның түсі	жасыл	сары	қызыл

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.

2016 ж. жаз мезгілінде Анненск кенорнында жер бетінің жағдайын бақылау үшін, ұшқызсыз ұшатын аспаптың (ҰҰА 101) көмегімен далалық және эксперименталдық жұмыстар жүргізілді.

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.



9-сурет - Анненск кенорны аумағының түсіріс картасы (ортофотоплан)

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. 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.

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.

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.

Кенорнындағы 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. Кенорынның әлсіз аймағындағы кенді игерудегі басымдық бағытын анықтау барысында жер бетінің жылжу үдерістерінің геомеханикалық бақылауын сұрыптай келе қазіргі таңдағы жағдайына талдау жасалды.

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. Орындалған жұмыстардың нәтижесінде, Анненск кенорының аумағындағы жер бетінің жылжу картасы тұрғызылды және жылжу картасында жер бетінің отыру мұлдасында 5 см –ге дейінгі ығысқан аймақтар белгіленді.

4. 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.

5. Кенорынның жер бетіндегі аумақтық аудандарға бөліп есептеудің әдісін жетілдірдік және критериялық әдісті ұсынылды $N_{\text{кел}}/m$, орталық ауырлық күшін есептеудің салыстырмалы коэффициенті ε және ұтымды радиусты қабылдаған айырмашылығының градиенті, массивтің анизотропияға тығыздығын ескеретін, деформациялық үдерістердегі бақылаудың дәлдігі мен болжаудың сенімділігін арттыратын критерийіндегі әдісті ұсындық.

6. Анненск кенорының толық аумағы бойынша ғарыштық түсіріспен салыстырмалы түрде қарағанда әлдеқайда арзан, тиімді және жоғары 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.

7. 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.