

АНДАТПА

6D070700 – "Тау-кен ісі" мамандығы бойынша
философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін дайындалған диссертацияға

Съедина Светлана Андреевна

КАРЬЕРДІ ТЕРЕҢДЕТУ БАРЫСЫНДА БОРТ ЖАҒДАУЛАРЫН ГЕОМЕХАНИКАЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗДАНДЫРУ

Ашық әдіспен кен орындарын игеру тарихы өңдеу тереңдігінің ұлғаю үрдісін көрсетеді. XX ғасырдың басында тау-кен жұмыстары шөгінді жыныстар шегінде жүзеге асырылды, сол кездегі карьерлердің ең үлкен тереңдігі жер бетінен 100 м-ден аспады, бірақ бірнеше онжылдықтан кейін кен орындарын ашық тәсілмен игерудің ең үлкен тереңдігі 200-300 м-ге жетті.

Минералды шикізатқа деген қажеттіліктің одан әрі өсуі техника мен технологияларды жетілдіруге алып келді, тау-кен жұмыстарын ашық тәсілмен жүргізудің барынша тереңдігі жекелеген жағдайларда 400 м-ге жетті.

Жер қойнауынан пайдалы қазбаларды алудың жоғары тиімділігі мен өнімділігі сияқты сипаттамаларға байланысты игерудің ашық тәсілі өндірілетін пайдалы қазбалардың пайыздық арақатынасы бойынша көшбасшы болып қала береді. Отандық және шетелдік ғалымдардың жұмыстарында келтірілген деректер бойынша барлық өндірілетін пайдалы қазбалардың 80% - ы өндірудің ашық тәсіліне келеді.

Пайдалы қазбаларды ашық тәсілмен өңдеу кезіндегі негізгі мәселелердің бірі тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде қауіпсіздікті қамтамасыз ету және кен орындарын ұтымды игеруге қол жеткізу болып табылады. Ашық тәсілмен кен орындарын игеру тереңдігін ұлғайту, әдетте, карьер ернеулерінің кеңеюіне және аршу көлемінің ұлғаюына әкеледі. Пайдалы қазбаны өндірудің өзіндік құнын едәуір ұлғайтпай карьердің терең горизонттарын өңдеуге тартудың басқа нұсқасы бастапқы жобаны қайта қарау және борттың еңісінің соңғы бұрышын ұлғайту болып табылады. Бұл ретте карьер бортының тұрақтылығын қамтамасыз ету және терең көлденең қайта жобаланатын шегінулерді геомеханика тұрғысынан рационалды параметрлерін таңдау туралы мәселеден тұрады.

Кен орындарын игерудің бастапқы жобаларын қайта қарау үшін қажетті негізгі шарт кен орындары массивінің геомеханикалық жай-күйі туралы ақпарат болып табылады, онда кен орындарының кернеулі-деформацияланған жай-күйі мен геологиялық-құрылымдық ерекшеліктері параметрлерімен қатар сыйысатын кендер мен жыныстардың физикалық-механикалық қасиеттері туралы білім де табылады.

Кәсіпорындарда әзірленген және қабылданған әдістемелер терең карьерлерді өңдеу кезінде туындайтын барлық мәселелерді толық көлемде

қамтымайды. Осы нормативтік құжаттарға сәйкес, борттар мен карьерлер шегіну параметрлерін анықтау және негіздеу шекті тепе-теңдіктің классикалық әдістерін пайдалана отырып, орнықтылық қорының коэффициентін есептеу әдісімен орындалуы тиіс. Алайда, бұл әдістер тұрақтылыққа теріс әсер ететін тау жыныстары массивінің құрылымдық бұзылуын ескермейді.

Сондай-ақ, қазіргі уақытта карьерлер ернеулерінің тұрақты бұрыштарын негіздеудің теориялық тәсілдері, әдетте, тау жыныстары массивтерінің нақты кернеулі-деформацияланған жай-күйін (ҚҚС) ескермейді, ол тек жоғарыда жатқан жыныстардың өз салмағымен ғана байланысты деп пайымдайды.

1972 жылғы әдістеме бойынша борттардың тұрақтылығын есептеу барысындағы барлық схемаларда сырғыма призмасының меншікті салмағы ғана ескеріледі. Көлденең кернеу көп жағдайларда тігінен асып түсетін жартасты массивтерде түсіру деформацияларымен елемеу, карьерлер тереңдігі 200-250 м артық болған кезде авариялық жағдайлардың ықтимал дамуын алдын ала анықтайды. Түсірудің деформациясы массивтің деформациялануы және ұзындықтағы сызаттар, субпараллель құламалары (жанама соққы жарықтары) пайда болғанда көрінеді. Осы үдерістердің нәтижесінде массивтің аударылатын және иілетін құламалы "қабаттарға" ыдырауы басталады.

Жұмыс істеп тұрған және жобаланатын карьерлердің тұрақтылығын қамтамасыз ету бойынша қолданыстағы әдістемелерді жетілдіру қажеттілігі туралы мәселені Трубецкой К.Н., Рыльникова М.В., Цирель С.В., Зотеев О.В. өз жұмыстарында қарастырды.

Диссертациялық жұмыста қазіргі тау-кен өндіруші кәсіпорын мысалында математикалық үлгілеудің және талдаудың заманауи әдістері қолданылды. Әзірленген іс-қимыл алгоритмі терең карьерлердің борттары мен шегінулерінің тұрақты жағдайын қамтамасыз ету бойынша жаңартылған әдістемеге қосу үшін мүмкін болады.

Тақырыпты әзірлеу үшін негіз және бастапқы деректер. Диссертациялық жұмыстың тақырыбын әзірлеу үшін негіз терең жатқан кендерді өңдеуге енгізу үшін карьер ернеулерінің орнықтылығын геомеханикалық қамтамасыз ету болып табылады. Зерттеу тақырыбын әзірлеу үшін бастапқы мәліметтер ретінде: ашық тәсілмен өңделетін Қазақстанның ең ірі қолданыстағы темір кен орнының геомеханикалық жағдайы таңдап алынды.

Ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізу қажеттілігін негіздеу. Минералды шикізатқа деген қажеттілік жылдан жылға артып келеді, бұл тау-кен өндірісінің өндірістік қуаттылығын арттыру қажеттілігіне алып келеді. Қарапайым тау-кен геологиялық жағдайлары және кендегі пайдалы компоненттің жоғары құрамы бар кен орындары қазірдің өзінде пысықталды немесе жұмыстардың аяқталуына жақын. Сондықтан тау-кен өндіру саласының қазіргі заманғы дамуы тау-кен-геологиялық жағдайлары күрделі кен орындарын игеру тереңдігінің ұлғаюына және пайдалануға тартылуына байланысты тау-кен жұмыстарын өндіру шарттарының күрделенуімен

сипатталады. Жұмыс істеп тұрған карьерлердің тереңдігін арттыру кезінде борттардың тұрақтылығы мәселелері тау-кен кәсіпорындары үшін үлкен экономикалық маңыздылық проблемаларына айналады. Осыған байланысты терең карьерлердің борттары мен шегінулерінің тұрақты параметрлерін негіздеу жұмыс істеп тұрған кәсіпорындар үшін терең жатқан кендерді өңдеудің жаңа мүмкіндіктерін ашады.

Жоспарланып отырған әзірлеудің ғылыми-техникалық деңгейі, патенттік зерттеулер туралы мәліметтер және олардың қорытындылары борттардың және карьерлер кемерлерінің орнықтылығын қамтамасыз ету проблемасы бойынша патенттік іздестірудің толық жүргізілген шолуының толықтығы, зерттеулердің қазіргі заманғы әдістемелерін, карьер элементтерінің орнықтылығын талдау бағдарламалары мен әдістерін таңдау, заттай және зертханалық зерттеулерді ұйымдастыру және жүргізу жүйесі бойынша анықталады.

Диссертациялық жұмыста терең карьерлердің борттары мен кемерлерінің тұрақтылығын қамтамасыз ету саласындағы ғылыми әзірлемелердің алдағы бағыттарын болжау бойынша ғылыми-техникалық мәселелер мен зерттеулердің қазіргі жай-күйін ғылыми талдау нәтижелері келтірілген. Қазіргі әмбебап әдістемелер терең карьерлер үшін тұрақтылық мәселелерін шешу кезінде кешенді тәсілді қамтымайтыны анықталды.

Диссертацияның метрологиялық қамтамасыз етілуі туралы мәліметтер. Алынған нәтижелердің шынайылығы зерттеудің физика-механикалық әдістері кешенінің, массивтің құрылымдық ерекшеліктерін заттай өлшеуді қолданумен, тау жыныстары массивінің орнықтылығы мен кернеулі-деформацияланған күйін математикалық модельдеу әдістерін пайдаланумен расталады.

Осы диссертациялық жұмыс шеңберінде зертханалық және заттай зерттеулер жүргізу кезінде мемлекеттік метрологиялық тексеруден өткен аспаптар пайдаланылды.

"Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі ұлттық орталығы" ШЖҚ РМК филиалы Д. А. Қонаев атындағы Тау-кен институты Қазақстан Республикасының аккредиттеу жүйесінде ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 "сынақ және калибрлеу зертханаларының құзыреттілігіне қойылатын жалпы талаптар" талаптарына сәйкес аккредиттелген. Тексеру туралы Сертификат № ВА-03-02-00889 (18.09.2019 дейін жарамды).

Кестелік және графикалық деректерде ӨҚ бірліктерінің халықаралық жүйесінің метрологиялық ережелері мен нормаларына сәйкес келетін өлшем бірліктері пайдаланылды.

Тақырыптың өзектілігі. Қазіргі уақытта ашық тәсілмен игерілетін пайдалы қазбалардың ірі кен орындарында терең горизонттарды өңдеуге көшу жүзеге асырылуда. Тереңдігі ұлғайған кезде борттардың және карьерлердің кемерлерінің тұрақтылығын қамтамасыз ету тау-кен өндірісінің негізгі міндеттерінің бірі болып табылады.

Карьерлердің порт маңы аймағындағы деформациялық үдерістерді болжау массивтің құрылымдық-тектоникалық құрылысы мен беріктік қасиеттерін зерделеуді, порт маңы массивінің әр түрлі учаскелерінің деформациялануын аспаптық бақылауды, кернеулі-деформацияланған жай-күйін бағалауды, сондай-ақ орнықтылықтың геомеханикалық есебін жүргізуді қамтитын деректерді талдауға және қорытуға кешенді тәсіл негізінде мүмкін болады.

Қызметтің түрлі салаларына санды технологияларды енгізу пайдалы қазбалар кен орындарын өңдеу кезінде көптеген мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. "Соколов-Сарыбай тау-кен байыту өндірістік бірлестігі "(ССКӨБ) "Санды Қазақстан" бағдарламасы бойынша Modular диспетчерлендіру жүйесі негізінде "Ақылды карьер" компоненттерінің бірін іске қосды. Ол көлік жабдықтарының өнімділігін 10% - ға арттыруға мүмкіндік береді.

Зияткерлік ("Ақылды") карьер - басқаруды үздіксіз жақсартуға, шығындарды азайтуға және еңбек жағдайлары мен қауіпсіздігін жақсартуға бағытталған пайдалы қазбаларды өндіру процесін автоматтандырылған басқару және диспетчерлеу жүйесінің жиынтығы.

Мұндай басқару жүйелерінің элементтерінің бірі сандық геомеханикалық модель құру болуы тиіс. Мұндай модель карьердің геологиялық, беріктік, құрылымдық және геомеханикалық құрамдастарын бірыңғай дерекқорға байланыстыратын қазіргі заманғы бағдарламалық қамтамасыз етудің көмегімен жүзеге асырылады.

Деректер базасының құрылымы графикалық элементтердің (нүктелер, сызықтар, тораптар, тұйық контурлар) цифрланған кеңістіктік-координаттық сипаттамасы бар өзара байланысты модельдер тобын құрайды.

Тақырыптың жаңалығы карьер ернеуінің тереңдеуі кезінде оның орнықтылығын геомеханикалық қамтамасыз ету болып табылады. Терең карьерлердің борттары мен кемерлерінің орнықтылығын қамтамасыз ету саласындағы әдеби дереккөздерге жасалған талдау қазіргі заманғы карьерлер үшін тау-кен-геологиялық жағдайлары күрделі кен орындарын игеру тереңдігінің ұлғаюына және пайдалануға, тартылуына байланысты тау-кен жұмыстарын жүргізу шарттарының күрделенуі тән. Бұл жағдайда терең карьерлердің орнықтылығын геомеханикалық қамтамасыз ету мәселелері үлкен мәнге ие болады. Осыған байланысты алғаш рет карьер ернеулерінің орнықтылығын оны тереңдету кезінде геомеханикалық қамтамасыз етуге кешенді тәсіл ұсынылады.

Жұмыста келесі жаңа ғылыми нәтижелер алынды:

- терең карьерлердің кемерлері мен борттарының орнықтылық жағдайы массивтің құрылымдық құрылысымен және карьер тереңдігімен өзгертін тау жыныстарының беріктілік сипаттамаларымен алдын ала анықталады;
- мүмкін болатын деформация аймақтары кен жыныстары массивінің физикалық-техникалық қасиеттерінің кеңістіктік өзгергіштігінің ерекшеліктерін ескере отырып, таралу аумағы бойынша да, жыныстардың жату тереңдігі бойынша да математикалық үлгілеу негізінде анықталады;

- борттар мен кемерлердің орнықтылығын геомеханикалық қамтамасыз етуге табиғи, зертханалық зерттеулер нәтижелерін кешенді пайдалану және олардың жай-күйін математикалық модельдеу негізінде қол жеткізіледі.

Осы жұмыстың басқа ғылыми-зерттеу жұмыстарымен байланысы.

Диссертациялық жұмыс Д. А. Қонаев атындағы Тау - кен ісі институтының "геомеханика" бөлімінде орындалған "ССТӨБ "АҚ Сарыбай КБ Сарыбай және Оңтүстік Сарыбай карьерлерінің борттары мен кемерлерінің параметрлері бойынша ұсыныстар әзірлеу бойынша ҒЗЖ жүргізу" жобасы бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстарын орындау шеңберінде, олардың орнықтылығын қамтамасыз ету және Сарыбай, Оңтүстік Сарыбай және біріккен Сарыбай және Оңтүстік Сарыбай карьерлерінің борттары мен кемерлерінің тұрақтылығы бойынша регламенттерді әзірлеу. 2018-2020 жылдарға арналған бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру шеңберінде № BR05236712 "Сандық экономикаға көшу негізінде тау-кен өндірістерін технологиялық жаңғырту" ғылыми-техникалық бағдарламасын іске асыру.

Зерттеудің мақсаты - бастапқы тау-кен геологиялық деректерді, математикалық модельдеу мен аудандастыру нәтижелерін қамтитын кен орнының геомеханикалық моделі негізінде Карьер ернеуінің орнықтылығын геомеханикалық қамтамасыз ету.

Зерттеу объектісі - Сарыбай темір кен орны.

Зерттеу пәні карьердің борттары мен кемерлерінің тұрақты жағдайын геомеханикалық қамтамасыз ету болып табылады.

Зерттеудің міндеттері, олардың жалпы ғылыми-зерттеу жұмыстарын орындаудағы орны:

- тау жыныстарының массивіне зертханалық және табиғи зерттеулер жүргізу, алынған мәліметтерді өңдеу және түсіндіру;
- тау жыныстары массивінің кернеулі-деформацияланған күйін математикалық модельдеу және карьер борттарының тұрақтылық қорының коэффициенттерін анықтау;
- тау жыныстары массивінің алдыңғы және диссертациялық жұмыста жүргізілген зерттеулерінің нәтижелерін қамтитын геомеханикалық модель түріндегі бірыңғай деректер базасын құру;
- кен орнының тау-геологиялық, гидрогеологиялық, құрылымдық ерекшеліктеріне байланысты карьер ернеулерінің геомеханикалық тұрақтылығын қамтамасыз ету бойынша ұсыныстар әзірлеу.

Қойылған міндеттер дәйекті және қисынды, ғылыми-зерттеу жұмысының ішкі бірлігін анықтайды және қойылған зерттеу мақсатына қол жеткізуге бағытталған.

Зерттеудің әдіснамалық базасы. Диссертациялық жұмысты орындау кезінде қолданылатын зерттеулер мен талдаулардың негізгі әдістерінің қатарына:

- үлгілерді бір осьті қысуға және созуға әмбебап сынау машинасында сынау (VEB № 282/89);

- "Пульсар 2.2" ультрадыбыстық аппаратурасын пайдалана отырып, үлгілерде бойлық және көлденең серпімді толқындардың таралу жылдамдығы бойынша серпімділік модулін және Пуассон коэффициентін анықтау»;

- ұңғыманың қабырғаларын Гудман гидродомкратымен жүктеу кезінде тау жыныстарының Кайзері әсерін пайдалану негізінде борт жанындағы массивте қолданыстағы көлденең кернеулерді өлшеу;

- uto DU бағдарламасының көмегімен бүйірлік қысым тәсілімен шекті тепе-теңдік әдісімен орнықтылық қорының коэффициенттерін есептеу;

- Rocscience компаниясының Slide бағдарламасының көмегімен шекті тепе-теңдік әдісімен тұрақтылық қорының коэффициенттерін есептеу;

- Midas GTS NX бағдарламалық қамтамасыз етудегі соңғы элементтер әдісін пайдалана отырып, редукция (Strength Reduction Method) әдісіне негізделген еңіс орнықтылығын есептеу;

- Midas GTS NX бағдарламалық қамтамасыз етудегі соңғы элементтер негізінде кернеуді талдау әдісімен (Stress Analysis Method) ;

- Midas GTS NX бағдарламалық қамтамасыз етудегі соңғы элементтер негізінде кернеулерді талдау әдісімен (Stress Analysis Method) кернеулікті-деформацияланған күйін үшөлшемді модельдеу.

Қорғауға шығарылатын ережелер

Диссертациялық жұмысты қорғауға келесі ережелер шығарылады:

- терең карьерлердің кемерлері мен борттарының орнықтылық жағдайы массивтің құрылымдық құрылысымен және карьер тереңдігімен өзгертін тау жыныстарының беріктілік сипаттамаларымен алдын ала анықталады;

- мүмкін болатын деформация аймақтары кен жыныстары массивінің физикалық-техникалық қасиеттерінің кеңістіктік өзгергіштігінің ерекшеліктерін ескере отырып, таралу аумағы бойынша да, жыныстардың жату тереңдігі бойынша да математикалық үлгілеу негізінде анықталады;

- борттар мен кемерлердің орнықтылығын геомеханикалық қамтамасыз етуге табиғи, зертханалық зерттеулер нәтижелерін кешенді пайдалану және олардың жай-күйін математикалық модельдеу негізінде қол жеткізіледі.

Диссертацияның практикалық маңыздылығы кен орнының геомеханикалық моделімен ұсынылған бірыңғай деректер базасын жасау болып табылады, оның негізінде борттың деформациялық процестері мен карьер кемерлерінің пайда болуын болжауға болады.

Зерттеу нәтижелері "ССКӨБ" АҚ Сарыбай карьерінде енгізілді, ол туралы тиісті Акт және бөлімнің ғылыми-зерттеу жұмыстарын орындау кезінде алынды.

Жұмысты жариялау және апробациялау. Жарияланымдар Білім саласындағы бақылау комитеті мен ҚР БҒМ ұсынған басылымдарда төрт мақала; "тау журналындағы" бір мақала (Scopus базасы); халықаралық конференциялар, форумдар мен конгрестер жинақтарында сегіз мақала.

Диссертациялық жұмыстың негізгі ережелері және жүргізілген зерттеулердің нәтижелері 6 халықаралық ғылыми-практикалық конференцияларда баяндалып, талқыланып, мақұлдалды: Алматы қ. "Тау-кен

ғылымдары елдің индустриалды-инновациялық дамуындағы", Қарағанды қ. "Геодезиядағы, маркшейдериядағы және геотехникадағы инновациялық технологиялар", Новосибирск қ. "Тау-кен ғылымының іргелі және қолданбалы мәселелері", Астана қ. "Дүниежүзілік Тау-кен Конгрессі", 2018 ж. "кенші апталығы". Мәскеу, соның ішінде VII Орал Тау-кен өнеркәсібі форумында "Тау-кен ісіндегі Геомеханика" секциясында автордың баяндамасы "Үздік баяндама" номинациясына ие болды.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі: диссертациялық жұмыс кіріспеден, 4 тараудан, қорытындыдан, 123 атаудан және қосымшадан тұратын пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс машинкамен басылған мәтіннің 119 бетінде жазылған, 60 сурет, 28 кесте бар.

Кіріспеде жұмыстың жалпы сипаттамасы берілген. Тақырыптың өзектілігі, зерттеудің мақсаты мен міндеттері тұжырымдалған, қорғауға шығарылатын ғылыми ережелер мен жұмыстың практикалық маңыздылығы баяндалған.

Бірінші тарауда ашық тау-кен жұмыстарын өңдеу тереңдігін арттыра отырып, жыныстар массивтерінің геомеханикалық жағдайларын зерттеудің қазіргі жай-күйі қарастырылды; зерттеу объектісінің қысқаша тау-кен-геологиялық және гидрогеологиялық сипаттамалары ұсынылды; деформациялық процестерге әсер ететін негізгі факторлар анықталды.

Диссертациялық жұмыста зерттеу нысаны жобалық тереңдігі 700 м болатын Сарыбай темір кен карьері болып табылады. Сарыбай карьерін қазудың инженерлік-геологиялық жағдайлары күрделі, бұл жыныстардың беріктік қасиеттерімен, массив құрылымымен (борпылдақ жыныстардың үлкен қуаты 140 м дейін, әлсіреу беттерінің болуы: борпылдақ жыныстардағы қабаттылық, жарықшақтылық, жартасты жыныстардағы сланцеваттылық), жыныстардың желденуге бейімділігімен, гидрологиялық факторлармен - жартасты және борпылдақ жыныстардың сулылығымен байланысты.

Сарыбай кен орнын заманауи дамыту үшін карьер тереңдігінің айтарлықтай артуы (түбінің абсолюттік белгісіне дейін минус 500 м) және терең жатқан кендерді игеруге көшу тән. Бұл ретте карьер бортының орнықтылығын қамтамасыз ету және терең көлденең қайта жобаланатын кемерлердің геомеханика тұрғысынан ұтымды параметрлерін таңдау туралы мәселе туындайды.

Кен орындарын игерудің бастапқы жобасын қайта қарау үшін қажетті негізгі шарт кен орындары массивінің геомеханикалық жай-күйі туралы ақпарат болып табылады, онда кен орындарының кернеулі-деформацияланған жай-күйі мен геологиялық-құрылымдық ерекшеліктері параметрлерімен қатар сыйысатын кендер мен жыныстардың физикалық-механикалық қасиеттері туралы білім де табылады.

Терең карьерлерді қазу кезіндегі геомеханикалық проблемалардың жай-күйіне жүргізілген талдау борттар мен карьерлер кемерлерінің орнықтылығы мәселесі өзекті болып табылатынын көрсетеді. Сонымен қатар қолданыстағы әдістемелер өзгерістер енгізуді талап етеді. Терең карьерлердің тұрақты

параметрлерін негіздеу кезінде жыныстардың физикалық-механикалық қасиеттерінің әсерін, гидрогеологиялық жағдайларын, кен орнының құрылымдық ерекшеліктерін, кернеулі-деформацияланған күйдің әсерін ескеру қажет.

Зерттеудің мақсаты: бастапқы тау-кен геологиялық деректерді, зертханалық және заттай зерттеулер жүргізу кезінде алынған деректерді, математикалық модельдеу мен аудандастыру нәтижелерін қамтитын кен орнының геомеханикалық моделі негізінде карьер ернеуінің тұрақтылығын қамтамасыз ету.

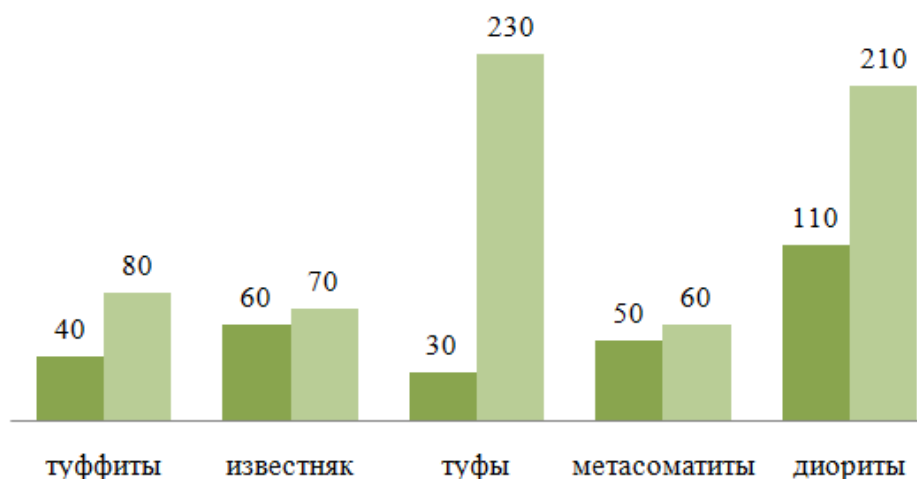
Диссертациялық жұмыстың міндеттерін қою. Сарыбай кен орнының жағдайына қатысты карьердің борттары мен кемерлерінің тұрақты жағдайын қамтамасыз ету жөніндегі жұмыстарды орындау келесі міндеттерді шешуді талап етеді:

- карьер ернеуінің беріктігіне әсер ететін факторларды анықтау, оны өңдеу тереңдігін арттыру;
- тау жыныстарының массивіне зертханалық және заттай зерттеулер жүргізу, алынған мәліметтерді өңдеу және түсіндіру;
- карьерлік қазу шегінде тау жыныстары массивінің кернеулі-деформацияланған күйін математикалық моделдеуді орындау;
- карьер борттарының тұрақтылық қорының коэффициенттерін анықтау;
- кен орнының тау-геологиялық, гидрогеологиялық, құрылымдық ерекшеліктеріне байланысты Карьер ернеулерінің геомеханикалық тұрақтылығын қамтамасыз ету бойынша ұсынымдар әзірлеу;
- зертханалық және заттай зерттеулердің нәтижелерін, математикалық модельдеу мен есептеулерді бірыңғай электронды деректер қоры (геомеханикалық модель) түрінде ұсыну.

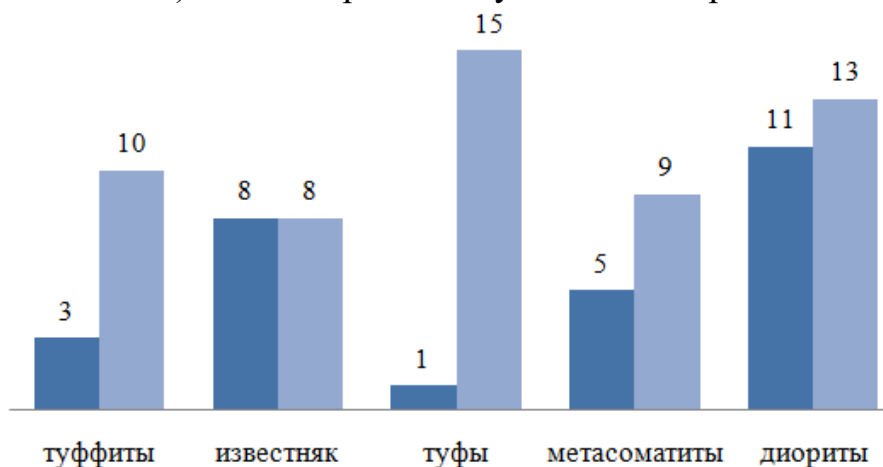
Екінші тарауда инженерлік-геологиялық іздестірулерді жүргізу нәтижелері ұсынылған, олар бойынша анықталған:

1. Сарыбай карьерінің тау жыныстары мен кендерінің үлгілерін зертханалық сынау нәтижелері бойынша бір литотип шегінде де физикалық-механикалық қасиеттердің өзгергіштігі байқалды (1-сурет), бұл жарылу қарқындылығы, катпарлану, жыныстарды брекчирлеу, метаморфизм сияқты факторлардың Елеулі әсерімен түсіндіріледі.

2. Кен орнының тау жыныстарының литологиялық белгілері мен физикалық-механикалық қасиеттерін талдау негізінде 6 Инженерлік-геологиялық элемент бөлінді: әктастар, туфтар, туфиттер, метасоматиттер, диориттер, кен.



а) жыныстардың қысу кезіндегі беріктігі



б) жыныстардың созу кезіндегі беріктігі

Сурет 1- Инженерлік-геологиялық іздестіру нәтижелері бойынша жыныстар беріктігінің ең аз және ең жоғары мәні

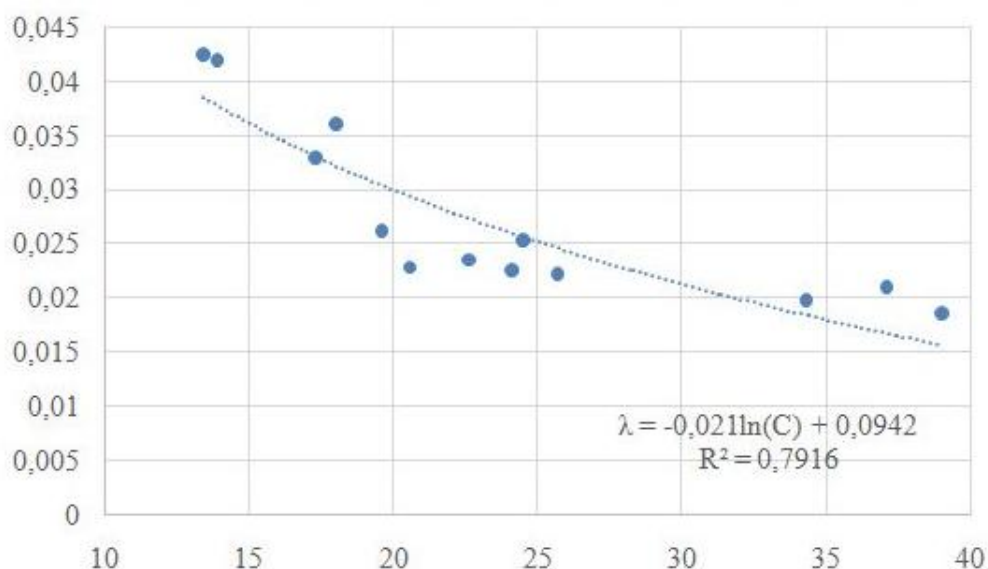
3. Карьерді (-)500 м абсолютті белгіге дейін тереңдеткен кезде, ең қолайсыз инженерлік-геологиялық жағдайлар Шығыс бортында байқалатын болады. Бұл борт Шығыс кен денесінің және оның қарқынды жарылған туффиттердің кеңеюіне бағытталған. Карьердің Шығыс бортында жатқан және онда көрсетілген 1 жарықшақтар жүйесі карьердің түбіне қарай 50 - 70° бұрышпен құлайды. Карьердің бортын Соңғы жағдайға қойған кезде және кемерлер еңістерінің еңіс бұрыштары сызаттар жүйесінің 1 құлау бұрышына жақын болады және туффиттердің қалыңдығында орналасқан кезде құлау процестеріне әкелуі мүмкін.

4. Жүргізілген инженерлік-геологиялық жұмыстар нәтижесінде Сарыбай карьерінің тау жыныстарының борт жанындағы массивін аудандастыру үшін (-)500 м абсолюттік белгіге дейінгі тереңдікті ескере отырып өлшеудің бірінші сериясындағы 6 тесік жүйесі және екінші сериядағы 5 жүйе бөлінді. Жату параметрлері бойынша массивтің табиғи қабаттылығына байланысты тек 1 және I жарықшақтар жүйелері толық сәйкес келетіні анықталды.

5. Жарықшақты өңдеу нәтижелерін талдау бойынша Сарыбай карьері үшін әлуетті беттердің келесі жарықшақтар жүйесі болуы мүмкін екені анықталды:

- карьердің Солтүстік және Солтүстік-Шығыс борттары үшін-II-1 жарықтар жүйесі;
- Шығыс және оңтүстік-шығыс борттар үшін-жүйе V;
- Оңтүстік борт үшін – III жарықтар жүйесі;
- -оңтүстік-батыс және Батыс борттар үшін-I жарықтар жүйесі, сондай-ақ I', II-2 және III жүйелер бойынша ықтимал құлау призмасының пайда болуы ықтимал.

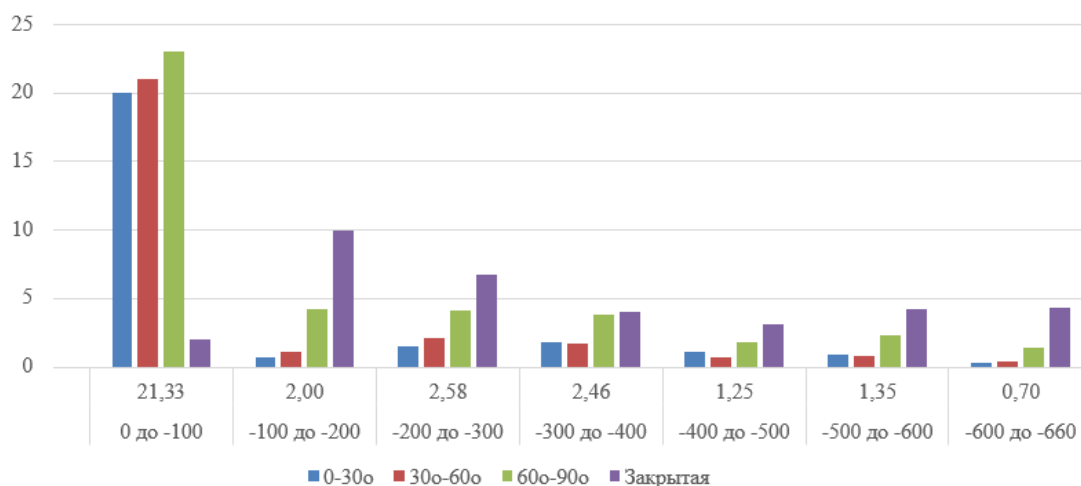
6. Жарықтық параметрлерін заттай өлшеу нәтижелері бойынша үлгідегі ілінісу шамасына құрылымдық әлсіреу коэффициентінің логарифмдік тәуелділігі алынды (2-сурет).



Сурет 2-Құрылымдық әлсіреу коэффициентінің (λ) үлгідегі ілінісу шамасына тәуелділігі (C)

7. Табиғи және зертханалық зерттеулер нәтижелері бойынша Сарыбай карьеріне арналған Тау-кен жұмыстарының тереңдігін арттыра отырып, құрылымдық құрылыстың заңдылықтары, физикалық-механикалық қасиеттері белгіленген (3-сурет).

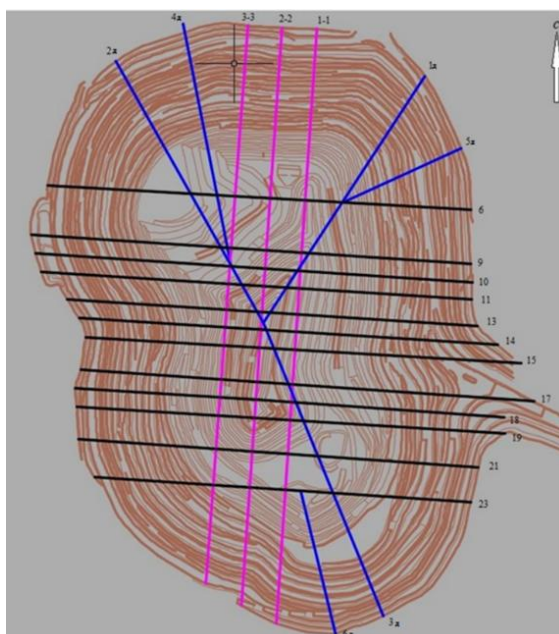
2-тарауда алынған нәтижелер карьер ернеуінің орнықтылығын математикалық үлгілеуді әрі қарай орындау және тау жыныстарының борттық массивіндегі негізгі қолданыстағы кернеулердің таралуын модельдеу үшін қажет.



Сурет 3 - Геологиялық іздестіру нәтижелері бойынша тау жыныстары массивінің жарықшақтығын анықтау нәтижелері

Үшінші тарауда карьер борттарының орнықтылығын есептеуді сандық моделдеу нәтижелері екі әдіспен - шекті тепе-теңдік әдісімен (USTO DU және Slide) және соңғы элементтер әдісімен (Midas GTS NX) ұсынылған.

Карьер ернеулерінің орнықтылығын есептеу көлденең, бойлық және диагональды инженерлік-геологиялық қималар бойынша орындалған (4-сурет), олар сандық математикалық модельдеуді орындаумен және әлеуетті қауіпті учаскелерді анықтаумен (-) 500 м дейінгі тереңдікті ескере отырып, Сарыбай карьерінің борт маңы аймағына тән болып табылады.



Сурет 4-Есептік профильдердің орналасуы

Сарыбай карьері борттарының төзімділігін есептеу (-) 500 м абсолюттік белгіге дейін өңдеу тереңдігінің артуын ескере отырып, үш түрлі әдіспен

карьер борттары тұтас алғанда тұрақты болып табылатынын көрсетті, бұл ретте тұрақтылық коэффициенттері 1,0 – ден 2,66-ға дейінгі шектерде түрленеді.

Ең аз тұрақты учаскелер карьердің жоғарғы көлденеңінде орналасқан. Жартас бөлігі үшін барлық есептеу әдістері бойынша тұрақтылық қорының коэффициенттері 1-ден астам нәтиже көрсетті, бұл массивтің тұрақты жағдайын көрсетеді. Алайда, КҚК мәні шекті рұқсат етілген деңгейге жақын учаскелер бар. Орнықтылықты математикалық есептеу нәтижелері бойынша ең аз тұрақты учаскелер:

- карьердің Солтүстік бортының жоғарғы көкжиектері күндізгі беткейінен + 150 м дейін.
- карьердің Батыс борты карьердің түбіне дейін массивтің жартас бөлігінде 15-19 профильді сызықтың шегінде
- карьердің Шығыс борты карьер түбіне дейін – 50/-100 белгісінде 13-17 профильді сызықтың шегінде

Карьердің барлық борттарында қорларды өңдеу кезінде борт жыныстары мен саздың суланған қалыңдығының болуын ескеру қажет. Бор құмдарымен, неогенді емес саздармен және төрттік саздақтармен салынған құламалар төгіледі және құлайды.

Бұл учаскелер үшін өңдеу тереңдігі ұлғайған кезде ұсынылады:

- Аспаптық мониторинг жүргізу.
- Мониторинг нәтижелері бойынша деформациялық үдерістер байқалғанда осы учаскелерде кемерлерді нығайту бойынша қосымша жұмыстар жүргізу.

Карьердің тереңдігі 700 метрге дейін ұлғайған кезде оның ернеулерінің тұрақтылығын математикалық үлгілеудің алынған нәтижелері геомеханикалық модельмен ұсынылған бірыңғай дерекқорға енгізу қажет болуы мүмкін деформация учаскелерін анықтауға мүмкіндік береді.

Төртінші тарауда кернеулі-деформацияланған күйдің (ҚҚС) табиғи өлшемдерінің нәтижелері, борт жанындағы массив жыныстарының ҚҚС математикалық үлгілеу және Сарыбай карьерінің геомеханикалық моделі ұсынылған.

Борт жанындағы массивтегі кернеуді бақылау ұңғыманың қабырғаларын Гудман гидродомкратымен жүктеу кезінде тау жыныстары Кайзерінің әсерін пайдалану негізінде жүзеге асырылды. Кернеуді өлшеу үш эксперименталды учаскелерде жүргізілді. Карьер ернеуінің бойымен әрекет ететін көлденең кернеулер өлшенді. Сарыбай карьерінің көлденең кернеулерін нақты анықтау нәтижелері 1-кестеде көрсетілген.

Кернеулі-деформацияланған күй есебі соңғы элементтер әдісімен жүргізілді. 5-суретте кен денелерінің созылу крестіне әсер ететін көлденең кернеулерді есептеу нәтижесі көрсетілген. Контурдағы массивтің ең жоғары кернеулерінің мәні 8,5 – 10,5 МПа жетеді. Ең жоғары көлденең кернеулердің шоғырлану аймағы карьердің оңтүстік-батыс бөлігінде 700 метр тереңдікте орналасқан.

Кесте 1 —Сарыбай карьерінде жұмыс істейтін көлденең кернеу

Эксперименттік учаскенің абсолюттік белгісі,м	Ұңғыма сағасынан қашықтығы массивтің тереңіне, м						
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
-240	7,4	5,03	4,92	5,16	4,95	4,5	4,34
-280	7,21	6,52	6,83	4,94	6,37	6,14	5,33
-340	10,28	6,58	7,73	8,14	8,16	8,42	8,83

Кен денелерінің созылуы бойынша әрекет ететін ең жоғары көлденең кернеулер 6,8 – 8,4 МПа, ең жоғары тік кернеулердің мәндеріне – 11,5 – 1,41 МПа жетеді.

Сарыбай карьерінің кернеулі-деформацияланған күйін математикалық модельдеу нәтижелері бойынша карьер түбінде кернеудің ең жоғары шоғырлануы пайда болады, бұл ретте тік кернеулердің мәні көлденең мәнінен 1,3 және 1,7 есе жоғары, жұмыс істеп тұрған кернеу үшін және кен денелерінің созылуы бойынша.

Сарыбай карьерінің ҚҚС көлемдік үлгілеу нәтижелері бойынша оны өңдеу тереңдігі минус 500 Карьер түбінің абсолюттік белгісіне дейін ұлғайған кезде, 15-18 разрездері ауданындағы Батыс борт ең тұрақсыз болып табылады. Бұл учаскеде деформациялық процестердің пайда болу ықтималдығы бар.

Карьер ернеулерінің орнықтылығын геомеханикалық қамтамасыз ету үшін бастапқы ақпараттың белгілі бір көлемі қажет. Геомеханикалық модельді құру реті:

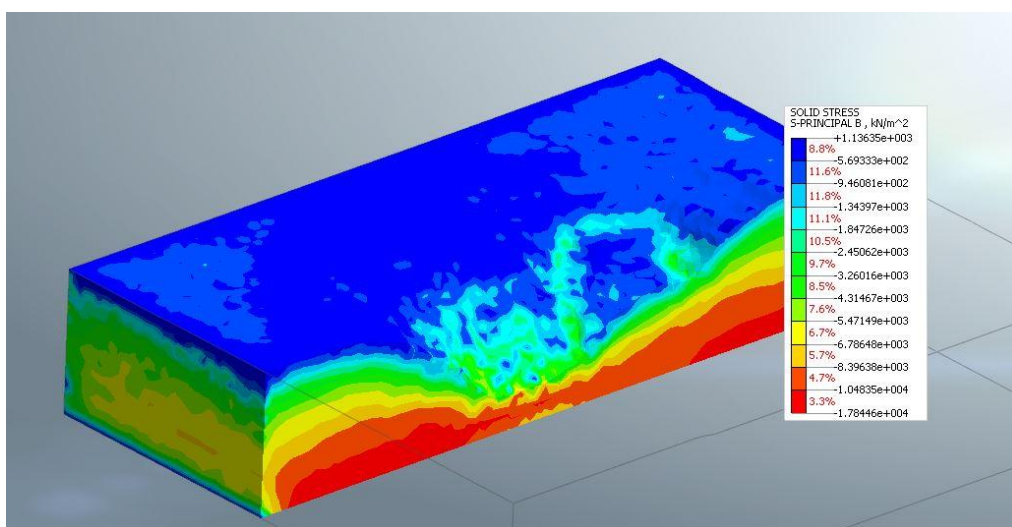
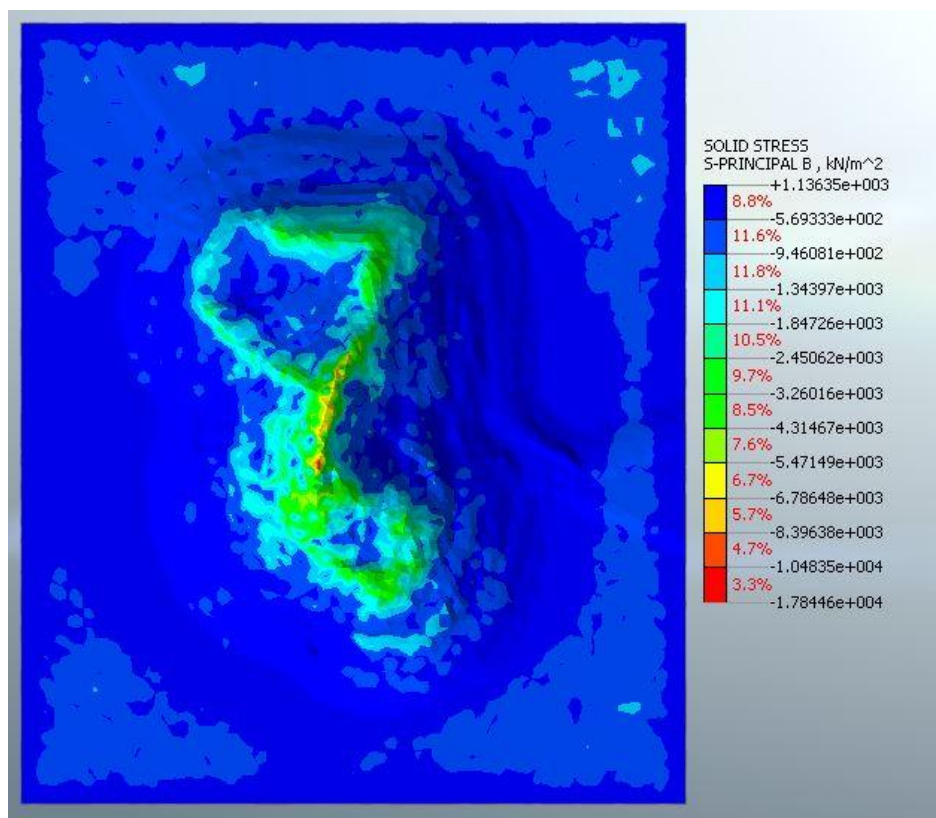
- деректерді жинау;
- геологиялық-құрылымдық модель құру. Кіріс ақпараты осы нақты массивті және оның құрылымдық біртекті еместігін құрайтын жыныстардың беріктік және литологиялық деректерімен берілген;

- геомеханикалық модельді жасау және толтыру

Кен орнының геомеханикалық моделі келесі компоненттерден тұрады:

- Геологиялық модель.
- Құрылымдық модель.
- Жыныс массивінің модельдері (жыныстардың қасиеттері)
- Гидрогеологиялық модель.
- Математикалық модельдеу нәтижелері бойынша ҚҚС және КЗУ мәндері.

Геомеханикалық модельдер кен орындарын өңдеу қауіпсіздігіне әсер ететін барлық параметрлерді бір дерекқорға біріктіруге мүмкіндік береді. Кешенді тәсіл мен тау-кен массивін толық жіктеу негізінде тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде тау-кен жыныстарының мінез-құлқын болжау мүмкін, бұл жер қойнауынан пайдалы қазбаларды өндіру қауіпсіздігін және толық алуды қамтамасыз етеді.



Сурет 5 —Сарыбай карьерінің ҚҚС үш өлшемді моделдеу (кен денелерінің созылуына бағытталған көлденең кернеу)

Диссертациялық зерттеу нәтижелері бойынша қысқаша қорытындылар.

Қазіргі жағдайда өңдеу тереңдігінің ұлғаю үрдісі байқалады, бұл өз кезегінде борттардың және карьерлердің кемерлерінің тұрақтылығына кері әсерін тигізеді. Тау-кен кәсіпорындарының тиімді және қауіпсіз жұмыс істеуі үшін жер қойнауы туралы шынайы, жедел және барынша толық ақпарат қажет. Диссертациялық жұмыста қазіргі заманғы бағдарламалық қамтамасыз етуді қолдана отырып, жұмыс істеп тұрған кәсіпорын мысалында терең

карьер борттарының орнықтылығын геомеханикалық қамтамасыз етудің ғылыми негізделген нәтижелері баяндалған.

Ғылыми жаңалығы мен практикалық маңыздылығын көрсететін келесі маңызды нәтижелер алынды:

1. Терең карьерлердің геомеханикалық жағдайларын және жұмыс істеп тұрған темір кені карьерінің тау-кен - геологиялық жағдайларын зерделеудің қазіргі жай-күйіне жүргізілген талдау борттар мен кемерлердің тұрақтылығына мынадай факторлар әсер ететінін көрсетті-әлсіреу беттерінің болуы, сулануы, тау жыныстарының беріктігі.

2. Сарыбай карьерінің сыйысатын жыныстары тізбектеу, бір осьтік қысуға және созылуға беріктік шегі сияқты параметрлердің едәуір шашырауы кезінде физикалық-механикалық қасиеттердің әртүрлі мағыналарына ие, бұл массивтегі қасиеттердің кендік өзгергіштігін, таралу ауданы бойынша да, массивтің жарықшақтығына байланысты жыныстардың жату тереңдігі бойынша да көрсетеді.

3. Тау жыныстары массивінің құрылымдық құрылымын зерттеу нәтижелері бойынша сырғу жазықтығы болып табылатын және карьер кемерлерінің тұрақтылығына қолайсыз әсер ететін жарықтар жүйелері анықталды.

4. Сарыбай карьеріндегі жартас массивінің жарықтық параметрлерінің заттай өлшеулерінің деректерін есепке ала отырып, құрылымдық әлсіреу коэффициенті ($\lambda=0,020,04$) анықталды және құрылымдық әлсіреу коэффициентінің үлгідегі ілінісу шамасына логарифмдік тәуелділігі алынды.

5. Карьердің борттары көп нұсқалы сандық үлгілеу нәтижелері бойынша тұрақты, бірақ үш учаскеде орнықтылық қорының алынған коэффициенттері шекті рұқсат етілген мәндерде болады.

6. Кернеулі-деформацияланған жағдайды өлшеу нәтижелері бойынша борт жанындағы массивте әрекет ететін көлденең кернеу анықталды.

7. Үшөлшемді модельдеудің нәтижесі бойынша кернеулі-деформацияланған күйдің шоғырлануы карьердің түбінде екендігі анықталды. Карьер түбіндегі кернеудің мәні 9,5 – 10 МПа, олардың көлемі қоршаған массивте 4 – 4,5 МПа болғанда жетеді.

8. Сарыбай кен орны үшін алғаш рет геологиялық, құрылымдық, гидрогеологиялық үлгілерден және орнықтылық пен кернеулі-деформацияланған жай-күйдің математикалық үлгілеу нәтижелерінен тұратын сандық деректер базасы құрылды. Алынған мәліметтер базасы Карьер тереңдігін 700 м дейін арттыру кезінде Карьер ернеулері мен кемерлерінің тұрақты жағдайын қамтамасыз ету үшін сандық геомеханикалық модель болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың нәтижелері "ССКӨБ" АҚ Сарыбай РУ өндірісіне қабылданды, бұл өндірістік үдеріске енгізу актісімен расталады.

Қойылған міндеттердің толық шешілуін бағалау. Осылайша, жұмыста қойылған барлық міндеттер шешілді:

- терең көкжиектер үшін тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттеріне зертханалық зерттеулер жүргізілді;

- тау жыныстарының массивіне табиғи зерттеулер жүргізілді, алынған мәліметтерді өңдеу және түсіндіру;

- тау жыныстары массивінің кернеулі-деформацияланған жағдайын математикалық модельдеу және карьер борттарының тұрақтылық қорының коэффициенттерін анықтау орындалды;

- геомеханикалық модель түріндегі бірыңғай деректер базасы құрылды, ол алдыңғы және диссертациялық жұмыста жүргізілген тау жыныстары массивінің зерттеулерінің нәтижелерін қамтиды;

- кен орнының тау-геологиялық, гидрогеологиялық, құрылымдық ерекшеліктеріне байланысты Карьер ернеулерінің геомеханикалық тұрақтылығын қамтамасыз ету бойынша ұсыныстар әзірленді.

Нәтижелерді нақты пайдалану бойынша ұсыныстар мен бастапқы деректер. Зерттеулерді орындаудың әдістері мен реттілігі ұқсас жұмыстарды орындау кезінде ашық тәсілмен өңделетін қатты пайдалы қазбалардың басқа кен орындары үшін қолданылуы мүмкін.

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер:

- Д. А. Қонаев атындағы тау-кен ісі институты арасында ғылыми-зерттеу жұмыстарын орындау. "ССКӨБ" АҚ бағдарламасы келісімшарттың "Аудандастыру прибортового кен жыныстар массивінің Сарыбай карьерінің бойынша геомеханическим шарттары ескере отырып, тереңдетуге мансап дейінгі абсолюттік белгі – 500 м, "ССКӨБ" АҚ Сарыбай РУ Сарыбай карьерін қайта жобалау кезінде пайдаланылған.

- 2018-2020 жылдарға арналған бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру шеңберінде № BR05236712 "Сандық экономикаға көшу негізінде тау-кен өндірістерін технологиялық жаңғырту" ғылыми-техникалық бағдарламасын жүзеге асыру.

Технологияның экономикалық тиімділігін бағалау. Кен орындарын ашық әдіспен игеру тереңдігі ұлғайған кезде, әдетте карьердің ернеулерін тарату және аршу көлемін ұлғайту жүргізіледі. Алайда, пайдалы қазбаны өндірудің өзіндік құнын едәуір ұлғайтпай карьердің терең горизонттарын өңдеуге тартудың басқа нұсқасы болуы мүмкін - бастапқы жобаны қайта қарау және борт көлбеуінің соңғы бұрышын ұлғайту. Жұмыс істеп тұрған Сарыбай карьерінің тереңдігі 700 м-ге дейін ұлғайған жағдайда, Сарыбай карьерінің терең жатқан кендерін -390 белгіден -500 м-ге дейін ығыстыруға тартылатын болады.

Осы саладағы үздік жетістіктермен салыстырғанда орындалған жұмыстың ғылыми деңгейін бағалау. Осы жұмыста ұсынылған әдеби дереккөздерге жасалған талдау, зертханалық, заттай зерттеулер мен математикалық үлгілеу нәтижелері диссертациялық жұмыстың қазіргі ғылыми-техникалық деңгейге сәйкес келетіні туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Келтірілген нәтижелер нақты зерттеулердің, модельдеудің және талдаудың қазіргі заманғы әдістерін қолдануға байланысты нақты және ғылыми құндылық болып табылады. Бұл автордың тиісті ғылыми

еңбектерінің жарияланымдарымен және әртүрлі деңгейдегі халықаралық конференцияларда нәтижелерді талқылаумен расталған.

Диссертация тақырыбы бойынша жарияланған жұмыстардың тізімі:

1. Мухаметкалиев Б.С., Калюжный Е.С., Съедина С.А., Абдибеков Н.К. Геомеханическое обеспечение устойчивости бортов карьера при увеличении глубины отработки. Горный журнал, №4, 2018 г. АО «Издательский дом «Руда и Металлы». ISSN 00172278. С. 27-32.

2. Съедина С. А., Балтиева А.А., Шамганова Л.С. Инновационные методы наблюдения за деформациями бортов карьера. Вестник КазГАСА, № 3(65), 2017 г., Алматы, ISSN 1680-080X. С. 224-230.

3. Rakishev B.R., Kuzmenko S.V., Sedina S.A., Tulebayev K.K. the analysis of influence of mining-geological factors on edges stability on the example of the Sarbai pit. Доклады НАН РК, №3, 2018 г., Алматы, ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print). С. 19-25.

4. Е.С. Калюжный, Съедина С.А., Асанов В.А., Н.Д. Рахимов. Определение физико-механических свойств горных пород Сарбайского карьера. Горный журнал Казахстана, № 9, 2018 г., Алматы, ISSN 2227-4766. С. 26-29.

5. Жаркимбаев Б.М., Съедина С.А. Выбор рейтинговой классификации для определения характеристик массива горных пород. Горные науки в индустриально-инновационном развитии страны, Том 87 2015 г, Казахстан, Алматы, ISBN 978-601-7093-30-3. С. 150-155.

6. Baltiyeva A.A., Altayeva A.A., Sedina S.A., Shamganova L.S., Tulebayev K.K. Sarbay mining open pit stable state edges geomechanical mintoring using software Usto4DU. 16th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM, Book 2 Vol II, 2016, Bulgaria, ISBN 978-619-7105-59-9. P. 525-530.

7. Шамганова Л.С., Съедина С.А., Балтиева А.А. К вопросу создания геомеханической модели месторождения. Инновационные технологии в геодезии, маркшейдерии и геотехнике, 2017 г., Караганда, ISBN 978-601-315-325-325-4. С. 33-35.

8. Токсаров В.Н., Шамганова Л.С., Бельтюков Н.Л., Ударцев А.А., Съедина С.А. Экспериментальное определение напряжений в массиве горных пород Сарбайского карьера. Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук, Том 4 № 2, 2017, Россия Новосибирск, ISBN 2313-5794. С. 286-290.

9. Съедина С.А., Балтиева А.А., Шамганова Л.С. Разработка 3D геомеханических моделей для подземных рудников и карьеров. Проблемы недропользования, №1, 2018 г. Россия Екатеринбург, ISSN 2313-1586. С. 60-65.

10. L.S. Shamganova, Sedina S.A., N.O. Berdinova. Development of geomechanical model of open pit for ensuring safe usage. The 25th World Mining Congress 2018. Proceedings. Open-pit Mining. P. 177-185.

11. Sedina S.A., Shamganova L.S., Berdinova N.O. Creation the geomechanical model for deep open-pit. 18th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM, Volume 18 Issue 1.3, 2018, Bulgaria, ISBN 978-619-7408-37-9. P 223-229