

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

М. Б. Нұрпейісова

ГЕОМЕХАНИКА

Оқулық

Алматы, 2014

ӘОЖ 531 (075.8)
КБЖ 22.2 я 73
Н 86

*Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің «Оқулық»
республикалық ғылыми-практикалық орталығы бекіткен*

Пікір жазғандар:

Н. Жалғасұлы – техника ғылымдарының докторы, профессор;
Б. М. Жарқынбаев – техника ғылымдарының кандидаты, профессор;
Х. М. Қасымқанова – техника ғылымдарының докторы, профессор.

Нұрпейісова М. Б.

Н 86 **ГЕОМЕХАНИКА:** Оқулық/ М. Б. Нұрпейісова. – Алматы: РПБК
«Дәуір», 2014. – 240 бет.
ISBN 978-601-217-465-6

Алты бөлімнен тұратын бұл оқулықта «Геомеханика» пәнінің негіздері баяндалған. Тау жыныстары массивінің механикалық қасиеттері мен кернеулі деформациялық күйі, негізгі түсініктер және анықтамалар келтірілген. Сонымен қатар, пайдалы қазындыларды қазып алудың әртүрлі әдістері (ашық, жерасты және біріктірілген) кезінде пайда болатын геомеханикалық процестердің ерекшеліктері қарастырылған.

Оқулық, тау-кен мамандарын даярлайтын жоғары оқу орындарының оқу жоспарларына сәйкес, Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университетінде «Геомеханика» пәнін жүргізудегі көпжылдық тәжірибе және Қазақстан Республикасы мен шетелдердегі жүргізген геомеханикалық зерттеулерінің нәтижелері негізінде жазылған. Кітаптың мазмұны «Геомеханика» пәнінің оқу бағдарламасы талаптарына сай.

Оқулық 5В070700 - Тау-кен ісі мамандығы бойынша жоғары оқу орындарында оқитын бакалаврларға, магистранттар мен PhD докторанттарға арналған және оқулықты ғылыми-зерттеу, жобалау институттары, өндіріс мекемелері қызметкерлері де пайдалана алады.

ӘОЖ 531 (075.8)
КБЖ 22.2 я 73

ISBN 978-601-217-465-6

© Нұрпейісова М. Б., 2014
© ҚР Жоғары оқу орындарының
қауымдастығы, 2014

КІРІСПЕ

1. «Геомеханика» пәнінің мазмұны және оның пайдалы қазындыларды игерудің әртүрлі тәсілдеріндегі атқаратын міндеттері

Жер қойнауы ресурстарын пайдаланудағы адамзаттың іс-әрекеті – тау жыныстарының кернеулі күйінің өзгеруімен, деформациялануымен және бұзылуымен байланысты геомеханикалық процестерді туындатады. Бұл процестер өте қиын техникалық және экологиялық зардаптарға әкеліп соқтырады. Осындай басқарылмайтын геомеханикалық процестердің кері әсерлерінен шетелдерде және Қазақстан Республикасының көптеген жер қойнауын пайдаланушы нысандар, өндіріс аймақтары мен жер бетінің учаскелері зиян шегуде.

Сондықтан осы оқулықтың мақсаты болашақ тау-кен инженерлеріне жер қойнауын пайдаланудағы геомеханикалық мәселелерді дұрыс шешуге қажет біліммен қамтамасыз ету.

Геомеханика дегеніміз – белгілі бір табиғи *жағдайларда* кентехникалық (технологиялық) *факторлардың* әсерінен массивтегі тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттері мен механикалық жай-күйі және олардың деформациялануы мен бұзылу процестері жайлы ғылым.

Жағдайлар – тау жыныстары массивінің табиғи-жаратылыстық ерекшеліктерінің жиынтығы. Әдетте, олардың геомеханикалық процестерге әсері уақытқа байланысты өзгеріске ұшырамайды.

Фактор (латынша factor – жасағыш, туындатқыш) дегеніміз – кез келген процесті туындатушы (қозғаушы) күш немесе себеп.

Табиғи факторлар: экзогенді және эндогенді болып екі түрге бөлінеді.

Табиғи экзогендік факторлар – тау жыныстары массивіне сырттан әсер ететін, яғни олардың ауа райына, күн радиациясы энергиясына және т.б. жағайларға байланысты желге мүжілуін, қирауын және басқа да процестерге ұшырауын анықтайтын факторлар.

Табиғи эндогендік факторлар – тау жыныстары массивіне іштей әсер ететін, яғни Жердің планеталық дамуынан және тектоникалық қозғалыстар, магмалық, метаморфизмдік және т.б. процестердің әсерінен туындайтын факторлар.

Геомеханикалық процестер – тау жыныстары массивінің табиғи экзогендік және технологиялық факторлардың әсерінен деформацияланып, бұзылып, механикалық қасиеттерінің өзгеруі және белгілі бір жағдайда жер бетіне көрініс беру процестері.

Геодинамикалық процестер – тау жыныстары массивінің табиғи эндогендік және технологиялық факторлардың әсерінен деформацияланып, бұзылып механикалық қасиеттерінің өзгеруі және белгілі бір жағдайда жер бетіне көрініс беру процестері.

Кен орындарын ашық тәсілмен қазып алу кезінде тау жыныстары массивінде, негізінде геомеханикалық процестер туындайды. Ал, кен орындарын жерасты тәсілімен және ұңғымалық әдістермен игеруде тау жыныстары массивінде геомеханикалық процестермен қатар геодинамикалық процестер де пайда болады.

Геомеханика ғылымының **нысандарына** массивтегі тау жыныстарының қасиеттері (қатты, сұйық және газ тәрізді фазаларындағы) мен жай-күйі, сонымен қатар олардың техногендік әсері кезіндегі өзгерістері жатады.

Геомеханика ғылымының **мақсаты** келесі мәселелерді шешуге мүмкіндік беретін ғылыми болжамдар, теориялар мен әдістер жасау:

- массивтегі тау жыныстарының қасиеттері мен табиғи кернеулі-деформациялық жай-күйі туралы жылдам және сенімді мәліметтер алу;
- осы жай-күйдің табиғи және техногендік факторлардың әсерінен өзгеру заңдылықтарын анықтау;
- жер қойнауы ресурстарын тиімді және қауіпсіз игеруді қамтамасыз ету үшін геомеханикалық және геодинамикалық процестерді басқарудың технологиялық әдістер жүйесін құрастыру.

Геомеханикалық зерттеулердің әдістері математиканың, қатты денелер физикасының, серпімділік және иілімділік, реологиялық теорияларының, геология және тау-кен ғылымдарының деректеріне сүйенеді және жер қойнауын пайдалануда геомеханиканың алдына қойылған мәселелерді шешу үшін қолданылады. Геомеханиканың

бұл әдістері теориялық, эмпиризмдік және жартылай эмпиризмдік болып бөлінеді. Теориялық әдістер тұтас орта механикасында қолданылатын теңдеулерге негізделген. Бұл жағдайда тау жыныстары серпімді, иілімді, жабысқақ, сусымалы немесе шын мәніндегі жағдайдан басқа қалаған ортада қарастырылады. Теориялық әдістер инженерлік есептерде сирек қолданылады.

Жер қойнауын пайдалану тәжірибесінде негізінде эмпиризмдік және жартылай эмпиризмдік әдістер қолданылады. Эмпиризмдік әдістер табиғи жағдайда жүргізілген аспаптық бақылаулардың нәтижесінде алынған заңдылықтарға негізделеді, ал жартылай эмпиризмдік әдістер – математикалық және физикалық үйлестіктерді теориялық тұжырымдау арқылы алынған байланыстарға негізделеді. Жартылай эмпиризмдік әдістердің есептеу формулаларындағы коэффициенттердің сандық мәндері аспаптық бақылаулар нәтижелерінен алынады.

Өртүрлі кен-геологиялық жағдайларда геомеханикалық және геодинамикалық процестердің дамуын дәлдігі жоғары аспаптық бақылаудың көлемі жағынан, бұрынғы Кеңестер одағының геомеханиктерінің тәжірибесі дүниежүзінің ғылыми мектептерінен асып түсті [1].

Тау жыныстары массивін зерттеудің геомеханикалық әдістерін маркшейдерлер кен орындарын жерасты және ашық тәсілдермен игеруде тау-кен қазбаларының қауіпсіз параметрлерін анықтау үшін қолданады.

2. Геомеханиканың басқа ғылымдармен байланысы

Геомеханика өзінің ғылыми негіздерінде және массивтегі тау жыныстарын зерттеудің әдістері мен жабдықтарында, жер қойнауын пайдаланудағы геомеханикалық процестердің заңдылықтарын анықтауда басқа да ғылыми пәндермен, бірінші кезеңде, тау-кен ғылымдарымен тығыз байланысады (1.1-сурет).

Геомеханиканың **маркшейдериямен** байланысы тау-кен кәсіпорындары маркшейдерлік қызметінің міндетіне, тау жыныстарының жылжуын, кен қазбаларының деформациялануын, қазу жүйелерінің конструктивтік элементтерінің орнықтылығын, жер беті ғимараттары мен құрылыстарының деформациялануын, карьер беткейлері мен үйінділердің орнықтылығын маркшейдерлік

бақылауды ұйымдастыру және жүргізу кіретіндігімен негізделген. Өйткені тау жыныстарының деформацияларын және сол деформацияларды туындайтын күштерді зерттеу геомеханика ғылымының негізгі міндеті.



1-сурет. Геомеханиканың басқа ғылыми пәндермен байланысы

Жер қойнауын игеруде массивтегі тау жыныстарының геомеханикалық жай-күйінің өзгеруін қадағалау маркшейдерлік аспаптар арқылы жүзеге асырылады. Аспаптық бақылаудың нәтижелері келесі мәселелерді шешу үшін пайдаланылады:

- ✓ нақтылы кен орны үшін массивтің деформациялану моделін есептеудің дұрыстығын анықтау;
- ✓ деформациялану процестерінің даму заңдылықтарын және оның параметрлерінің әсер ететін негізгі факторлармен байланысын анықтау;
- ✓ кен қазудың зиянды әсерлерінен қорғаудың шараларын жасау және шекті деформациялар жақындаған кезде зиянды әсерлерді азайту үшін жер беті мен қорғалатын нысандарды қадағалау;
- ✓ қабылданған қорғау шараларының тиімділігін анықтау;
- ✓ жер бетіндегі нысанға келген зиянды қайтаруда тау-кен жұмыстарының тигізген ықпал дәрежесін анықтау.

Сөйтіп, осы айтылғандардан маркшейдерия мен геомеханика арасында тығыз тура байланыстан басқа, тығыз кері байланыс

та бар. Өйткені маркшейдерлік қызмет жобаланған тосқауыл және сақтандыру кентіректерінің элементтерін жобадан жергілікті жерге көшіруге міндетті.

Геомеханика мен **тау-кен өнеркәсібі геологиясының** байланысы келесідей. Тау-кен өнеркәсібінің геологиясы – техногендік іс-әрекеттен геологиялық ортада жүретін процестер және оның әсерінен георесурстар сипаттамаларының өзгеру заңдылықтары туралы ілімнің жиынтығы екені бұрыннан белгілі. Сондықтан геологиялық деректер геомеханикада жер қойнауын пайдаланудың табиғи және өндіріс нысандарына тигізетін әсерін болжау үшін қолданылады.

Геомеханика **тау-кен ғылымдарының** «Геотехнология» деп аталатын саласымен де байланысы бар. «Геотехнология» дегеніміз – ол пайдалы қазындыларды жер қойнауы мен су астынан қазып алу немесе георесурстардың кейбір түрлерін (жерасты қуыстарын) іске асыру сияқты тау-кен ғылымдарының кешені. Осы тау-кен ғылымдарын топтастырудағы «Геотехнологияның» идеясы тау-кен кәсіпорындарының мүмкіншіліктерін кеңейтетін, әрі қарай дамытатын және тереңдететін көптеген техникалық шешімдерді ғылыми негіздеуде. Массивтегі тау жыныстарының кернеулі-деформациялық күйінің өзгеріске ұшырауы, біріншіден, қолданылатын технологиялардың, техникалық жабдықтар мен процестердің әсерінен болады. Тау жыныстарының құрамы, қасиеттері және жай-күйі туралы деректерді геотехнологияда қолдану ең тиімді техникалық шешімдерді ғылыми тұрғыдан негіздеуге және іске асыруға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, геомеханика өз саласындағы мәселелерін шешуде **тұтас орта механикасының** әдістерін қолданады. Ондай әдістерге серпімділіктің, иілімділіктің математикалық теориясы және шекті тепе-теңдік теорияларының әдістері жатады. Осы айтылған әдістердің барлығында зерделенетін зат өте кішкентай көлемдегі, яғни денедегі нүкте ретінде қаралады [2]. Одан кейін, математикалық әдістер арқылы нүктедегі жай-күйден жалпы дененің (заттың) жай-күйіне көшеді. Бұл жағдайда басында бөлшектелген өте кіші көлемдер қайтадан жинақталады.

Геомеханиканың **математикамен** байланысы былайша өрбиді:

- ✓ шекті тепе-теңдік ортаның дифференциалдық теңдеулерін шешуде теңдеулер жүйесінің гиперболалық түрі алынады; бұл

жүйелердің В. В. Соколовский мен С. С. Голушкевич ұсынған сандық және графиктік шешімдері ашық және жерасты қазбалары төңірегіндегі тау жыныстары массивінің шекті жай-күйін бағалауда қолданылады;

- ✓ тау жыныстары массивінің құрамын, қасиетін мен жай-күйін сипаттайтын көрсеткіштерін өңдеу және бағалау үшін ықтимал статистиканың әдістерін қолдану қабылданатын инженерлік шешімдердің сенімділігін жоғарылатады.

Геомеханиканың **геофизикамен** байланысы тау жыныстары массивінің кернеулі-деформациялық күйі мен оның табиғи және техногендік факторлар әсерінен өзгеруін зерделеуде гравиметриялық, электрометриялық, дыбыспен өлшеу сияқты геофизиканың әдістері өте жиі қолданылады.

Жүргізілген қысқаша талдаудан, геомеханиканың тау-кен ғылымдарының жеке бір саласы бола тұра, білімнің басқа да салаларымен тығыз байланыста екеніне көз жеткізуге болады.

3. Геомеханиканың қысқаша даму тарихы

Геомеханиканың даму тарихын бірнеше кезеңдерге бөлуге болады. Бұл бөлуді шартты деп есептеуге болады, себебі бір кезеңде алынған зерттеу нәтижелері келесі кезеңде жалғасын тауып дами береді.

Бірінші (бастапқы) кезең XIX ғасырдың екінші жартысына қарасты. Дәл осы кезде жерасты мен жер бетінің жылжуларын аспаптық бақылаулар арқылы қадағалап, олардың нәтижелерін тау-кен жұмыстарын жүргізудің тәжірибесімен толтырады. Ол кездері тау-кен жұмыстары онша терең қабаттарда жүргізілмеген және тазалау қазбаларының үстіндегі тау жыныстарының жылжуы үстіңгі қабаттың шөгіуімен сипатталатын.

Тау-кен жұмыстарының тереңдігі артуына байланысты жер беті жылжу аймағының мөлшері қазып алынған кеңістіктің ауданынан әжептеуір аса бастады. Сондықтан жер беті мен тазалау қазбасының үстінде орналасқан тау жыныстарының барлық нүктелері вертикаль бағытта төмен түседі, ал жылжу аймағының шеткі жақтары кен қазбаларының шекарасына қарай бағыттанып сырғитыны туралы пікір туындады. Тазалау қазбасы үстінде сығылу деформациясы, ал шөгудің мұлдасының шетінде – созылу деформациясы байқалады.

Геомеханика дамуының *екінші кезеңі* XX ғасырдың бас кезіне сәйкес келеді. Бұл кезеңде көптеген ғалымдар жерастында қазудың тереңдігі артқан сайын тау-кен қысымының пайда болатыны туралы пікір айтып және оның шамасын алдын ала есептеудің әдістерін негіздеді. Осы кезеңдегі ең құнды еңбек М. М. Протодьяконовтың 1907 жылы жарық көрген «Тау жыныстарының кеніш тіреуіне түсетін қысымы» деген монографиясы болды. Дәл осы кезде материалдар кедергісі мен құрылыс механикасы теорияларына негізделген кентіректерді есептеудің әдістері кең тарала бастады.

Геомеханика дамуының *үшінші кезеңі* XX ғасырдың 20 жылдарына жатады және ол тау-кен қысымы мәселесін шешуде серпімділік теориясының әдістерін қолдануымен сипатталады. 1925-1926 жылдарда А.Н. Динник тау жыныстарының кернеулі-деформациялық күйін сипаттау үшін алғаш рет серпімділік теориясын қолдануды ұсынды. Осыдан бүйірлік қысым деген ұғым пайда болды. Сөйтіп, өткен ғасырдың 20-30 жылдарында тау-кен қысымы мәселесін шешуде серпімділік орта туралы түсінікті, Гук заңын және тепе-теңдік теңдеулерін алғаш рет қолдана бастады.

Геомеханика дамуының *төртінші кезеңінің* басы 30-жылдардың ортасымен, яғни Г. Н. Кузнецовтың тау-кен қысымының түзілуін балама материалдардың көмегімен модельдеудің жаңа әдісін жасауымен ұштасты.

Модельдеудің әдістерін қолдану арқылы әртүрлі кен-геологиялық жағдайлардағы тау жыныстары массивінің кернеулі-деформациялық күйлері туралы маңызды деректер алуға және тау жыныстарының деформациялануын есептеудің әдістерін жасауға мүмкіндік берді.

Геомеханика дамуының *бесінші кезеңі* В. В. Соколовский [5] мен С. С. Голушкевичтің [6] белгілі еңбектерімен және геомеханика мәселелерін шешудің аналитикалық әдістерінің әрі қарай дамуымен сипатталады.

В. В. Соколовский мен С. С. Голушкевичтің жұмыстары кентіректерге түскен шекті жүктемелерді, тау-кен қазбалары төңірегіндегі, шахтаның вертикаль оқпандары мен тазалау қазбалары төбелерінің және де карьер кемерлері мен беткейлерінің орнықтылығын инженерлік есептеудің көптеген әдістеріне негіз болды. Геомеханика дамуының осы кезеңіне елеулі үлес қосқан Г. Л. Фисенко [7] (ВНИМИ) еңбегін атап өткен орынды. Өткен ғасырдың

40-жылдарында Қазақстанда ҚР ҰҒА-ның корреспондент мүшесі А. Ж. Машановтың жетекшілігімен геомеханика ғылыми мектебінің іргетасы қаланғанын және оның орталығы Қазақ политехникалық институты (қазіргі ҚазҰТУ) болғанын бұрынғы Кеңестер Одағының маркшейдерлері жақсы біледі.

Геомеханиканың дүниеге келуіне соғыс жылдарында Қазақстанда орасан зор қарқынмен кен қазу жұмыстары дамып тұрған кезде, еліміздің кейбір кеніштерінде болған оқиғалар себеп болды. Мысалы, Жезқазған кеніштерінде жерасты қазбаларының төбелерін тіреп тұратын сақтандыру кен дінгектерін қалдырып отырады. Тоғыз шаршы метр төбені тіреп тұратын тіреудің бір шаршы метр және төбеге түсетін күші белгілі болғанда, сол қалдырылған сақтандыру тірегінің беріктігін есептеп шығару қиын емес. Төбеден құлау қаупінен сақтандыру үшін тіреудің беріктігін түсетін салмақтан артық етіп алу керек. Сондай дәл есептеулерге қарамастан көптеген кеніштерде кен тіреулер құлап, апаттар бола бастады. Оның себебі кен тіреулерді есептегенде оны біртұтас дене ретінде қараған, яғни оның ішінде табиғи жарықшақтары бар екендігі ескерілмеген. Міне, осы жағдайлар тау жыныстарының табиғи-геологиялық жарықшақтарын, кен қабаттарының құрылыстарын зерттеу қажет екендігін тудырады.

Сол жылдары Қазақ-кен металлургия институтындағы «Маркшейдерлік іс» кафедрасының негізін қалаушы, профессор П. А. Рыжов өзіне институтты жаңа бітірген А. Ж. Машанов, А. К. Каюпов, К. Ф. Ермолаев секілді жастарды аспирант етіп алады. 1941 жылы Лениногор кен комбинатындағы «Северная» кенішінің оқпаны деформацияланып жылжи бастады. Маркшейдерлік бақылау жұмыстары горизонталь жылжулардың тәулігіне 0,5 мм жеткендігін дәлелдеді. Осы мәселе туралы жедел кеңес шақырылып, шахта оқпаны жабылып, жаңадан көлбеу қазба жүргізу қажеттігі шешіледі және бұрынғы оқпанның деформациялану себебін анықтау ғалым П. А. Рыжов пен оның аспиранты А. Ж. Машановқа жүктеледі.

Жүргізілген зерттеу жұмыстарының нәтижесінде оқпанды тереңдігі 40 м жерде күрделі тектоникалық жарылыс қиып өтетіндігі және оның жер бетіндегі ашық кеніш түбінен шығатыны анықталды. Жарылыс арқылы жер бетіндегі сулар жерастына сусып, оқпанның жылжуына себепкер болғандығы дәлелденді. Геомеха-

ника тұрғысындағы негізгі идеялар А. Ж. Машановтың 1944 жылы қорғаған «Торғай сүрме кенінің құрылымы» диссертациясында баяндалды. Жаңа ғылым саласы «Геомеханика» Қазақстанда бастау алып, дамып, өрісі кеңейе берді.

1946 жылы А. Ж. Машанов Мәскеуде «Кен аймақтарының құрылымын жер қойнауын геометризациялау әдісімен зерттеу» тақырыбына докторлық диссертация қорғады.

Ғұлама ғалым-ұстаздың тау-кен ғылымы саласы мен қазақстандық ғылыми жұртшылық алдындағы негізгі атап өтерлік еңбегі – ол Қазақ тау-кен металлургия институты (қазіргі Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ) маркшейдерлік іс кафедрасының ғылыми потенциалы негізінде «студент-кафедра-ғылым» үлгісі бойынша ғылымға жастар мен талантты ғалымдардың үздіксіз ағылып келген ірі ғылыми-педагогикалық мектебін құруы.

Ғылыми мектептің негізін қалау және оған басшылық ету ғалымдар арасында сирек кездесетін жағдай. Бұл қырын айтқанда, нақтылы бір ғылыми биікке жету, тіпті ең бір елеулі нәтижеге жетсе ғана маңызды. Себебі, ғылыми мектептің жетекшісі, ең алдымен, өзінің ілім саласындағы барлық ғылыми жетістіктерді сақтаушы және әрі қарай жалғастырушы, сонымен қатар сол ғылыми бағытты келешекті болжай отыра дамытуға қабілетті болуы тиісті. Ғылыми мектеп дегеніміз – ол бірнеше ұрпаққа жалғасқан үрім-бұтақ шежіресі секілді, ғалымдар егіп, суарған «көп жылғы бәйтерек ағаш» тәрізді. Өртүрлі жағдаймен «ағаштын» кейбір бұтақтары үзілсе, әрине, ол қиын жағдай. Онда бар үміт «ғылыми мектептің негізін қалаушысы» деп аталатын «бәйтеректің» берік түптамырында [8].

Классикалық анықтама бойынша ғылыми мектеп – бұл оның идеясын, ғылыми ұстанымдарын және әдістерін бойына сіңірген, оларды өздерінің еңбектері мен қызметінде тереңдетуші және дамытушы оның шәкірттері мен ісін жалғастырушылар тобы.

Бұрынғы Кеңестер Одағында А. Ж. Машанов алғаш рет геомеханика мәселелерін шешуде тау жыныстарының жарықшақтылығын зерделеуге көңіл аударған және «жартасты-жарықшақты тау жыныстары массиві» деген ұғымды ғылымға енгізді [9,10].

Геомеханика саласында Қарағанды мемлекеттік техникалық университетінің ғалымдары (И. И. Попов, Р. П. Окатов және Ф. К. Низаметдинов және т.б.) [11,12] және Шығыс Қазақстан мемлекеттік

техникалық университетінде Т. Т. Ипалаковтың жетекшіліктерімен жүргізілген ғылыми-зерттеулер геомеханикалық мониторингті заманауи аспаптармен қашықтықтан автоматты түрде жүргізуді жүзеге асырып отыр.

Алтыншы кезеңі 1980-жылдардың басы және ол бұрынғы кезендердегі алынған ғылыми және практикалық нәтижелерді тұжырымдайды. Ол келесідей:

а) кен орындарын жерасты тәсілімен игеруде:

1. Тау жыныстары мен жер беті жылжуының негізгі параметрлерінің, жер беті ғимараттары мен имараттары, технологиялық жабдықтар, көлік коммуникациялары, инженерлік және өндірістік құрылыстар үшін рұқсат етілген және шекті деформацияларының анықталуы.
2. Жер бетінің деформациялануына, нысандардың түрлеріне, олардың конструкцияларының ерекшеліктеріне және басқа да факторларына байланысты, зиян шеккен нысандарды бағалау жіктемесінің жасалуы.
3. Көмір және рудалық кен орындарын су нысандары астында қауіпсіз қазып алудың жағдайлары анықталды.
4. Жайпақ, көлбеу және күрт құлама кендерді тектоникалық бұзылыстар аймағында қазып алудағы жер бетінің жылжулары мен деформацияларын есептеудің инженерлік әдістері жасалды.
5. Ықтимал жылжулар мен деформацияларды болжаудың әдістері жасалды.
6. Жекелеген нысандарды қорғаудың тау-кен шаралары, оның ішінде әртүрлі кен-геологиялық жағдайларды сақтандыру кентіректерін құрудың жолдары жасалды.
7. Терең вертикаль оқпандарды қорғау шаралары жасалынды.
8. Кен қазудың осы күнгі тереңдіктеріне сәйкес тау жыныстары мен жер бетінің және кеулеп қазылған нысандардың жылжуын бақылаудың тиімді және әсерлі тәсілдері негізделді.
9. Тау-кен соққысымен күрестің әдістері жасалынды.

б) кен орындарын ашық тәсілмен игеруде:

1. Созылған және дөңгелек пішінді карьерлердің беткейлері мен үйінді қиябеттерінің орнықтылығын есептеудің инженерлік әдістері ғылыми негізделді.

2. Әртүрлі инженерлік-геологиялық құрылымдығы тау жыныстарының деформациялану ерекшеліктері зерттелді және әртүрлі орнықтылық коэффициентіне тән шекті сырғу деформациялары анықталды.
3. Карьер беткейлері мен үйінділер қиябеттерінің орнықтылығына тау жыныстары массивінің геологиялық құрылымы мен гидрогеологиялық және кен-техникалық факторлардың әсерлері бағаланды.
4. Кен-геологиялық жағдайлары әртүрлі карьер беткейлерінің деформациялары және олардың пайда болу себептері зерттелді, карьер беткейлері деформацияларына ұзақ уақыттық аспаптық бақылаудың әдістемесі жасалынды.

Геомеханика мәселелерін зерделеуде көптеген ғылыми-зерттеу, оқу және жобалау институттары, оның ішінде Бүкілодақтық ғылыми-зерттеу маркшейдерлік институт (ВНИМИ) және оның филиалдары, Ресей ғылым академиясының жер қойнауын кешенді игеру институты (ИПКОН РАН), А. А. Скочинский атындағы Тау-кен істері институты (ИГД им. Скочинского) Санкт-Петербург мемлекеттік техникалық университеті (Санкт-Петербургский ГТУ), Мәскеу мемлекеттік тау-кен институты (Московский ГГУ), Қазақ ұлттық техникалық университеті (КазНТУ), Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті (ҚарМГТУ), Ташкент мемлекеттік техникалық университеті (ТашГТУ, Узбекистан) және т.б. өз үлестерін қосты. Ғалымдар мен мамандардың арқасында тау-кен жұмыстарын геомеханикалық қамтамасыз етудің күшті нормалық-техникалық қоры жасалынды.

Геомеханика саласындағы отандық ғалымдардың жетістіктері мемлекеттік сыйлықтармен, дипломдармен марапатталып отырды:

1971 ж. Кеңестер Одағының шахталарында тау-кен соққысына қарсы шаралар жасап өндіріске енгізгені үшін (И. М. Петухов, Я. А. Бич, А. Н. Омельченко, С. Г. Авершин, А. А. Смирнов және т.б.);

1982 ж. кендерді ашық тәсілмен игеруде карьерлер мен разрездерде жылжуға қарсы күрес және олардың алдын алу шараларының ғылыми негіздерін жасап өндіріске енгізгені үшін (Г. Л. Фисенко, В. Т. Сапожников, Р. М. Гусев, В. Г. Зотеев, М. Е. Певзнер және т.б.);

1984 ж. балама материалдардан геомеханика процестерінің модельдерін жасап және оларды тау-кен жұмыстарын жүргізуде

және жерасты құрылыстарында қолданғаны үшін (Г. Н. Кузнецов, К. А. Ардашев, В. Н. Земисев, Е. И. Шемякин, А. А. Борисов және т.б.);

1989 ж. рудалық кен орындарын жерасты тәсілдерімен игеруде тау-кен қысымын басқарудың әдістемесін жасап өндіріске енгізгені үшін (И. Айтматов, В. И. Борщ-Компониец, С. В. Кузнецов, М. В. Курленя, В. С. Ямщиков, Г. А. Марков, И. А. Турчанинов және т.б.);

2007 ж. Қазақстан Республикасы тау-кен саласында геомеханика мен геоинформатикалық технологияларды әдістемелік қамтамасыз етуді дамытқаны үшін (М. Б. Нурпеисова, Ю. И. Шабдарова);

2011 ж. жер қойнауын игеруде тау жыныстары массивінің жай-күйін болжауды және қоршаған ортаны сақтауды жасауы өндіріске енгізгені үшін (К. Н. Трубецкой, М. А. Иофис, И. В. Милетенко, В. Н. Одинцев (РФ) және М. Б. Нурпеисова, Ж. Ж. Байгурын, Х. М. Касымканова (Қазақстан)).

Қазақстанда және шетелдерде геомеханика саласындағы зерттеулер жалғасын табуда және ол зерттеулер біздің тау-кен кәсіпорындарымызда жүргізіліп жатыр. Геомеханикалық әдістерді тау-кен ісінің нақтылы мәселелерін шешуде Қазақстан кенші-ғалымдары мен маркшейдерлері алдына жан салмай еңбектеніп келе жатқандығы баршаға аян.

Егер жер қойнауындағы пайдалы кендерді қазып алып халық игілігіне жұмсау алдымыздағы айқын жолымыз болса, онда Сіздер – болашақ жер қойнауын пайдаланушылар, Қазақстанның кен байлықтары туралы хабардар болып, білімдеріңізді ұдайы толықтырып, ой-өрістеріңізді кеңейте берулеріңіз қажет.

4. Қазақстанның кен байлықтары

Бүгінде Қазақстан республикасы өзінің аумағы мен ұшан-теңіз табиғи байлығы жағынан ірі экономикалық аймақ болып отыр. Еліміздің жер қойнауында Менделеевтің химиялық кестесінде көрсетілген 110 элементтің 99-ы анықталып отыр. Оның 70 элементі барланып, бүгінде 60-ы пайдаға асуда. Дүниежүзі ғалымдарының бағалауы бойынша табиғи ресурстары қорынан әлемде алтыншы орында тұр. Ғалымдар Қазақстанның барланған жер қойнауындағы қорын шамамен АҚШ-тың 10 триллион долларына бағалап отыр. Қазақстан – мұнай, газ, титан, магний, қалайы, уран, атын және

басқа түсті металдар қоры жағынан дүниежүзіндегі ең бай ел болып саналады. Вольфрам қорынан әлемде бірінші орында, хром мен фосфорит рудаларынан – екінші, ал қорғасын мен молибденнен – төртінші, жалпы темір рудалары қорынан (16,6 миллиард т.) Бразилия, Австралия, Канада, АҚШ, Индия, Ресей мен Украинадан кейін алтыншы орында тұрмыз.

Міне, осындай байлығымыз туралы Қазақ ғылымының төрағасы, КССРО Ғылым академиясының академигі, әмбебап білім иесі Қ. И. Сәтбаев «Біздің Республикамыз өзінің ұлан-ғайыр шалқарында табиғи қазыналарды тығып сақтауда. Қазақстанның болашақ байлығы қазбасында, оны орынды пайдалану халықтың материалдық игілігі мен мәдени деңгейін, экономикасы мен әлеуметтік дамуын белгілейді» деген болатын.

Бүгінде Қазақстанға АҚШ пен Батыс Еуропа елдері, сонымен қатар Турция, Иран, Пакистан, Япония және Қытай қызығушылық тудырып отырғаны жасырын емес. Әрине, ол біздің Республикамыздың стратегиялық шикізат ресурстарының, оның ішінде мұнай мен газ жағынан жоғары мүмкіншілігінде.

Қазақстан территориясында дәл қазір перспективті 14 бассейні бар, оларда тек 160-да мұнай мен газ барланған. Егер олардың барлығын пайдаланып отырсақ, онда біздер Сауд Аравиясы, Кувейт, Біріккен Араб Эмираттарынан кем түспес едік. Сонымен қатар, 100-ден астам көмір кен орындары, оның ішіндегі ең ірісі Екібастұз кені және 50 миллиард тоннадан артық қоры бар Қарағанды бассейні.

Қазақстанның экономикасында Тау-кен-металлургия кешені үлкен рөл атқарады. 2005 жылдан бастап Қазақстан кен игеру және рудалар мен минералдарды өңдеу жағынан да алдыңғы қатарда. Сөз жоқ, еліміздегі Тау-кен-металлургия кешенінің өркендеуіне мол минералдық-шикізат қорымыз себепкер болса, оның дамуына Қ. И. Сәтбаев, А. Ж. Машанов, Ө. А. Байқоңыров, Е. А. Букетов сынды Республикамыздың геологтары, кеншілері және металлургтары зор үлес қосты.

Қ. И. Сәтбаев – дүниежүзіне әйгілі ғалым-геолог, ҚСРО ғылымдар академиясының академигі, Қазақтың ұлттық техникалық университетіне есімі берілген.

А. Ж. Машанов энциклопедист-ғалым, тау-кен инженері-геолог, ҚазҰТУ-дың алғашқы түлегі, алғашқы аспиранты, Қазақстан

Ғылым Академиясының корреспондент мүшесі, ҚазҰТУ-дағы жаратылыстану-гуманитарлық институтына есімі берілген.

Ө. А. Байқоңыров – тау-кен инженері, ҚазҰТУ-дың түлегі, Қазақстан ғылымдары Академиясының академигі, Тау-кен-металлургия институтына есімі берілген және жақында 100 жылдық мерейтойы да аталып өтті.

Е. А. Букетов – инженер-металлург, ҚазҰТУ-дың түлегі, Қазақстан ғылымдары Академиясының академигі, Қарағанды мемлекеттік университетіне есімі берілген ғұлама ғалым.

Қазақстанның негізгі тау-кен-металлургия кешендеріне: «КА-ЗАХМЫС» - мыс компаниясы (кұрамында карьер, шахталар, байыту фабрикалары, мырыш зауыты, мыс қорытатын кешендері, электро-станциялары бар), «КАЗЦИНК» – мырыш өндіргіш компания (3 комбинат, шахталар, фабрикалар), «КАЗХРОМ» – хром өндіреді (байыту фабрикалары, зауыты), «КАЗФОСФАТ» – тыңайтқыштар өндіреді (шахталар, карьерлер және зауыт), «КАЗАТОМПРОМ» – уран өндіреді.

Сәтбаевтың өмір жолының шырқау шыңы – Орталық Қазақстанның металлогениялық болжам картасын жасау болды және ол әлемдегі теңдессіз ғылыми еңбек ретінде тарихқа енді. Ғалымның жетекшілігімен Солтүстік және Орталық Қазақстан территориясында жүргізілген геологиялық барлау жұмыстарының нәтижесінде көптеген алтын кен орындары ашылды.

Солардың бірі бүгінгі «Altyntau Resources» компаниясы. Оның негізгі активтері Қазақстанда орналасқан, әлемнің ең ірі және тез өсіп келе жатқан алтын өндірісшілерінің бірі. Компания өндіріс, «Good Delivery Rules» London Bullion Market Association (LBMA) сәйкес алтын кенін шығарудан тазартылған алтын құймасын шығаруға дейінгі толық циклді қамтып отыр.

Алтын кен орындарының түзілуінің магмалық факторға байланыстылығын Орталық Қазақстанның металлогениясында Қ. И. Сәтбаев дәлелдеп кеткен.

Ұлы ғалымның ғылыми болжауларының дұрыстығын жуырда ерекшеленген кен орындары топтарының бір-бірімен байланысты екендігінен байқауға болады. Олар: Жетіқара, Бестөбе, Ақбақай, Васильков және т.б. солтүстік және орталық Қазақстандағы кен

орындары. Васильков кен өрісінде протерезойдың метоморфизмге шалынған жыныстары таралған.

Жалпы алғанда, алтын Қазақстанның барлық аймақтарында табылған, анықталған қорларының деңгейлеріне қарай алдыңғы қатарда Солтүстік және Орталық Қазақстан аймақтары тұр. Алтын және құрамында алтыны бар Қазақстандағы кен орындары туралы қысқаша мәлімет 1-кестеде келтірілген.

1-кесте

Қазақстандағы ең ірі алтын кен орындары

Шығыс Қазақстан	Бақыршық, Большевик, Васильев, Риддер-Сокольный, Суздаль
Орталық Қазақстан	Ақсу, Жолымбет, Бестөбе, Еңбекші, Майқайың, Бозшакөл, Саяқ 1У
Солтүстік Қазақстан	Васильково, Узбой, Сымбат, Комаров, Элеватор, Аққарға
Батыс Қазақстан	Юбилейное
Оңтүстік Қазақстан	Ақбақай тобы, Мыңарал, Жаркұлақ, Қарамұрын, Архарлы

Оларды қырыққұдық (ордовик) және Бурабай (силур – төменгі девон) интрузиялық жыныстар тобы жарып өткен. Осы жыныстардың кварцқа өте мол байыған және көп минералданған зоналары (ұзындығы бірнеше жүз метр, ені ондаған метр) мен кварц желілері алтынды руда денелері болып саналады. Кен рудасы 40 м тереңдікке дейін тотыққан, ал орташа тереңдікте гидротермалдық эсермен жаралған ірі Васильков кенінің «Динозавр жұмыртқасы» деп аталып кеткен кварц-арсенопирит формациясы орналасқан.

Ертедегі аңыздарда айдаһарлар мен солардың қатарындағы динозаврлар өз ұяларын жерасты байлықтарының, оның ішінде алтын жатқан жерлердің үстіне салатыны және де олардың ең ірі «жұмыртқалары» алтынмен жалатылғаны айтылған. Сондағы айдаһарлардың басты мақсаты – жерасты байлықтарын сақтау және жер қойнауының тыныштығын бұзғандарды қатал жазалу болған. Дегенмен, осы заман адамдары мұндай қиындықтар мен қауіптерден қорықпай, кен игеру ісін күннен-күнге дамытып келеді.

Әрине, бұл өте қызық аңыз, бірақ жер қойнауында «жұмыртқа» пайда болуын геологтар ғылыми түрде әлдеқашан дәлелдеген және олардың пікірлері мынадай.

Васильков алтын кен орнын түзетін магмалық тау жыныстары, жер қыртысының төменгі бөлігінен (силур – төменгі девон) немесе жоғарғы мантиясынан шығатын силикатты магмалардың қатуынан пайда болған. Жер қойнауында жүріп жататын тектоникалық процестер кезінде жоғары көтеріліп келе жатқан магма температурасын жоғалтады да, қатады.

Міне, осындай магмалардың алғашқы керисталдануы және онымен басқа да минералдардың топтасуы кезеңдерінде шпирлар деп аталатын учаскелер пайда болады. Мұндай учаскелер айналасындағыларға қарағанда тез суиды, центрленген жарықшақтары бар жұмыр пішінді болып шоғырланады. Ондай учаскелердің сыртқы бетінде өте қатты шыңдалған қабық түзіледі. Әрі қарай, кен қазу кезінде тау жыныстары ашылады және желге мүжілу процестері кезінде беріктігі аздау тау жыныстары тез бұзылады, ал жоғарыда айтылған «динозавр жұмыртқасы» тәріздес жұмыр шоғырлар сол қалпында қалады.

Васильков кен орнын игеру барысында баршаға белгілі бір үлкен «жұмыртқа» және одан да басқа кішігірім 20 шақты жұмыр шоғырлар ашылған.

Васильков кен орнының бірден-бір ерекшелігі – ондағы алтын қорының көлемінде. Табиғат Васильков кенішіне 350 тоннаға жуық, Менделеев жүйесіндегі 79-нөмірлі элементті қоймалаған. Бұл – дүниежүзілік үлкен көрсеткіштердің бірі. Мұндағы алтын рудасы 500 метр тереңдікке дейін барланған, карьердің ауданы 1210 мың м², ұзындығы 1300 м, ені – 1200 м (4-сурет). Дәл қазір карьердің тереңдігі 70 м болса, әрі қарай бұл алтын кенін жерасты әдісіменен игеру жобаланып отыр.

Бүгінде алтыннан басқаның барлығы бос қиял... Валютаның дүниежүзілік бағасы төмендеп, финанстық кризистер туындап жатқанда, адамдар жасыл қағаз-долларды еске алады, ал алтын кез келген жағдайда бағасын жоғалтпайды.

Қазақстанның асыл металдармен байлығында шек жоқ, оны тек қана Солтүстік Қазақстанда ашылған 41 кен орнынан байқауға бола-

ды. Солардың ішінде оқшау тұрғаны Көкшетау жанындағы Васильков алтын кен орны.

Ал келешек, Сіздерден – жас мамандар, Қазақстанның кен орындарын игеруді, геомеханикалық процестерді зерттеуді және басқарып отыруды күтіп тұр.

Бақылау сұрақтары:

1. Геомеханика пәнінің мазмұны және міндеттері.
2. Тау жыныстарының құрамы және құрылымы деген не?
3. Геомеханикалық процестер деген не?
4. Геодинамикалық процестер деген не?
5. Геомеханиканың басқа ғылымдармен байланысы.
6. Геомеханиканың даму тарихы.
7. Геомеханика ғылымының Қазақстанда дамуы.
8. Геомеханиканың ғылыми мектептері
9. Тау-кен-металлургия саласын дамытудағы Қазақстан ғалымдары мен мамандарының қосқан үлесі.
10. Қазақстанның кен байлықтары.

1. ТАУ ЖЫНЫСТАРЫНЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ЗЕРТТЕУ

1.1. Тау жыныстарының құрамы мен құрылымы

Егер тау жыныстарының құрамы, құрылымы, қасиеттері және жай-күйі, сонымен қатар уақыт факторын ескергендегі осы қасиеттердің арасындағы өзара байланыстар анықталған болса, онда тау жыныстары жан-жақты зерттелген деп есептеледі.

Шешілетін мәселелерге байланысты тау жыныстарын зерттеуде анықталатындар: *гранулометриялық, микроагрегаттық, минералдық және химиялық құрамдары.*

Гранулометриялық құрам деп тау жынысы құрамында үлкендігі (фракциясы) әртүрлі бөлшектердің, құрғақ тау жыныстының абсолют массасына шаққандағы % шамасы. Тау жыныстарының гранулометриялық құрамына қарай жіктелуі 1.1-кестеде келтірілген.

Тау жыныстарының *микроагрегаттық* құрамы – ондағы үлкендігі әртүрлі микроагрегаттардың (органикалық және минералдық бөлшектері), құрғақ тау жынысының абсолют массасына шаққандағы % мөлшері. Микроагрегаттық құрам тау жыныстарының табиғи дисперсиясын, яғни дисперсиялық дәрежесін көрсетеді.

Тау жыныстары дисперсиялық дәрежесіне қарай [13] келесідей жүйеленеді: бөлшектері 0,002 мм кіші – өрескел дисперсиялар; 0,002-0,0001 мм – жұқа дисперсиялар; коллоидты – 0,00010-000001 мм; молекулалық жүйелер – 0,000001 мм-ден кіші. Дененің дисперсиялығы неғұрлым үлкен болса, соғұрлым ол белгілі бір жағдайда басқа бөлшектермен активті араласа түседі.

Тау жыныстарының гранулометриялық және микроагрегаттық сынақтар нәтижелерін бір-бірімен салыстыра келе, олардың құрылымдық ерекшеліктерін анықтауға болады.

Тау жынысының *минералдық* құрамы деп ондағы әртүрлі минералдардың пайыздағы шамасын айтады. Минералдық құрамына қарай қатты тау жыныстары мономинералдар (мрамор, гипс, т.б.) және полиминералдар (көпшілік тау жыныстары) болып бөлінеді. Тау жыныстарының минералдық құрамын зерттегенде,

сол жыныстағы минералдарды, олардың басқа компоненттермен байланысын, кристалдардың түрлерін анықтайды. Цементтелген шөгінді тау жыныстарында, ең бастысы олардың құрамы, желге бұзылу (моруы), бөлшектеліп сыну дәрежесін анықтау. Бір-бірімен байланысқан тау жыныстарында олардың балшықты фракциясының минералдық құрамы анықталады.

1.1-кесте

Тау жыныстарының гранулометриялық құрамына қарай жіктелуі

Тау жыныстары	Бөлшектердің мөлшері, %		
	балшықты	шаңды	құмды
Ауыр балшық	60 аса	-	
Балшық	60-30	-	
Шаңды балшық	30 кемдеу	Екеуінен де көбірек	Шаңдыдан кемірек
саздақтар: ауыр шаңды ауыр орташа орташа шаңды жеңіл шаңды	30-20 30-20 20-15 15-10 15-10	Құмдыдан көбірек	Шаңдыға қарағанда кем
Құмдақ: ауыр ауыр шаңды жеңіл жеңіл шаңды	10-6 10-6 6-3 6-3	Құмдыдан көбірек	Шаңдыға қарағанда кем
Құм	3 кемдеу	20 кемдеу	-
Шаңды құм	3 кемдеу	20-30	-
шаң	3 кемдеу	50 аса	-

Балшықтар, өте ұсақ (0,002 мм) бөлшекті минералдардан тұратындықтан, оларды балшықты деп атайды. Негізгі балшықты минералдарға: монтмариллонит, каолинит және гидрослюдадар жатады. Балшықты минералдардан басқа, балшықтардың құрамында кальцит, дала шпаты сияқты балшықты емес минералдар да кездеседі. Көптеген балшықтардың құрамына органикалық заттар және суда еритін тұз да кіреді.

Тау жынысының химиялық құрамы – сол тау жынысындағы химиялық элементтер және олардың қосындыларының % шамасы.

Тау жынысының химиялық құрамын зерттегенде, оның түзілуінің геохимиялық жағдайына, желдің әсерінен бұзылу процесіне және массивті бекітудің химиялық тәсілін таңдауға басты назар аударылады.

Тау жынысының құрамында көбінесе (әртүрлі мөлшерде) SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MgO , CaO , K_2O , Na_2O , H_2O , P_2O_5 , SO_4 , CO_2 , $\text{C}_{\text{ор}}$ сияқты компоненттер болады деп есептейді және оларды анықтайды.

Тау жынысының құрамы оның құрылымымен, текстурасымен және кеуектілігімен анықталады.

Құрылым дегеніміз – тау жынысы құрамының мөлшері, пішіні және құрамындағы заттардың (минералдар және шыны) бір-бірімен байланысын сипаттайтын ерекшелік.

Тау жынысының құрылымы мынаған байланысты:

- 1) кристалданған дәрежесіне;
- 2) құрамындағы заттардың абсолюттік және салыстырмалы мөлшерлеріне;
- 3) құрамындағы заттың пішініне (кристалданған түріне; түзілуіне, кристалдануына, қатты ертінділердің ыдырауына, қатқанға дейінгі өзгеруіне).

Цементтелген шөгінді тау жыныстары құрамы: псефиттік (өрескел сынғыш) >2 мм; псаммиттік (құмдақ) $2-0,05$ мм; алевриттік $0,05-0,001$ мм, пелиттік (балшықты) $< 0,001$ мм; аралас – үгітілген бөлшектердің көлемі әртүрлі болып жіктеледі.

Ал, метаморфиялық тау жыныстарының құрамы: изометриялық; роговикті – ұсақ кристалдардан тұратын; тіс тәрізді; миолиттік болып бөлінеді.

Тау жынысының *текстурасы* – оның құрамындағы заттардың кеңістікте таралуымен және орналасуымен анықталады.

Тау жынысының текстурасы мынаған байланысты:

- 1) бөлшектердің орналасуына және таралуына;
- 2) ертіндіден қатқанға дейін немесе кристалдану кезіне;
- 3) сыртқы күштердің әсерінен кристалдану кезінде немесе аяқталғаннан кейінгі жеке бөлшектердің түрлеріне.

Магмалық тау жыныстары текстурасының негізгі түрлері: массивті, флюидті, тақтатасты және көпіршікті.

Метаморфтік тау жыныстары текстурасы: тақтатасты, гнейсті, ірі көзді және бүрмелі болып бөлінеді.

Шөгінді тау жыныстары бөлшектерінің өзара бағдарлануына байланысты инженерлік геологияда текстура үш түрге ажыратылады: ретсіз, микроқабыршақты және флюидтәрізді.

Тау жынысының *кеуектілігі* деп қатты минералдар арасында пайда болған қуыстардың түрлері мен мөлшерінің жиынтығын атайды.

Кеуектіліктің ашық, жабық, тиімді және жалпы түрлері болады.

Ашық кеуектілік – зат пен ауа арасындағы қуыстар көлемімен V_a анықталады және ол ашық кеуектілік коэффициентімен – $K_{a.k.}$ бағаланылады:

$$K_{a.k.} = V_a / V, \quad (1.1)$$

мұндағы, V – тау жынысының жалпы көлемі.

Жабық кеуектілік жабық қуыстар көлемдерінің қосындысымен V_z анықталады және ол жабық кеуектілік коэффициентімен $K_{ж.к}$ бағаланады:

$$K_{ж.к} = V_{ж.к} / V_a, \quad (1.2)$$

Тиімді кеуектілік V_m – табиғи қысым градиенттері салдарынан сұйық зат пен газдардың ағынан пайда болған қуыстар.

Тиімді кеуектілік коэффициенті мына формуламен анықталады:

$$K_{т.к} = V_m / V \quad (1.3)$$

Жалпы кеуектілік $V_{жсал.к}$ жабық және ашық қуыстар көлемдерінің қосындыларымен анықталады және жалпы кеуектілік коэффициентімен $K_{жсал.к}$ бағаланады:

$$K_{жсал.к} = (V_{ж.к} + V_a) / V \quad (1.4)$$

$$K_{жсал.к} = (V_{ж.к} + V_a) / [V - (V_a + V_{ж.к})]; \quad (1.5)$$

1.2 Тау жыныстарының қасиеттері

Тау жыныстары массивтегі геомеханикалық процестерді зерттеу кезінде ең басты рөл атқаратыны ол – тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттері. Себебі кенді ашудың, қазудың тәсілдері, механизациялау жабдықтары, бұрғылау-аттыру жұмыстарының параметрлері және карьер беткейлерінің орнықтылығы осы қасиеттерге тікелей байланысты болып келеді.

Тау жыныстарының қасиеттері – оның табиғи құбылыстар мен технологиялық процестерден туындаған сыртқы өрістер әсерінен өзгеріске ұшырайтын сапалық жағын сипаттайды. Тау жыныстарының қасиеттері оның жай-күйін, құрамы мен құрылымын және геологиялық тарихын дәл көрсетеді.

Тау жыныстары қасиеттерінің сандық сипаттамаларын білу үшін (алға қойылған мақсатқа байланысты) оның әрқилы көрсеткіштері пайдаланылады.

1.2.1. Тау жыныстары қасиеттерінің жіктемесі

Тау жыныстары қасиеттерінің сандық сипаттамаларын зерделеу оларды жіктеу және ол жіктер арасындағы ішкі өзара байланыстарды анықтау арқылы жүзеге асырылады. Жіктеу қисынды екі операциялар: түсініктің (заттың) көлемін бөлу және жіктеу, яғни бөлінген нысандарды кластарға реттеу арқылы жүргізілетіні бұрыннан белгілі. Бірақ тау жыныстары қасиеттерінің жіктемесін жасаудың өзіндік қиындығы бар, ол мына жағдайларға байланысты:

- ✓ біріншіден, тау жыныстары қасиеттерінің жаратылысы өте күрделі;
- ✓ екіншіден, нақтылы жағдайда тау жынысы бір мезгілде бірнеше өрістердің әсерінде болуы мүмкін, ал ол кезде тау жыныстарының қасиеттері мүлдем өзгеруі және жаңа сапалық қасиеттердің ашылуы мүмкін;
- ✓ үшіншіден, тау жыныстарын зерттеудің аппараттары мен әдістерінің жетілдірілуі жіктемеде еске алынбаған қосымша сандық сипаттамаларды алуға мүмкіндік туғызады.

Осы күнгі ғылыми-техникалық әдебиеттерде тау жыныстары қасиеттерінің бірнеше жіктемелері бар. В. В. Ржевский мен Г. Я. Новик [15] тау жыныстарының физикалық қасиеттерін: тығыздылық, механикалық, акустикалық, гидравликалық және газодинамикалық,

термиялық, электромагниттік (оның ішінде радиациялық), технологиялық деп бөледі.

И. А. Турчанинов [16] өз еңбегінде тау жыныстары қасиеттерін 5 класқа бөлген: тығыздылық (гравитациялық, құрылымдық), механикалық (беріктілік, акустикалық, реологиялық, кентехникалық), жылулық (жай-күйінің қасиеті, фазалық ауысудағы тұрақтылықтары), электромагниттік (электрлік, магниттік), радиоактивтік.

Инженерлік геологияда тау жыныстары қасиеттері үш класқа бөлінген: *физикалық-химиялық* (дисперсиялығы, электрөткізгіштігі және электр зарядының шамасы, көлемдік сіңіру сыйымдылығы), *физикалық* (меншікті және көлемдік салмақ, кеуектілік, жылу физикалық қасиеттер, су ұстағыштық, дымқылдық, ісінулік және семулік, иілулік және жабысқақтық) және *механикалық* (деформацияланғыштық және беріктілік сипаттамалары).

Тау жыныстарының қасиеттерін М. М. Протодьяконов [17] келесі кластарға бөледі: механикалық, гидравликалық, пневматикалық, жылулық, электрлік және магниттік, химиялық, ядрлік, технологиялық.

В. Д. Ломтадзе [13] тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттерін: физикалық (меншікті және көлемдік салмақ, беріктік, дымқылдық), сулық (суға орнықтылық, капиллярлық, су өткізгіштік), механикалық (беріктік, реологиялық және компрессиялық қасиеттер) деп жіктеген.

Осы жіктемелерді талдау – оларда келесідей кемшіліктерді анықтауға мүмкіндік берді:

- 1) тау жыныстары қасиеттерін топтарға бөлуде айқын көрініп тұрған жіктемелеу принципінің жоқтығы;
- 2) нақтылы қасиетті сипаттап тұрған терминнің айқын еместігі.

Бұл оқулықта, жоғарыда айтылған кемшіліктер ескерілген, М. Е. Певзнер жасаған жіктеме келтірілген. Мәскеу мемлекеттік тау-кен университетінің профессоры М. Е. Певзнер, А. Ж. Машанов, Ш. С. Бекбасаров, М. Б. Нұрпейісовалармен бірге Қазақстанның көптеген кен орындары тау жыныстарының қасиеттерін зерттеген [18, 21]. Әрі қарай сол зерттеу жұмыстарының нәтижелері келтірілетін болады.

Ұсынылып отырған тау жыныстары қасиеттерінің жіктемесін құрастыру: «қасиеттің түрі – қасиеттің класы – қасиет – қасиеттің сандық көрсеткіші» схемасымен жүргізілген. Тау жыныстарының қасиеттерін бөлуде негізгі жіктемелік белгі болып, тау жынысына әсер ететін өрістің түрі есептеледі. «Өріс» деген сөз, әдетте физикада қолданылады. Ондағы физикалық құбылыс жүретін бір кеңістік немесе оның бір бөлігі «өріс» деп аталынады.

Біз қарастырып отырған нақтылы тау жыныстарының ортасында «өріс» деп тау жынысының ерекше бір өзгеріске ұшырайтын кеңістік ішіндегі орны.

Өрістің екі түріне сәйкес тау жыныстары қасиеттері де екі түрге бөлінеді:

- химиялық өріс – тау жыныстары химиялық өзгеріске ұшырайтын өріс. Бұл өрістегі тау жыныстарының қасиеттерін *химиялық қасиеттер* деп атайды;

- физикалық өріс-тау жыныстарының химиялық өзгеріске ұшырамайтын өрісі және ондағы пайда болатын қасиеттерді *физикалық қасиеттер* деп атайды.

Тау жыныстарының химиялық қасиеттеріне: тотығу-қайта қалпына келу реакцияларына қабілеті, ерулік, сорбция және т.б. жатады. Бұл оқулықта тау жыныстарының химиялық қасиеттері қарастырылмайды.

Тау жыныстарының белгілі бір физикалық өрістердегі өзара қатынастарын анықтайтын физикалық қасиеттері 8 класқа бөлінеді: гравитациялық, гидравликалық, механикалық, акустикалық, жылулық, электрлік, магниттік, радиациялық.

Өз кезегінде, сол физикалық өріспен байланысын сипаттайтын, әрбір класта өзіндік қасиеттер ерекшеленеді. Оқулықта физикалық қасиеттердің жоғарыда келтірілген кластарының 7-еуі қысқаша қарастырылады және механикалық қасиеттері жете талданады.

Тау жыныстарның **гравитациялық** қасиеттері класына Жер күшінің гравитациялық өрісімен қатысында пайда болатын салмағы мен тығыздығы жатады.

Тау жыныстарның **гидравликалық** қасиеттері деп тау жыныстарының айналасындағы сұйық заттар, бу және газдармен өзара байланысын айқындайтын қасиеттерін атайды. Гидравликалық қасиеттерге: дымқылдық, субергіштік, суөткізгіштік, суға

беріктілік, капиллярлық, ісінулік, отырулық, батулық, жабысқақтық, суланулық, адсорбция және абсорбция жатады.

Акустикалық қасиеттер – тау жыныстары арқылы дыбыс толқындары өткен кезде, оларда пайда болатын қасиеттер және аларға кіретіндер: дыбыс өткізгіштік пен дыбыс сіңірулік қасиеттер.

Жылулық қасиеттер – тау жыныстарының жылу өрісімен араласқан кезде туындайтын қасиеттер. Жылулық қасиеттерге жататындар: жылуөткізгіштік, жылу сыйымдылық, жылулық созылу (ығылу), фазалық өзгерістерге бейімділігі.

Тау жыныстарның **электрлік** қасиеттері – олардың электрлік өріспен байланыстан пайда болатын қасиеттері және оларға: электрөткізгіштік, электрлік беріктік және поляризациялық қасиеттері жатады.

Тау жыныстарның **магниттік** қасиеттері – олардың магниттік өріс пен өзара байланысынан туындаған қасиеттері. Магниттік қасиеттерге: магниттік төзімділігі және магниттелгендік қалдығы жатады.

Тау жыныстарының **радиациялық** қасиеттері класына – радиациялық өріспен байланысынан туындайтын қасиеттер, оған: табиғи радиоактивтілігі және бойына сіңушілік қабілеті жатады.

1.2.2. Тау жыныстары механикалық қасиеттерінің жіктемесі

Массивтегі кернеулі-деформациялық күйді және ондағы жүріп жатқан геомеханикалық процестерді, сонымен қатар оларды басқарудың тиімді әдістерін зерделеу үшін тау жыныстарының **механикалық** (оның ішінде беріктілігін) қасиеттерін білу қажет. Тау жыныстары механикалық қасиеттерінің жіктемесі 1.2-кестеде келтірілген.

Серпімділік – тау жыныстарының жүктеме алынғаннан кейін, өзінің бастапқы түрі мен өлшеміне қайтадан келу қабілеттілігі.

Иілімділігі – сырттан күш әсер еткен және күшті алып тастаған кездерде, тау жыныстарының тұтастығы бұзылмай өзінің пішінін сақтай білу қабілеттілігі.

Компрессиялық қабілеттілік – тау жыныстарының вертикаль жүктеме кезінде, бүйірлік созылу мүмкіндігі болмаған жағдайда көлемінің кішірею қабілеттілігі.

Тау жыныстары механикалық қасиеттерінің жіктемесі

Механикалық қасиеттер	Механикалық қасиеттерді сипаттайтын көрсеткіштер
Серпімділік	Серпімділік модулі Пусассон коэффициенті Сырғу модулі Жан-жақты сығылу коэффициенті
Иілімділік	Иілімділік коэффициенті Иілімділік дәрежесі Иілімділіктің жоғары шегі Иілімділіктің төменгі шегі
Компрессиялық қабілеттілік	Тығыздылық коэффициенті Отыру модулі Толық деформациялану модулі
Омырылғыштық	Омырылғыштық коэффициенті
Сырғымалылық	Реологиялық теңдеулер
Беріктілік	Бір осьтік сығылудың беріктік шегі - $\sigma_{\text{сығылу}}$ Бір осьтік созылудың беріктік шегі - $\sigma_{\text{созылу}}$ Беріктілік коэффициенті - f Ішкі үйкеліс бұрышы - ρ Ілінісуі - K
Қаттылық	Қаттылық коэффициенті Қаттылықтың статикалық көрсеткіші Қаттылықтың динамикалық көрсеткіші
Жемірлік	Жемірліктің көрсеткіші Жемірліктің коэффициенті
Тиксотроптық	Тиксотроптық беріктелу коэффициенті Құрылымдық беріктіктің шегі
Бұзылу тұтқырлығы	Кернеулердің қарқындылық коэффициенті Деформация энергиясы

Омырылғыштық – тау жыныстарының серпімділік деформацияларын жинауға және қайқалмайтын иілімділік деформациясына кенеттен морт бұзылуға бейімділігі.

Сырғымалылық – тау жыныстарының ұзақ уақыт бойы тұрақты жүктемеде деформациялануға бейімділігі.

Беріктілік – тау жыныстарының сыртқы күштер әсерінен бұзылуға қарсы кедергісі, яғни бұзылмай, қирамай ұсталып тұру қабілеттілігінің шегі.

Қаттылық – тау жыныстарының жергілікті әсерге қарсы тұру қабілеттілігі.

Жемірлік – механикалық әсер кезінде тау жыныстары беттерінің үйкелістен майдалануы.

Тиксотроптық – динамикалық әсер және тұрақты ылғалдық кезінде, коллоидты фракциялары бар тау жыныстарының қатты күйден сұйық күйге ауысу қабілеттілігі.

Бұзылу тұтқырлығы – тау жыныстарының жарықшақтар дамуына кедергі жасау қабілеттілігі.

1.3. Тау жыныстарының беріктік қасиеттерін анықтау

1.3.1. Тау жыныстарының беріктік қасиеттерін зертханалық жағдайда анықтау

Геомеханикалық процестерді зерттеуде және оларды қадағалап басқарып отыруда ең басты көңіл аударатынымыз – ол тау жыныстарының механикалық, оның ішінде беріктік қасиеттері.

Беріктілік деп тау жыныстарының (тастардың) белгілі бір кернеулі күйде қирамай ұсталып тұру қабілетінің шегін атайды. Тау жыныстарының беріктілігі деген түсінік екі түрде болады: бірі кесек таста – үлгідегі, екіншісі табиғи жағдайда, яғни массивтегі қасиеттері.

Тау жыныстарының беріктілік қасиеттері олардың құрылымына және кернеулік күйлеріне байланысты әрқилы болып келеді. Мәселен, сулы құм қиыршықтарының бір-бірімен ілінісуі жоқ, яғни $k=0$, ал үйкеліс коэффициенті $K = \operatorname{tg} \alpha = 0,60 - 0,65$ екендігі, ал құрылымы ұсақ жыныстырда $k=100$ МПа және $K=0,2$ болып келетіндігі тәжірибе жүзінде мәлім.

Тау жыныстарының беріктік қасиеттерін зертханалық және жергілікті жерде анықтаудың көптеген әдістері мен жабдықтарын отандық және шетел ғалымдары жасап, өндіріске енгізді. Өрі қарай сол әдістерге тоқталамыз.

Беріктілік шектерін бірнеше рет шағып уату және сығу арқылы кешенді анықтау.

Бұл сынақ тау жыныстарын сығу және шағу әдісімен жүргізіледі. Әдісті қолдану және алынған нәтижелердің сенімділігін бағалау Е. И.Ильницкая және т.б. еңбегінде [19] толық баяндалған.

Сынақ жүргізу үшін платина тәрізді, қалыңдығы 2-3 см және екі беті де шлифталған үлгілер даярланады. Даярланған үлгілерді (пластинкаларды) сынақтан өткізу үшін арнайы сыналар немесе диаметрі цилиндр тәрізді стержендермен екі жағынан ұрып шағады.

Тау жыныстары үлгісінің ұрып-шаққандағы беріктілік шегі келесі формуламен анықталады:

$$\sigma_{\text{ш}} = P_{\text{max}} / (2l), \quad (1.6)$$

мұндағы, P_{max} – бұзатын максимал жүктеме, кгс;
 l – бұзылған сызықтың ұзындығы, см.

Физикалық шамалар мен бірліктерді белгілеу үшін оқулықта СИ жүйесі қолданылған ($1 \text{ кг} \approx 10\text{Н}$; $1 \text{ кгс}/\text{м}^2 = 10 \text{ Па}$; $1 \text{ кгс}/\text{см}^2 = 10^5 \text{ Па} = 0,1 \text{ МПа}$).

Тау жыныстары үлгісінің сығылудағы беріктілік шегі келесі формуламен анықталады:

$$\sigma_{\text{сығ}} = P_{\text{max}} / F, \quad (1.7)$$

мұндағы, P_{max} – сығылудағы максимал жүктеме, кгс;
 F – тау жынысы үлгісі қимасының орташа ауданы, см^2 .

Тау жыныстары үлгілерін қиғаш матрицаларда сынақтау әдісі

Бұл әдісте кернен таңдалып алынған және дайындалған цилиндр тәрізді үлгілерді өлшеп, салмағын анықтайды. Кейін үлгілерді екі топқа бөледі: бірінші топтағы үлгілерді 60° , ал екінші топтағыларды 45° -тық бұрышпен кеседі. Тау жыныстарының ілінісуі – k мен ішкі үйкеліс бұрышы - ρ сынайтын үлгіні 45° , 60° көлбеу бұрыштармен кескендегі қима ауданына түсетін күштер арқылы: тік - σ және жанама - τ кернеулерді тауып анықталады.

Кескен кездегі тік және жанама кернеулерді анықтау формулалары:

$$\sigma_B = \frac{P}{S} \cdot \cos \alpha ; \quad \tau = \frac{P}{S} \cdot \sin \alpha \quad (1.8)$$

мұндағы, P – кескен кездегі, престен түскен күш, кг;
 S – кесінді ауданы, см²;
 α – түскен күш бағыты мен нормаль арасындағы бұрыш, градус.

Әрі қарай нәтижелерді өңдеу былайша жүргізіледі: (1.7) формулалары бойынша, бірінші және екінші топтағы тау жыныстары үшін, σ мен τ -дың арифметикалық орташа мәндері анықталады. τ және σ координаталар жүйесі арқылы $\tau = f(\sigma)$ байланысын құрады. Бұл байланыс – кернеулердің шекті шеңберлері орамаларына жүргізілген жанама (түзу) сызық болып келеді.

1.3.2. Тау жыныстарының беріктігін табиғи жағдайда гидродомкрат көмегімен анықтау

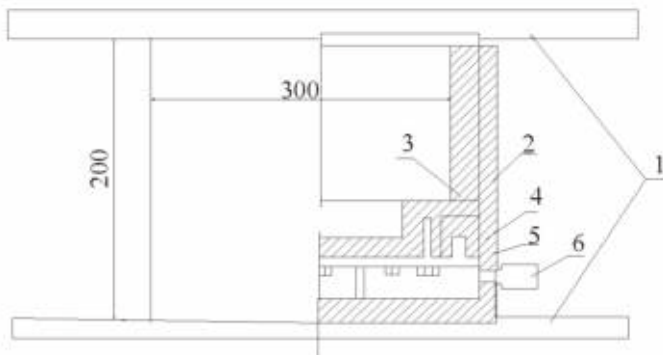
Массивтегі тау жыныстарының беріктігі мен орнықтылығы оның құрылымына, тақтатастылығына, жарықшақтылығына, тектоникалық бұзылыстарына және осы шөгінділердің түзілуі мен жатыс жағдайларына байланысты болып келеді. Сондықтан да сынақтарды тікелей тау жыныстарының массивінде, яғни табиғи жағдайда жүргізу қажет.

Табиғи жағдайда массивтегі тау жыныстарының беріктігін сынақтау үшін ВНИМИ-де жасалынған келесі жабдықтар кешені қолданылады (1.1-сурет). Ол: гидродомкраттан, поршеньнің жұмыс алаңынан $F = 606$ см², гидродомкратқа тіреу болатын, размерлері 40x50 см пластинкалардан, поршеньді ГН-60 қол насосынан тұрады.

Гидродомкратты массивтегі алдын ала даярланған кемердегі қуысқа екі платина арасына қысып орнатады. Бос қуыстарды құм немесе балшықтармен толтырады. Сонымен қатар, тау жыныстары призмасының барлық элементтері (қырларының өлшемдері, құлама бұрышы) өлшенеді.

Содан кейін насостың көмегімен гидродомкратқа жұмыс сұйығын (арнайы май) жібереді. Кемерге түскен қысымның ұлғаюы насосқа орнатылған манометр арқылы қадағаланады. Егер қысым жоғарылағанын тоқтатса немесе төмендей бастаса, онда сынақ

аяқталды деп есептейді. Осы кезде массивтегі призманың бұзыла бастағаны да байқалады.



*1.1-сурет. ВНИМИ-дің гидравликалық домкраты:
1 – плиталар; 2 – сыртқы цилиндр; 3 – поршень; 4 – манжет;
5 – сақина; 6 – штуцер*

Әрі қарай, домкратты қуыстан алып, бұзылған призма элементтерін, массивтің құрылымын өлшейді және дымқылдығына сынақ алады.

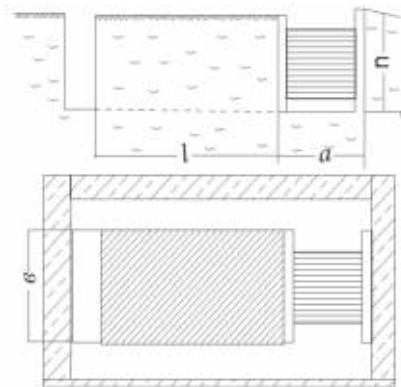
Жергілікті жерде зерттеулер екі схема бойынша жүргізіледі.

А схемасы – қиғаш кесу, яғни сырғу бетке бұрыштық бағытпен түскен кездегі жағдайы (1.2-сурет).

Б схемасы – тегіс кесуде жанама кернеуді кесілетін бетке параллель бағыт бойымен түсіргенде (1.3-сурет).



1.2-сурет. Тау жыныстарының беріктігін А схемасы бойынша табиғи сынау



1.3-сурет. Тау жыныстарының беріктігін Б схемасы бойынша табиғи сынау

А схемасы бойынша сынақтар жүргізгенде кесілген бетке түсірілетін күшті мына формуламен анықтайды:

$$P = D \cdot F \cdot t + \Delta P, \quad (1.9)$$

мұндағы, D – гидродомкраттағы сұйықтың меншікті қысымы, кг/см²;

F – гидродомкрат цилиндрінің ауданы, см² ;

t – қысым берудің коэффициенті;

ΔP – призма мен гидродомкрат салмақтары үшін түзетпе.

Тау жыныстарының ілінісуі – k мен ішкі үйкеліс бұрышын – ρ әлсіз беттер арқылы анықтауда беріктіліктің мына жағдайына сүйенеді:

$$\tau = k + \sigma \operatorname{tg} \rho \quad (1.10)$$

Тау жыныстарының екі сипаттамалар (ρ және k) ашық кеніш беткейлерінің орнықтылығын және жылжу процесінің параметрлерін есептегенде кеңінен пайдаланылады. Осы екі сипаттаманың қос үш түрі барлығын айта кеткен жөн, олар:

1. Жыныстардың үлгідегі ішкі үйкеліс бұрышы – ρ_{yl} және ілінісуі – k_{yl} .
2. Жыныстардың массивтегі (ρ_m, k_m) сипаттамалары.
3. Жыныстардың әлсіз беттердегі ($\rho_{эл}, k_{эл}$) сипаттамалары.

Көп жылғы зерттеулер нәтижесінде айқындалған мәліметтерге қарасақ, бұл екі сипаттаманың ішінде ішкі үйкеліс бұрышы - ρ көп өзгере қоймайды, яғни олардың үлгідегі және массивтегі мәндері бір-біріне жақын болып келеді.

Ал жыныстардың массивтегі ілінісуіне - k_m олардың жарықшақтылық дәрежесі, жыныстар блоктарының түрлері әсер еседі.

1.3.3. Тау жыныстарының беріктік қасиеттерін анықтаудың нәтижелері

Көптеген зерттеулерден [7, 12, 18, 20, 21], тау жыныстарының кедір-бұдыр беттеріндегі ішкі үйкеліс бұрышы, зертханалық жағдайда тегіс бетте анықталған ішкі үйкеліс бұрышынан тек 1-3° кіші болып келеді. Сондықтан массивтегі бет жарықшақтар бетіне сәйкес келмеген жағдайда, массивтің орнықтылығын есептеуде зертханада анықталған ішкі үйкеліс бұрышы – ρ алуға болады.

Ал тау жыныстарының тығыздығы – γ геологиялық ұңғымалардың керндері арқылы анықталады, сондықтан карьер кемерлерінің орнықтылығын есептеудің барлық схемалары үшін ұңғымалық керннен алынған тау жыныстарның зертханалық сынақ нәтижелері алынады.

Десек те тау жыныстарының кен массивіндегі ілінісуі - k және Бүкілодақтық маркшейдерлік ғылыми-зерттеу институтының (ВНИМИ) зертханалық жағдайда анықтағандағы, осы екі шама арасындағы байланыс та анықталады.

$$k_m = k' + (k_{yl} - k') \lambda_{yl} \quad (1.11)$$

мұндағы, k_{yl} – үлгідегі ілінісуі, МПа;
 k' – жарықшақтардағы ілінісуі, МПа.

Жарықшақтардағы ілінісуді - k' көп жағдайларда анықтау қиынға соғады. Сонда оны нөлге тең деп алсақ, яғни $k'=0$, онда (1.11) формуласы былайша түрленеді:

$$k_m = k_0 \cdot \lambda \quad (1.12)$$

мұндағы, λ – жыныстардың құрылымдық әлсіздену коэффициенті және ол әрбір тау жыныстары үшін орналасу тереңдігіне байланысты Г. Л. Фисенко әдісімен анықталады [7].

Массивтегі ілінісудің шамасына тау жыныстарының жарықшақтылық қарқындылығы, көлемі мен пішіндері үлкен әсер етеді. Тау жыныстарының үлгілеріндегі ілінісуі олардың массивтегі мәндерінен әртүрлі тау жыныстарында әрқилы бірнеше есе жоғары болып келеді. Сондықтан тау жыныстарының зертханалық жағдайда анықталған шамаларына «құрылымдық әлсіздену коэффициенті» деп аталатын және λ әрпімен белгіленетін коэффициент енгізіледі ол келесі формуламен анықталады:

$$\lambda = \frac{1}{1 + a \cdot 1n \frac{H}{\ell}} \quad (1.13)$$

мұндағы, H – құлайтын призманың биіктігі, м; l – жыныстарының мөлшерлері немесе жарықшақтылықтың жиілігі;

a – массивтегі жыныстардың жарықшақтылық және беріктілігіне байланысты коэффициенті. a коэффициентінің мәндері 1.3-кестеде келтірілген.

1.3-кесте

Жартасты және жартылай жартасты тау жыныстары үшін (а) коэффициенттерінің мәндері

Тау жыныстарының аттары және жарықшақтардың сипаттамалары	Үлгідегі ілінісудің шамасы k_{yl} , кг/см ²	а коэффициентінің шамасы
Қаттылығы орташа, қатпарланған, жарықшақты тау жыныстары	100-150	3
	150-170	4
	170-200	5
Қатты, орташа жарықшақты тау жыныстары	200-300	6
	300	7

1.3-кестесінің жалғасы

Өте қатты, қиғаш қиып өтетін жарықшақтар дамыған тау жыныстары	200	10
--	-----	----

Келесі 1.4-кестеде Г. Л. Фисенко анықтаған және 1.5-кестеде Ақсай кен орнында ҚазҰТУ-дың анықтаған тау жыныстарының әлсіз беттердегі ілінісу коэффициенттерінің мәндері келтірілген.

1.4-кесте

Әлсіз беттердегі ілінісудің мәндері

Әлсіз беттер	Ілінісудің мәндері $K_{ал}$ МПа
Қатпарлары арқылы сырғитын беттер	0,02 – 0,05
Аздаған тақтатастары бар қатпарлы беттер	0,10 – 0,18
Жарықшақтар, тектоникалық бұзылыстар көп	0,05 – 0,10

1.5-кесте

Ақсай кен орны массивіндегі ілінісудің мәндері

Тау жыныстарының аттары	Ілінісудің орт. мәндері	Анықталу жағдайлары
Доломиттер	0,026	Жарықшақтарды түсіру
Балшықты тақтатастар	0,019	Қабыршақталып құлаған жерлерді түсіру
Мәрмәрланған әктастар	0,060	Тау жыныстары массивіне көлденең сынақтар жүргізу
Тақтатастар	0,020	Жарықшақтарды түсіру

1.6-кестеде Г. Л. Фисенко ұсынған құрылымдық әлсіздену коэффициентін ескере отырып анықталған, Қазақстанның бірнеше кен орындары тау жыныстарының беріктік қасиеттерінің мәндері келтірілген.

Тау жыныстарының беріктік қасиеттері

№	Тау жыныстарының негізгі түрлері	Тығыздығы, т/м ³	Үлгідегі беріктік сипаттамалары		Массив-тегі беріктік сипаттамалары		Г. Л. Фисенко бойынша әлсіздену коэффициенті
			Күл, МПа	рул, град	Км, МПа	рм, град	
Қоңырат кен орны							
1	Кварциттер	2,6	3,7	34	0,62	25	0,017
2	Гранодиорит-порф.	2,53	3,0	35	0,52	26	0,017
Ақжал кен орны							
1	Ірі әктастар	2,68	2,8	31	0,51	23	0,017
2	Мәрмәр әктастар	2,66	3,0	31	0,51	23	0,017
3	Диорит-порфириттер	2,7	3,6	30	0,62	22	0,017
4	Порфириттер	2,7	4,0	30	0,68	22	0,017
5	Әктастар	2,7	4,4	30	0,76	22	0,017
6	Әктастар	2,7	5,3	30	0,90	22	0,017
Саяқ кен орны							
1	Алевролиттер	2,7	6,6	31	0,66	23	0,01
2	Құмтастар	2,7	3,4	33	0,34	26	0,01
3	Мрамор	2,7	4,11	31	0,41	23	0,01
4	скарндар	2,9	6,3	32	0,63	24	0,01
5	Кварцталған диориттер	2,9	7,6	28	0,76	21	0,01
Родниковое кен орны							
1	Порфириттер	2,7	6,82	34	0,68	27	0,01
2	Диориттер.	2,7	6,27	33	0,63	26	0,01
3	Андезит- порфирит	2,7	5,46	32	0,55	24	0,01

Қаратау бассейні кен орындары (Шолақтау, Ақсай, Жаңатас) рудалары мен тау жыныстарының механикалық қасиеттері Ресейдің мемлекеттік тау-кен химия шикізаттары институтының (ГИГХС) қызметкерлерімен бірігіп зерттелді [18]. Осы зерттеулердің нәтижелері 1.7, 1.8, 1.9-кестелерде келтірілген.

1.7-кесте

Шолақтау кен орны тау жыныстарының беріктік қасиеттері

Көрсеткіштер	Шақпақтастар	Фосфориттер	Доломиттер	Балшықтышақпақты тактатастар
1	2	3	4	5
Шор бойынша қаттылығы	96,7	81	54	84
Протодяконов бойынша беріктік коэффициенті - f	10	10	8,7	6
Аққыштықтың шегі, кг/см ²	400	120,5	150,0	-
Илімділік коэффициенті	1,5	4,1	2,8	1,5
Пуассон коэффициенті	0,20	0,25	0,18	0,15
Тығыздылық коэффициенті, %	11,8	28,5	20,6	10,1

1.8-кесте

Ақсай кен орны тау жыныстарының беріктік қасиеттері

Көрсеткіштер	Шақпақтастар	Фосфориттер	Доломиттенген әктастар	Балшықтышақпақты тактатастар
1	2	3	4	5
Шор бойынша қаттылығы	98	74	56	83,8
Протодяконов бойынша беріктік коэффициенті - f	7,8	7,5	9,8	7,5
Аққыштықтың шартты шегі, кг/см ²	300	220	172	-

1.8-кестесінің жалғасы

Илімділік коэффициенті	1,6	5,2	2,6	1,0
Пуассон коэффициенті	0,20	0,20	0,17	0,17
Тығыздылық коэффициенті, %	11,7	31,8	21,3	10,1

1.9-кесте

Жаңатас кен орны тау жыныстарының беріктік қасиеттері

Көрсеткіштер	Шақпақ-тастар	Балшықты-шақпақты тақтастар	Доломиттер	Шақпақтасты фосфориттер
1	2	3	4	5
Шор бойынша қаттылығы	104	88	56	70
Продьяконов бойынша беріктік коэффициенті - f	6,9	7,8	6,4	5,4
Аққыштықтың шартты шегі, кг/см ²	410	-	140	110
Илімділік коэффициенті	1,3	1,8	2,0	2,4
Пуассон коэффициенті	0,24	0,13	0,20	0,16
Тығыздылық коэффициенті, %	9,1	8,2	20,1	20,0

Тау жыныстарының көптеген қасиеттерінің ішіндегі геомеханикалық процестерге әсер ететін механикалық қасиеттеріне: тау жыныстарының беріктігі, тығыздылығы, сығылуға және созылуға қарсы кедергілері, ілінісуі мен ішкі үйкеліс бұрышы жа-тады. Бұлардың ішіндегі – тау жыныстары ілінісуінің массивтегі мәні үлгідегіден, ал әлсіз беттердегісі – массивтегіден бірнеше есе кемдігіне көз жеткіздік.

1.4. Тау жыныстары қасиеттерінің өзара және тереңдікпен байланысы

Тау жыныстарының қасиеттерін зертханалық жағдайда анықтау оңай емес, өйткені сынақтар өткізу үшін өндірістен әртүрлі тау жыныстарын алып келіп, олардың үлгілерін даярлау қажет. Ал табиғи жағдайда, яғни массивтегі тау жыныстарының қасиеттерін тікелей сол жерде анықтау өте қиын. Тау жыныстарының қасиеттерін зерттеудегі көпжылғы нәтижелерден, тау жыныстарының кейбір қасиеттерін анықтау үшін бір осьтік сығылудағы кернеу шамасын - $\sigma_{\text{сығ.}}$ пайдаланса да болатындығы анықталды. (1.10-кесте)

1.10-кесте

Ақжал кен орны тау жыныстарының үлгідегі беріктік қасиеттері

Массивтен үлгі алу тереңдігі, м	Тау жыныстарының аттары	$\sigma_{\text{сығ.}}$ МПа	$\sigma_{\text{соз.}}$ МПа	Тығыздық, $\gamma \cdot 10^3$ кг/м ³	Үлгідегі ілінісу К, МПа	Ішкі үйкеліс, град.	Тау жыныстарының беріктігі, f
50,1-51,8	Әктастар	110	13,0	2,66	25	32	8,0
52,6-53,0	Әктастар	112	13,6	2,66	27	31	8,1
83,5-84,0	Әктастар	125	14,0	2,67	28	32	8,3
112,0-113,0	Әктастар	126	14,3	2,68	32	31	8,6
152,6-153,0	Әктастар	139	14,5	2,71	34	31	9,2
170,0-170,8	Әктастар	140	14,8	2,72	34	29	9,5
218,1-218,6	Әктастар	140	14,8	2,73	35	31	9,6
53,1-54,0	Диорит	137	16,0	2,62	36	31	7,6
53,6-54,0	Диорит	138	16,0	2,62	36	30	7,6
115,0-115,6	Диорит	160	16,8	2,65	42	30	8,2
155,0-156,0	Диорит	170	16,0	2,67	46	30	8,8
200,0-201,5	Диорит	171	16,2	2,69	48	30	9,0

Қаратау бассейні, Орталық Қазақстан және Ақбақай кен орындарында тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттерін зерттеу жұмыстарының нәтижелері, тау-кен жұмыстарының тереңдігіне байланысты біршама өзгеретіндігіне 1.10-кестеге қарап көз жеткізуге болады.

Кестеде келтірілген екі түрлі тау жыныстарының бір осьтік сығылуға деген орташа кедергісі 100-ден 170 МПа, ал созылудағы кедергілері 13-тен 16 МПа аралығында өзгеретіндігін, сонымен қатар олардың беріктік қасиеттері де біршама өсетіндігін байқауға болады.

Тау жыныстарының тығыздығы – 90, беріктілігі – 50, бір осьтік сығылу мен созылу кедергілері – 170, ілінісі – 30 шақты үлгілерде анықталды. Тау-кен жұмыстарының тереңдігіне байланысты серпімділік модулі 2,7 есе, ал Пуассон коэффициенті 0,21-ден 0,31 аралығында өзгеретіндігі анықталды.

Тау жыныстарының беріктік қасиеттерінің осындай өзгеретіндігінің жалпы заңдылығын анықтау үшін алынған мәліметтер математикалық статистика және корреляциялық талдау әдістерімен өңделді.

Нәтижесінде, тау жыныстарының беріктік қасиеттерінің өзара және тереңдікпен графиктік-аналитикалық байланысы алынды (1.11-кесте).

1.11-кесте

Шолақтау кен орны доломиттері қасиеттерінің орналасу тереңдігімен байланысы

Тау жыныстарының қасиеттері	Байланысты теңестіру	Корреляция коэффициенті	Тереңдік Н шегі
Ілінісуі, МПа	$K=28,1+1,8H-0,05H^2$	$r = 0,82$	$225 > H > 25$
Беріктігі	$f = 85,0 + 0,04H - 0,01H^2$	$r = 0,67$	$175 > H > 25$
Тығыздығы, г/см ³	$\gamma = 2,35 + 0,06H - 0,002H^2$	$r = 0,69$	$175 > H > 25$
Сығылу кедергісі	$\sigma_{сығ.} = 80,93 + 7,95H - 0,18H^2$	$r = 0,68$	$225 > H > 25$

Алынған байланыстың тығыздығын бағалау және оның сенімділігі математикалық статистика формулаларымен анықталды [21]:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1.14)$$

$$V = \frac{\sigma}{x} \cdot 100, \% \quad (1.15)$$

$$m_v = \frac{V \cdot \sqrt{0,5 + \left(\frac{V}{100}\right)^2}}{\sqrt{n}}, \quad (1.16)$$

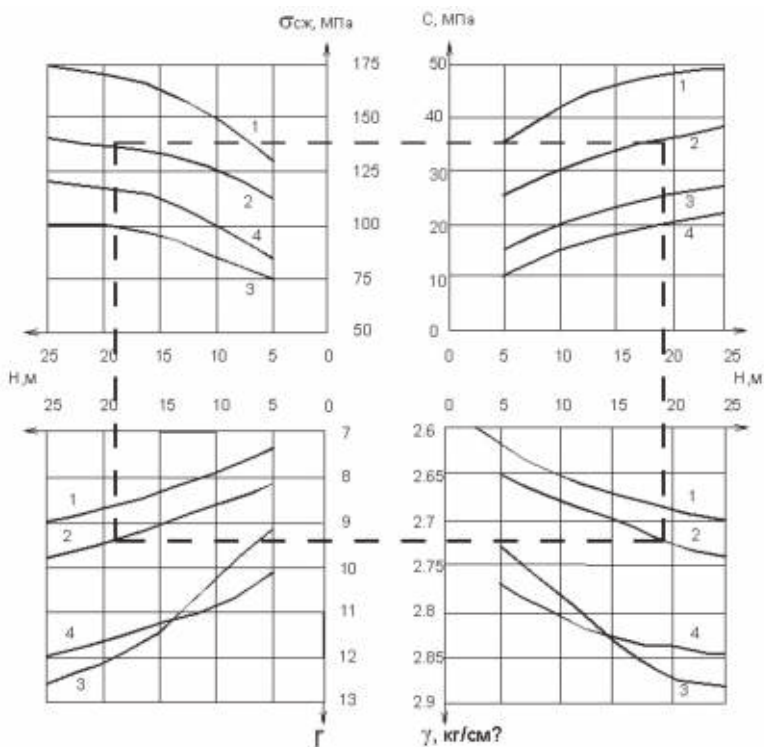
мұндағы σ – стандарт;
 x_i – белгісінің мәні;
 \bar{x} – белгінің арифметикалық орташа мәні;
 n – бақылаулар саны;
 V – вариация коэффициенті;
 m_v – вариация коэффициентін есептеудің сенімділігі.

Егер $3 m_v < V$ жағдайы орындалса, онда алынған нәтижелерді сенімді деуге болады. Сонымен қатар, корреляция коэффициенттері де ($r=70 \div 88$) сенімділікті көрсетеді.

Алынған (1.11-кесте) аналитикалық байланыстағы теңдеулер тау жыныстары қасиеттерінің жер қойнауында өзгеруіне сандық және сапалық жағынан баға беруге мүмкіндік туғызды.

Тау жыныстары қасиеттерінің осы көрсеткіштері арасында тұрақты байланыс барлығына көз жетті.

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде массив құрылымының біртекті еместігін, тау жыныстары механикалық қасиеттерінің кеңістікте (жер қойнауындағы іс-әрекеттерге, процестерге байланысты) өзгеріп отыратындығы және алынған байланыстар - әр кен орнындағы тау жыныстарының беріктік қасиеттерін алдын ала болжауға негіз болды.



1.4-сурет. Тау жыныстары қасиеттерінің өзара және тереңдікпен байланыс графигі

1 – Шолақтау кен орны (доломиттер); 2 – Ақсай кен орны (шақпақтастар); 3 – Ақсай кен орны (доломиттенген әктастар); 4 – Ақбақай кен орны (диоритер)

Сөйтіп, алынған графиктік-аналитикалық байланыс арқылы, тау жыныстарының белгілі бір қасиеті бойынша, мәселен, тығыздық – γ арқылы ілінісуін және т.б. анықтауға болады. Демек, бұл графикті (1.4-сурет) пайдаланып, кен орындары тау жыныстарының қасиеттерін болжауға мүмкіндік туғандығы. Болжау үшін тау жынысының аты, тереңдігі және ең жеңіл анықталатын бір қасиеті (мысалы, тығыздығы) белгілі болса жеткілікті.

Алынған тау жыныстары қасиеттерінің байланыс қисықтары тендеудің келесідей жалпы түрімен өрнектеледі:

$$y = \pm a \pm vx \pm cx^2 \pm \dots \quad (1.17)$$

Тау жыныстары қасиеттерінің a , b , c коэффициенттері бар бұл теңдеу формуласынан әр кен орнына тән жеке теңдеулер туындайды. Төменде Қаратау бассейні кен орындары тау жыныстары қасиеттерінің жеке теңдеулері, олардың коэффициенттері мен таңбалары және қолдану шектері көрсетілген кестелер келтірілген.

Тау жыныстары орташа тығыздығының γ тереңдікке H байланысының теңдеуі

$$\gamma = \pm a \pm vH \pm cH, \quad (1.18)$$

мұндағы, H – тау жыныстарының орналасу тереңдігі, он шақты метр. Формулаға кіретін коэффициенттер 1.12-кестеде келтірілген.

1.12-кесте

Тығыздықтың байланыс теңдеуі $\gamma = f(H)$ коэффициенттері

Тау жыныстары	Коэффициенттер			H-тың шегі, м
	a103	v103	c103	
Шолақтау кен орны				
Доломиттер	+2,35	+0,06	- 0,002	200 H 25
Балшықты шакпақ тақтағастар	+2,56	+0,02	-0,0004	250 H 25
Ақсай кен орны				
Доломиттенген әктастар	2,62	+0,02	-0,0005	22525
Шақпақтастар	+2,5	+0,038	-0,001	200
Жанатас кен орны				
Доломиттер	+2,5	+0,05	-0,002	175 25
Балшықты шакпақ тақтағастар	+2,75	+0,006	-0,0001	250

Тау жыныстары ілінісуінің K тереңдікке H байланысы мына формуламен сипатталады:

$$K = \pm a \pm bH + gH^2 \quad (1.19)$$

Формулаға кіретін коэффициенттер 1.13-кестеде келтірілген.

1.13-кесте

Ілінудің байланыс теңдеуі $K = f(H)$ коэффициенттері

Тау жыныстар	Коэффициенттер			Тереңдік Н шегі, м
	a103	b103	c103	
Шолақтау кен орны				
Доломиттер	+28,1	+9,5	- 0,05	$225 \geq H \geq 25$
Балшықты шақпақ тақтатастар	+23,7	+2,6	-0,06	$225 \geq H \geq 25$
Ақсай кен орны				
Доломиттенген әктастар	10,5	3,0	-0,068	$175 \geq H \geq 25$
Шақпақтастар	21,2	1,9	-0,057	$20 \geq H \geq 25$
Жанатас кен орны				
Доломиттер	23,5	1,2	-0,007	$250 \geq H \geq 25$
Балшықты шақпақ тақтатастар	30,0	2,0	-0,05	$250 \geq H \geq 25$

Тау жыныстарының бір осьтік сығылуға кедергісінің $\sigma_{сж}$ тереңдікке Н байланыстылығының теңдеуі

$$\sigma_{сығ.} = \pm a \pm bH \pm cH^2 \quad (1.20)$$

Бұл теңдеуге кіретін коэффициенттердің сандық мәндері 1.14-кестеде келтірілген.

$\sigma_{\text{сығ.}} = f(H)$ байланыс теңдеуінің коэффициенттері

Тау жыныстары	Коэффициенттер			Тереңдік –H шегі, м
	a103	b103	c103	
Шолақтау кен орны				
Доломиттер	+85,93	+7,95	- 0,18	$200 \geq H \geq 25$
Балшықты шақпақ тақтатастар	+87,32	+9,62	-0,28	$250 \geq H \geq 25$
Ақсай кен орны				
Доломиттенген әктастар	+85,0	+10,0	-0,24	$250 \geq H \geq 25$
Шақпақтастар	+90,0	+6,78	-0,20	$200 \geq H \geq 25$
Жаңатас кен орны				
Доломиттер	+73,43	+3,75	-0,02	$250 \geq H \geq 25$
Балшықты шақпақ тақтатастар	+20,28	+5,88	-0,15	$225 \geq H \geq 25$

Зертханалық сынақтар жүргізген кезде ең оңай анықталатын $\sigma_{\text{сығ.}}$ екеніне көз жеткізген.

Міне, осы беріктік қасиеті арқылы ілінісу – K мен тығыздықтың - γ кернеуге байланыстылығы анықталады және ол байланыс 1.4-суретте көрсетілген.

Тау жыныстары беріктігінің - f тереңдікке -H байланысы мына формуламен сипатталады

$$f = \pm a \pm bH \pm cH^2 \quad (1.21)$$

Бұл теңдеуге кіретін коэффициенттердің сандық мәндері 1.15-кестеде келтірілген.

$f = f(H)$ байланыс теңдеуінің коэффициенттері

Тау жыныстары	Коэффициенттер			Тереңдік –H шегі, м
	a103	b103	c103	
Шолақтау кен орны				
Доломиттер	+85,03	+0,4	- 0,01	175 Н 25
Балшықты шақпақ тақтатастар	9,32	+0,28	- 0,02	200 Н 25
Ақсай кен орны				
Доломиттенген эктастар	+5,2	+0,42	- 0,008	200 Н 50
Шақпақтастар	+3,8	+0,2	-0,002	175 Н 25
Жаңатас кен орны				
Доломиттер	+6,3	+0,25	0	175 Н 25
Балшықты шақпақ тақтатастар	+5,0	+0,32	-0,009	200 Н 25

Зерттеу нәтижелері тау жыныстарының ішкі үйкеліс бұрыштары тереңдікке байланысты өзгермейтіндігін байқатты.

Тау жыныстарының ілінісуі мен сығылуға деген кедергі (беріктігі) арасындағы байланыс келесі коэффициенті арқылы анықталады:

$$K = a \cdot \sigma_{сығ} \quad (1.22)$$

Бұл формуладағы a – коэффициентінің мәні әртүрлі тау жыныстары үшін әрқилы болып келетіндігі 1.16-кестеде келтірілген.

Алтау жыныстары тығыздылығының γ беріктік коэффициентіне $- f$ байланыстылығын мына формуладан байқауға болады.

$$\gamma = \pm 2.52 + 0.04f, \quad (1.23)$$

Тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттерін табиғи түрде анықтау зертханалық жағдайдағы анықтаулардан әлдеқайда күрделі.

Тау жыныстары ілінісуінің – К сығылудағы беріктікпен
- $\sigma_{\text{сығ}}$ байланысының коэффициенттері

Кен орындары	Тау жыныстары	Коэффициенттердің орташа мәндері
Шолақтау	Доломиттер	0,32
	Сазды шақпақтастар	0,28
	Шақпақтастар	0,29
Ақсай	Доломиттер	0,30
	Сазды шақпақтастар	0,29
	Шақпақтастар	0,25
	Әктастар	0,27
Жаңатас	Доломиттер	0,32
	Сазды шақпақтастар	0,30
	Шақпақтастар	0,30

Алынған физикалық-механикалық қасиеттерді іс жүзінде пайдалану үшін тау жыныстарының құрылымдық әлсіздену коэффициенті келесі формула арқылы анықталады және олардың мәндері 1.17-кестеде келтірілген.

$$\lambda = \frac{k_M}{k_{\text{обр}}} \quad (1.24)$$

1.17-кесте.

Қаратау бассейні тау жыныстарының
құрылымдық әлсіздену коэффициенттері

Тау жыныстары	Коэффициенттердің орташа мәндері	Анықталған жағдайлары
Доломиттер	0,026	Жарықшақтарды жаппай түсіру
Сазды шақпақтастар	0,019	Қабыршақталып құлаған жерлерді түсіру
Мраморланған әктастар	0,060	Тау жыныстары қатпарларына кесе көлденең сынақтар жүргізу
Шақпақтастар	0,020	Массивтің құрылымдық ерекшеліктерін түсіру

Сөйтіп, тау жыныстары қасиеттерінің өзара және жер қойнауында орналасу тереңдігімен графиктік-аналитикалық бай-

лыныстары бірыңғай математикалық жүйеге келтірілді. Бұл байланыс жүйесі кен орындары тау жыныстарының беріктік қасиеттерін болжауға мүмкіндік туғызды, яғни тау жыныстарының беріктіктің шегін - $\sigma_{\text{сығ}}$; ілінісуін - K ; тығыздығын - γ және М. М. Протодьяконов шкаласы бойынша беріктігін - f анықтау негізделді.

Осы тарауда алынған тау жыныстарының сипаттамалары ашық және жерасты кеніштерінде инженерлік есептерді шешуде (карьер беткейлерінің орнықтылығын, блокаралық, төбелік және сақтандыру кентіректерін есептеуде), жылжу процесінің параметрлерін болжауда, сонымен қатар аспаптық бақылау нәтижелерін тұжырымдап, геомеханикалық процестерді басқарып отыруда қолданылады.

Бақылау сұрақтары:

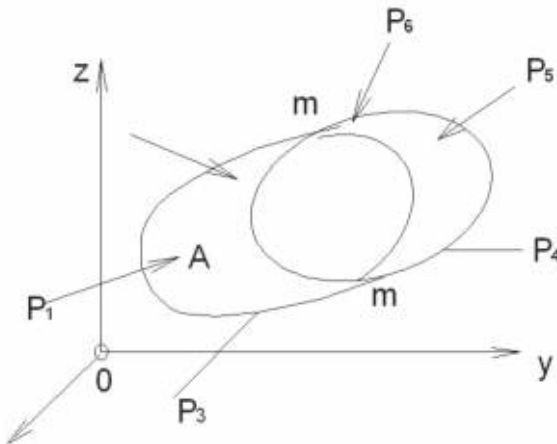
1. Тау жыныстарының қасиеттері деген не?
2. Тау жыныстары қасиеттерінің жіктемесі.
3. Тау жыныстары механикалық қасиеттерінің жіктемесі.
4. Тау жыныстары қасиеттерін анықтаудың әдістері.
5. Тау жыныстарның үлгідегі қасиеттерін зертханалық жағдайда анықтау.
6. Тау жыныстарының массивтегі қасиеттерін табиғи жағдайда анықтау.
7. Пуассон коэффициенті.
8. Тау жыныстарының ілінісуі деген не?
9. Тау жыныстарының ішкі үйкеліс бұрышы деген не?
10. Құрылымдық әлсіздену коэффициенті.
11. Тау жыныстары қасиеттерінің өзара және тереңдікпен байланысы.
12. Тау жыныстары қасиеттерін қолдану аясы.

2. ГЕОМЕХАНИКАНЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

2.1. Тау жыныстарының кернеулі-деформациялық күйі туралы түсінік

Тау-кен жұмыстары әсерінен жерастында пайда болған қуыстар, жыныстар массивінің беріктілігін бұзып, кернеулік деформациялық өрістер туғызады. Сөйтіп, тау жыныстары мен бетінің жылжуына әкеліп соғады. Мұның бәрі, әлбетте, жерүстінде және жерастында орналасқан құрылыстарға, айналадағы ортаға экономикалық-материалдық нұқсан келтіреді.

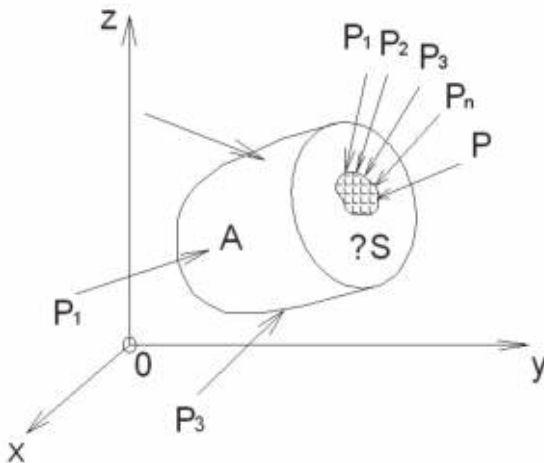
Міне, осындай жер қойнауында жүріп жатқан күрделі процесс тау жыныстары массивінде кернеулі-деформациялық күй туындайды. Тау жыныстарының деформациялануына және жыжуына массивтегі гравитациялық күштер де әсер етеді. Жан-жақтан әсер ететін күштерден тау жыныстары деформацияланып, олардың жеке бөлшектері (құрамдары) арасында өзара әсерлесуші күштер пайда болады.



2.1-сурет. «Кернеуді» түсінігінің схемасы

Мысал ретінде, сыртқы $P_1, P_2, P_3 \dots$ күштерінің әсерінен тепе-теңдік жағдайда тұрған (2.1-сурет) бір денені (затты, тау жынысын) алалық. Осы күштердің әсерінен денеде ішінде әсерлеуші күштер ($p_1, p_2, p_3 \dots$) пайда болады. Осы затты тік қимамен екіге бөліп, оның A бөлігін қарастыралық. Сонда дененің бұл бөлігі сыртқы күштер $P_1, P_2, P_3 \dots$ және mm қима бетінде таралған әсерлеуші $p_1, p_2, p_3 \dots$ күштер ықпалынан тепе-теңдік жағдайда тұрады.

Енді осы mm қима бетінен ауданы Δs алаңшаны бөліп алып қарастыралық (2.2-сурет). Бұл алаңшаға шамасы да, бағыты да әрқилы көптеген кездейсоқ күштер де әсер етуі мүмкін.



2.2-сурет. Күш түскен дененің Δs қимасының ауданы

Сондықтан Δs алаңшасына әсер ететін күштердің жиынтығын, оларға тең келетін ойдағы жүктеме күштермен алмастыру керектігі туындайды. Δs алаңшасына тең бөлінетін, ойдағы бұл жүктеме – орташа кернеуге (σ_{op}) тең болмақ және ол мына теңдеумен өрнектеледі:

$$\sigma_{op} = \Sigma p_i / \Delta s. \quad (2.1)$$

Бұл кернеу вектор ретінде қаралады да, екі құрастырушыға бөлінеді (2.3-сурет). Оның бірі $\sigma_{тік}$ деп белгіленетін алаңшаға пер-

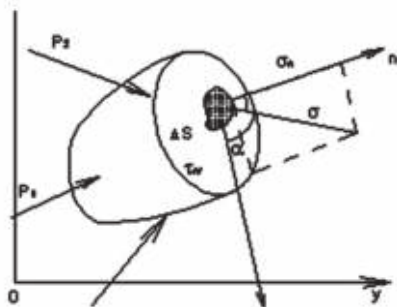
пендикуляр, ал екіншісі алаңша бетінде жатқан, $\tau_{жан}$ деп белгіленетін кернеулер. Сонда толық кернеу былайша анықталады:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_n^2 + \tau_{nt}^2} \quad (2.2)$$

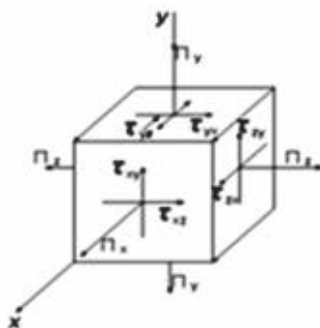
Ал толық кернеу мен алаңша арасындағы α бұрышы келесі формуламен анықталады:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{\sigma_n}{\tau_{nt}}\right) \quad (2.3)$$

Әлбетте, тау жыныстарының бір нүктедегі кернеулі күйіне түсінік беру үшін қырлары координата жазықтықтарына параллель элементарлық куб алынады (2.4-сурет).



2.3-сурет. Толық кернеудің элементарлық ΔS алаңшадағы құраушылары: тік кернеу – σ және жанама кернеу – τ



2.4-сурет. Тау жыныстары үлгісіне әсер ететін кернеу және оның құраушыларының белгілеу схемасы

Осы элементарлық кубтың әрбір бетіне әсер ететін толық кернеулер өз кезегінде тік және жанама кернеулерге бөлінеді. Бұларды кернеудің компоненттері деп атайды. Элементарлық кубтың үш қабырғасына бір-біріне перпендикуляр үш компоненттер әсер етеді.

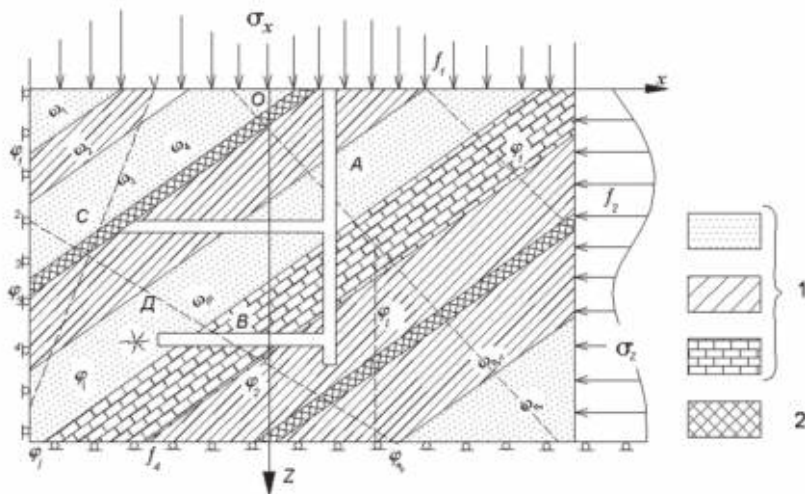
Бұл компоненттер σ_x , σ_y , σ_z деп белгіленеді және әрі қарай σ кернеуі алаңшаға тік бағытта әсер ететін бас кернеулер, ал сол

алаңшада жатқан компоненттер τ_x, τ_y, τ_z жанама кернеулер болып есептеледі.

Осы кернеу компоненттерінің жиынтығы **кернеу тензоры** деп аталады.

Ал нүктедегі кернеулі күй деп сол нүкте арқылы өтетін барлық кернеулердің жиынтығын айтады және ол МПа-мен өлшенеді.

Жер қойнауында кернеулі күй біркелкі емес, әр нүктесінде әртүрлі өзгеріп отырады. Енді осы тау жынысының бір блогінің, бір кубтың (2.4-сурет) төңірегінде болған жағдайды жерасты қазбасына және қазба төңірегінде пайда болатын геомеханикалық күштерге аударалық. Жер қойнауында жүргізіліп жатқан қазбалар үш жақтан қысымға ұшырайды және оған уақыт та әсер етеді. Оны мына сызбадан көруге болады (2.5-сурет).



2.5-сурет. Кен қазбаларындағы кернеулі күйдің схемасы:
 $q(x), q(z)$ сыртқы күштер; А және В қазбалар; С – тазалау қазбасы; D – бұрғылау-қопарулар әсері: 1 – әртүрлі тау жыныстар, 2 – пайдалы кен

Тау-кен жыныстары массивінің сипаттамасын мына функциямен бейнелеуге болады:

$$F=(x, y, z, t) \tag{2.4}$$

мұндағы: x, y, z – кен қазбасына үш жақтан әсер етіп тұрған сыртқы күштер; t – уақыт факторы.

Тау жыныстарының формасы мен бастапқы өлшемдерінің өзгеруін оның деформациялануы дейді. Деформациялардың созылу, сығылу, ығысу сияқты түрлері тау-кен жұмыстары практикасында жиі кездеседі.

Бұдан 100 жыл бұрын швейцария геологы А. Гейм жер қойнауының кез келген нүктесіндегі кернеулі күй сол нүктенің жер бетінен бастапқы тереңдігінің функциясы болып келеді деп тұжырымдаған болатын, яғни

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = \gamma H \quad (2.5)$$

мұндағы: σ_x, σ_y – горизонталь кернеулер;

σ_z – вертикаль кернеу;

γ – жоғарғы қабат тау жыныстарының орташа көлемдік салмағы;

H – тау жыныстарды орналасқан тереңдік.

Ал XX ғасырдың 20-жылдарындағы А. Н. Динниктің дәлелдемесі бойынша горизонталь кернеулер вертикаль кернеудің бір бөлігі болып ғана келеді, яғни

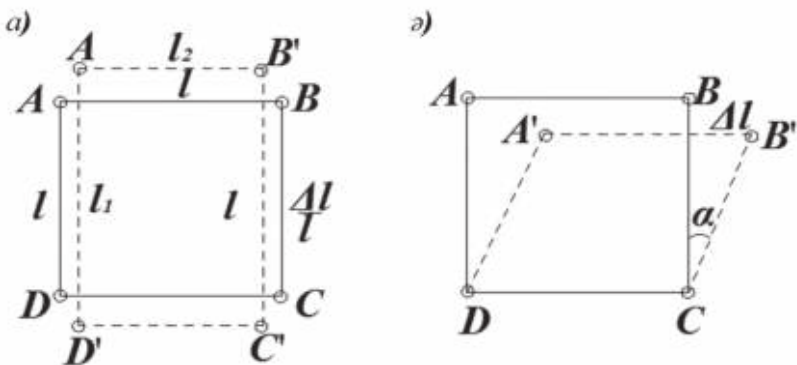
$$\sigma_z = \gamma H \quad (2.6)$$

$$\sigma_x = \sigma_y = k \cdot \sigma \quad (2.7)$$

мұндағы: $k = \mu / (1 - \mu)$ – бүйірлік қысым коэффициенті;

μ – көлденең деформация коэффициенті немесе Пуассон коэффициенті.

Сөйтіп, сыртқы күштердің әсерінен тау жыныстарының блогі өзінің бастапқы орнын ауыстыруы мүмкін және сол блоктың әрбір нүктесі басқа орынға көшеді. Мысалы, 2.6 а-суретте көрсетілгендей, А нүктесі А' орнына, ал AA' кесіндісі нүктенің қаншалықты орын ауыстырғанын сипаттайды.



2.6-сурет. Деформациялар: а – сығылу және созылу; ә – ығысу

Сыртқы күштер әсерінен А нүктесі А' нүктесіне орын ауыстырғанда, ABCD фигурасының бастапқы биіктігі – h , Δh шамасына қысқарады немесе ұзарады.

Деформациялану кезінде тау жыныстарында бекітілген маркшейдерлік нүктелер арақашықтары да дәл 2.6 а-суреттегідей Δh шамасына ұзарып немесе қысқарады. Созылу немесе сығылу шамасының (Δh) бастапқы ұзындық (h) қатынасын сызықтық деформация деп аталады және оны ε -әрпімен белгілейді.

$$\varepsilon = \Delta h / h. \quad (2.8)$$

2.6 ә-суреттегі жанама кернеу τ әсерінен болған куб жақтарының өзгерістері үзік сызықпен көрсетілген. Мұнда AB қабырғасы А'В'-қа ығысқан, ал деформацияға дейінгі ADC тік бұрышы $\angle ADA' = \alpha$ шамасына кішірейген.

Жалпы алғанда, денеге күш түскен кезде оның қабырғаларының ұзындықтары ғана емес, қырлары арасындағы бұрыштары да бұрмаланады және пішіні де өзгереді. Радиан өлшемімен көрсетілген бұрыштық ығысулардың шамасын бұрыштық деформация деп атайды және оны γ әрпімен белгілейді.

Сөйтіп, нүктедегі деформациялық күй – алты деформация компоненттерімен $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{xz}$ сипатталады. Тау жыныстарының деформациялық күйін сипаттайтын деформация компоненттерінің жиынтығын деформация тензоры деп атайды.

2.2. Геомеханикада қолданылатын беріктіліктің негізгі теориялары

Қазіргі кезде тау жыныстарының бұзылуына немесе иілу деформациясына ұшырауына әкеліп соғатын кернеулі-деформациялық күйді сипаттайтынын бірнеше теориялар бар. Оларды беріктік теориялары деп атайды. Олардың ішіндегі кеңінен таралғандары: Галилей-Ренкиннің ең үлкен нормаль кернеулер теориясы; Сен-Венанның ең үлкен кернеулер теориясы; Кулон-Сен-Венанның ең үлкен жанама кернеулер теориясы; энергетикалық теориялар; иілімді деформациялар теориясы; Прандтлдың иілімділік теориясы; Мордың және Мордың беріктілік теориялары; Ержановтың сырғу теориясы және т.б. [22]. Енді қысқаша осы теорияларға тоқталамыз.

1. Галилей-Ренкиннің ең үлкен нормаль (тік) кернеулер теориясы

Бұл теорияда беріктіктің белгісіне ең үлкен тік кернеу алынады. Иілмелі материалдардың аққыштығы тік кернеулер ең үлкен мәніне, яғни шырқау шегіне жеткен кезде басталады. Демек, аққыштықтың басталу жағдайы мынаған тең:

$$\sigma_1 = \sigma_{ак}, \text{ немесе } \sigma_1 = \sigma'_{ак}, \quad (2.9)$$

мұндағы: σ_1 – тік кернеулердің ең үлкен мәні;
 $\sigma_{ак}$ – созылудағы аққыштық шегі;
 $\sigma'_{ак}$ – сығылудағы аққыштық шегі.

Бақылаулардың нәтижелерінен, созылу немесе сығылудағы бір ғана ең үлкен кернеудің мәні барлық материалдар үшін жалғыз ғана анықтаушы бола алмайды. Өйткені кейбір әлсіз материалдар ешқандай аққыштық белгілерінсіз, өте үлкен гидростатикалық қысымға төзе алады.

Галилей – Италияның, ал оның идеясын әрі қарай толықтырған Ренкин – Шотландияның ғалымы. Бұл теорияның дұрыстығына морт материалдарға (жыныстарға) тәжірибе жүргізген кезде көз жеткізуге болады.

2. Сен-Венанның ең үлкен кернеулер теориясы

Француз ғалымы Сен-Венанның бұл теориясы, иілмелі заттардың бұзылуы, ең үлкен созылу деформациясы немесе ең кіші сығылу деформациясы салыстырмалы ұзару мен қысқаруға тең болғанда, пайда болуына негізделген. Егер күш белгілі бір мәннен аспаса, онда деформация күштің өсуіне пропорционал артады. Ал күш әсерін тоқтатса, онда дене бастапқы қалпына келеді. Денелердің мұндай қасиетін серпімділік дейді. Серпімді денелердегі тік кернеу мен сызықтық деформация арасында мынадай байланыс бар.

$$\sigma_{\text{тік}} = E \cdot \xi, \quad (2.10)$$

мұндағы: ξ – салыстырмалы деформация;
 E – серпімділік модулі;
 $\sigma_{\text{тік}}$ – тік кернеу.

Бұл теория инженерлік практикада қолданылып жүрсе де, оны жан-жақты деп айтуға болмайды.

3. Кулон-Сен-Венанның ең үлкен жанама кернеулер теориясы кернеулі заттың бір нүктесіндегі жанама кернеу аққыштықтың ең үлкен деформациясына (созылуға), яғни шырқау шегіне немесе ең кіші деформацияға (сығылуға) тең болатынына негізделген. Сондықтан бұл теорияны ең үлкен жанама кернеулер теориясы деп атайды. Мұнда ең үлкен жанама кернеу – ең үлкен және ең кіші бас кернеулердің жарты айырмасына тең және ол аққыштықтың мына теңдеумен өрнектеледі.

$$\tau_{\text{max}} = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3) = \frac{1}{2}\sigma_T \quad (2.11)$$

мұндағы: τ – жанама кернеу;
 σ_1 – ең үлкен бас кернеу;
 σ_3 – ең кіші бас кернеу.

Бұл теорияны неміс ғалымы Ото Мор әрі қарай дамытып, кеңейткеніне келесі тарауларда көз жеткізетін боламыз.

4. Энергетикалық теориялар

Белтрами, Хей және тағы басқалардың, деформацияның тұрақты потенциалдық энергиясының теориясы. Бұл теорияда тау жыныстарының шекті кернеулі күйінің пайда болу мезгіліне, сол зат

бойын жиналған толық жеткен потенциалдық энергия себепші болады. Бұл теорияның шарты былайша жазылады:

$$U = \frac{1}{2E}(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2) - \frac{\mu}{E}(\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_1\sigma_3) = \frac{\sigma_T^2}{E} \quad (2.12)$$

мұндағы: U – бір осьтік созылу сынағынан алынған энергияның шегі;
 μ – Пуассон коэффициенті;
 E – серпімділік модулі;
 σ_1 – ең үлкен бас тік кернеу;
 σ_2 – орташа тік кернеу;
 σ_3 – ең кіші бас тік кернеу.

Осы теория бойынша алынған деректер, эксперименттен алынған нәтижелерге сәйкес келеді.

Шлейхер ұсынған толық потенциалдық энергия теориясы. Бұл теорияда энергия жоғарыдағыдай тұрақты емес, ол тек орташа тік кернеулерге байланысты болғандықтан, ондағы шарт мынаған тең болады:

$$p = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} \quad (2.13)$$

П. П. Баландиннің энергетикалық теориясы $2\mu=1$ тең деп қабылдағанда, П. П. Баландиннің алған параболалық формуласына негізделеді.

$$\tau = \sqrt{\frac{\sigma_T \cdot \sigma_T'}{3}} \quad (2.14)$$

Губер-Мизес – Генканың тұрақты потенциалдық энергия түрінің өзгеру теориясы. Бұл теорияда аққыштықтың белгісі болып, деформациядан заттың пішінінің өзгеруіне дәл келетін энергиясының бөлігі есептеледі. Мұндағы беріктіктің шарты былайша жазылады:

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_1\sigma_3 - \sigma_2\sigma_3 \leq \sigma_T^2 \quad (2.15)$$

мұндағы: $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – бас тік кернеулер.

Иілімелі заттар үшін қаралып отырған теория экспериментпен жақсы үйлеседі. Мизес шартын келесі теңдеумен де өрнектеуге болады:

$$T^2 = \frac{1}{2} \sigma_T^2 \quad (2.16)$$

мұндағы: T – кеңістіктегі жанама кернеулердің қарқындылығы.

Энергетикалық теориялар формулаларымен алынған нәтижелері (иілімелі заттар үшін) эксперименттік нәтижелермен өте жақсы үйлеседі, сондықтан бұл теориялар инженерлік есептеулерде және сырғудағы аққыштықтың шегін анықтауда кеңінен қолданылады.

5. Иілімді деформациялар теориясы. А. Надаи [23] өз еңбегінде жер қойнауындағы иілімді деформацияның атқаратын рөліне көңіл аударды. Серпімді денелер деформацияланған кезде аздаған деформация қалады. Осы қалдық деформацияның әсеріне дененің элементарлық бөлшектерінің арасында байланыс қалады, бірақ оның түрі мен мөлшерлері өзгеріске ұшырайды. Заттың осындай жағдайын иілімелі деп атайды.

Заттың мұндай күйі, матриалдардағы өте жоғары қысымдарда және «Людерс сызықтарын» [40] бақылауларда жақсы көрінеді. Бұл теориядағы шарт математикалық түрде былайша жазылады:

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_2) = k_1, \quad (2.17)$$

мұндағы: k_1 – материалға тән тұрақты шама.

Иілімелі (пластикалық) деформация жалпы түрде үш шарттың орындалуымен аныкталады:

$$|\tau_1| \leq k; \quad |\tau_2| \leq k; \quad |\tau_3| \leq k; \quad (2.18)$$

мұндағы: τ_1, τ_2, τ_3 – жанама кернеулер

Иілімелі деформацияның шекті беті былайша өрнектеледі $f(\tau_1, \tau_2, \tau_3) = 0$. Координаталық жүйеде бұл бет (τ_1, τ_2, τ_3) куб тәрізді және оның қырлары координаталық жазықтықтарға параллель болып, ал центрі координаталардың басына сәйкес келеді. Р.Мизес

осы кубты сферамен алмастырып, келесі $\tau_1^2 + \tau_2^2 + \tau_3^2 = 2k^2$ теңдеуді ұсынған немесе

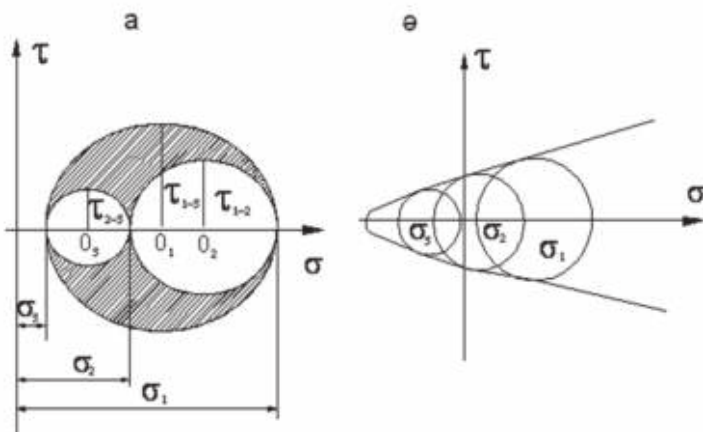
$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 8k^2. \quad (2.19)$$

Мизер теңдеуі жалпы түрде былайша өрнектеелді:

$$\tau_{EE}^2 + \tau_{yy}^2 + \tau_{zz}^2 + \sigma(\tau_{xe}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2) = 8k^2. \quad (2.20)$$

Келтірілген (2.12) теңдеуі платикалық деформацияның ең негізгі өрнегі болып есептеледі. Оның геометриялық пішіні деформация эллипсоидының түріне келеді. Массивтегі тау жыныстарының жекелеген табиғи блоктары – деформацияның әрқилы түрлерін көз алдымызға келтіреді. Иілмелілік теориясын геомеханикада қолданылуынаң мәні де осында.

Сонымен қатар, тау-кен ісінде кеңінен қолданылатын Кулон, Мор, Прандтль және т.б. теориялар да жоғарыда айтылған иілмеліліктің теориясымен тығыз байланысты. Әрі қарай осы айтылған теориялардың маңызды кезеңдеріне тоқталамыз.



2.7-сурет. Мордың беріктік шеңберлері

6. Мордың беріктілік теориясы. Бұл теория бойынша тау жыныстарының беріктілігі жылжу беттегі жанама және тік кернеулердің шарықтап шегіне жеткен шақтарында бұзылады.

Отта Мор кернеулі күйді қарапайым шеңберлер түрінде бейнелеуді ұсынды (2.7-сурет).

Массивтегі көлемдік кернеулі күй үш басты ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) кернеулермен анықталады және олар өзара былайша жазылады:

$$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3 \quad (2.21)$$

Мордың беріктік теориясы бойынша τ кернеуі, σ кернеуінің функциясы ($\tau=f(\sigma)$) болып есептеледі және ол әртүрлі тау жыныстарының кернеулі күйін бейнелейді.

Функция $\tau = f(\sigma)$ бірқалыпты қисық бола тұра, циклоиданың, параболаның, гиперболаның циклоида мен түзу сызықтың біріккен және тағы басқа да фигуралардың теңдеулерімен сипатталады. Бұл функция белгілі бір жағдайларда түзу сызық теңдеуімен өрнектеледі.

Жалпы алғанда, кернеу компоненттеріндегі (σ_x, σ_y және τ_{xy}) ораманың теңдеуі былайша жазылады:

$$(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2 = \sin^2\varphi(\sigma_x + \sigma_y + 2C\text{ctg}\varphi)^2 \quad (2.22)$$

Мор шеңберлері орамасының теңдеуі ретінде екінші қатардағы параболаның теңдеуін қолдануға болады.

$$\tau_x = \sqrt{\sigma_{\text{сиг}}(\sigma_{\text{сиг}} + \sigma_{\text{кос}})}(\sqrt{\sigma_{\text{сиг}} + \sigma_{\text{кос}}} - \sqrt{\sigma_{\text{кос}}}) \quad (2.23)$$

7. Прандтльдің иілімділік теориясы. Мордың беріктік теориясына негізделген. Жылжу беттердегі жанама кернеу τ осы жазықтықта әсер ететін тік кернеуге байланысты.

$$\tau = f(\sigma) \quad (2.24)$$

Прандтль шекті қисықты түзу сызық деп қабылдауды және (2.24) формуласын келесі теңдеумен ауыстыруды ұсынды:

$$\tau = A - B\sigma \quad (2.25)$$

мұндағы, **A** және **B** – тұрақтылар.

Радиусы – R және центрі абсцисса осінде координаталар басынан P қашықтықта орналасқан Мор шеңберінде (2.9) формуласы $R = C_1 - C_2 P$ қатынасына ие болады. Мұндағы $C_1 = \frac{A}{\sqrt{1 + \mu^2}}$, $C_2 = \frac{B}{\sqrt{1 + \mu^2}}$ тең. Кейінгі екі өрнектерден мыналар анықталады:

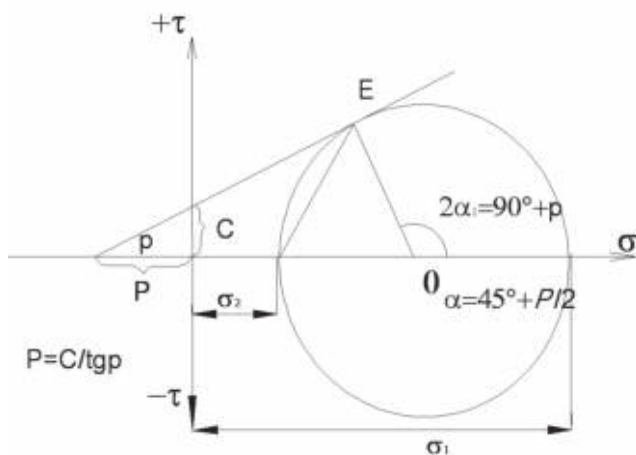
$$R = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}; \quad = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}; \quad (2.26)$$

және Прандтлдің платикалық шарты алынады

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = C_1 - C_2 \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}; \quad (2.27)$$

$$\tau = C_1 - C_2 P, \quad (2.28)$$

8. Кулонның беріктілік теориясы ең үлкен жанама кернеулер теориясын Кулон тереңдетіп, тәжірибе нәтижелерімен толықтырғаннан кейін пайда болған. Кулон теориясын әрі қарай жетілдіргендердің бірі – Мор. Сондықтан бұл теорияны кей кезде Кулон-Мор теориясы деп те атайды. Бұл теория бойынша тау жыныстарының беріктігі, олардың жылжуға кедергі күштері мен жанама кернеулер арасындағы тепе-теңдікке байланысты болып келеді (2.8-сурет).



2.8-сурет. Кулон-Мор теориясының схемасы

Заттың беріктігінің бұзылу жағдайын Кулон мына сызықтық байланысымен өрнектейді:

$$\tau_{\text{ж}} = \sigma_{\text{т}} \cdot \operatorname{tg} \rho + k, \quad (2.28)$$

мұндағы τ – тау жыныстарын жылжытатын жанама кернеу, МПа;
 σ – жылжуға қарсы тік кернеу, МПа;
 ρ – ішкі үйкеліс бұрышы, градус;
 $\operatorname{tg} \rho = f$ – үйкеліс коэффициенті;
 k – тау жыныстарының ілінісуі, МПа.

Жүргізілген зерттеу жұмыстарының нәтижелерінен, сулы құм қиыршықтарының бір-бірімен ілінісуі жоқ, яғни $k=0$, ал үйкеліс коэффициенті $f = \operatorname{tg} \rho = 0,60 - 0,65$, яғни $\rho=30-33^\circ$ екендігі, ал құрылымы ұсақ тау жыныстырында ілінісу $k = 100$ МПа үйкеліс коэффициенті $f=0,2$, яғни ішкі үйкеліс бұрышы $\rho=10-12^\circ$ болып келетіндігі тәжірибе жүзінен мәлім. Сондықтан барлық кен орындары тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттері егжей-тегжейлі зерттеледі.

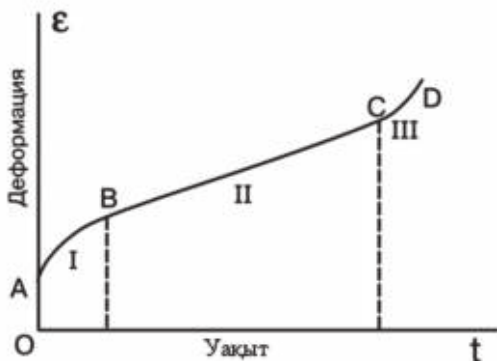
9. Ержановтың сырғу теориясы [24]. Сырғулық деп тау жыныстарының тұрақты күш әсерінен, уақыт арлығында ұзақ деформациялану қабілетін атайды. Тау жыныстары кернеу кезінде уақыт бойынша деформациялануына байланысты жаңа қасиеттерге ие болады. Сырғулықты бағалау кернеулер және деформациялар тензорларының уақытпен арасындағы байланысын көрсететін реологиялық теңдеулер қолданылады.

$$\varepsilon = f(\sigma, t), \quad (2.29)$$

мұндағы: ε – сырғулықтың уақытқа тәуелді деформациясы;
 σ – бас тік кернеу;
 t – уақыт.

Егер сырғулық деформациясы кернеудің артуына пропорционал болса, онда сызықты-сырғулық, ал керісінше, кернеу кезінде деформация ебаяуласса, онда ол құбылысты *релаксация* деп атайды.

Релаксация кернеудің уақытқа тәуелділік қисығымен (2.9-сурет) бейнеленеді.



2.9-сурет. Сырғулық қисығы

Суретте абсцисса осіне уақыт, ал ордината осіне салыстырмалы деформация мәндері салынған. Бұл графиктен деформациялардың OA , AB , BC , CD төрт учаскесін бөліп қарастыруға болады. OA вертикаль кесіндісі алғаш күш түскен кездегі серпімділік деформациясын көрсетсе, AB учаскесі – уақытқа байланысты деформацияның өсуін, BC – сырғулықтық басталуын, ал CD учаскесі сырғудың тоқталғанын немесе массивтің бұзылғандығын көрсетеді. Осы кезде тау жыныстары опырылып құлай бастайды және жер бетінде жылжу мұльдасы пайда болады.

Тау жыныстары деформациялануының мұндай заңдылығы инженерлік есептеулерде жиі қолданылады. Әсіресе, жерасты құрлыстарының (кен қазбалары, метрополитен және т.б.) орнықтылығын зерттеу кезінде релаксациялық кернеудің маңызы ерекше. Бұл салада көп еңбек сіңірген Қазақстан Республикасының ұлттық Академиясының академигі, ҚазҰТУ-дың түлегі, маркшейдер Ж.С.Ержанов алғаш рет тау жыныстары сырғығыштығының теориясын тұжырымдап және оны іске асыруға тікелей басшылық еткен ғұлама ғалым.

2.3. Тау жыныстарының шекті тепе-теңдік жағдайы

Бұрынғы Кеңестер үкіметінің ғалымы, академик В. В. Соколовский жазық тепе-теңділік жағдайының (шартының) орындалуын

анықтады [5]. Мұнда ол ұзын цилиндр немесе призма тәрізді денеге перпендикуляр бағытта бірқалыпты күш түскендегі жағдайды жазық тепе-теңділік деп қараған. Жазық тепе-теңділікті зерделегенде түзу сызықты координаталар жүйесін x, y, z қолданады, ондағы z осі құрушы жүйеге параллель бағытталады.

Жазық тепе-теңділікте кеңістіктегі кернеулердің орнына, сол кернеулердің xu жазықтығына таралуын қарастырса да жеткілікті. Тау жыныстары массивінің осы элементтеріне сырттан әсер ететін күштер, ішкі күштер кедергісін сипаттайтын бір шамадан аспаса, онда қарастырып отырған элемент қоршаған ортамен салыстырғанда өзінің тепе-теңдігін сақтағандығы. Массив элементіне әсер етуші сыртқы және ішкі күштер бір-біріне тең болса, онда шекті тепе-теңдік деп аталатын жағдайдың туындағаны.

Шекті тепе-теңділік аймағының әрбір нүктелері арқылы сырғу бетті құрастырушы сырғу сызықтары өтеді.

Сөйтіп, тау жыныстарындағы шекті тепе-теңдік деп массивті түзуші тау жыныстарындағы кернеулер оның беріктігінің шырқау шегіне жеткен кездегі және бір немесе бірнеше сырғу беттер пайда болғандағы, сол массивтің жай-күйін атайды.

Үйкелісі және ілінісуі бар, яғни нақтылы тау жыныстар массивінің жазық тепе-теңдіктілігін анықтайтын негізгі теңдеулеріне мыналар жатады:

жазық тепе-теңдіктің дифференциалдық теңдеулері

$$\partial \sigma_x / \partial x + \partial \tau_{xy} / \partial y = \gamma \sin \alpha; \quad (2.30)$$

$$\partial \tau_{xy} / \partial x + \partial \sigma_y / \partial y = \gamma \cos \alpha, \quad (2.31)$$

мұндағы: γ – тау жынысының көлемдік салмағы;

α – толық кернеу мен алаңша арасындағы бұрыш.

Шекті кернеулі күйдің орындалу шарты:

$$\frac{1}{4}(\sigma_x - \sigma_y)^2 + \tau_{xy}^2 = \sin^2 \varphi / [4(\sigma_x + \sigma_y + 2H)^2] \quad (2.32)$$

мұндағы: H – кернеу және ішкі үйкеліс бұрышымен дифференциалдық теңдеу арқылы байланысқан коэффициент;

$$dH / d\varphi = -\sigma ctg\varphi. \quad (2.33)$$

Жоғарыда айтылған жазық тепе-теңділіктің екі дифференциалдық теңдеулерін шешу әдістерін В. В. Соколовский (сандық әдісін) және С. С. Голушкевич (графиктік әдісін) ұсынған. Тау жыныстары мен топырақ қабатының шекті тепе-теңдік есептерін шешудің теориялық негіздерін В. В Соколовскийдің жасағандығын жалпы жұрт мойындаған.

Соколовскийдің сандық әдісі үш теңдеулер жүйесін гиперболалық түрдегі екі дифференциалдық теңдеулер жүйесіне көшіруге мүмкіндік береді және ол арқылы массивтің кез келген нүктелерінің нақтылы кернеулері мен сырғу беттерінің орындарын анықтауға болады.

Жоғарыда беріктілік (мықтылық) теориялары туралы жан-жақты баяндалды және сол айтылғандардан геомеханиканың кен-маркшейдерлік істегі мәселелерді шешуде кеңінен қолданылатындығын аңғару қиын емес. Аталмыш теориялардың тау жынысы кесегінде – сынамалы үлгісінде қолданылатындығын еске сала кету қажет. Ал бізге кен ісінде массивтегі (шыңтастағы) тау жынысының мықтылығын анықтау қажет, яғни бізге қажеті жеке кесектердің мықтылығы емес, массивтің беріктілігі. Бұл ұғымды бірден түсіну қиындау. Оны мысалмен түсіндірейік.

Жерасты қазбаларының төбесін құлатпай ұстап тұру үшін таяныш кентіректерін (жыныстардан, кеннен) қалдырады. Олар жарықшақтар жүйесіне толы, яғни кентіректегі массив (шыңтас) механикалық ала-құлалықтан әлсізденген. Кесектегі тау жынысының механикалық қасиеті массивтегіден мүлдем басқа. Ал, геомеханиканың басты мәселесі – тау жыныстары массивінің механикалық жай-күйін табиғи жағдайда анықтау. Осы мақсатпен қазір әртүрлі табиғи бақылау әдістері қолданылады.

Мұндағы мақсат беріктіліктің жоғарыда айтылған белгілі теорияларын массив мықтылығын анықтауға қолдануға болатындық тұрғысынан қарау. Геомеханикалық зерттеуіміздің басты мақсаты массивтегі тау жыныстарының механикалық қасиеттерін тұтас ортаның механикасы көмегімен зерделеу қажеттілігінен туындату болатын. Атап айтсақ, тау-кен ісі жағдайына келетіні А. Надаи, З.

Прандтль, В. В. Соколовский және тағы басқалардың әдістері мен серпімділік теориялары.

Бұл әдістердің мәні берілген нобайлық жағдайда тұтас ортадағы кернеудің таралу заңдылығын анықтауға болатындығы. Кернеулердің таралуы Людерс сызықтарына ұқсас, сырғанаудың түйіскен екі сызықтар жүйесі бейнесінде беріледі.

Тау жыныстарының жартасты-жарықшақты массивіндегі бұзылу жүйесі түйіскен жарықшақтар жүйесін білдіреді. Басқаша айтқанда, жартасты-жарықшақты массивте табиғаттың өзі кернеуді массивте таратуды өзі шешеді.

Жоғарыда келтірілген авторлар еңбегінде тұтас орта, яғни тау жыныстары массиві ешқандай анизотропты құрылым емес, біртекті деп қарастырылған. А. Н. Динник, В. В. Соколовский, В. В. Руппел-нейт, С. С. Голушкевич еңбектерінде: карьер қиябеттерінің шектік тепе-теңдігі мен жерасты қазба күмбездерінің орнықтылығы, кеңістіктер ішіндегі кернеу таралымының оның размерлерге тәуелділігі, кен қазбалары ойған жердің айналысындағы кернеу шоғырын, кентіректегі кернеулердің таралуын, т.б. тәрізді кен ісіндегі маңызды мәселелер тұтас орта механика әдісімен зерделенген.

Ал осы теориялық әдістерді кен ісінің нақтылы мәселелерін шешуде Қазақстан кенші-ғалымдары мен маркшейдерлері алдына жан салмағаны және оның басы-қасында А. Ж. Машановтың тұрғандығы баршаға аян.

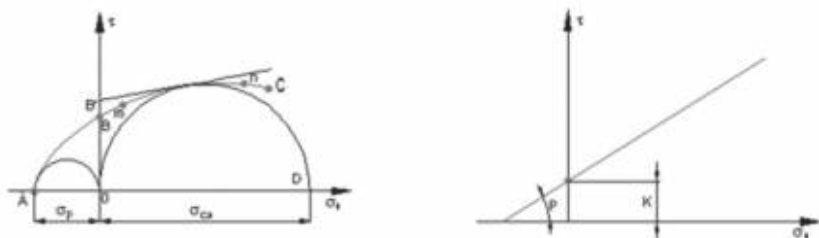
Егер массивтің құрылымдық ерекшеліктері басты рөл атқармаса, онда осы әдістер жақсы нәтиже береді. Алайда, құрылымы айдан анық жартасты-жарықшақты массивте аталмыш әдістер қолдануға келмей, бірқатар толықтыруды қажет ететіндігін А. Ж. Машанов өз еңбектерінде атап өткен.

Мәселен, карьер беткейлерінің (қиябеттерінің) орнықты ылди бұрыштарын анықтау шекті тепе-теңділік теориясының есебі болып саналады және ол τ , $\sigma_{\text{тік}}$ (жанама және тік кернеулерімен) координаталар жүйесінде бейнеленген қисық сызықпен сипатталды (2.10 а-сурет).

Суреттегі ABC қисығы тау жыныстарының үлгідегі шекті жай-күйін бейнелейді, τ осінде жатқан OB' кесіндісі – ілінісудің шамасын анықтайды. Түзу сызықты mn кесіндісі бір аралықта ABC

қисығының орнын басады. Сол m кесіндісінің σ осімен құрған ылди бұрышын ішкі үйкелу бұрышы, ал сол бұрыштың тангенсін ішкі үйкеліс бұрышының коэффициенті деп атайды. $OA = \sigma_{\cos}$, кесіндісі – тау жыныстарының созылуға деген уақытша кедергісі, ал $OD = \sigma_{\text{сығ}}$ кесіндісі сығылуға деген кедергі.

Дей тұрсақ та, тепе-теңділік қисығы теңдеуінің жалпы түрі $\tau = f(\sigma_{\text{тік}})$ бірқалыпты емес, ол тау жыныстарының әртүрлі типтеріне байланысты парабола, циклоида, түзу сызық сияқты (2.10 б-сурет) болып келеді.



2.10-сурет. а – қисық сызықты және б – түзу сызықты орамалар

Тепе-теңдік теңдеуінің түрі түзу сызықты болуы, тау жыныстары массивіне тән көлемдік шекті тепе-теңдіктің Кулон – Мор беріктік критерийіне сәйкес келгені, яғни сырғуға қарсы кедергі параметрлерімен сипатталғандығы:

$$\tau = k + \sigma \cdot \text{tg}\rho, \quad (2.34)$$

мұндағы: τ – сырғу беттегі жанама кернеу, МПа;
 σ – сырғу беттегі тік кернеу, МПа;
 k – тау жыныстарының ілінісуі, МПа;
 ρ – сырғу беттегі ішкі үйкеліс бұрышы, градус.

Бұл формуланы мына түрде де беруге болады:

$$\tau = \tau_1 + k; \tau_1 = \sigma \cdot \text{tg}\rho. \quad (2.35)$$

Әрі қарай, тік (ордината) осімен бағыттас келетін екі сырғу жүйесінің бірі деп қарастыруға болады. Сөйтіп, Кулан-Мор

теориясының теңдеуін сырғудың түйіскен екі жүйесінің сызықтық ізі деп аламыз.

Ал Мордың шекті шеңберлерінің орама сызықтар, әдетте, гиперболола, парабола, эллипс, циклоид немесе екінші реттегі ерекше қисық түрлерінде қарастырылатынын жоғарыда айтып кеттік. Енді осы Мор шеңберлерін пайдалану арқылы тау жынысының беріктілік паспортын (құжатын) құрудың жолын ұсынамыз.

2.4. Тау жыныстарының беріктік паспорттарын құру

Тау жыныстарының беріктік паспорты (құжаттары) – олардың беріктігін сипаттайтын көрсеткіштерінің жиынтығы. Беріктік паспорттарын тау жыныстары үлгілерінің бір осьтік, тегіс және көлемдік кернеулік жағдайларындағы сынақтан өткізу нәтижелері негізінде құрады.

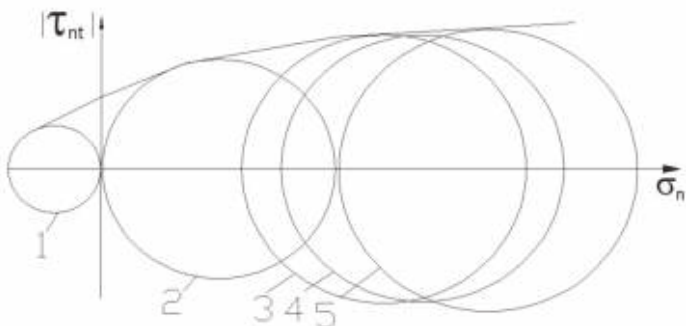
Тау жыныстарын зерделеуде Мор, Губер-Мизес, Сен-Венан және тағы басқалардың теориялары қолданылады.

Бұл теория бойынша заттың қирауы, сырғу беттегі жанама кернеу τ сол сырғу беттегі тік кернеуге σ байланысты, белгілі бір шамаға жеткен кезде бұзыла бастайды.

Басқаша айтқанда, τ кернеуі σ -ның функциясы, яғни $\tau = f(\sigma)$. Бұл функция арқылы заттың сырғу беттегі σ_1 , σ_2 және σ_3 кернеулері бойынша кез келген нүктенің геометриялық орнын $P(\tau, \sigma)$ қисығы түрінде бейнелеуге болады. $\tau = f(\sigma)$ -функциясы бірқалыпты қисық болса да, ол циклоид, парабола, гиперболола, циклоидтың түзу сызықпен біріккен теңдеулерімен өрнектелуі де мүмкін.

Тау жынысын сынақтаудың бір осьтік, жазықтық және көлемдік кернеулері нәтижелері бойынша оның мықтылық паспорты жасалады. Тау жынысының беріктілік паспорты – тік және жанама кернеулердің функциялық байланысын көрсететін график. Беріктілік паспорты тау жыныстарын сынақтаудың түрлеріне қарай әртүрлі тәсілдермен құрылады.

Солардың ішіндегі ең қарапайымы: горизонталь осьте 0-ден сол жаққа бір осьтік созылудағы беріктіктің шегі – $\sigma_{\text{соз}}$, ал оң жағына – сығылудағы беріктік шектері – $\sigma_{\text{сығ}}$ салынады (2.11-сурет). Бір осьтік сығылуда 2 шеңбер алынады. Өйткені бүйірлік қабырғаларда әсер етуші күштер болмағандықтан, $\sigma_2 = 0$ болады.



2.11-сурет. Кернеулердің шекті шеңберлері:
 1 – бір осьтік созылудағы; 2 – бір осьтік сығылудағы;
 3, 4, 5 – екі осьтік сығылулардағы

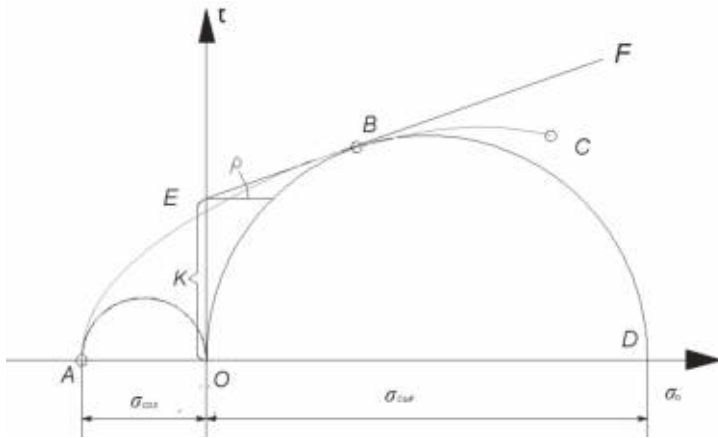
Екі осьтік сығылулар кезінде бірнеше шеңберлер алуға болады. Ол шеңберлердің центрлері бір-бірінен $1/2 (\sigma_1 + \sigma_2)$ арақашықтықта орналасады, ал олардың радиустары $1/2 (\sigma_1 - \sigma_2)$ тең болмақ.

Әрі қарай σ_1 және σ_2 -ның мәндерін өзгерте отырып, бірнеше шеңберлер (2.11-суреттегі 3, 4, 5-шеңберлер) алуға болады. Бұл шеңберлерді кернеулердің шекті шеңберлері деп атайды. Осы кернеу шеңберлері арқылы орама сызық жүргізуге болады және ол орама әрбір шеңбермен қиылыспайды, тек бір ғана нүктелерінде жанасады.

Мұндай ораманы тау жынысы қирауының (бұзылуының) шекті орама сызығы деп атайды. Тау жыныстарының беріктік сипаттамаларын анықтайтын бұл тәсілді ойлап шығарған Отто Мор, сондықтан оны Мор тәсілі деп атайды.

Кернеудің белгілі бір шегінде $\tau=f(\sigma)$ байланысы түзу сызықпен ауыстырылатынын, яғни $\tau = \sigma \cdot \operatorname{tgr} + k$ тең болатындығын жоғарыда айтып кеттік. Осы функцияға сәйкес 2.12-суретте Мордың жарты шеңберлерінің сызбасы келтірілген.

Екі жарты шеңберлер ($\sigma_1 = -\sigma_{\cos}$) және ($\sigma_2 = \sigma_{\sin}$) арқылы орама ABD сызығы жүргізілген. Одан кейін, орама сызықтың σ_{\sin} –кернеу шеңберімен қиылысқан нүктесі В арқылы жанама сызық жүргізілген және оның тік кернеу осімен қиылысқан нүктесі Е анықталады.



2.12-сурет. Тау жынысының беріктік паспорты

Сонда τ осінің бойындағы OE кесіндісі – тау жыныстарының ілінісуін – k , ал ол жанама сызықтың абсцисса осімен құрған бұрышы – ρ тау жыныстарының ішкі үйкеліс бұрышын көрсетеді.

Тау жыныстарының осы екі сипаттамаларының (ілінісуі – k мен ішкі үйкеліс бұрышы – ρ) үш түрі барлығын айта кеткен жөн, оларға:

1. Тау жыныстарының үлгідегі ішкі үйкеліс бұрышы – $\rho_{\text{үл}}$ мен ілінісуі – $k_{\text{үл}}$.
2. Тау жыныстарының массивтегі ($\rho_{\text{мас}}$ және $k_{\text{мас}}$) сипаттамалары.
3. Тау жыныстарының әлсіз беттердегі ($\rho_{\text{әлс}}$ және $k_{\text{әлс}}$) сипаттамалары жатады.

Тау жыныстарының осы екі сипаттамалары ашық кеніш беткейлерінің орнықтылығын және жылжу процесінің параметрлерін есептегенде, жалпы алғанда геомеханиканың әртүрлі мәселелерін шешуде кеңінен қолданылады.

Бақылау сұрақтары:

1. Тау жыныстарының кернеулі-деформациялық күйі деген не?
2. Созылу деформациясы деген не?
3. Сығылу деформациясы деген не?
4. Тік кернеу деген не?

5. Жанама кернеу деген не?
6. Деформацияның түрлері.
7. Геомеханикада қолданылатын беріктілік теориялары.
8. Тау жыныстарының шекті тепе-теңдік жағдайы деген не?
9. Тау жыныстарының беріктік паспорты және оны құрудың жолы.
10. Тау жынысының ілінісуі деген не және ол қалай анықталады?
11. Тау жынысының ішкі үйкеліс бұрышы деген не және ол қалай анықталады?

3. ТАУ ЖЫНЫСТАРЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ЗЕРДЕЛЕУ

3.1. Тау жыныстары массивінің құрылымдық- тектоникалық ерекшеліктері

3.1.1. Кен алабының жарықшақты тектоникасы

Қазіргі кезде тау-кен өнеркәсібі қызметкерлерінің жерасты тәсілімен кен қазудағы тау жыныстарының жылжуы және тау-кен қысымы, ашық кеніш беткейлерінің орнықтылығы сияқты көкейтесті мәселелерін массивтің құрылымдық ерекшеліктерін ескермей шешімін таба алмайтынына көздері жетіп отыр. Массивтің құрылымдық ерекшеліктері – ол геомеханикалық процесті туындаушы ең басты фактор.

Осы мәселені алғаш көтеріп, зерттеп және оның нәтижелерін өндірісте пайдалануда, профессор П. К. Рыжов пен академик А. Ж. Машановтың жетекшілігімен, ерінбей еңбек еткен қазақстандық ғалымдар тобына Ж. С. Ержанов, И. И. Попов, Р. П. Окатов, И. В. Милетенко, М. Б. Нұрпейісова, Ф. К. Низаметдинов және т.б. жатады. Сонымен қатар, Қазақстан кен орындарында геомеханикалық зерттеу жұмыстарын жүргізген мәскеулік ғалымдар В. И. Борщ-Компониц, М. Е. Певзнер, В. Н. Поповтардың еңбектері ереше. Жүргізілген бұл жұмыстардың негізгі құндылығы – тау жыныстарының деформациялануына табиғи-геологиялық жарықшақтардың, кен қабаттары құрылымының әсерін зерттеу және ескеру қажеттігін дер кезінде қолға алғандығында.

Жер қойнауында жүріп жатқан геомеханикалық процестерді зерделеу, бір кен орнының географиялық шекарасынан шығып, бүкіл бассейндегі немесе сол аймақтағы геологиялық және тектоникалық құрылымдары ұқсас кен орындарын толық зерттеуді, сөйтіп жылжу процесінің бассейнге (аймаққа) тән заңдылықтары мен параметрлерін анықтауды және тиісті тұжырымдар жасауды талап етеді. Сондықтан алғашқы кезекте зерделенетін кен орны тау

жыныстарының құрылымы мен сол аймақтағы ірі тектоникалық жарылымдарды айқындап алу маңызды мәселе деп есептейміз.

Кен орнының құрылымы мен тектоникасы кен мен оны қоршаған тау жыныстарының ең маңызды көрсеткіштерінің бірі болып есептеледі. Олар кен шоғырының пішіні мен жер қойнауында орналасуын сипаттайды. Тау жыныстары массивінің көптеген құрылымдық элементтерінің ішінде ерекше көзге түсетіні және алғашқы құрылым, қатпарлы құрылым, айырылымды құрылым мен жарықшақтылық болып бөлінетін жарықшақты тектоника.

Шөгінді тау жыныстарының *алғашқы құрылымы* өзінің күрделілігімен сипатталады. Мұнда тектоникалық процестер кезінде әртүрлі ығысуларды туындататын әлсіз беттер – қатталу қабаттары.

Қатпарлы құрылымның түзілуіне терең және жер бетіне жақын процестер әсер етеді. Қатпарлардың түрлері мен шамалар көптеген жағдайларға байланысты, солардың ішіндегі негізгісі: тау жыныстарының механикалық қасиеттер және әсер ететін күштерден пайда болған кернеулердің сипаты.

Әсер ететін күштердің бағыттарына байланысты қатпарлар үш түрге бөлінеді: *бойлық иілу, көлденең иілу және ағыс*. Геологиялық жағдайдағы күштерге байланысты қатпарлық эндогендік және экзогендік болып бөлінеді.

Тау жыныстарының кеңінен таралған жатыс пішіні – *айырылымды құрылымдар*. Мұндағы ығысу – айырылымдардың деформациясы. Айырылымдар дизъюнктивтер және жарықшақтылық түрлерінде пайда болады. Тау жыныстарындағы айырылымдар екі үлкен топқа бөлінеді.

Оның бірінші тобына ығысуларының шамасы онша үлкен емес жарылымдар, ал екінші тобына – ығысулары көзге түсетін, біршама үлкен жарылымдары, көзге түсетін жарылымдар жатады. Ығысусыз жарылымдар (жарықшақтар) құрылымның барлық түрлеріне тән және олар барлық жерде кездеседі. Массивтегі тау жыныстарын осылайша айыратын жарылымдардың жиынтығын *жарықшақтылық* дейді.

Әрі қарай, тау жыныстарының тектоникалық ерекшеліктері Қаратау бассейні кен орындары [18, 20] және Ақжал түсті металдар кен орны [25,26] мысалдарында қарастырылады.

Рудалық кендердің біререкшелігі – оларда көптеген тектоникалық элементтердің шоғырлануы. Бұл тектоникалық элементтер жеке өз алдына пайда болмайды. Кен алаптарының уақыт аралығында және кеңістікте орналасуының өзі сол аймақтың тектоникалық күштер әсерінен геомеханикалық процестерге ұшырауымен тығыз байланысты. Мысалы, көптеген күрделі жарылыстар ең үлкен кернеулі-деформациялық күйлердің бәсеңдеген учаскелерінде шоғырланады [20]. Рудалы құрылымдық-формациялық аймақтарда ірі емес, бірнеше кен орындары пайда болып, олар бассейн немесе рудалық алаң жасайтыны да мәлім.

Міне, осындай бассейндердің бірі – 40 шақты ірілі-ұсақты фосфорит кендерінен тұратын Қаратау бассейні.

Қаратау бассейнінде 40-тан аса ірілі-ұсақты кенді орналасқан. Геомеханикалық тұрғыдан Қаратау кендері күрт құлама, жұқа, 5-40 км созылып жатқан, қатпарлы шоғырлардан тұрады (3.1-сурет).

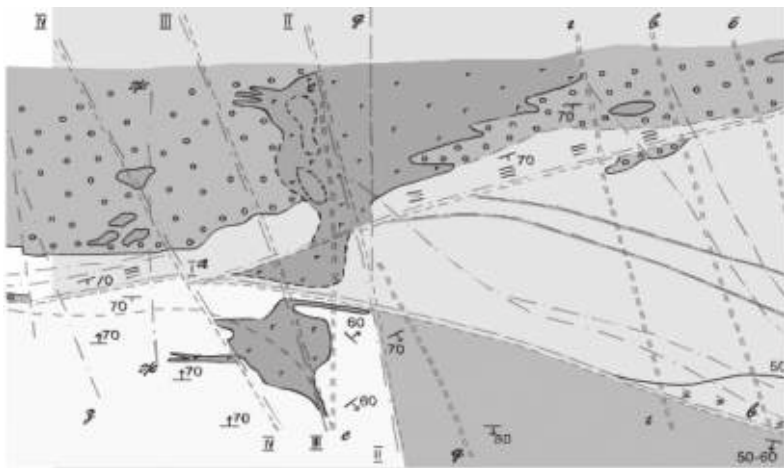


3.1-сурет. Қаратау фосфорит кен орындары бассейнінің геологиялық картасы

Суреттен фосфорит кендерінің шоғырлары тектоникалық күштер әсерінен бір-бірінен оңай ажырағандығын, тау жыныстарының жоспарлары мен құрылымдық жіктері бойында пайда болған, яғни қатпар түзуші тектоникалық процестердің аяқталған және

қалыптасып болған кезімен байданыстылығын байқауға болады. Әрине, бұл процестер тау жыныстары массивінің тек тектоникалық құрылымына ғана емес, жалпы кен орны мен кен алқабының геомеханикалық құрылымына әсер етеді.

Ақжал қорғасын-мырыш кен орны да өзіне тән тектоникалық жарылымдарымен ерекшеленді. Тектоникалық жарылымдар әсерінен кен орнындағы тау жыныстары көптеген жарықшақтар арқылы бөлшектеніп, жеке-жеке құрылымдық блоктарға айналады (3.2-сурет).



3.2-сурет. Ақжал кен орнының тектоникалық картасы

Негізгі кенді түзуші тау жыныстарына ірі әктастар жатады. Карьер кемері жалаңаштанған беттеріндегі біртұтас дене сипаты ірі әктастар кеннің созылымы және тереңдігі бойынша әртүрлі бағыттағы жарықшақтарға бөлінген.

Жартасты тау жыныстарынан түзілген кендердің негізгі құрылымдық ерекшелігі – жарықшақтылығы мен қопсығыштығы. Сол себептен жартасты тау жыныстарының жылжуы бұрынғы жарықшақтардың көбейіп, негізгі жүйелері арқылы сырғуы және блоктарға бөлшектенуі табиғи құбылыс.

Егер өте үлкен масштабтағы геологиялық денені алар болсақ, онда жоғарыда айтылған тау жыныстарының массиві үлкен геологиялық дененің бір бөлігі болмақ. Мысалы, біз Қаратау

тәрізді құрылымды зерделеуде ондағы әр кен орнының жекелеген массивтері Кіші Қаратау жотасын түгел алып жатқан үлкен блоктың элементарлық бөлшегі болып шығады.

Осылайша пайымдай келіп, біз бүтін бір континентке немесе геосинклинал және платформаларға да жетер едік. Ал құрлықтар мен платформалар өз кезегінде Жер қабыршағының бөліктері – тұтас геоид екенін естен шығармайық.

Осы айтылғандардан жер қойнауындағы кендердің түзілуі, өзіндік қалыптасу заңы, өзінің механикасы, жалпы геомеханикалық құрылымының өзіндік кернеулі-деформациялық күйінің болатындығын түсіну қиын емес.

Кен орындарының геомеханикалық құрылымы деп рудалық кендерді қазып алу кезіндегі жылжу процесі мен тау-кен қысымына бірден-бір әсер ететін табиғи геомеханикалық факторлардың жиынтығын атайды.

Геомеханикалық құрылымның элементтеріне мыналар жатады:

1. Кен орнының орналасу тереңдігі.
2. Рудалық дененің құлау бұрышы.
3. Рудалық дененің қалыңдығы.
4. Рудалық дененің морфологиясы.
5. Руда мен қоршаған тау жыныстарының механикалық қасиеттері.
6. Тектоникалық бұзылыстары.
7. Тау жыныстар мен рудалардың жарықшақтылығы.
8. Тау жыныстары массивінің табиғи кернеулі күйі.

Сөйтіп, зерттеліп отырған Қаратау бассейні мен Ақжал кен орындары біршама қатты тау жыныстарынан тұрады және олар қатпар түзілу нәтижесінде әртүрлі бағыттағы тектоникалық бұзылыстарға ұшыраған. Осы бұзылыстарды тектоникалық тұрғыдан үш топқа бөлуге болады:

- I. Ұсақ жарықшақтар.
- II. Қабатаралық диагональ ығыстырғыш жарылымдар.
- III. Меридиандық бағыттағы ығысулар (күртқұлама жарылым).

Енді осы элементтердің әрқайсысына жан-жақты тоқталамыз.

I. Ұсақ жарықшақтылық (кливаж) барлық қабаттарда жатпа және төмбе бүйір тау жыныстарында жиі кездеседі (3.3-сурет).

Мұндағы құрылымдық блоктардың пішіндері төртбұрышты кішкене тақталар немесе параллелепипед тәрізді болып келеді және өлшемдері 2x3 см-ден 15-20 см дейінгі аралықта. Ұсақ жарықшақтардың бір ерекшелігі олар арқылы ешқандай ығысу болмайтындығы.



3.3-сурет. Ұсақ жарықшақтылық



3.4-сурет. Көлденең диагональды қабатаралық ығыстырғыштар

II. Диагональ ығыстырғыш жарылымдар (3.4-сурет) фосфорит қабатын қиып өткенде, кейбір блоктардағы кеннің алынатын

қалыңдығы 0,5 м дейін азаяды. Керісінше, басқа бір учаскелерде рудалық дене қосарланып кеткендіктен, кеннің қалыңдығы 20-25 м дейін жетеді.

Кен орнында жүргізілген фотограмметриялық түсірімдер қабатаралық диагональ жарылымдардың дамығандығын және олардың жатыс элементтері: созылым азимуты $A=260-270^\circ$, ал құлама бұрышы $\delta=80^\circ$ тең екендігін айқындады.

Жарықшақтылықты зерделеу нәтижесінде олардың жылжу процесіне біршама әсер ететіндігі анықталды. Жарылымдар созылымы тау жыныстарының қатпарлануы бағытына сәйкес келетіндіктен және құлау бұрышы күрт құлама ($\delta=60-85^\circ$) болғандықтан, массивтің қатпарлар беттері арқылы жылжуына мүмкіндік туғызады.

III. Меридиандық бағыттағы ығысулар (күртқұлама жарылымдар) тау жыныстарының бойлығына кесе-көлденең бағытталған (3.5-сурет). Жарылымдардың созылым азимуттары СБ:330-350° және СШ:15-25°, құлама бұрыштары $\delta=70-85^\circ$ тең.

Көлденең жарылымдар арақашықтықтары 40 м-ден 140 м дейін, сонымен қатар бұл жарылымдар блоктардың шекаралары болады. Та-залау блокторының ұзындықтары сол жарылымдар ұзындықтарына, яғни шамамен 60, 90, 130 м сәйкес болып келеді.



3.5-сурет. Меридиандық бағыттағы ығысулар

Тектоникалық жарылымдардың үшінші түрі – кеннің құнарсыздануы мен жоғалымына әсер етеді және кен қазу жұмыстарын қиындата түседі.

Зерделенген кен орындарындағы жинақталған мәліметтерді талдау негізінде бассейндегі тау жыныстарының құрылымдық-тектоникалық ерекшеліктерін жіктеп, олардың геомеханикалық процестерге тигізетін әсер-ықпалдарын болжауға мүмкіндік туды (3.1-кесте).

Ерекшеленген осы үш тектоникалық жарылымдар ішінде геомеханикалық процестерге тікелей әсер ететіндері – бірінші және екінші топтары. Жартасты тау жыныстары массивінің ең маңызды геомеханикалық сипаттамасына оның жарықшақтылығы жататындығын ескере келе, тектоникалық бұзылыстардың бұл түрі – ұсақ жарықшақтылық әрі қарай толық зерделенді.

Қарағай бассейні кен орындары тау жыныстарының құрылымдық сипаттамасы

Топ-тар	Бұзылыстардың түрлері	Бұзылыстар байқалған тау жыныстары	Жатыс элементтері		Құрылымдық блоктар		Геомеханикалық процеске әсері
			Созылым азимуты-А	Құлама Бұрыш δ	Сызықтық өлшемдері	Пішіндері	
	Кеннің сипаттамасы	Кен 3 бөлікпен тұрады: фосфоритті, фосфатты-шақпақтасты, жоғарғы фосфоритті	270-285° 88° 115-120°	77-90° 70° 0-90°	-	-	-
I	Ұсақ жарықшақтар (кливаж)	1. Негізгі фосфоритті бөлік 2. Тақтатастар 3. Төменгі доломиттер 4. Шақпақты тақтатас 5. Әктастар	160-190° 185-188° 160-190° 165-185° 175-188°	55-85° 80-85° 60-80° 60-80° 70-80°	Ұсақ тақталар, параллелепипед тәрізді блоктар. Жінішке және ірі тақталар	15x20; 20x30 30x50 см 20x50, 50x70 4x5; 15x20 см; 2x3; 15x20 см 1x5 м	Жылжу процесі кезінде массивтің бөлшектенуіне және үңгілген тау жыныстарының шөгуге үлкен әсерін тигізеді
II	Көлденең-диагональды қабағаралық ығыстырғыштар	Шақпақты тақтатастардан бастап жатпа бүйірдегі әктастарға дейін және кен бөліктері түгілімен	Созылым азимуты қаптарлар бағытына сәйкес 270-290°	60-85°	Ірі блоктар	Ығысулардың ұзындығы 1 м ден 15 м аралығында.	Құлау бұрышы күрт құлама болғандықтан массивтің қаптарлар беттерімен жылжуына мүмкіндік туғызады.
III	Меридиандық бағыттағы жарылымдар	Тамды әктастардың бастап төменгі доломиттерге дейінгі қабағ түгілімен	330-350° 15-25°	70-89°	Жарылымдар арасы 4 м ден 140 м дейін өзгереді	Жарылымдардың бұл түрі жоғалым мен құнарсыздануға әсер етеді.	

3.1.2. Тау жыныстары массивінің жарықшақтылығы

Шыңтастардан түзілген массивтің ең басты геомеханикалық сипаттамасы – оның жарықшақтылық дәрежесі. Тау жыныстарының жарықшақтығы туралы мәлімет карьер беткейлерінің орнықтылығын есептеу формулаларына кіретін, массивтің құрылымдық әлсіздену коэффициентін анықтау үшін қажет.

Жарықшақтылық сандық және сапалық жақтарынан бағаланады. Тау жыныстарының жарықшақтарын сандық бағалауға оның енін, ұзындығын, бағыттануын, жиілігін анықтау жатады. Ал жарықшақтардың сапалық сипаттамасына олардың арасы немен толтырылғандығы, қабырға беттерінің пішіні, түзуші тау жыныстарының құрамы және т.б. жатады.

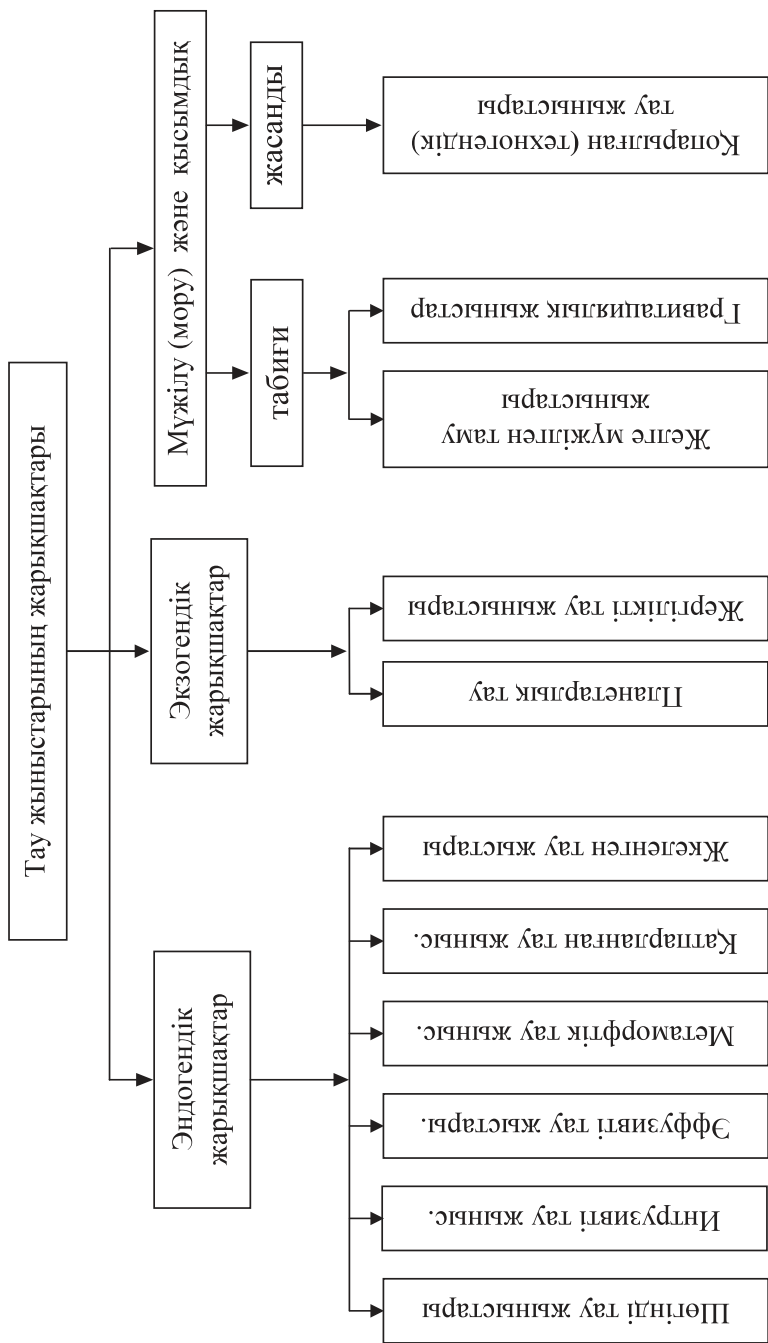
Ұсақ жарықшақтар пайда болуларына қарай: *жасырын, жабық* және *ашық* болып бөлінеді.

Жасырын жарықшақтар жай көзге (қарусыз) көрінбейді, олар қыздырған немесе бояған кездерде көріне бастайды. Массивтегі *жабық* жарықшақтар көзге анық көрініп тұрады, ал *ашық* жарықшақтар жақсы ашылған қуыстарда көрініс береді. Сонымен қатар, жарықшақтар созылымына, жатыс элементтеріне, түріне және т.б. қарай да жіктеледі.

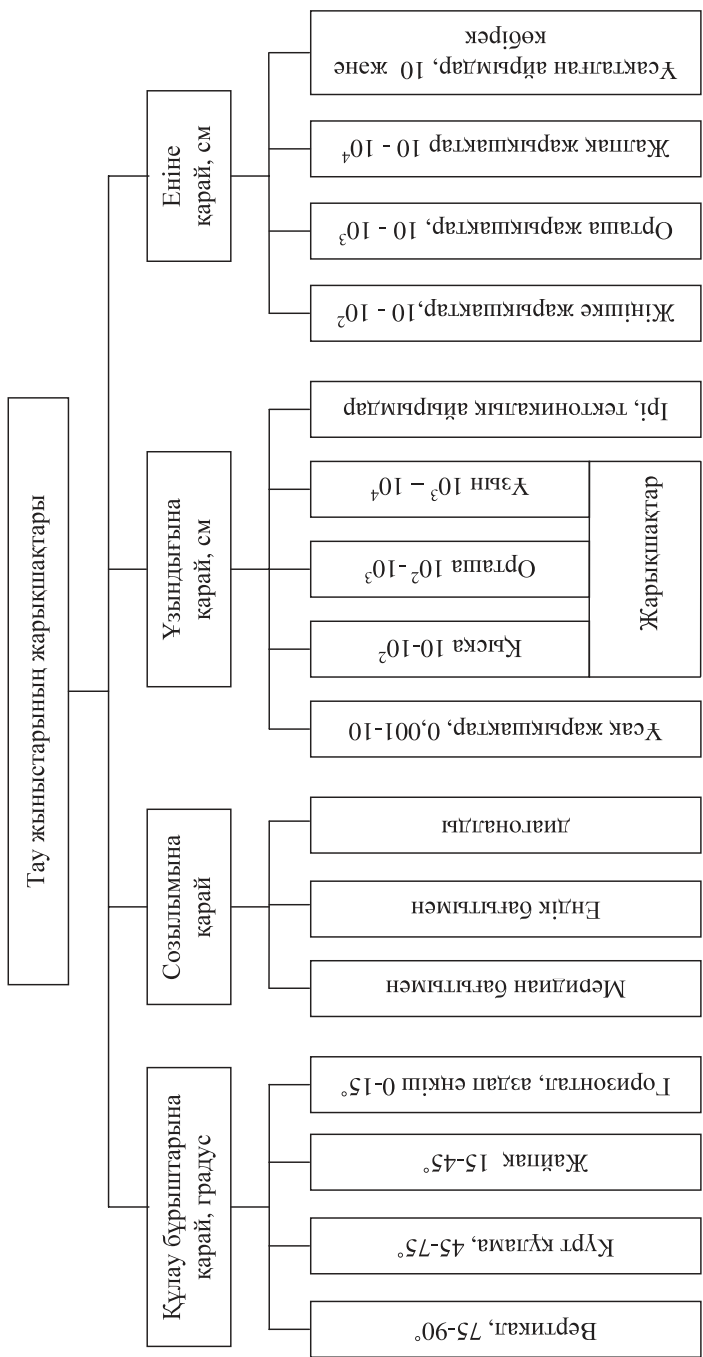
Соңғы 40 жыл ішінде жарықшақтарды геологиялық зерделеуге арналған монографиялар мен көптеген мақалалар жарық көрді. Осы уақыт аралығында тау жыныстарының жарықшақтылығын зерделеудің өзіндік ғылыми мектебі және бағыты қалыптасты.

Қазақстан кен орындарын барлау және қазып алу процестері кездерінде тау жыныстары массивінің жарықшақтарын зерделеу саласындағы жүргізілген зерттеу жұмыстары кен алаңы құрылымының түзілуінде жетекші рөлді жарықшақтар жүйесін жүйелеу қажеттігін туындатты. Ондай жіктеме жарықшақтардың түрлерін белгілі бір тәртіппен орналастыруды қамтамасыз ететін ерекше принципке негізделеді, яғни олардың пайда болу жағдайына, геометриялық және т.б. белгілеріне қарай жіктеледі.

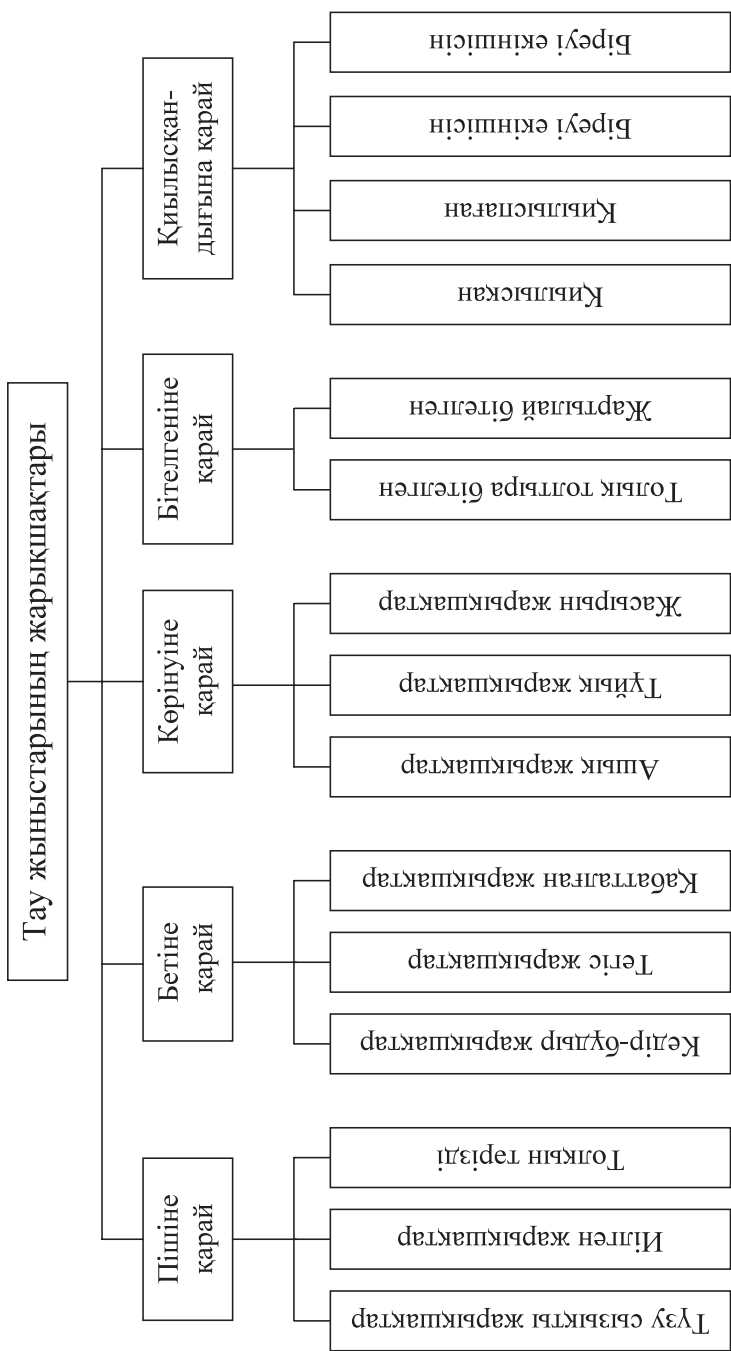
Сөйтіп, жарықшақтарды келесі белгілеріне қарай жіктеді: генетикалық (3.6-сурет), геометриялық (3.7-сурет) және морфологиялық (3.8-сурет). Генетикалыққа олардың пайда болуы, геометриялыққа – кеңістікте орналасуы мен өлшемдері, ал үшіншісіне – пішіні мен құрамы салынған.



3.6-сурет. Жарықшақтардың генетикалық түрлері



3.7-сурет. Жарықшақтардың геометриялық түрлері



3.8-сурет. Жарықшақтардың морфологиялық түрлері

Жарықшақтар түзілулеріне қарай ең үлкен жанама кернеулердің әсерінен *сынған* және ең үлкен созылу кернеулері бағытына перпендикуляр *үзілген* жарықшақтар болып бөлінеді.

Сынған жарықшақтар түзу сызықты, тегіс және беттері тазаланған, бірталай жерге созылған және араларында аздаған балшықтары бар. Табиғи жағдайда олар жетекші рөл атқарады және терең қабаттарға дейін таралады.

Үзілген жарықшақтар қисық сызықтылығымен, беттері тегіс еместігімен, аралары тау жыныстарының сынықтарымен толғандығымен сипатталады. Олар жер бетіне жақын жерлерде жиі кездеседі, ал тереңдік артқан сайын азая бастайды. Технологиялық факторға байланысты жарықшақтар бойлықты, диагоналды және көлденең болып бөлінеді.

Тектоникалық күштер әсерінен туындайтын жарықшақтарды экзогенді немесе тектоникалық деп атайды.

Тектоникалық жарықшақтар созылу кернеулерінің әсерінен пайда болады. Экзогендік жарықшақтардың қатпранану процесімен байланысы жоқ, олардың беттерінде сырғу айналары кездеседі. Ал қақталған жарықшақтар желдің, ауа-райының әсерінен химиялық және физикалық өзгеріске ұшырағандар. Кен қазбаларын жүргізіп жатқан кезде кен қысымы мен аттыру-қопару жұмыстарының әсерінен қысымдық жарықшақтар түзіледі. Олардың беттері тегіс емес, кедір-бұдырлы болып келеді және параллель жарықшақтар жүйесін құрайды.

Сөйтіп, жерқыртысындағы тау жыныстары генезисі, пішіндермен өлшемдері әртүрлі жарықшақтар торларымен бөлшектенетіндігіне осы мәселені көпжылғы зерделеулер нәтижесінде көз жеткізілді. Кен алаңы құрылымының түзілуінде жетекші рөлді жарықшақтар жүйесі иеленді. Мұндай факт Қазақстанның кен орындарын барлау және қазып алу процестері кездерінде анықталған-ды. Осыған байланысты кен орындарында жарықшақтарды жаппай түсірімдеудің, олардың геомеханикалық процеске тигізетін ықпалын ескерудің және жарықшақтардың жер қойнауында таралу заңдылықтарын зерделейтін әдістеме жасалынды.

Кенді Алтай, Орталық Қазақстан, Қаратау, Ақбақай және басқа республика кеніштерінде тау жыныстарының жарықшақтары бойынша нақтылы мәліметтер біртіндеп жинала бастады және олар

математикалық статистика әдісімен тиісті өңдеулерден өткізілді. Осы жұмыстардың нәтижелері келесі мәселелерді шешуде пайдаланылды:

- 1) геологиялық ізденіс және барлау жұмыстарын тиімді бағыттау үшін;
- 2) қазу процестерін дұрыс бағыттау үшін;
- 3) массивтегі тау жыныстары параметрлерінің өзара байланысын анықтау үшін;
- 4) жарықшақтар жүйесінің түзілу механизмінің теориясын және оған байланысты геологиялық құрылымды тұжырымдау үшін.

Әрі қарай жарықшақтарды зерделеудің әдістемесі мен алынған нәтижелерге тоқталамыз.

3.2 Массивтің құрылымдық ерекшеліктерін зерделеудің әдістері және нәтижелері

Егер тау жыныстары массивіне алыстан, құс ұшатын биіктіктен қарайтын болсақ жарықшақтарын да, блок бөліктерін де көре алмас едік. Нақтылы кен орны жағдайында, жер қойнауындағы тау жыныстары бөлшектенген жарықшақты денелерден тұрады. Жарықшақтардың жазықтықтары мен беттерінің жүйесі өзіне тән кеңістіктік тор деуге болады. Массивтегі блоктардың құрылымы осынау жарықшақтардың жазық беттерінің жүйесінен пайда болып бөлінгендіктен, оларды тау жыныстарының жеке-жеке жарықшағы дейді.

С. Г. Авершин «тау жыныстарының жылжуына әсер ететін басты фактор – жарықшақтылық» – деп атап өткен болатын [27]. Міне, содан бері геология, гидрогеология және тау-кен ісі саласындағы әртүрлі мәселелерді шешуде тау жыныстарының құрылымдық ерекшеліктерін зерделеу қарқынды түрде қолға алынды. Тау жыныстарының жарықшақтылығын зерделеудің басты мақсаты: кен орнындағы (кеніштегі) негізгі әлсіз беттердің бағытын және сипатын анықтау; негізгі жарықшақтар жүйелерінің кеңістікте орналасуы мен созылымын анықтау; карьердегі немесе кеніштегі жарықшақтармен ерекшеленген учаскелерді бөліп алып бақылау; тау жыныстарындағы жарықшақтардың даму заңдылықтарын анықтау. Сондықтан геомеханикалық процестерді зерделеу – сол

кен орнының нақтылы геологиялық жағдайын, әсіресе массивтің құрылымдық ерекшеліктерін сипаттауға мүмкіндік беретін сенімді әдістеме мен жабдықтары және өңдеу тәсілдерін жетілдіру қолға алынды.

Тау жыныстары жарықшақтарын зерделеу нәтижелері В. И. Борщ-Компониец [28], И. В. Милетенко [29], А. Ж. Машанов, М. Б. Нұрпейісова [25], М. Е. Певзнер [30], М. В. Рац [31], Ф. К. Низаметдинов [32] және т.б. еңбектерінде толық жазылған.

Массивтегі тау жыныстары үнемі горизонталь бағытта жатпайды. Жер қыртысының ішкі күштері әсерінен тау жыныстарының қабаттары, пайдалы кендер желілері қатпарланады, көлбеуленеді. Көлбеу кен денесінің, жарықшақтардың созылым бағытын, құлама бұрыштарын тау жыныстарының жатыс элементтері деп атайды.

Жарықшақтарды түсірмелеуде екі түрлі әдіс қолданылады:

- 1) әлсіз беттердің жатыс элементтерін нүктелік жаппай өлшеу әдісі;
- 2) аудандық құрылымдық түсірім әдісі.

Екі әдістің бірін таңдау массивтегі тау жыныстары құрылымының күрделілігіне байланысты анықталады. Мәселен, Шолақтау кен орны жыныстары массивінің және Ақсай карьерінің солтүстік беткейі құрылымының бірқалыптылығына байланысты онда элементтерді жаппай өлшеу әдісі қолданылды.

Массивтің құрылымы күрделі болса, яғни жарықшақтардың жатыс элементтері әрқилы болғанда және тектоникалық жарылымдар жиі кездесетін жағдайда біршама учаскені ерекше бөліп алып, аудандық түсірім әдісін қолданған ыңғайлы.

Кен алабындағы немесе кен болады деген учаскедегі жарықшақтар жүйесін және оған қатысты геологиялық құрылымына қарап, оның негізгі сипатын анықтауға болады. Мұндайда кеннің геологиялық құрылысы мейілінше толық, математикалық дәлдікпен анықталады.

Жарықшақтарды түсірімдеудегі негізгі мақсат – ол жарықшақтар жүйелерінің жер қойнауында таралу заңдылықтарын және әлсіз беттердің тереңдікпен байланысын, дизъюнктивті жарылыстар мен желден бұзылған учаскелердің шекараларын анықтау.

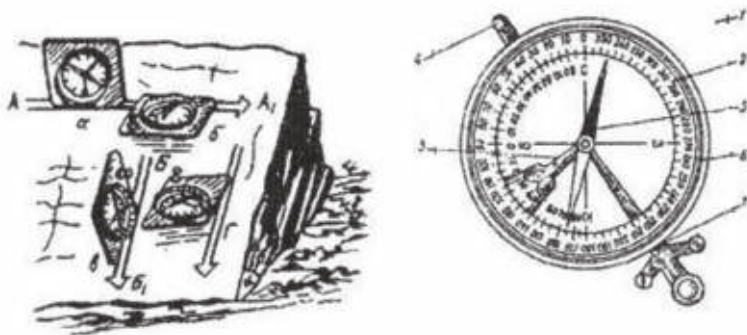
Аудандық түсірімдер карьердің аршылған беткейлері мен қиябеттерінде белгіленген аралықтарда жүргізіледі. Аралық

арақашықтықтары жарықшақтардың құрылымына байланысты әртүрлі болып келеді. Түсірімдер рулетка және компас арқылы жүзеге асырылады.

Жарықшақтарды тау-кен компасымен зерделеу. Кеннің және тау жыныстарының жатыс элементтерін тау-кен компасымен өлшейді. Ашық кеніштер мен жерасты қабаттарында компаспен жаппай өлшеулер жүргізумен қатар жарықшақтардан пайда болған блоктардың (ірілі-ұсақты) кесектердің ұзындық өлшемдері анықталады.

Құрылымдық блоктардың өлшемдері (жарықшақтардың арақашықтықтары) қарапайым рулеткамен, созылым азимуты мен құлама бұрыштары – тау-кен компасымен өлшенеді (3.9-сурет).

Тау-кен компасының жай компастан айырмашылығы – оның магнит тілі мен градусқа бөлінген лимбысы, төртбұрышты тақташаға бекітілген және шығыс пен батыстың белгілері бірінің орнына бірі ауыстырылып жазылған. Осыған байланысты 0° -тан 360° -қа бөлінген лимбтың есебі сағат тілінің жүрісіне қарама-қарсы бағытта саналады.



3.9-сурет. Тау-кен компасы

Ал тау-кен компасының екінші өзгешелігі – магнит тілінің астындағы инеге тау жыныстарының және жарықшақтардың көлбеу бұрыштарын өлшейтін жүкше-тіктеуіш ілініп, оның ұшына 0° -тан 90° -қа бөлінген шкала жасалғаны.

Компастың солтүстік тілі созылым азимутын – AA_1 көрсетеді (3.9 а-сурет). Азимуттық есеп солтүстік темірқазық бағыттан бастап

сағат тілі бойынша алынады. Оған көлденең бағыт құлама азимуты болады, яғни екі азимут айырмасы 90° -қа тең.

Сондықтан компасты 90° -қа бұрып, оның қысқа қырын тасқа жанастырады да, пластың құлама азимутын – BB_1 анықтайды. Енді компасты тікесінен тас бетіндегі BB_1 сызығына жанастырып, тіктеуіш тілі арқылы тастың құлама бұрышын анықтайды. Өлшегенде тексеру үшін екеуін де жазу керек, ал есептегенде тек біреуін ғана алады, мәселен, AA_1 азимутын.

Тау жыныстарының жарықшақтарын компаспен, теодолитпен және т.б. түсіріп өлшеуге де болады. Соның ішіндегі ең қолайлысы – тау-кен компасымен өлшеу.

Далалық жағдайда тау жыныстарының жарықшақтарын түсірімдеу үшін, ең алдымен тас бетінің кедір-бұдырын тегістеп, топырағын тазалап, горизонталь бағытта ұсталған тау-кен компасты тау жынысының бетіне ұзын қырымен жанастырады (3.10-сурет).



3.10-сурет. Карьерде массивтің жарықшақтылығын түсіру

Тау жыныстарының жарықшақтарын тау-кен компасымен өлшеудің қолы, көзі үйреніп машықтанған адамға ешқандай қиындығы жоқ. Адам бір жолы жүздеген жатыс элементтерін түсіре алады. Жаппай түсіріс нәтижелері арнайы журналға жазылады. «Молодежный» кенішіндегі жаппай түсіріс нәтижелерінің журналы 3.2-кестеде келтірілген.

3.2-кесте

Жарықшақтардың жатыс элементтерін түсіру журналы

Нүктелер	Түсірім орындары	Тау жыныстары	Жарықшақтардың жатыс элементтері		Жарықшақтардың жиілігі
			A	δ	
1	№28-маркшейдерлік нүкте	Порфириттер	2600	700	8-10
2	№28-нүктеден 5 м жерде	Порфириттер	2000	750	15
3	Квершлаг пен штректің қиылысқан жері	Сланцы	2400	760	10

Ақсай кен орнындағы жарықшақтардың жиілігін (қарқындылығын) анықтау нәтижелері, құрылымдық блоктардың өлшемдері әр тау жыныстарында 0,5 м-ден 5,0 м-дейінгі аралықта өзгеретіндігін көрсетті (3.3-кесте).

3.3-кесте

Жарықшақтардың жатыс элементтерін түсіру журналы

Тау жыныстары	Бақылаулар саны	Құрылымдық блоктардың өлшемдері	Құрылымдық блоктардың орташа өлшемдері
Эктастар, доломитер	265	0,5 – 5,0	2,0
Саздактар, құмдактар	71	0,01 – 0,4	0,1
шапқалы-балшықты тақтатастар	36	0,2 – 0,4	0,3

Жаңатас кен орны тау жыныстарының құрылымдық ерекшеліктері Тоғызбай учаскесінің әрбір қабаттарында зерттелді (3.4-кесте). Жарықшақтарды түсірімдеу алаңшалары әр 50-80 м жерлерде орналастырылды. Алаңшаның ұзындығы карьер кемері бойы-

мен 10-15 м тең. Жарықшақтар элементтерін (созылым азимуты – А және құлама бұрышы – δ) өлшеу кемер қабырғаларының қолжетер жерлерінде (орташа 2-3 м биіктік аралығында) жүргізілді.

3.4-кесте

Жаңатас кен орны Тоғызбай учаскесіндегі жарықшақтар жүйесінің параметрлері

Жүйе-лер	Карьердің солтүстік кемері						Учаске бойынша		Жарықшақтар жиілігі, жалпы саны-на %
	670 м қабат		680 м қабат		690 м қабат				
	A,°	δ ,°	A,°	δ ,°	A,°	δ ,°	A,°	δ ,°	
I	80	50	90	66	90	72	30	73	20
II	211	30	230	30	170	74	150	50	38
III	350	70	350	70	252	70	220	30	33
IV	-	-	-	-	350	70	350	70	9

Ескертпе: А – созылым азимуты, град; δ – құлама бұрышы, град.

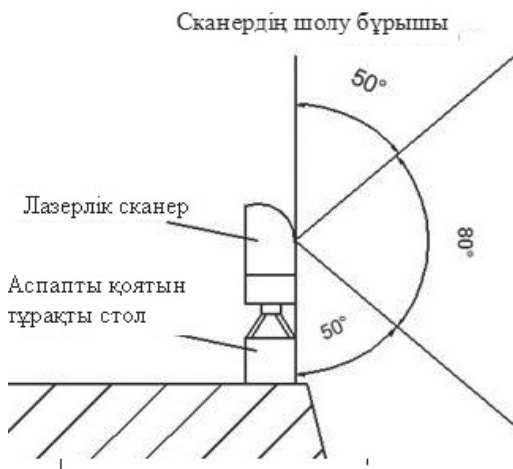
Карьердің солтүстік беткейінде аралары балшықты заттармен жабысқан көлденең жарықшақтар жиі кездеседі. Әлбетте мұндай учаскелер орнықсыз және опырыла құлауға бейім келеді.

Тау жыныстарының құрылымын зерделеудің осы әдістемесі еліміздің көптеген карьерлері мен кеніштерінде апробациядан сүрінбей өтсе де, бұл әдістің бір кемшілігі – ол массивтің құрылымдық ерекшеліктерін түсіру (өлшеу) тек қиябеттің төменгі жақтарында жүргізілетіндігі, яғни кемердің төменгі қабағынан 3 м-ден жоғары өлшеулер жүргізе алмайтындығымыз. Бұл деген тау жыныстары массивінің құрылымын сенімді түрде зерделеп, есепке дұрыс ала алмайтындығымызды көрсетеді.

Сондықтан әр кезендерде әртүрлі тәсілдер (масштабты суретке түсіру, тахеометр мен лазерлі рулетканы қолдану, жердегі фотограмметрия; шағылдырғышсыз қашықтық өлшегішті электронды тахеометр; GPS түсірістері; сандық фотограмметрия және т.б.) қолданылды.

Ал қазіргі кезде тау-кен массивін зерделеудің жаңа әдістері дүниеге келді және оларды массивтің құрылымдық ерекшеліктерін зерттеуде кеңінен қолдануға болады. Оларға лазерлік сканерлеу мен геотомография әдістері жатады.

Жарықшақтар жүйесін лазерлік сканерлеу арқылы зерделеу [33]. Жарықшақтардың жатыс элементтері мен құрылымдық блоктардың өлшемдерін карьер беткей массивінен 300 м-ге дейінгі жердегі аспап арқылы анықтауға болады. Тиімді мұндай өлшеулерде қашықтан түсіру аспаптарын пайдалану өте қолайлы, әсіресе ашық кен қазу жұмыстарында қолдануға лайықтап швейцариялық «Leica» фирмасы жасап шығарған лазерлік сканерлер жүйесімен жүзеге асырылады.



3.11-сурет. Сканердің шолу бұрышы

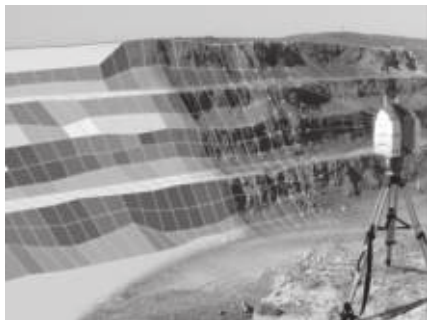
«Leica» фирмасының Leica HDS3000 сканерін әртүрлі климаттық жағдайда қолдануға болады, оның сканерлеу жылдамдығы өте жоғары және тахеометр сияқты аспаптың айналасында 360° горизонталь бағыттағы нысандарды түсірімдеуге мүмкіндік береді. Шолу бұрышы 80° жоғары жылдамдықты осы сканердің құрамында (3.11-сурет): шешімдігі 70 мПкс цифрлы фотокамера, далалық планшеттік компьютер, жұмыс істеу кезінде аспаптың орнықтылығын қамтамасыз ететін оптикалық трегер кіреді.

Лазерлік сканерлеу әдісінің бір құндылығы – тау жыныстары жарықшақтарының элементтері туралы мәліметті массивпен ешқандай контактысыз алуға мүмкіндік беретіндігі. Тау жыныстарының жарықшақтылығын зерделеудегі бұл әдістің екінші бір жақсы жағы – жоғары ақпараттылығы.

Тау-кен компасымен түсіруге мүмкіншілік болмайтын жерлерді, лазерлік сканермен толық түсіруге болады және жұмыс өнімділігі мен түсіріс көлемі он-жүз рет өседі.

Сонымен қатар, компаспен өлшеу жұмыстарын жүргізуге болмайтын темір кен орындарында лазерлік сканермен түсірісті ойдағыдай орындап шығуға болатындығын да атап өткен жөн (3.12 - 3.14-суреттер).

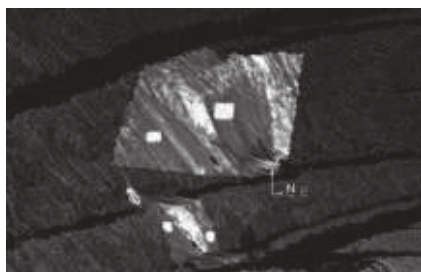
Сканерлеу алдында дайындық жұмыстары жүргізіледі. Ол үшін карьердің периметрі бойынша жағалауында және оның кертпештерінде карьер (толық көрінетін жерлерде) тұрақты нүктелер (пункттер) орнатылады және олардың координаталары анықталады. Сканер тұрақты аспаптық үстелге трегер арқылы орнатылады, жұмыс бабына келтіріледі және әрі қарай сканерлеу жұмысы жүргізіледі.



3.12-сурет. Leica HDS3000
лазерлік сканері



3.13-сурет. Leica HDS4400
лазерлік сканері



а) жарықшақтар элементтерін
анықтау



б) кемер бетіндегі жатыс
элементтерін анықтау

3.14-сурет. Массивтің құрылымдық элементтерін
3D-модель арқылы анықтау

Карьер қиябеттерін лазерлік сканерлеуден алынған электрондық деректердің көлемі камералдық жағдайдағы барлық құрылымдық элементтерді: жарықшақтарды, бұзылыстарды, литологиялық айырымдардың шекараларын, деформацияларды және т.б. алуға, цифрлық түрде массивтің моделін құруға және оны геомеханикалық есептерге енгізуге мүмкіндік туғызады.

Лазерлік сканерлеу арқылы алынатын моделдер маркшейдерлік кен-графикалық құжаттардың координаталар жүйесінде жасалады.

3.3. Тау жыныстары массивінің жарықшақтарын түсірудің нәтижелерін өңдеу

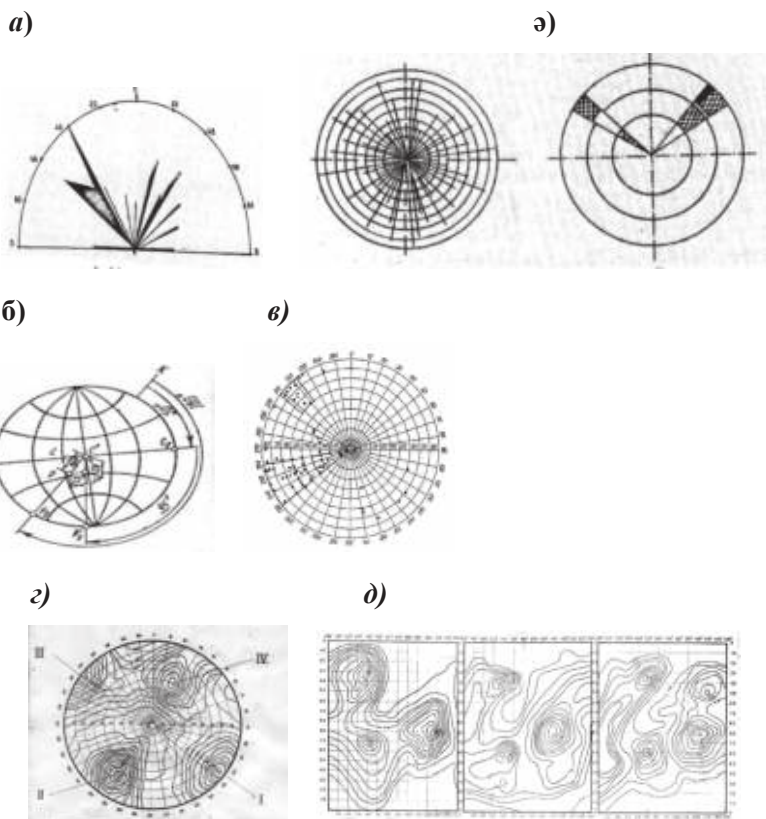
3.3.1. Жарықшақтар жүйесін диаграммаларда өңдеу

Тау жыныстарының жарықшақтылығын зерделеу кезінде көптеген мәліметтер алынады және олар геометризациялаудың әртүрлі әдістері бойынша өңделеді. Өңдеу нәтижесінде жарықшақтардың негізгі жүйесі, олардың бағыттары және әр жүйенің максимал шоғырлануы анықталады. Жарықшақтардың жатыс элементтерін өңдеу және тұжырымдау әртүрлі әдістермен жүргізіледі және ол әдістердің дамуы (эволюциясы) бірнеше сатыдан тұрады (3.15-сурет).

Роза диаграммасы. Бұл графикте жарықшақтардың белгілі созылымы бойынша топтары, одан кейін сол созылым бағытына сәйкес құлау розасы сызылады. Егер біздер жарықшақтардың розасын құлау бұрыштары арқылы құрсак, онда олардың азимуттарын анықтаймыз және керісінше азимуттары арқылы құлама бұрыштарын анықтауға да мүмкіндік туады.

А. Е. Ефимовтің сәулелі диаграммалары (1938 ж.). Диаграммаға жарықшақтардың созылым азимуттарын сағат тілінің жүрісімен әр 10° сайын салады, ал құлама бұрыштарын дөңгелек радиустың ұзындығы түрінде бейнелейді.

Д. С. Соколов пен А. А. Смирнов диаграммалары (1940 ж.). Мұнда жарықшақтар құлама бұрыштарына қарай үш топқа бөлінеді. Әр бағыттағы жарықшақтардың саны есептеліп, олар жарықшақтардың жалпы санына шаққандағы % -ы трапеция түрінде диаграммаға салынады.



3.15-сурет. Жарықшақтар мәліметтерін өңдеу әдістемесінің дамуы
 а) Ефимовтың роза тәрізді диаграммасы; ә) Соколов пен Смирновтың сәулелі диаграммалары; б) Вульф пен Каврайскийдің экваториалдық торы в) Хабаковтың нүктелік дөңгелек диаграммалары; г) Сухоручкиннің полярлық ортографиялық диаграммасы; д) Борщ-Компониецтің тік бұрышты диаграммасы)

Нүктелік дөңгелек диаграммалар (1948 ж.). Еркін радиусты дөңгелек сызып, радиусын тоғыз тең бөліктерге бөледі де, олар арқылы концентрлік шеңберлер жүргізіледі. Одан кейін, азимуттарды салу үшін меридиандар проекциясын бейнелейтін әр 10° сайын радиустар сызылады.

Вульфтың экваторлық торы. Бұл торды мөлдір қағазға (калькаға) сызып, оны аспап ретінде қолданады.

В. В. Каврайскийдің экваторлық торы (1948 ж.). Вульф торына қарағанда жоғары дәлдікті көрсетеді. Каврайский торы рудалық дененің жатыс элементтерін және элементтер жазықтықтары арасындағы бұрыштарды анықтауға мүмкіндік береді.

Вальтер-Шмидттің диаграммасы (1953 ж.). Бұл диаграмманы құру үшін картон қағаздан арнайы трафарет даярланады. Трафарет даярлағанда шеңберлердің радиустарын 10 см-ден алып, оларды сағат тіліне кері градуустық интервалдарға бөледі

В. В. Сухоручкиннің полярлық ортографиялық диаграммасы (1954 ж.). Бұл диаграмманы құрарда өлшенген жарықшақтар нүктелер түрінде салынады. Алынған нүктелік диаграмма жылжымалы торкөздер әдісімен статикалық өңделеді. Әрбір торкөздердегі белгіленген нүктелер саны топтастырылып, горизонтальдар жүргізудегі интерполяция тәсілімен жарықшақтардың жүйелері анықталады.

Сөйтіп, жарықшақтарды далалық түсіру мәліметтерін өңдеу үшін әртүрлі диаграммалар қолданылғандығынан хабардар болыңыздар. Бұлардың әрқайсысының өзіндік кемшіліктері бар. Барлық дөңгелек стереографиялық торлардың кемшілігі – олардың торлары аудандарының әртүрлілігі, әсіресе тордың центр жағында ауданның кіші болғандығынан, онда шоғырланған нүктелерді интерполяциялау қиынға түседі. Мұндай кемшілік тік бұрышты (төрт бұрышты торлардың аудандары бірдей) диаграммаларда мүлдем жоқ.

Тік бұрышты диаграмма (В. И. Борщ-Компониец және басқалар). Бұл диаграммада өлшенген жарықшақтар элементтері нүкте ретінде тік бұрышты торларға салынады. Абсцисса осіне жарықшалардың созылым азимуттары – A , ал ордината осіне – құлама бұрыштары – δ салынады.

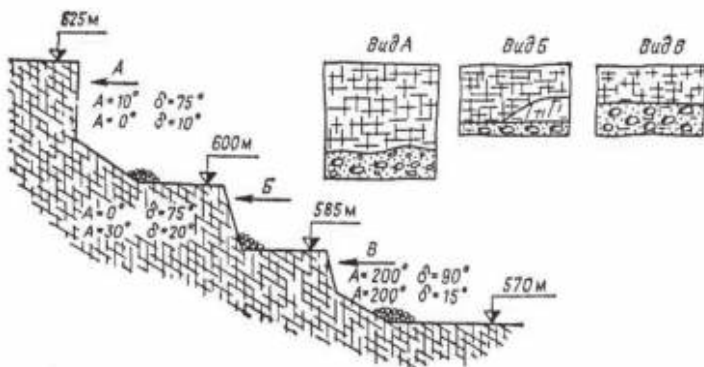
Содан кейін алынған терезешелердегі жарықшақтар санын оның ортасына жазады және интерполяция әдісімен жарықшақтар изосызықтарын алады (3.19-сурет). Бұл әдіс 1958 жылдан бастап Жезқазған кен орындары тау жыныстарының құрылымын жан-жақты зерттеген Борщ-Компониец еңбектерінде жарық көре бастады. Содан бергі тәжірибе жұмыстары осы тік бұрышты диаграмманың басқа стереографиялық диаграммаларға қарағанда үлкен артықшылығы

бар екендігіне көз жеткізді және тік бұрышты диаграмма далалық жарықшақтар мәліметтерін компьютер арқылы өңдеуге негіз болды.

Жарықшақтарды далалық түсірістің мәліметтерін өңдегеннен мынадай нәтижелер алынды:

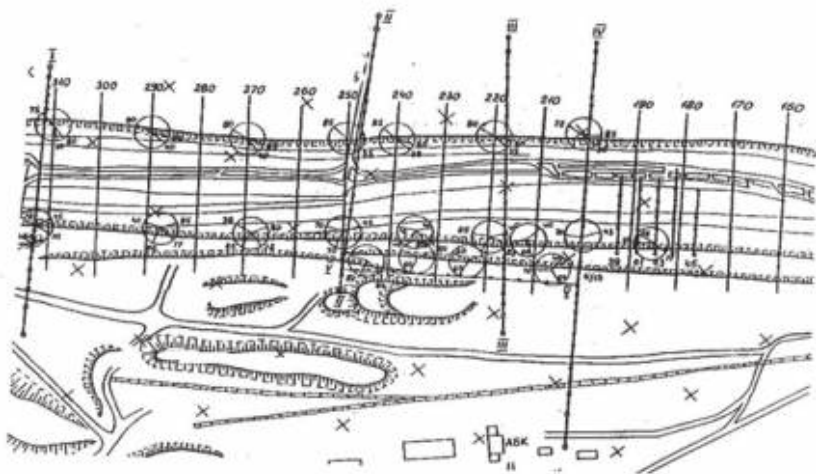
1. Әр кен орындарының жарықшақтылық карталары (3.16-сурет)
2. Карьер беткейлері бойынша құрылымдық қималар (3.17-сурет).
3. Әр кен орындары жарықшақтарының дөңгелек диаграммалары (3.18-сурет).
4. Жарықшақтарының әр қабаттық тік бұрышты диаграммалары (3.15 д-сурет)
5. Жарықшақтардың құлау бұрыштарына қарай жіктелуінің диаграммалары (3.19-сурет).

Кен орнында жүргізілген барлау жұмыстарының және ашылған тау жыныстары жарықшақтарын өлшеу мәліметтері бойынша, жалпы кен орнында жарықшақтардың қай учаскеде көп шоғырланғандығын, яғни әлсіз учаскелерін алдын ала байқау және қадағалап отыру үшін олардың құрылымдық-тектоникалық карталары жасалынады. Көбіне мұндай карталар бақылау стансасының планымен бірге сызылады. 3.16-суретте Ақсай кен орнындағы бақылау стансасының үш профильдік сызықтары (I, II, III) көрсетілген, тау жыныстарының жарықшақтылық картасы келтірілген. Картада векторлар бағыты жарықшақтардың созылым азимутын – A , ал вектор жанындағы сан – жарықшақтардың құлама бұрышын - δ көрсетеді.



3.16-сурет. Ақсай кен орны тау жыныстарының жарықшақтылық картасы

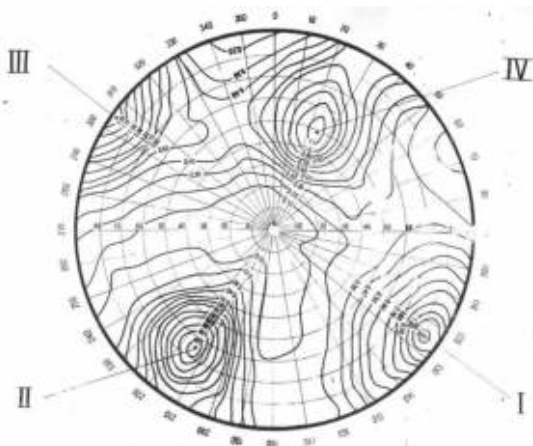
Массивтегі тау жыныстарының құлама (сырғу) беттері болады-ау деген қауіпті жарықшақтар жүйелерін анықтау үшін әр учаске кертпештерінің беткейлері мен жерасты қазбаларының құрылымдық қималары, яғни тау жыныстарының кереге көздері жасалынды. Бұл қималарда құрылымдық блоктардың өлшемдері мен жатыс элементтері көрсетілген (3.17-сурет).



3.17-сурет. Ақсай карьері солтүстік беткейінің құрылымдық картасы

Мұндай қималардан карьер беткейлерінің конструкциясы мен орнықтылығы тау жыныстарының беріктілігіне, тектоникалық жарылыстардың бағыттарына, әлсіз беттердегі беріктілік қасиеттерге байланыстылығын анық көруге болады. Әлбетте, карьер алаңының әр учаскесі беткейлерінің конструкциясы да, орнықтылығы да оны түзіп тұрған тау жыныстарының құрылымына байланысты бір-бірінен өзгеше болады. Әр кен орындарының және жеке тау жыныстарының дөңгелек диаграммалары жасалынып, олардан жылжу процесіне әсер ететін негізгі жүйелер ерекшеленді.

Мәселен, Ақжал кен орнында (3.18-сурет) жарықшақтардың төрт негізгі жүйелері (I, II, III, IV) бар екендігі анықталып, олардың бір-бірімен (I және III), (II және IV) жалғасып жатқандығы байқалды.

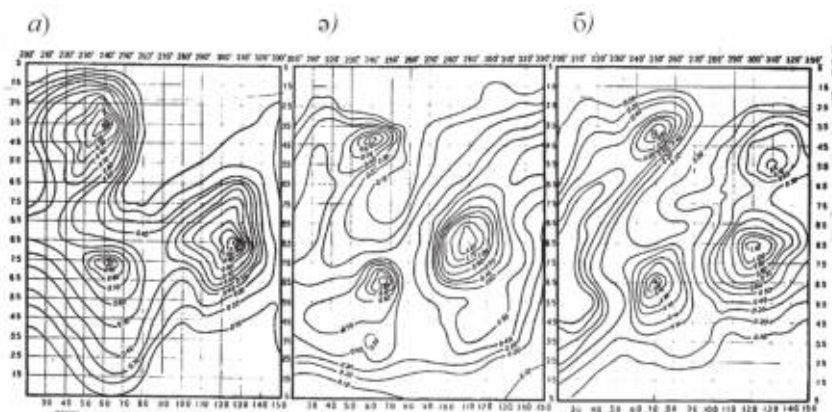


Жарықшақтар жүйесі	Карьер бойынша		Шақпақтастар		Шақпақты-балшықты тақтастар		Доломиттенген әктастар		Жарықшақ жүйелігі (жсалты сан. бөлгендегі %)
	A	δ	A	δ	A	δ	A	δ	
I	125	85	120	85	125	85	130	80	44,5
II	215	65	20	70	215	70	215	70	18,3
III	305	88	30	90	265	60	300	70	30,7
IV	25	50			25	50	20	50	6,5

3.18-сурет. Ақжал кен орны жарықшақтылығының дөңгелек диаграммасы

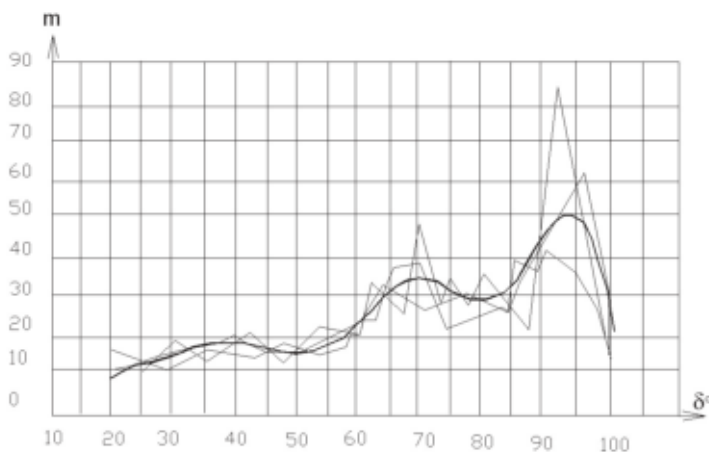
Ерекшеленген жарықшақтар жүйелерінің әрқайсысына талдау жасалынды және олардың жатыс элементтерінің (азимуты мен құлама бұрыштары) орташа мәндері анықталды: I (125°, 85°), II (215°, 70°), III (305°, 88°) және IV (25°, 50°).

Кенді Алтайдың көптеген полиметалдық кеніштерінде (Зырян, Тишинка, Ридер, Николаев) тау жыныстарының құрылымдық ерекшеліктері зерделенді. Онда фототеодолиттік әдіспен жаппай өлшеулер жүргізіліп, нәтижелері тік бұрышты диаграммада және математикалық статистика әдістерімен өңдеуден өткізілді. Тишинка кен орны тау жыныстарының әр қабаттағы жарықшаларының тік бұрышты диаграммалары келесі 3.19-суретте келтірілген.



3.19-сурет. Жарықшақтардың тік бұрышты диаграммалары
 а – 600 м қабат; ә – 570 м қабат, б – 540 м қабат

Жарықшақтар жүйелерін одан әрі тереңдете зерделеп, жылжу процесіне әсер ететін тау жыныстары құлама бұрыштарының графигі жасалынды (3.20-сурет). Ол үшін абсцисса осіне құлама бұрыштар, ал ордината осіне жарықшақтар жиілігі салынып, сатылы қисықтары алынды.



3.20-сурет. Жарықшақтардың құлама бұрыштарына қарай таралуының сызбасы

Бұл графиктен кен орны жарықшақтарының былайша топталатыны көрінеді: 50%-дық және күрт құлама жарықшақтар, яғни құлама бұрыштары $\delta=80^\circ$ және $\delta=85^\circ$). Ал 40% – көлбеу, яғни құлама бұрышы $\delta=60^\circ$. Демек, жоғарғы қабаттарда жылжу бұрыштары тіктеу, ал төменгі қабаттарда көлбеу болатындығының дәлелі.

3.3.2. Жарықшақтар диаграммаларын компьютер арқылы құрудың әдісі

Ғылым мен техниканың соңғы жылдары өркендеп дамуы, біздің күнделікті өмірімізге есептеу машиналарын, компьютерде өңдеу технологиясын енгізді. Сөйтіп, бүгінде тау жыныстары жарықшақтарының далалық түсіріс нәтижелерін компьютерде өңдеуге қол жеткіздік. Ол деген тау жыныстары массивінің құрылымдық ерекшеліктерін компьютерлік технологияны пайдаланып модельдеу деген сөз. Осындай компьютерлік бағдарламалардың бірі – жарықшақтарды тік бұрышты торлар негізінде автоматты түрде диаграмма құру әдістемесі.

Жарықшақтар диаграммаларын автоматты түрде алудың бұл компьютерлік бағдарламасы – тау жыныстарының құрылымды ерекшеліктерін модельдеуге негізделген. Бұл жай машинамен есептеу емес, компьютерге енгізілген және уақытқа байланысты өзгерістерді кіргізіп, бастапқы мәліметтерді түзетіп, талдау жасап отыруға мүмкіндік беретін бағдарламалық модуль.

Бұл әдісте өлшенген жарықшақтар элементтері арасындағы байланыс – Z тік бұрышты диаграмма арқылы анықталады. Абцисса осіне – X жарықшақтардың бойлық азимуттары (A), ал ордината – Y осіне құлама бұрыштары (δ) салынады. Сонда нүктенің орнын келесі дискреттік функциямен өрнектеуге болады:

$$Z = (X, Y, n), \quad (3.1)$$

мұндағы:

X – созылым азимуты;

Y – жарықшақтың құлама бұрышы;

n – осы нүктеде анықталған жарықшақтардың жиілігі, саны.

Ақжал кен орны жарықшақтарын далалық өлшеудің деректері келтірілген Бағдарлама алгоритмі жарықшақтарды өңдеу үш са-

тыда жүргізіледі. Бірінші сатыда бақылау нүктелерінің ең көп шоғырланған жерлерін анықтау және шоғыр ішіндегі жарықшақтар жүйесіне жатпайтын, «кездейсоқ» өлшеулерді шығарып тастау.

Екінші сатыда қалған өлшеулерді жүйелерге бөліп топтастыру. Ал үшінші кезеңде нүктелер арасын интерполяциялау арқылы сынық сызықтар алынады, кейін олар тегістеліп қисық сызықтар түріне келеді.

Бұл тәсіл Golden Software Surfer 8.0 бағдарламасы бойынша жүзеге асырылған. Геологиялық, топографиялық карталарын жасауға және олармен жұмыс істеуге арналған бұл Golden Software Surfer 8.0 бағдарламасын біздер тау жыныстары массивінің құрылымдық ерекшеліктерін модельдеуде қолдандық.

Сөйтіп, бұл тәсіл жарықшақтарды өлшеудің бастапқы деректерін бағдарламаға енгізіп, статистикалық өңдеуге, диаграммаларды құруға және принтерден шығаруға арналған. Ал, алынған нәтижелер карьер беткейлерінің орнықтылығын есептеуде және жылжу бұрыштарын алдын ала болжауға мүмкіндік береді.

Өңдеу нәтижелері бағдарламадан тікелей басылады немесе әрі қарай пайдалану үшін дискіде сақталады.

Бағдарламаның файлын Microsoft Excel форматында немесе Surfer DAT өз форматында сақтауға болады. Файл үш бағанадан тұрады. Бірінші және екінші файлдар X пен Y мәндерін, ал үшіншісі *n* жарықшақтардың жиілігін көрсетеді.

3.6-кестеде компьютерлік бағдарламаға енгізілетін бастапқы деректер келтірілген.

3.6-кесте

Бастапқы деректер

№	X, град	Y, град	<i>n</i> , жиілік	№	X, град	Y, град	<i>n</i> , жиілік
1	180	50	1	46	240	80	2
2	190	30	1	47	24	50	11
3	190	30	3	48	50	65	4
4	200	60	6	49	118	85	10
5	200	70	7	50	145	70	5
6	195	90	5	51	310	60	5

3.6-кестенің жалғасы

7	215	65	12	52	315	90	10
8	217	75	11	53	90	30	2
9	220	80	10	54	130	30	2
10	218	85	8	55	185	85	2
11	230	80	5	56	50	20	2
12	70	50	4	57	50	86	3
13	230	50	5	58	110	80	8
14	250	50	2	59	130	80	10
15	255	35	1	60	65	70	2
16	260	50	1	61	320	65	5
17	250	90	1	62	305	85	12
18	258	86	1	63	225	20	1
19	265	75	1	64	8	55	7
20	270	65	1	65	139	85	8
21	280	45	1	66	20	72	8
22	315	28	1	67	42	60	7
23	340	22	1	68	330	86	5
24	360	20	1	69	0	32	5
25	205	86	6	70	345	28	2
26	305	80	10	71	0	65	5
27	265	90	2	72	330	35	3
28	0	25	2	73	350	35	4
29	25	40	7	74	355	40	5
30	125	83	12	75	348	50	5
31	80	80	2	76	356	62	5
32	70	85	1	77	358	70	4
33	65	81	1	78	340	65	4
34	348	45	5	79	335	86	4

3.6-кестенің жалғасы

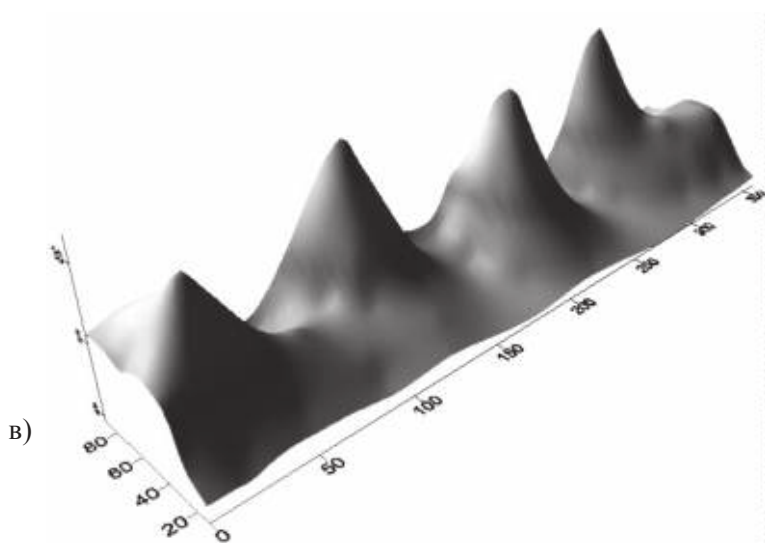
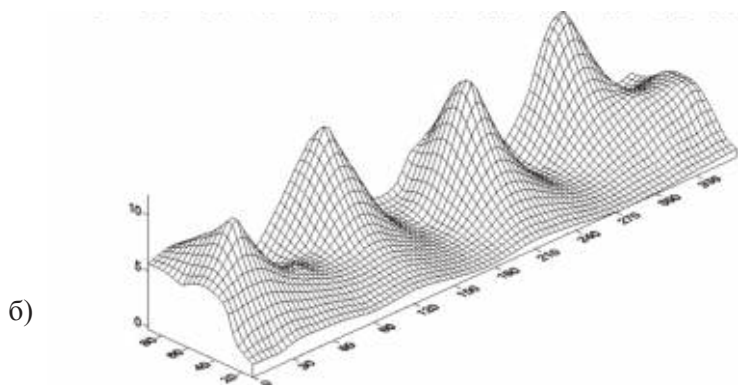
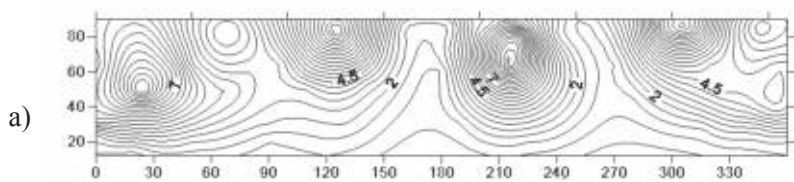
35	282	90	5	80	345	85	2
36	295	86	10	81	20	15	1
37	25	82	7	82	90	20	1
38	82	48	3	83	120	12	1
39	65	60	3	84	160	38	1
40	110	60	5	85	180	60	1
41	60	40	4	86	140	52	3
42	325	53	5	87	150	75	4
43	110	50	3	88	80	60	3
44	220	86	6	89	135	68	7
45	160	85	2	90	96	65	3

Бағдарлама X, Y, n координаталарын A, B, C бағаналарында іздестіріп табады. Жарықшақтар диаграммасын алу үшін құру файлын (3.21-сурет) жіберу қажет.



3.21-сурет. Өңдеу журналы редакторының сыртқы бейнесі

Далалық өлшеу мәліметтерін компьютерлік өндеуден алынған изосызықты бейне (диаграмма), тау жыныстары массиві жайында жаңа деректер пайда болған сайын толқтырылып, жаңартылып отырылады. Өңдеу нәтижелері: екі өлшемді (3.22 а-сурет) және үш өлшемді (3.22 б,в-сурет) изосызықтар арқылы бейнеленеді.



3.22-сурет. Тау жыныстары жарықшақтарын компьютерлік өңдеудің нәтижесі

Сөйтіп, Ақжал кен орны тау жыныстарының жарықшақтарын компьютерде өңдеудің нәтижесінде төрт негізгі жүйе ерекшеленді.

Олардың жатыс элементтерінің (азимуттары мен құлама бұрыштары) орташа мәндері:

I (30° , 55°), II (125° , 81°), III (220° , 75°) және IV (310° , 89°) анықталды.

Алынған нәтижелердің сенімділігін бағалау. Екі әдіспен (дөңгелек диаграммаларда, компьютерде) өңделіп, ерекшеленген белсенді жарықшақтар жүйелерінің нәтижелері бір-бірімен салыстырылып, дәлдігі бағаланады. Екі әдістің салыстырған нәтижелері 3.7-кестеде келтірілген.

3.7-кесте

Жарықшақтар жүйелерін салыстыру нәтижелері

Компьютерде алынған нәтижелер, град.		Дөңгелек диаграммаларда алынған нәтижелер, град.		Жарықшақтар жүйелері параметрлерінің ауытқуы, град.	
A	δ	A	δ	A	δ
30	55	30	55	0,	0
125	81	125	85	0	+4
220	75	215	74	-5	-1
310	89	305	88	-5	-1

3.4. Массивтің құрылымдық ерекшеліктерінің жылжу процесіне тигізетін ықпалы

Тау жыныстары мен жер бетінің жылжуын зерделеудің көпжылдық тәжірибесі осы процеске массивтің механикалық қасиеттері, әсіресе жарықшақты тектоникасы елеулі ықпалын тигізетіндігін айқындады. Тау жыныстарының жарықшақтығы жылжу процесіне әсер ететін басты фактор екендігін, кезінде С. Г. Авершин атап кеткен болатын. Сондықтан қазіргі кезде массивтің құрылымдық ерекшеліктерін зерттеу тау жыныстарының жылжуы саласындағы жүргізілетін ғылыми-зерттеу жұмыстарының негізгі пункті болып келеді.

Сөз жоқ, жарықшақтар жүйесі жылжу параметрлеріне үлкен әсер етеді. Біріншіден, олар жыныстар массивінің беріктігін төмендетеді, екіншіден, карьер беткейлері массивінің деформациялану кезінде

жарықшақтардың кейбір құлау бұрыштары сырғу беттерге айналады. Бұдан біздер жылжу бұрыштарының жыныстар қатпарларының құлама бұрыштарына тікелей байланыстылығына көз жеткіземіз.

Сонымен қатар, вертикаль оқпандарды өтуде, жерасты қазбаларын жүргізуде, аттыру заттарын (АЗ) таңдауда тау жыныстарының жарықшақтылығы ескеріледі және геомеханикалық процестерді басқаруда шешуші рөл атқарады. Мәселен, тектоникалық жарылыстар арқылы өтілген шахта оқпаны кейіннен деформациялана бастауы, жарықшақтары өте көп тау жыныстарын қопаруға өте күшті аттыру заттарын (АЗ) қолдану, жерасты қазбаларын бекіткенде тау жыныстарының әлсіз беттерін ескермеу және тағы басқа жағдайлар жиі кездеседі.

Тау-кен жұмыстарының әсерінен тау жыныстары жылжыған (сырғыған) кезде жаңа әлсіз беттер пайда болмайды. Керісінше, тау жыныстарының табиғи жарықшақтары мен тектоникалық жарылымдары, яғни байырғы әлсіз беттер арқылы жылжиды. Жаңадан пайда болған жарықшақта бойымен сырғу сирек кездеседі. Жылжу процесі массивтің беріктігі, үйкеліс күшіне және жыныстардың бір-бірімен ілінісуіне тікелей байланысты. Әлбетте, бұл элементарлық блоктар арасында болатын жайт.

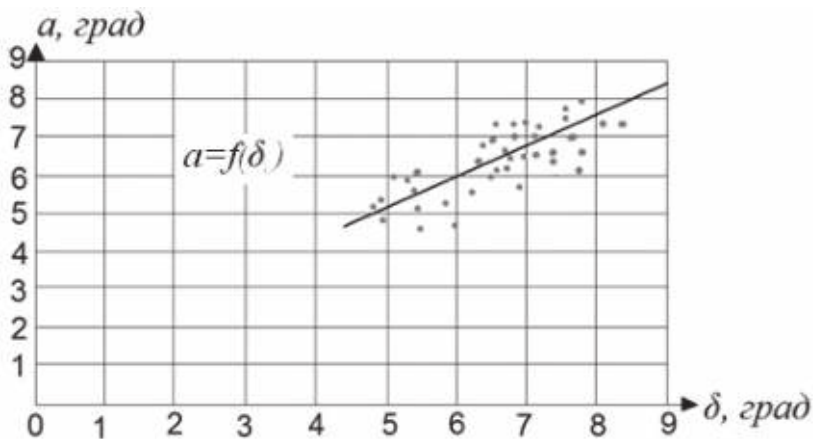
Деформация кезінде жарықшақтар арқылы бөлшектенген блоктар өзіндік деформацияға ұшырамайды, тек бір-біріне қарағанда орындарын өзгертеді де, тұтас массив деформациясын береді. Массивті түзетін ірілі-кіші блоктар (бөлшектер) геологиялық шыңтас құрылымының элементарлық «кірпіштерін» құрайды. Жылжу процесі кезінде осы құрылымдық блоктардың кейбіреулері ғана әлсіз беттер арқылы сырғиды. Ол қандай блоктар? Қандай жарықшақтардан тұрады? Әлсіз беттердің сипаты қандай? Міне, осындай сауалдарға жауап беру қажет.

Жер қойнауы көптеген заңдылықтарға толы табиғи зертхана екендігі мәлім. Солардың бірі тау жыныстарының жарықшақтар әсерінен әртүрлі құрылымдық блоктарға бөлінетіндіктері және ол блоктардың жер қойнауында бір заңдылықпен пайда болатындығы Қаратау бассейні тау жыныстарының құрылымын зерделеу де дәлелденді. Мәселен, балшықты тақтатастар блоктарының өлшемдері 2х3 см-ден 15-20 см-ге дейін, ал пішіндері пластика тәрізді жұқа болып келеді және қабыршақталып бұзылады.

Өктастардағы жарықшақтар жүйелері арасындағы бұрыштар $38^{\circ}10'$ және $51^{\circ}50'$ - қа, шақпақтастарда – 30° , ал төменгі доломиттерде – 32° және $57^{\circ}50'$. Ал, енді осы бұрыштардан тұратын блоктардың ұзындық өлшемдерінің қатынастары: 1; 1,2; 1,3; 1,5; 1,8 және т.б. болып кете береді.

Құрылымдық блоктардың бұрыштары мен қабырғаларының пропорционал қатынастары әлемдегі барлық геометриялық үйлесімділіктің (гармонияның) негізгі байланыс жүйесі болып есептелетін «алтын қима» заңдылығына сәйкес келеді.

Жалғыз Қаратау бассейні тау жыныстары ғана емес, Қазақстанның басқа да кеніштерінде жүргізілген зерттеулер нәтижесінде жер қойнауында бір үйлесімділіктің барлығына, яғни жарықшақтардың белгілі бір заңдылықпен пайда болатындығына көз жетті. Тау жыныстары массивінде ең жиі кездесетін блоктар пішіні – параллелепед, демек тау жыныстары сырғу деформациясына ұшырайды және сырғу бұрышы тау жыныстарының ішкі үйкеліс бұрыштарына тікелей байланысты.



Жарықшақтардың құлама бұрыштары

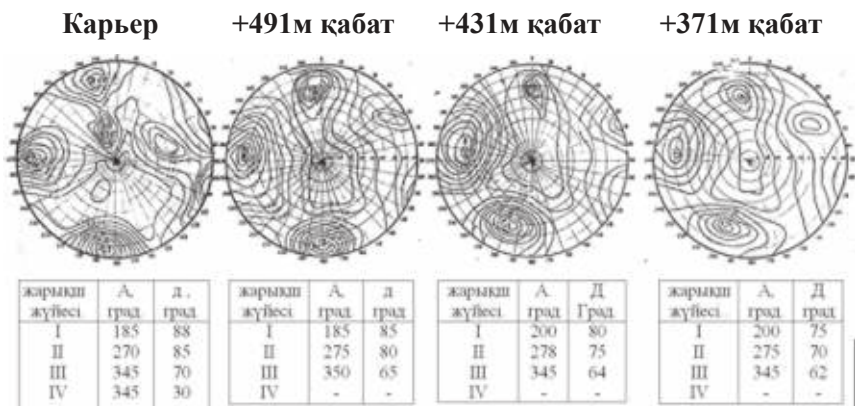
3.23-сурет. Карьер қиябеті бұрышының жарықшақтар құлама бұрышына тәуелділігі

Тау жыныстарының деформациялануы жарықшақтардың жатыс элементтеріне байланыстылығы карьер беткейлерінің аршылған беттерінен айқын көрінеді. Карьер қиябеті бұрышының

жарықшақтардың құлама бұрышымен байланысы – түзусызықтық (3.23-сурет) екендігі, жарықшақтардың құлау бұрышы күрт құлама болса, карьер беткейі қиябетінің бұрышы да тіктеу, ал, керісінше жарықшақтар бұрышы көлбеу болса – карьер беткейінің бұрышы да көлбеулене түсетіндігін көрсетеді.

Зерделенген кен орындарында тау жыныстарының сырғу бағыттары жарықшақтар жүйелерінің беттеріне сай, яғни жылжу бұрыштары жарықшақтардың құлама бұрыштарына тең болып келеді. Мәселен, карьер түбінде шұңқырлар пайда болғанда ажырау бұрыштары 90°-қа, ал жер бетінде жарықшақтар пайда болғанда 45+ ρ /2-ге жақындайды. Бұл айтқанымызды жарықшақтардың әр қабаттық диаграммаларынан көруге болады (3.24-сурет).

Суреттен «Молодежный» кеніші тау жыныстары жарықшақтарының әр қабаттық диаграммалары келтірілген. Әр қабаттық дөңгелек диаграммалардан тау-кен жұмыстарының тереңдігі артқан сайын жарықшақтар жиілігінің азая түсетіндігі, демек жылжу процесіне тек төменгі қабаттарға дейін созылып жатқан жарықшақтар ғана әсер ететіндігін айқын көруге болады.



3.24-сурет. Шолақтау кен орны «Молодежный» кеніші жарықшақтарының әр қабаттық диаграммалары

Сонымен қатар, кен қазу жұмыстары тереңдеген сайын жарықшақтар құлама бұрыштарының көлбеуленгені байқалады. Демек, жылжу процесі – жоғарғы қабаттарға күрт құлама бұрыштармен жүрсе, төменгі қабаттарда $\beta = 60^\circ$ -тық бұрыштармен жүруі мүмкін.

Жарықшақтардың әр қабаттық диаграммаларында (3.24-сурет) құлама бұрышы $\delta=75-80^\circ$ және бойлық азимуты $A=275^\circ$ жарықшақ жүйесі (II) ерекше көзге түседі. Осы жарықшақ жүйесінің кен денесіне қарай құлайтындығын және осы бағытта одан басқа жарықшақ жүйесінің жоқтығын ескере келе, жоғары қабаттардағы жылжу бұрышы күрт құлама, яғни $\beta=75^\circ-80^\circ$ тең болады.

Тау жыныстары жарықшақтарының жылжу параметрлеріне (бұрыштарына) әсер ету сипатын анықтау үшін аспаптық бақылаулар нәтижесінде алынған жылжу бұрыштарын жарықшақтардың құлама бұрыштарымен салыстыру қажет. Егер жылжу бұрыштары мен жарықшақтар жүйесінің құлау бұрыштары бір-біріне тең болғаны дәлелденсе, онда бұл кен орнында жылжу процесі әлсіз беттер арқылы сырғу түрімен жүреді деп тұжырымдауға әбден болады.

Осы айтқанымыздың дәлелі ретінде Урал, Мырғалымсай, Алтай, Қаратау кен орындарында жылжу бұрыштары мен жарықшақтар жүйелерінің арасында тығыз байланыс А. Г. Акимовтың [33], Ж. С. Ержановтың [24], М. А. Кузнецовтың [34], М. Б. Нұрпейісованың [20] еңбектерінде дәлелденіп атап өткен орынды. Шын мәнінде, осы жұмыстардағы ажырау бұрыштары мен жарықшақтарының құлау бұрыштары - δ бір-біріне тең келетіндігі және айырмашылығы $\pm(2-5^\circ)$ -тан аспайтындығы анықталды (3.8-кесте).

Сөйтіп, жылжу процесі сырғу түрінде жүреді, яғни төмбе бүйір тау жыныстары жылжу бұрыштарының – кері жаққа құлайтын жарықшақтар жүйелері, ал жатпа бүйір тау жыныстары жылжу бұрыштарының жаныстар қатпарларының құлама бұрыштары арқылы сырғиды.

Осы айтылғандардан, тау жыныстарының құрылымдық ерекшеліктерін жан-жақты зерделеу нәтижесінде жарықшақтардың жер қойнауында пайда болуы мен таралуының өзіндік заңдылықтары бар екендігіне және тау жыныстарының деформациялануы сол заңдылықтармен тығыз байланысты екендігіне көз жеткіздік. Қаратау бассейні тау жыныстарының да күрт құлама жарықшақтары өте күшті дамығандығын 3.2-суреттен байқауға болады, сондықтан да кен орнында ажырау және жылжу бұрыштары тіктеу болатындығын алдын ала болжауға болады.

Рудалық кен орындарындағы ажырау бұрыштары мен жарықшақтар құлама бұрыштарын салыстыру

Кеніштер, профилдік сызықтар	Бастапқы параметрлер			Тау жыныстарының сипаттамалары		Жарықшақтар құлама бұрыштары		Ажырау бұрыштары в»		Айырмашылықтары
	Н., м	б, град	г, т/м	с, град	к, т/м ³	д 1	д 2	жарықшақ	нақтылы	
Салаир, профиль 1-1	240	70	2,5	25	40	75	63	63	65	+2°
Салаир, профиль П	300	70	2,5	25	40	75	63	75	80	+5°
Таштоғол, Профиль Д	320	90	2,5	25	40	60	50	50	48	-2°
Чорух-Дайрон, 1-1	210	850	2,8	305	40	80	70	75	75	0
Успен, профиль Ш	250	90	2,7	30	40	85	50	80	84	+4°
Золотушинск профиль 2	192	78	2,5	25	40	60	45	60	64	+4°
Теклі, Профиль 2-2	300	70	2,8	32	37	60	55	55	60	+5°
Молодежн. профиль П-П	340	82	2,8	33	46	75	60	75	75	0
Молодежн. гроф. IV- IV	340	82	2,8	33	46	75	60	75	72	- 3°
Ақсай, Профиль 3-3	180	70	2,7	30	40	70	60	70	72	+2°
Ақбақай, профиль П-П	300	82	2,7	34	50	85	80	85	85	0

Бақылау сұрақтары:

1. Массивтің жарықшақты бұзылуы деген не?
2. Тау жыныстары массивінің құрылымы деген не?

3. Жарықшақтардың жіктемесі.
4. Массивтің құрылымдық ерекшеліктері не үшін зерделенеді?
5. Жарықшақтылықты зерделеудің әдістері.
6. Тау-кен компасымен не өлшенеді?
7. Құрылымдық ерекшеліктерді зерделеуде лазерлік сканерді қолдану.
8. Жарықшақтарды жаппай түсірудің нәтижелерін өңдеудің әдістері.
9. Жарықшақтар жүйелері деген не?
10. Жарықшақтар жүйелерінің жылжу процесіне тигізетін ықпалы.

4. АШЫҚ ТАУ-КЕН ЖҰМЫСТАРЫНЫҢ ГЕОМЕХАНИКАСЫ

4.1. Тау жыныстары деформациялануының негізгі себептері мен түрлері

Кенді ашық әдіспен қазып алуда тау жыныстарының жылжуы өндірістің экономикалық және еңбек қауіпсіздігі көрсеткіштерін төмендетіп, құлаған жыныс кесектерінен кертпеш құламаларын аршу, жиек учасклерін нығайту сияқты қосалқы жұмыстар жүргізуге мәжбүр етеді. Бүгінде Республикамызда кен игерудің 80% ашық әдіспен жүргізілетіндігі және де ол карьерлерде алдыңғы қатарлы автоматтандырылған механизмдерді пайдаланып кен қазу жұмыстарының қарышты қарқынмен дамғандығы, ашық кен орындарының тереңдігі ұлғая түскені де белгілі.

Міне, осындай үлкен карьерлерде кен қазудың қауіпсіздігі, дайындалған кен қорын толық алу немесе жоғалту және оның бос тау жыныстарымен қоспаланып құнарсыздануы, сайып келгенде кәсіпорынның экономикалық көрсеткіштері – карьер беткейлерінің орнықтылығына тікелей байланысты. Мәселен, тереңдігі 300 метрлік карьер беткейі көлбеу бұрышын тек қана 1°-қа көтеру, беткейдің әрбір шақырым ұзындығына, аршу жыныстарының көлемін 3 млн. м³ азайтады. Республикамызда карьерлерден үймелерге тасылатын бос тау жыныстарының көлемі жылына жүздеген миллион тоннаға дейін жетеді. Сондықтан ашық әдіспен кен қазу жұмысын одан әрі дамытуда карьер беткейлерінің орнықтылығын қамтамасыз етуге көп көңіл аударылады.

Кен орнын игеру кезінде карьер қиябеттерінің орнықтылығына әсер ететін көптеген факторлар белгілі болады және оларға қарсы шаралар қолданылады.

Карьер беткейіндегі тау жыныстарының деформациялары бірнеше түрге ажыратылады:

Қорымдар (төгілу) деп карьер кертпешінің жоғары жағынан төменге қарай тау жыныстарының үгіліп және бұзылуынан пайда болған кесек тастардың құлап, үйіліп жатуын айтады.

Опырылулар деп кәлсіз беттер арқылы тау жыныстарының тез сырғуын айтады. Мұнда жылжу беттерге геологиялық бұзылулар мен жарықшақтар арқылы әлсіреген жақтар жатады. Жылжудың қарқынды кезені көзді ашып-жұмғанша лезде өтеді, сондықтан да опырылулар адамдар өмірі мен механизмдер өте қауіпті болып келеді.

4.1-кесте

Орталық Қазақстан кен орындарының карьерлері
деформацияларының түрлері

Кен орындары (карьерлер)	Қорымдар	Опырылулар	Жылжымалар	Отырулар	Сусымалар
Мыс рудалық кен орындары					
1. Саяқ (Саяк)	Бар	ықшам	-	-	-
2. Қоңырат (Қоңырат)	Бар	ықшам	-	-	-
3. Жезқазған (Златоуст-Белов, Ақшийи Спасский)	бар	ықшам	-	үйінділер төменгі жақтары	-
Түсті металдарды					
4. Карағайлы (Главный, Дальний)	бар	ықшам жерлерде	қиябеттің жоғарғы жақтары	үйінділер төменгі жақтары	-
5. Ақжал (Ақжал)	бар	ықшам	-	-	-
6. Жереск (Жерек)	бар	ықшам	ықшам	-	-
7. Родниковское (Родниковый)	бар	ықшам	ықшам	-	-
Бокситті					
8. Торғай (Арқалық I- III)	бар	-	ықшам	-	-
Рудасыз					
9. Оңтүстік-Топар әктастары (Топарский)	бар	кейбір ықшам жерлерде	Қиябеттің жоғарғы жақтары	Үйінділер төменгі жақтары	сумен араласқан балшықты тау жыныстары
10. Алексеев доломитері (Алексеевский)	бар	ықшам	-	-	-

Тау жыныстарын жылжудан, опырылудан сақтау үшін жиектік учаскелердің геологиялық қасиеттері мұқият зерттеліп, соған сәйкес кемерді нығайту жұмыстарды жүргізіледі.

Жылжымалар – тау жыныстары массивінің көлбеу беттер арқылы ақырындап сырғуы. Массивтің жылжуы жағында біркелкі қисық сызық, ал жоғары жағында Н90 деп аталатын тік жар (жарықшақ) түрінде жүреді.

Бұл кезде жылжыған блок толығымен қопсиды және суланғыштық қасиет пайда болып, кейіннен сусымалыққа айналады.

Отырулар (шөгюлер) деп карьердің жиектік учаскелеріндегі жұмсақ жыныстардың жылжымай тік бағытта төмен қарай түсулерін атайды. Олар бос тау жыныстары үйінділерінің нығыздалуы және жауын-шашыннан ылғалдануы нәтижесінде пайда болады.

Сусымалар – суға қаныққыш тау жыныстарында пайда болады және нәтижесінде олар қатты жағдайдан ағатын күйге ауысады. Олар құмды, балшықты және т.б. шөгінділерде байқалады. Сусымалар құрғатым (дренаж) жасау арқылы жойылады.

Жоғарыда айтылған карьер қиябеттері деформацияларының түрлері Қазақстанның рудалық кен орындарын игеретін карьерлердің барлығына да тән деуге болады (4.1-кесте).

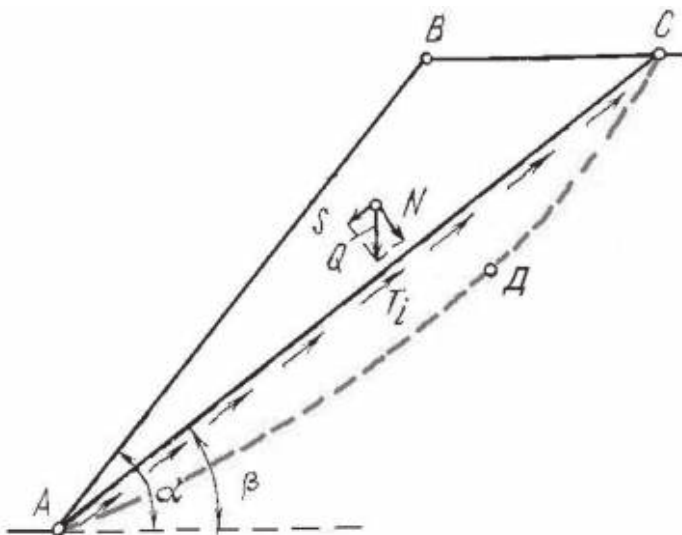
4.2. Карьер беткейлерінің орнықтылығына әсер ететін факторлар

Карьерлер беткейлері мен кертпештерінің орнықтылығы кернеулік екі күштің, яғни кертпешті ұстап тұратын және сырғытатын күштердің арақатынастарына байланысты. Осы екі күштердің шама-сына көптеген факторлар ықпалын тигізеді.

Карьер беткейлері (кертпештері) құлама бұрыштарының орнықтылығы шекті тепе-теңдік теориясына негізделген. Карьердің беткей аймағындағы тау жыныстарының тепе-теңдік жағдайын түсіну үшін 4.1-суретке көз салалық.

Мұнда карьер кертпешінің сырғып кетуіне ықтимал ABC үшкілі горизонтқа β - бұрышымен көлбеңкі жатқан AC жазықтық бетімен жылжиды делік. Енді осы сырғытын ABC үшкілінің тепе-теңдік жағдайын, яғни қай жағдайда сырғымай, орнықты тұратынын қарастырамыз. ABC үлкілінің салмақ күші – Q екі құраушыға жіктеледі: тік $N = Q \cos\beta$ және жанама $S = Q \sin\beta$.

Сонымен қатар, бұл ABC учаскесіне үйкеліс коэффициенті - $f=\text{tg}\rho$ мен kL -мен сипатталатын жыныстарының бір-бірімен ілінісуі де әсер етеді.



4.1-сурет. Карьер қиябетінің орнықтылығын есептеу схемасы

Егер ABC үшкілін AC жазықтығы бойынша сырғытатын күштердің қосындысы $S_{\text{сыр}} = \sum S_i$ тең десек, онда кертпештің ABC бөлігіндегі тау жыныстарының тепе-теңдігін ұстап тұратын күштер қосындысы былайша өрнектеледі:

$$S_{\text{yc}} = \sum N \text{tg}\rho + \sum kL \quad (4.1)$$

Ұстап тұратын барлық күштер $\sum S_{\text{yc}}$ мен сырғытатын күштер $\sum T_{\text{сыр}}$ арақатынасын – қиябеттің *орнықтылық қорының коэффициенті* – n деп атайды, ол мынаған тең:

$$n = \frac{\sum S_{\text{ycr}}}{\sum T_{\text{сыр}}} = \frac{\sum F_{\text{үйк}} + \sum F_{\text{ia}}}{\sum T_{\text{сыр}}} \quad (4.2)$$

мұндағы: $\sum S$ – ұстап тұратын күштердің қосындысы, МПа;

ΣT – сырғытатын күштердің қосындысы, МПа;
 Q – сырғытын үшкілдің салмағы, МПа
 N – жылжу бетке әсер ететін тік күш, МПа;
 S – жылжу беттегі жанама күш, МПа;
 ρ – ішкі үйкеліс бұрышы, градус;
 k – тау жыныстарының өзара ілінісуі, МПа;
 L – сырғу беттің ұзындығы, м.
 $\Sigma F_{\text{үй}} = f \cdot \Sigma N$ – үйкеліс күші, МПа.
 $\Sigma F_{\text{іл}} = k \cdot L$ – ілінісу күші, МПа.

Орнықтылық қоры коэффициентінің – n үлкен болғаны, қиябетті көлбеулетуге тура келеді, яғни карьердегі аршыма жыныстар көлемінің ұлғаюына әкеліп соғады. Жартасты тау жыныстарынан тұратын карьер қиябеттерін жобалауда орнықтылық қорының коэффициентін $n \geq 1,3$ деп алады.

Тау жыныстарының екі сипаттамалар (ρ және k) ашық кеніш кемелерінің орнықтылығын және жылжу процесінің параметрлерін есептегенде кеңінен пайдаланады. Осы екі сипаттаманың қос үш түрі барлығын айта кеткен жөн, олар:

1. Жыныстардың үлгідегі ішкі үйкеліс бұрышы - $\rho_{\text{үл}}$ және ілінісуі - $k_{\text{үл}}$.
2. Жыныстардың массивтегі ($\rho_{\text{м}}$, $k_{\text{м}}$) сипаттамалары.
3. Жыныстардың әлсіз беттердегі ($\rho_{\text{әл}}$, $k_{\text{әл}}$) сипаттамалары.

Көп жылғы зерттеулер нәтижесінде айқындалған мәліметтерге қарасақ, бұл екі сипаттаманың ішінде ішкі үйкеліс бұрышы - ρ көп өзгере қоймайды, яғни олардың үлгідегі және массивтегі мәндері бір-біріне жақын болып келеді. Ал жыныстардың массивтегі ілінісуіне – $C_{\text{м}}$ олардың жарықшақтылық дәрежесі, жыныстар блоктарының өлшемдері, сонымен қатар тау жыныстарының табиғи байланысының бұзылуына массивтің құрылымы, қабаттануы, жарықшақтығы әсер етеді.

Дегенмен карьер кемерлерінің орнықтылығына тек тау жыныстарының беріктілік қасиеттері ғана әсер етіп қоймайды, ол кен орнының *геологиялық* және *гидрогеологиялық* жағдайлары, со-

нымен қатар табиғи және кен-техникалық факторларына тікелей байланысты.

Геологиялық жағдайларға тау жыныстарының құрамы, құрылымы және қасиеттері, карьер алаңындағы жер бедері жатады. Олар массивтің деформациялану ерекшеліктерін сипаттайды және орнықтылықтың есептеу схемаларын, деформацияға қарсы шараларын таңдауда қолданылады.

Гидрогеологиялық жағдайлар тау жыныстары массивінің беріктігі мен деформациялануына әсер етеді. Оған жер бетіндегі сулардың карьер алаңы арқылы өтуі және олардың карьерді салу эксплуатациялауды қиындатуы жатады.

Табиғи факторлар тобына жауын-шашынның мөлшері, аймақтың климаты, температуралық режим, ауа-райы жағдайы, жел, т.б. жатады.

Кен-техникалық факторлар: кен орнын игеру әдісіндегі бұрғылап-жару, копару жұмыстарын жүргізу тәсілдеріне кенді игерудің ұзақтығына (уақыт факторына) байланысты.

Кейінгі кезде алдыңғы қатарлы автоматтандырылған механизмдерді пайдалану кен игеру жұмыстарының қарышты қарқынмен дамып, ашық кен орындары тереңдігінің ұлғая түскені белгілі. Тереңдіктің артуы жыныстар массивін кернеулік-деформациялық күйге келтіріп, карьер кемерінің орнықтылығын бұзады. Жанама кернеулер әсерінен тау жыныстары жылжу бет арқылы сырғанап опырылады және қирайды. Сөйтіп, тау жыныстары массивінің тепе-теңдігі бұзылатынынан хабардар болдық. Тау жыныстарының жылжуы өндірістің экономикалық және еңбек қауіпсіздігі көрсеткіштерін төмендетіп, құлаған тау жыныстары кесектерінен кемерлерді аршу, жиек учаскелерін нығайту сияқты қосалқы жұмыстар жүргізуге мәжбүр етеді.

Беткей қиябеттері бұзылуының алдын алу мақсатымен, маркшейдерлер жүйелі түрде аспаптық бақылаулар жүргізіп және оның нәтижелерінен беткей орнықтылығының бұзылу сипаты мен себептерін анықтап отырады.

4.3. Карьер қиябеттерінің деформациялануын маркшейдерлік бақылау

4.3.1. Геомеханикалық мониторинг жүйесін құру

Пайдалы кен қазбаларын игеру кезінде карьер кертпештерінің орнықтылығын басқару, оны түзіп тұрған тау жыныстарының геологиялық құрылымының әрқилылығына және кен қазу тереңдігіне қарай өзгеретіндіктеріне байланысты олардың құрылымдық ерекшеліктері мен беріктік қасиеттері, гидрогеологиялық және т.б. жағдайлары жайлы сенімді мәліметтер алу үшін жүйелі түрде зерттеулер жүргізуді талап етеді. Мұндай зерттеулер карьерді салу, кен орнын игеру, карьердің шекті контурын алу кезеңдерінде жүргізіліп отырылады.

Жобада қабылданған карьер кертпештері параметрлерінің технологиялық шешімдерінің дұрыстығы, бірыңғайлы кешенді жүйеге кіретін маркшейдерлік аспаптық бақылаулар арқылы тексеріліп жүзеге асырылады.

Кешенді зерттеулердің нәтижесінде карьер кемерлері массивінде жүріп жатқан геомеханикалық процестерге баға берледі, оны алдын ала болжау және тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізу мен тиімділігін көтеру мақсатымен карьер кертпештерінің оңтайлы параметрлері туралы ұсыныстар даярланады. Жоғарыда айтылғандар негізінде – ұсынылып отырылған жүйені геомеханикалық мониторинг деп атауға болады.

Энциклопедиялық анықтама бойынша мониторинг дегеніміз – жыныстар массивінің жай-күйінің антропогендік факторлардан өзгеруін мезгілдік бақылаудың, бағалаудың, болжаудың кешенді жүйесі. Мониторинг табиғи ортадағы зиянды өзгерістерді анықтауға, оларды жоюдың немесе азайтудың шараларын жасауға бағытталған.

Осы анықтамаға байланысты кешенді бақылау жүйесі – геомеханикалық мониторинг мыналардан тұрады [33]:

- карьер кертпештерінің жағдайын мезгілдік маркшейдерлік және инженерлік- геологиялық бақылаулар;
- кертпештерді түзетін тау жыныстарының инженерлік- геологиялық құрамы мен сипаттамаларын зерттеу;
- кертпештерді түзетін тау жыныстарының құрылымдық ерекшеліктерін зерделеу;

- массивте жүріп жатқан геомеханикалық процестерді зерттеу және болжау;
- массивтің өзіне ұқсас геомеханикалық модельдерін құру негізінде орнықты кертпештердің параметрлерін анықтау;
- тау-кен жұмыстарының қауіпсіздігі мен тиімділігін көтеру мақсатымен карьер жағдаулары мен үйінділердің параметрлерін жедел түрде өзгерту туралы ұсыныстарды даярлау.

Сөйтіп, мониторингтің басты мақсаты – пайдалы қазбалар кен орындарын ашық әдіспен игеруде, жарықшақты жартасты, жартылай жартасты, сазды және құмдақты-сазды тау жыныстары массивінен түзілген карьер кертпештері мен беткейлерінің орнықтылығын сенімді қамтамасыз ету. Оны жүзеге асырудың жалпы құрылымдық схемасы 4.2-суретте келтірілген.

Бірыңғай геомеханикалық мониторингтік жүйені құру – пайдалы қазбалар кен орындарын ашық әдіспен игерудің тиімділігін көтеруге және жұмысшылардың еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз етуге бағытталған. Кен орындарын тиімді игеру – карьер кертпештері, жағдаулары және үйінділерінің орнықтылығын сенімді қамтамасыз ету арқылы жүзеге асады, ол өз кезегінде аршу жұмыстарының көлемін қысқартады, карьердегі үздіксіз жұмыс графигін қамтамасыз етеді.

1. Геомеханикалық мониторингтің құрамына мыналар кіреді:

- карьердегі және үйінділердегі тау жыныстары массивінің орнықтылығын есептеу және оның жағдайын сенімді басқаруды алдын ала болжау үшін массивтің кешенді инженерлік-геологиялық сипаттамалары мен физикалық-механикалық қасиеттерін алу;
- кен орнының құрылымдық және тектоникалық ерекшеліктерін геомеханикалық негіздемеу;
- карьер кертпештері мен үйінділердегі геомеханикалық процестердің даму динамикасын зерделеу;
- карьер кертпештері массивіндегі деформацияларға қарсы шараларды геомеханикалық негіздеу және олардың гравитациялық, сейсмикалық, температуралық күштермен қосылып әсер етуіне талдау жасау;

- карьер кертпештері мен үйінділер массивінің жағдайын зерделеу, болжау және бақылаудағы инженерлік-геологиялық және геомеханикалық кешенді жұмыстар – карьерді жобалау, салу, игеру және жабу кезеңдеріндегі оның кертпештерінің параметрлерін басқаруға, сонымен қатар кен қазу жұмыстарының өндірістік және экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету;
- ашық кен орнындарындағы құрлыстардың деформацияларын бақылау нәтижелері негізінде, олардың орнықтылығын бағалаудың геомеханикалық мониторингінің жүйесін құру;
- нақтылы кен-геологиялық жағдайдағы кен қазу жұмыстарының өндірістік және экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін үйінділер құрудың технологиялық схемасын негіздеу.

2. Мониторингтің тәсілдері мен жабдықтары:

- техногендік массивтердің жағдайына маркшейдерлік, инженерлік-геологиялық және инженерлік-геофизикалық бақылаулар жүргізу;
- карьер кертпештерінің жағдайы параметрлерін үздіксіз бақылауды қамтамасыздандыратын, карьер кертпештері мен үйінділерінің деформацияларына кешенді маркшейдерлік бақылаулар жүргізу;
- карьер кертпештері массивінің гидрогеологиялық жағдайын бағалау және болжау;
- карьерлер мен үйінділердің инженерлік-геологиялық жағдайларын зерделеу;
- карьердегі технологиялық ерекшеліктерді зерделеу және геомеханикалық процестерге әсері;
- карьер кертпештері параметрлерін уақыттық фактор мен тау-кен жыныстарының сипаттамаларын ескере отырып негіздеу;
- карьер мен үйінділердегі тау жыныстарының құрамы мен қасиеттерін айқындайтын негізгі факторларды анықтау;
- карьер кертпештері мен үйінділердің орнықты параметрлерін негіздеудің әдісі мен бағдарламалық қамтамасыздандыруды жасау.

3. Карьер кертпештері орнықтылы геологиялық-маркшейдерлік мониторингтеудің әдістемелік негізін жасау. Ол үшін мына мәселелерді шешу қажет:

- карьер кертпештерінің орнықтылық жағдайын зерделеу және карьер кертпештерінің орнықтылығын басқару жағдайына қарай типтерге бөлу;
- карьер кертпештерінің орнықтылығын басқару мониторингін геологиялық-маркшейдерлік қамтамасыз ету;
- тау-кен жұмыстарының дамуына қарай деформацияларды жүйелі түрде зерделеу және оның негізінде кертпеш орнықтылығын болжау.

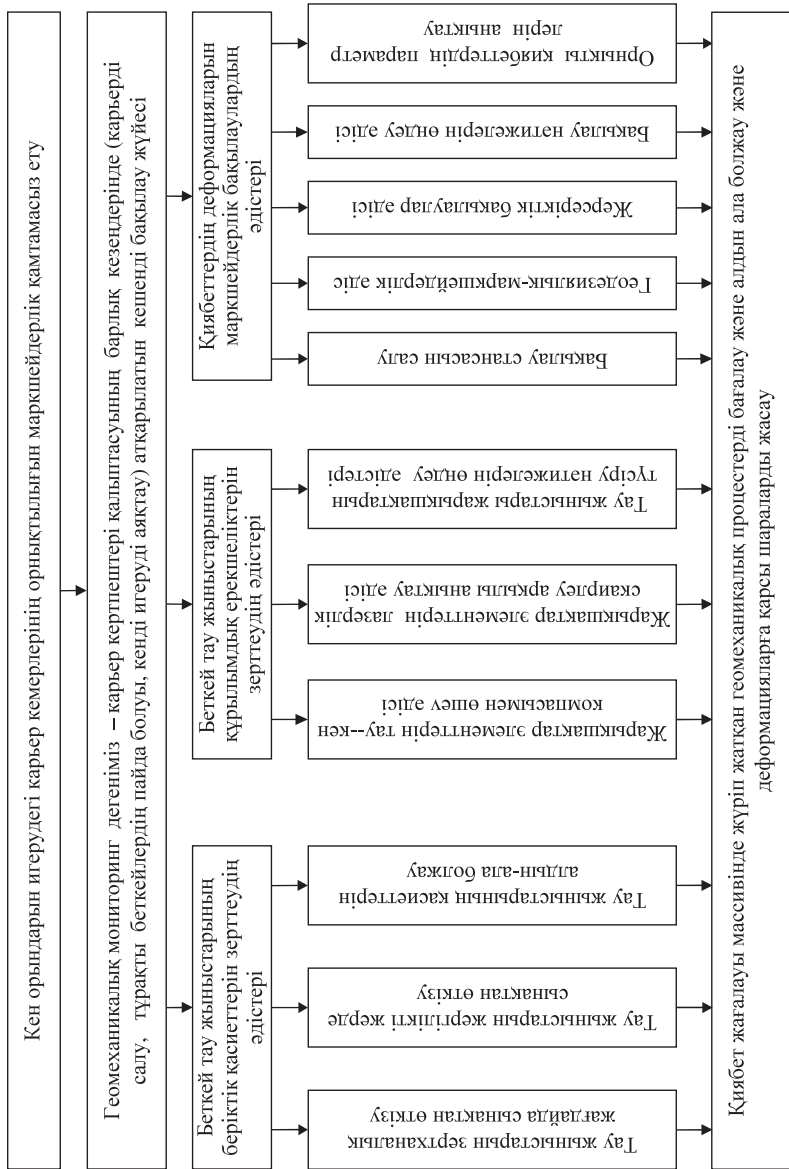
4. Карьер кертпештері мен беткейлерінің орнықтылығын басқару әдістемесін жасау, оған мына мәселелерді шешу кіреді:

- тау-кен жұмыстарының дамуында орнықты параметрлерді жобалау, бағалау және тексеру;
- кен өндірісін жүргізу және өте қажет нысандарды қорғау кезінде кертпештердің нақтылы жағдайын бағалау және болжау;
- орнықтылық бұзылуының алдын алу;
- кертпештердегі тау жыныстарының орнықтылық күйін жүйелі бақылаудың әдістемесін жасау;
- карьер кертпештері мен кемерлерінің жағдайларын жылдам тексеріп отыру және бұзылыстарды құрылыс жұмыстары басталғанша алдын ала болжау.

Осы әдістемені карьерлерде жүзеге асыру тау-кен өндірісінің үздіксіз жұмыс істеуі мен еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

Жоғарыда келтірілген 4.2-кестедегі геомеханикалық мониторинг жүргізудің 1-блогі (тау жыныстарының беріктік қасиеттері және оларды зерттеу әдістер) осы оқулықтың бірінші тарауында толық қарастырылған.

Ал, 4.2-кестедегі 2-блок, яғни тау жыныстарының құрылымдық ерекшеліктерін зерттеу оқулықтың үшінші тарауында жан-жақты жазылған. Осы екі блоктарда айтқандарды қоса қарастыра отырып, келесі 3-блок – «Маркшейдерлік аспаптық бақылаулар жүргізудің әдістеріне» көшеміз.



4.2-сурет. Қарьер қиябеттерінің орнықтылығын геологиялық-маркшейдерлік қамтамасыз ету

4.3.2 Маркшейдерлік бақылаулар жүргізудің әдістемесі

Маркшейдерлік аспаптық бақылаулар карьер кемерлерінің деформациялары туралы деректер алудың негізі және олардың орнықтылығын болжаудың ең сенімді әдісі болып саналады. Ашық тау-кен өндірісіндегі маркшейдерлік қызметтің ең бір жауапты міндетіне тау жыныстарының жылжуын бақылау. Жылжу процестерін бақылау екі кезеңнен тұрады.

Бірінші кезеңге жылжуға, опырылуға бейім учаскелерді табу және сол осал жерлерде бақылау жұмыстарын жүргізу, ал екінші кезеңге жылжу процесін азайту шараларын дайындау және оларды жүзеге асыру жатады.

Осы екі кезеңде жүргізілген бақылаулардың нәтижелері мына мәселелерді шешу үшін пайдаланылады:

1. қиябеттердегі ығысуларды, деформациялардың, жылжу процесі жылдамдығының шамаларын және деформациялану шекараларын анықтау;
2. беткейжағдауындағы массивтің бұзылу деформацияларының түрлерін анықтау;
3. қиябеттердегі ығысуларды, деформациялардың, жылжу процесі жылдамдығының шамаларын және деформациялану шекараларын анықтау;
4. беткейжағдауындағы массивтің бұзылу деформацияларының түрлерін анықтау;
5. карьер қиябеттерінің орнықтылығына әсер ететін факторлар мен деформациялану процесі арасындағы өзара байланысты анықтау;
6. деформацияға ұшыраған беткейлер мен үйінділердегі тау-кен жұмыстарының қауіпсіз жүргізілуін қадағалау;
7. деформацияларға қарсы шаралардың тиімділігін анықтау.

Бақылау стансасын салудың тәртібі мен бақылаулар жүргізудің әдістемесі ВНИМИ-дің (Одақтық маркшейдерлік ғылыми-зерттеу институтының) карьер беткейлері, қиябеттері және үйінділердегі деформацияларды бақылау үшін жасаған арнайы Нұсқауларында [20] толық жазылған.

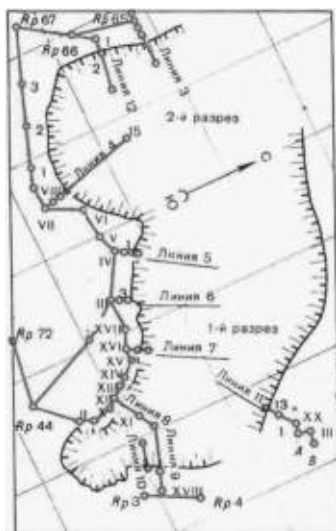
Карьер кертпештерінде үздіксіз жүріп жатқан жұмыстар маркшейдерлік бақылауға кедергі жасайды және бекітілген бақылау

реперлері ұзақ уақыт сақталынбайды. Сондықтан маркшейдерлік бақылау қысқа уақыт аралығында жүргізіледі.

Карьер кертпештерінде үздіксіз жүріп жатқан жұмыстар маркшейдерлік бақылауға кедергі жасайды және бекітілген бақылау реперлері ұзақ уақыт сақталынбайды. Сондықтан маркшейдерлік бақылау қысқа уақыт аралығында жүргізіледі.

Бақылау жұмыстарын жүргізу үшін карьер кемерлеріне бақылау станциялары салынып, оларды тиісті уақыттарда аспаптар арқылы тексеріп тұрады.

Станция дегеніміз – карьер кемеріне перпендикуляр етіп бір түзудің (профильдің) бойына бекітілген реперлердің қатары. Профиль сызықтары жұмыс және тірек реперлерінен тұрады. Тірек реперлері болжаулы жылжу аймағының сыртында орналасуы тиіс (4.3-сурет).



4.3-сурет. Бақылау станцияларының пландары:
а – көмір разрездерінде; б – рудалық карьерде

Профильдік сызықтардың ұзындықтарын анықтауда, оның бір ұшы күтілетін жылжу аймағынан тыс жерде болуы тиісті. Профильдік сызықтар жұмыс және тірек реперлерінен тұрады. Тірек реперлері жылжу айтағынан тыс жерде орналастырылады.

Карьер кемерлерінің алаңшаларына салынатын жұмыс реперлерінің арақашықтықтары профильдік сызықтың орналасқан жеріне байланысты әрқилы болып келеді. Әр алаңшадағы (бермадағы) жұмыс реперлерінің саны екіден кем болмауы қажет. Реперлер бақылаушы маркшейдерге қауіпсіз жерлерге салынады.

Профильдік сызықтардың ұшына, яғни жылжу аймағынан тыс жерде салынған тірек реперлерінің ұзақ уақыт сақталуын қамтамасыз ету үшін терең қабатқа орналастырады. Тірек реперлері карьердің бастапқы пункттеріне байланыстырылады.

Салынатын реперлердің (жұмыс және тірек) конструкциялары ВНИМИ нұсқауларына сәйкес қабылданады және оларды салуда реперлердің тау жыныстарымен берік байланысы болуын қамтамасыз ететін тәсілдер қолданылады.

Маркшейдерлік бақылауларға барлық реперлерді нивелирлеу, олардың арақашықтықтарын тексерілген ленталармен өлшеу, жеке кертпештерді, жыныстар қорымдарын, шөгулерді, ашылып және тақырланып қалған жыныстардың жарықшақтағы және олардың жату элементтерін түсіру. Бақылау жұмыстарының нәтижесінде бақылау станциясының планы, профильдік сызықтардың кималары, репер векторларының жылжу графиктері, тау жыныстарының жарықшақтық диаграммалары сызылады. Массивтегі шөгу, созылу немесе сығылу деформацияларының шамалары және әрбір профильдік сызықтар бойынша сырғу бетте жатқан нүктелердің жылжу векторлары арқылы карьер беткейлерінің сырғу беті анықталады (4.4-сурет).



4.4-сурет. Маркшейдерлік аспаптық бақылаулар нәтижесінде сырғу сызығының орнын анықтау схемасы

Профильдік сызықтардағы реперлердің орындарын бастапқы реперден бастап геометриялық нивелирлеу арқылы анықтайды. Бастапқы реперлердің биіктіктері Инструкцияға сәйкес III кластық нивелирлеу әдісімен жүргізіледі.

Сонымен қатар, профильдік сызықтар күрт құлама жерде орналасқан жағдайда тригонометриялық нивелирлеу жүргізіледі.

Аспаптық бақылаулар нәтижесінде алынған деформациялардың мәндері мен жылжу жылдамдықтары карьер кемерлері массивінің жай-күйін бағалаудың және мүмкін болатын деформациялардың алдын алу шараларын жасаудың негізі болмақ.

Карьер кемерлерінің жай-күйін аспаптық бақылаудың әдістеріне талдау жасау – қолданыстағы әдістерді әрі қарай жетілдіру қажеттігін көрсетті, яғни дағдылы геодезиялық жабдықтармен қатар лазерлік сканерлеу, электронды тахеометрия, фотограмметрия, ғаламдық жерсеріктік жүйелер, заманауи ақпараттық технологиялар мен радарлық интерферометрияларды қолдануды қолға алу.

Қазіргі таңда радарлық интерферометрияның: жерсеріктік және жердегі екі түрлі бақылаулары бар. Жер бетінің жылжуларын бақылауда жерде тұрып радиолокациялық мониторинг жүргізу әдісі Қазақстанда кеңінен таралуда. Жылжу процесін зерттеуде жердегі радарлық интерферометрия технологиясын қолдануды дүниежүзінде тек бірнеше ғылыми-зерттеу институттары мен мекемелер ғана қолданып келе жатыр.

Маркшейдерлік-геодезиялық жұмыстарды жүргізуде электронды тахеометрлер мен жерсеріктік GPS аспаптарын кеңінен қолдану жылжу процесінің параметрлерін жылдам және өте жоғары дәлдікпен анықтауға және сол параметрлердің уақыт аралығында өзгерулерін қадағалап отыруға мүмкіндік туғызады.

Маркшейдерлік бақылаулардың орташа квадраттық қателіктері 4.2-кестеде келтірілген.

Заманауи маркшейдерлік бақылаулардағы ең жиі қолданылатыны лазерлік сканерлеу, оның ішінде: жерден, ауадан сканерлеу және лазерлік батиметрияны ерекше атап өткен жөн.

Өлшеу қателіктерінің орташа квадраттық қиыспаушылығы

№	Маркшейдерлік бақылаулардың әдістері	Тірек реперлерінен жұмыс реперлеріне дейінгі арақашықтық, м	Нүктенің орнын анықтаудың ОКҚ, м	
			пландық m_x	биіктік m_z
1	Тахеометриялық	100	0,250	0,020
2	Геодезиялық бақылаулар, III кластық нивелирлеу	100	0,010	0,002
3	Фототеодолиттік әдіс, суреттерді график түрінде өңдеу	100	0,030	0,010
4	Фототеодолиттік түсіріс әдісі, нүктелердің жылжуын дифференциалды түрде анықтау	100	0,008	0,004
5	Стереофотограмметриялық әдіс	100	0,030	0,030
6	Аэрофотогеодезиялық әдіс	100	0,007	0,011
7	Лазерлік сканерлеу	100	0,050	0,050
8	Интерферометрия әдісі: жерсеріктік жердегі	1 Пиксель	0.500 0.001	0.500 0.001
9	GPS: статика кинематика	100	0.010 0.020	0.010 0.020

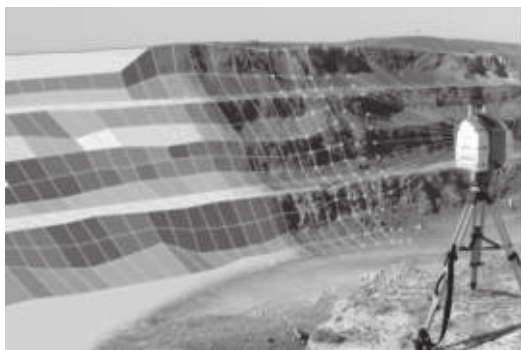
4.3.3. Карьер қиябеттерінің орнықтылығын бақылауда лазерлік сканерді қолдану

Карьер қиябеттерінің опырыла құлауы мен жылжуын лазерлік сканермен жүзеге асырған өте қолайлы. Лазерлік сканерлеудің мақсаты карьер қиябеттерінде пайда бола бастаған жылжымалар мен опырылуларды дер кезінде табу және күні бұрын ескерту, сонымен қатар адамдардың өміріне қауіпті және кәсіпорнына экономикалық зиян келтіретін деформацияларға қарсы шараларды жасауға мүмкіндік туғызу.

Айтылған осы деформациялардың көріне бастауын тек алыстан бақылау аспаптарымен ғана тиімді түрде қадағалауға болады, әсіресе ашық кен қазу жұмыстарында қолдануға лайықтап швейцариялық

«Leica» фирмасы жасап шығарған лазерлік сканерлер жүйесін пайдалану өте қолайлы.

Сканерлеу алдында дайындық жұмыстары жүргізіледі. Ол үшін карьердің периметрі бойынша, жағалауында және оның кертпештерінде карьер (толық көрінетін жерлерде) тұрақты нүктелер (пункттер) орнатылады және олардың координаталары анықталады. Сканер тұрақты аспаптық үстелге трегер арқылы орнатылады, жұмыс бабына келтіріледі (4.5-сурет) және әрі қарай сканерлеу жұмысы жүргізіледі.



4.5-сурет. Тұрақты пунктке орнатылған лазерлі сканер, сканерлеу және планшеттегі скандарды тексеру

«Leica» фирмасының Leica HDS3000 сканерін әртүрлі климаттық жағдайда қолдануға болады, оның сканерлеу жылдамдығы өте жоғары және сканерлеу дәлдігі 6 мм. Бақылаулардың тиімділігін жоғарылату үшін GPS-жүйесі мен 3D – сканерді біріктіріп жүргізуге болады.

Тау жыныстарының құрылымдық ерекшеліктерін зерттеуде Leica фирмасының HDS4400 тау-кен сканерін қолдану әдістемесі осы кітаптың 3-бөлімнің 3.2-таруында келтірілген.

Бақылау нәтижелерін өңдеу арнайы I – Site Studio бағдарламасы арқылы жүзеге асырылады және оның негізгі мүмкіндіктері келесідей:

- 1) карьердің кез келген нысандарының 3D моделін құру;
- 2) карьер қиябеттеріндегі, алаңшалардағы тау жыныстарының құрылымдық бұзылыстарын тану;
- 3) уақыт аралығындағы жылжулардың динамикасын талдау;

- 4) геологиялық бұзылыстарды, жарықшақтарды және т.б. түсіру;
- 5) тау жыныстарының уақыт аралығындағы жылжулары мен жылдамдықтарын бағалау.

Карьердегі белгілі нүктелердің әр мезгілде түсірімделген скандары бір-бірімен салыстырылады да, оның негізінде жыныстар массивінде жүріп жатқан деформациялық процестердің динамикасы туралы қорытынды шығарылады.

Leica HDS3000 лазерлік сканерінің мүмкіндіктері: горизонталь және вертикаль бұрыштарды, арақашықтықтарды өлшеу; қазылып алынған кеңістік пен үйінділердің көлемдерін анықтау; ашық тау-кен жұмыстары нысандарының карталарын жасау.

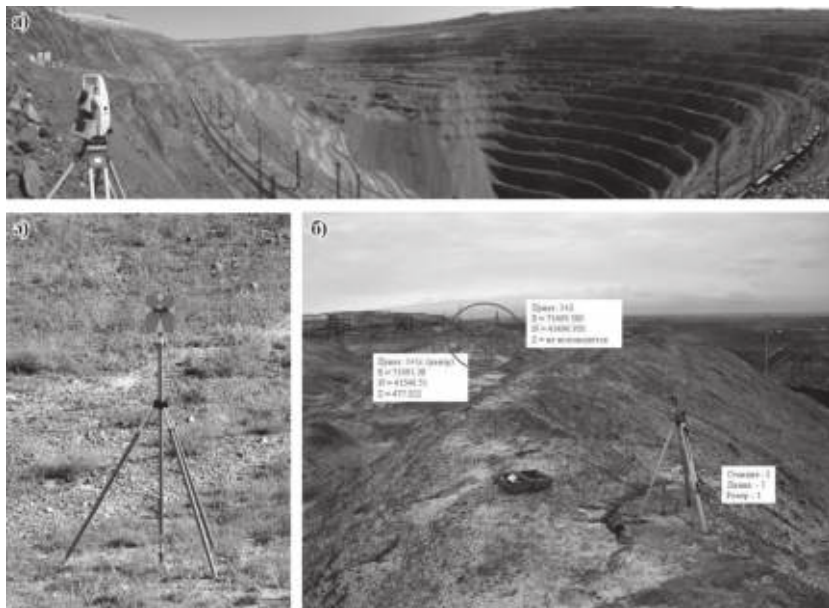
4.3.4. Карьер қиябеттері орнықтылығын электронды тахеометрлер арқылы бақылау

Қолданылып жүрген аспаптық бақылаулардың біршама кемшіліктері бар. Біріншіден, олар тау жыныстары массивінде жүріп жатқан нақтылы геомеханикалық процестерді дәл бейнелеп көрсете алмайды, сондықтан да дәстүрлі аспаптық бақылауларға негізделген болжаулық бағаларды сенімді деу жеткіліксіз. Екіншіден, оларды жүргізу өте көп еңбек сіңіруді қажет ететіндіктен, жер бетінің деформациялануы туралы деректерді қажетті мезгілде алуға мүмкіндік болмайды. Осы айтылған кемшіліктерді электрондық тахеометрлерді қолдану арқылы жоюға болады.

Электронды тахеометрлерді қолдану далалық өлшеулер мен камералдық өңдеулерді анағұрлым қысқартады, олар заманауи технологияларды маркшейдерлік және геодезиялық жұмыстарда қолдану талаптарына сай. Қазақстанның көптеген кен орындарында, карьерлер қиябеттері жағдауы массивінің жай-күйін қадағалау үшін заманауи электронды тахеометрлер өндіріске енгізілді (4.6-сурет).

Бұрыштық және сызықтық өлшеулер TOPCON GTS – 800 А және TOPCON TPS 800 тахеометрлері немесе басқа да электрондық тахеометрлер арқылы орындалады. Далалық өлшеулер әртүрлі өңдеу бағдарламаларына (Liscad, CREDO-DAT, RGS, AutoDesk Survey) оңай жіберіледі және теңдестіріледі. Әрі қарай нүктелердің үшөлшемді координаталарын теңдестіру және нысанның 3D моделін алу, горизонтальдарды сызу үшін CREDO-MIX, CAD-Relief,

ТОПОСАD, AutoDesk Land Development Desktop бағдарламалары қолданылады.



4.6-сурет. Leica TCR 1201 тахеометрімен бақылу жүргізу:
а – карьерді жалпы түсіру; ә – репер үстіндегі шағылдырғыш; б – тірек пунктіндегі тахеометр

Маркшейдерлік бақылау нәтижелері карьер беткейлерінің орнықтылығын есептеуде және т.б. инженерлік жұмыстарда қолданылады.

4.3.5. Маркшейдерлік бақылауларда жерсеріктік жүйелерді қолдану

Ғылым мен техниканың соңғы 10-15 жыл ішінде қарқындап дамуы геодезия мен маркшейдерияға координаталарды анықтаудың жерсеріктік атты жаңа әдісін дүниеге әкелді. Бұл әдісте геодезистер мен маркшейдерлер әдеттегідей геодезиялық тораптардың жылжымайтын пункттерін пайдаланбай, оның орнына жылжымалы жер серіктерінің координаталарын қолданады. Әлбетте, ол координата-

ларды геодезистер кез келген уақытта пайдаланып, тұрған жерінің орнын анықтай алады.

Қазіргі кезде координаталарды анықтауда екі түрлі жерсеріктік жүйесі қолданылады:

Біріншісі – ГЛОНАСС атты Ресейлік жүйе. Ол бұл жүйенің глобалдық навигациялық жерсеріктік жүйесі деген ұзақ атының қысқартылған түрі.

Екіншісі – америкалық NAVSTAR GPS жүйесі – Navigation System with Time And Ranging Global-Positioning System (арақашықтық пен уақытты анықтаудың навигациялық-позициялау жүйесі). Бұл жағдайда «позициялау» деген сөзді координаталарды анықтау деп түсіну керек.

Позиционирлеудің ғаламдық жүйесі – GPS. Бүгінде маркшейдерлік практикаға жерсеріктік навигациялық жүйелердің (GPS, ГЛОНАСС, Galileo) енуі, жер бетіндегі маркшейдерлік тірек және түсірім тораптарын құруды қарқынды дамытты.

Позиционирлеудің ғаламдық жүйесінің негізгі бөліктеріне: *ғарыштық блок, жер бетіндегі бақылау блогі және тұтынушы блоктар* жатады.

Осының ішіндегі көп функциялық міндетін *ғарыш блогі* атқарады. Ғарыштық топта 24 жердің жасанды серіктері (ЖЖС) бар, олар орбитада қатаң тәртіппен орналастырылған, өйткені кез келген уақытта жердің кез келген нүктесінде тұрып 4 ЖЖС-тен ғана тікелей көрініс болу керек. ЖНЖ орбитасының биіктігі шамамен 20 000 км болуы тиіс, ол әрбір жер серігінен радиокөрінушіліктің сипатын ғаламдық тұрғыда қамтамасыз етеді. Мұндай биіктіктегі ЖНЖС-нің айналу кезеңі шамамен 12 сағат құрайды. Орбита биіктігі ЖНЖС-нің айналу кезеңі, жұлдызды тәуліктің жартысына тең болатындай етіп іріктеліп алынған. Осының әсерінен, жұлдызды тәулікте бір рет әрбір ЖНЖС жер бетінің бірдей нүктесінен өтеді. Әрбір орбитадағы жер серіктері 1,5 сағат аралығында жүреді және экваторды 22,50С бойлық бойынша жылжып, қиып өтеді. ЖНЖС-нің мұндай қозғалу құрылымы әрбір жер серігін тәулігіне 1 рет жүйенің бақылау-өлшеу пунктінен, оның жұмысын қадағалауға мүмкіндік береді.

Белгілі бір жерді анықтаудың қажетті дәлдігіне сигналдарды бір мезгілде, кем дегенде 4 ЖНЖС-ден қабылдау кезінде жетеді. Сондықтан шоқжұлдыздағы жерсерігінің саны, кем дегенде, 24

болуы қажет. Сонымен қатар, белгілі бір жерді анықтау дәлдігіне ЖНЖС-нің орналасу геометриясы да әсер етеді. Олар барлық аспан сферасы бойынша біртекті орналасуы тиіс. Ол үшін жер серіктерінің жазықтықтары бір-біріне қатысты бірнеше орбиталарда біртекті орналасады.

Жер бетіндегі бақылау блогы орбита параметрлерінің өзгерістерін анықтау, ЖЖС жоғарыдәлдікті бақылау және алынған ақпараттарды өңдеу мен оларды серікке жіберу үшін арналған. Бұл блок стационарлы пункттер торынан және ЖЖС іздеу аппараттарымен жабдықталған.

GPS басқару блогы төрт жер беті мониторинг станциясынан тұрады, олар жер шарының әртүрлі бөлігінде орналасқан. ГЛОНАСС орбиталды кешенін қадағалап отыратын Бас Орталығы Мәскеу облысының Голицино қаласында орналасқан. Қалған мониторингті станциялар жер серіктен радиосигналдарды қабылдап, солар бойынша әрбір серіктің орбиталды моделін құрастырады.

Тұтынушы блок жер беті тұтынушыларымен қоса ғарыштық аппараттарды қабылдау қасиетіне ие. Ғарыштан келген радиосигналдар, ғарыштық радиобергіштің фазалы центрінен қабылдағыштың фазалы центріне дейінгі арақашықтықты анықтауға арналған. Осы арақашықтықты анықтау үшін ғарыштан қабылдағышқа берілген радиосигналдың уақытын есептейді.

Қабылдағыштың орналасқан жерінің төрт координатын (X, Y, Z , Time) алу үшін, кем дегенде, төрт серіктен радиосигнал қабылдау қажет. Қабылдағыш навигациялық радиосигналдарды қабылдау кезінде радиотехникалық әдістерді қолдана отырып, көрінетін серікке дейін қашықтығын және оның жылжу жылдамдығын анықтайды.

Осы кезде жаңа жүйелерде нүкте координаталарын анықтау дәлдігін күрт жоғарылатуға, сондай-ақ навигациялық мәселелердің бүкіл кешенін нақты уақыт аралығында шешуге мүмкіндік туады. Бұл ЖНЖС деректерін тұтынушылар санының едәуір өсуіне алып келді. Навигациядан бөлек координаталарды анықтау дәлдігін жоғарылату, жер серігінің технологияларын геодезияда, геодинамикада, топографияда, жерді алыстан зондтауда, геоақпараттық технологияларда, т.б. пайдалануға мүмкіндік береді.

ГЛОНАСС жерсерктік навигациялық жүйесі (ғаламдық навигациялық спутниктік жүйе, Ресей). ГЛОНАСС жүйесінің серіктері үш орбита жазықтарында, әрқайсысы 8 данадан, экватор жазықтығына 64,80-қа көлбеу бұрышпен орналасады. Шеңберлі орбитаның биіктігі 19 100 км. Ал жер айналасындағы серіктердің айналу периоды – 11сағ 15 мин 44 сек. 1982 жылдан бастап 74 ЖНЖС жіберіліп, қазіргі уақытта 18 жер серігі жұмыс істейді.

Осылай ГЛОНАСС жер серігінің радионавигациялық жүйесі қазіргі уақытта даму сатысында. Сонымен қатар, берілген жүйе жер серігінің әрекет етуші шоқжұлдызы, GPS жүйесінің ЖНЖС-мен бірге қолданылады. Ол екі жүйенің де ЖНЖС сигналдарын қабылдауға есептелген пайдаланушы аппаратурасы (GPS қабылдағыштары) арқылы позициялаудың қолайлы жағдайын құруға мүмкіндік береді.

Келешекте ГЛОНАСС және GALILEO жүйелерінің қосылып, бір ғаламдық жүйені құрайтыны сөзсіз. Сөйтіп, қазіргі таңда GALILEO ЖСНЖ-інің ғарыштық сегменті өрістеуде.

Ғаламдық позиционирлеу жүйесін маркшейдерлік істе қолдану негізгі үш бағыт бойынша жүргізіледі.

Бірінші бағыт – ашық кен жұмыстарының бөліктері мен жер бетіндегі маркшейдерлік тірек тораптарын құру мен қайта тұрғызу үшін және фотограмметриялық әуе түсірістеріне геодезиялық дайындық жүргізу мақсатында қолданылады.

Екінші бағыт – көмірсутек өндіру ұңғымалары бар кен орындарындағы жерүсті және коммуникациялар түсірімдерін, ашық тау-кен өндірісінің, инженерлік ғимараттар түсірімдерін, сонымен қатар жобалық және бөлу жұмыстарын орындау. Ғаламдық позиционирлеу жүйесі қолжетімсіз, қиын да алыс орналасқан аймақтарда, мемлекеттік геодезиялық тораптарды (МГТ) және үлкен карьерлерде тірек жүйелерін жиілетуде маркшейдерлік-геодезиялық жұмыстарды атқара алудың жалғыз ғана оңтайлы нұсқасы болып табылады (4.7-сурет).

Үшінші бағыт – бұл жер бетіндегі жылжулар мен ғимараттар элементтерінің деформациясын жүйелі түрде жүргізетін мониторингтерде қолданылады. Қазіргі таңда GPS-мониторинг қызметі отандық ірі тау-кен өндірісі кәсіпорындарында табысты қолданыс табады.



4.7-сурет. Карьердегі GPS құрылымдарының схемасы

Төртінші бағыт – кәсіпорынның жүк тораптарын басқару секілді және т.б. диспетчерлік қызметті талап ететін құрылғылар мен жабдықтарды автоматты басқару жүйесін жасау үшін қолданылады.

Жерсеріктікгеодезиялықаппаратураларды жоғарыда көрсетілген бағыттардағы мәселелерді шешуде қолданудың өте маңызды нәтижелерін Қазақ ұлттық техникалық университеті мен Қарағанды мемлекеттік техникалық университетінің «Маркшейдерлік іс» кафедралары алып отыр. Тау жыныстары массивінің жылжулары мен деформацияларын мониторингтеу Қазақстанның Соколов, Сарыбай, Кашар, Алтынтау, Ақжал, Шұбаркөл және т.б. карьерлерінде жүргізілуде.

4.3.6. Карьердегі автоматтандырылған бақылау стансасы

Қазақстанның пайдалы қазбаларын өндірумен айналысатын бірнеше карьерлерінің тереңдігі 300 м асып кетті, олар: Качар,

Акчий-Спасск, Қоңырат, Николаев, Соколов, Сарыбай және тағы басқалары. Бұл карьерлерді «Соколов-Сарыбай тау-кен өндірістік бірлестігі» (ССГПО) АҚ және «Қазахмыс» Корпорациясы сияқты ірі тау-кен өндіріс орындары (4.8-сурет).



4.8-сурет. Соколов карьері

Осындай жағдайда карьер кемерлері қиябеттерінің орнықтылығын қамтамасыз ету және қадағалап отыру өзекті мәселесі болады. Бұл мәселені шешу – карьер қиябеттері жағдау массивтерінің жай-күйіне кешенді зерттеулер жүргізу арқылы жүзеге асырылады.

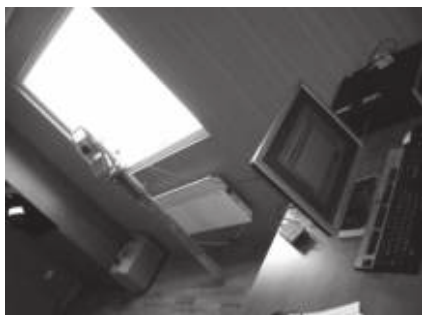
Өте терең карьерлерде қиябет деформацияларын маркшейдерлік бақылаулар электронды аспаптар мен бағдарламалық өнімдерді пайдалану арқылы жүргізіледі, яғни автоматты және жартылай автоматты бақылау жүйелерін өндіріс жағдайына енгізуге мүмкіндік береді.

Деректерді автоматты түрде алу үшін бағдарламалық кешен пайдаланылады. Ол Microsoft басшылығымен жұмыс істейтін: Windows 95/98, Windows 2000 операциялық жүйедегі CREDO бағдарламасы, өйткені бұл қазіргі кездегі ең қолайлы, заманауи графикалық интерфейсі бар операциялық жүйе.

Автоматтандырылған жүйенің әсерлі жұмыс істеуі үшін бағдарламалық кешендерден басқа, бірнеше техникалық жағдайлар орындалуы тиісті (4.8-сурет):

- өлшеу күркесі (өлшеулер жүргізілетін пункт) орнын таңдау және орнату;
- аспап орнатылатын тұғырлықтың (бағананың) конструкциясы;
- бақыланатын және қадағалау нүктелерін дұрыс жерлерге орнату.

Өлшеу күркесі аспапты қоршаған орта әсерінен қорғау және дәлдігін жоғарылату үшін қолданылады (4.9 а-сурет).



4.9-сурет. Васильков карьеріндегі автоматтандырылған бақылау а – бақылау күркесі; ә – аспаптық бағана және компьютерлік стол

Аспаптық бағана (4.9 ә-сурет) металдан немесе бетоннан жасалады. Оның биіктігі 2,2-ден 2,5 метр аралығында, 1,0 метр тереңдікке бетондалып бекітілген. Бағананың үстінгі жағында аспапты бекітетін винт және призмалық шағылдырғышы бар горизонталь алаңша орнатылады.

Профильдік сызықтардың қиябет алаңшаларындағы (бермалары) жұмыс реперлеріне тұрақты призмалы шағылдырғыштар орнатылады. Шағылдырғыш орнатылған жұмыс репері алаңша деңгейінен 0,3-0,5 м биіктікте, автоматты және жартылай автоматты бақылаулар кезінде жақсы көрініп тұрулары қажет.

4.4. Қазақстан карьерлері қиябеттеріндегі тау жыныстары массивінің деформацияларын бақылаудың нәтижелері

Карьерлер беткейлерінің абсолют деформацияларын бақылау профильдік сызықтарда жүргізілді. Бақылау жұмыстарын жүргізу

үшін алдымен бақылау стансасының жобасы жасалып, сол жобаға сәйкес станса салынды және әрі қарай жүйелі түрде бақылаулар жүргізілді, әрі қарай өлшеу нәтижелері компьютерлік өңдеуден өтті.

Әрбір профильдік сызықтар бойынша ведомостар жасалынды, олар: реперлердің вертикаль бағытта сырғулары, профильдік сызық бойынша реперлердің горизонталь бағытта сырғулары, горизонталь деформациялардың (созылулар мен сығылулар), реперлердің векторлар бағытымен жылжу жылдамдықтары.

Сонымен қатар, графликтік құжаттар жыл сайын өзгерістермен, бақылау стансасының планы мен әр профильдік сызықтар бойындағы вертикаль қималары жаңадан пайда болған жарықшақтар, жарылымдар және т.б. толықтырылып отырылады. Әрі қарай айтылып отырған әдістеме бойынша Қазақстанның кейбір карьерлерінде бақылаулар нәтижелеріне жүргізілген тоқталамыз.

Ақжал түсті металдар кен орнының «Центральный» карьеріндегі стансада 2003-2007 жылдар аралығында 9 рет, ал қысқа профильдерде 5 рет бақылаулар жүргізілді және олардың нәтижелері 4.3, 4.4-кестелерде, ал шөгу графиктері – 4.10 және 4.11-суреттерде келтірілген.

Қысқа мерзімде тау жыныстар массивінің жай-күйі жайында жылдам мәліметтер алу үшін аспаптық бақылаулармен қатар салыстырмалы деформацияларды көзбен шолу жұмыстары да жүргізілді. Көзбен шолу бақылаулары жарықшақтар жүйелерінің дамуын геофизикалық аспаптар мен жабдықтар арқылы жүзеге асырады.

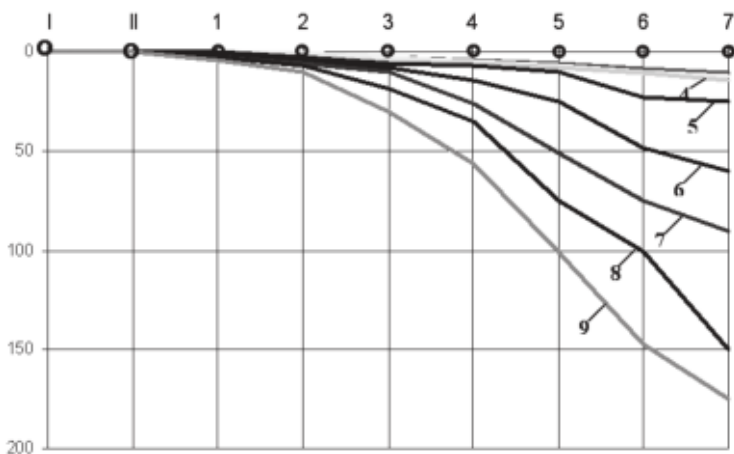
Карьер жағдаулары тау жыныстарының жылжу процесін зерттеуде вертикаль құрастырушы электронды тахеометр немесе лазерлік нивелир арқылы жүргізілген, дәлдігі жоғары қайталанған өлшеулер нәтижесінде анықталады. Мәселен, II класты нивелирлеу LEIKA WILD фирмасының NA 3003 цифрлы нивелирімен тура және кері бағыттарда екі рет жүргізілді. Нивелирдің дәлдігі 0,4 мм аспайды, яғни ол I класты нивелирлеу алабына сәйкес келеді. Электронды тахеометрмен нивелирлеу және жұмыс істеу кодталған сигналдарға негізделген.

1-1–профильдік сызық бойынша реперлердің шөгу ведомосы

	1-бақылау, м (25.04.03)	2-бақылау, м (20.08.03)	1-2, мм	3-бақылау, м (26.05.04)	1-3 мм	4-бақылау, м (20.09.04)	1-4 мм	5-бақылау, м (14.05.05)	1-5 мм
I	642,745	642,745	0	642,745	0	642,745	0	642,745	0
II	640,115	640,115	0	640,115	0	640,115	0	640,115	0
1	638.608	638.608	0	638.608	0	638.607	1	638.607	1
2	640,113	640,112	1	640,112	1	640,111	2	640,110	3
3	627,261	627,258	3	627,258	3	627,256	5	627,255	6
4	627,786	627,782	4	627,781	5	627,780	6	627,779	7
5	611,001	610,995	6	611,994	7	611,993	8	611,991	10
6	612,557	612,548	9	612,547	10	612,546	11	612,544	23
7	636,797	636,786	11	636,785	12	636,783	14	636,780	25

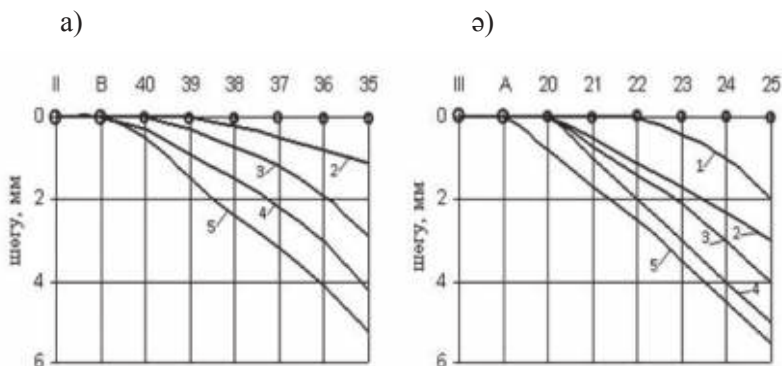
4.2-кестенің жалғасы

	1-бақылау, м (25.04.03)	6-бақылау, м (18.08.05)	1-6, мм	7-бақылау, м (25.05.06)	1-7 мм	8-бақылау, м (24.09.06)	1-8 мм	9-бақылау, м (21.09.07)	1-9 мм
I	642,745	642,745	0	642,745	0	642,745	0	642,745	0
II	640,115	640,115	0	640,115	0	640,110	0	640,110	0
1	638.608	638.606	2	638.605	3	638.605	3	638.604	4
2	640.113	640.608	5	638.607	6	638.606	7	638.603	10
3	627,261	627,253	8	627,251	10	627,242	19	627,231	30
4	627,786	627,772	14	667,760	26	627,751	35	627,730	56
5	611,001	611,975	26	610,940	51	610,936	75	610,900	101
6	612,557	612,537	48	612,532	75	612,530	100	612,410	147
7	636,797	636,771	60	636,767	9	636,759	150	636,622	175



4.10-сурет. I-I профильдік сызық бойынша реперлердің шөгү графигі бақылаулар: 1 – 2003 ж. көктемі; 2 – 2003 ж. күзі; 3 – 2004 ж. көктемі; 4 – 2004 ж. күзі; 5 – 2005 ж. көктемі; 6 – 2005 ж. күзі.; 7 – 2006 ж. көктемі; 8 – 2006 ж күзі және 9- 2007 ж. күзі.

Аспаптағы микропроцессор рейкадан алынған көрсеткішті және рейка мен аспап арасындағы қашықтықты есептейді.



4.11-сурет. Профильдік сызықтар бойынша реперлердің шөгү графиктері: а – профильдік сызық II-II және ә – профильдік сызық III-III
1 – бақылау, 2003 ж. көктемі; 2 – бақылау, 2003 ж. күзі; 3 – бақылау, 2004 ж. көктемі.; 4 – бақылау, 2004 ж. күзі және 5 – бақылау, 2005 ж. көктемі

«Центральный» карьеріндегі II-B профильдік сызық
бойынша реперлер шөгүлерінің ведомосы

	1-бақылау-лар, м (25.04.03)	2-бақылау-лар, м (20.08.03)	1-2, мм	3- бақылау-лар, м (26.05.04)	1-3 мм	4-бақылау-лар, м (20.09.04)	1-4 мм	5 –бақылау-лар, м (14.05.05)	1-5 мм
II	637,725	637,725	0	637,725	0	637,725	0	637,725	0
B	640,675	640,675	0	640,675	0	640,675	0	640,675	0
40	630.525	630.525	0	630.525	0	630.525	0,3	630.524	0,5
39	630,233	630,233	0	630,233	0,3	630,232	0,9	630,259	1,5
38	620,261	620,260	0,2	620,260	0,7	620,260	1,5	620,259	2,4
37	619,860	619,859	0,5	619,859	1,2	619,858	2,2	619,857	3,2
36	610,510	610,509	0,8	610,508	1,9	610,507	3	610,506	4,10
35	610,507	610,506	1,1	610,504	2,90	610,503	4,2	610,502	5,2

Арнайы компьютерлік бағдарламаларда биіктік белгілері өлшеу жұмыстары жүріп жатқан мезгілде анықталып тіркеледі.

Карьер беткейлері қиябеттерінің деформацияларын аспаптық бақылаулар мен көзбен шолып қадағалап отырулар нәтижесінде қиябеттердің әлсіз учаскелерін айқындауға және олардың экологиялық тұрғыдан қауіп дәрежесінің категорияларын, деформацияланатын массивтің сырғу жылдамдығын анықтауға мүмкіндік туғызады.

4.5-кестеде карьер қиябеттері деформацияларының жіктемесі келтірілген. Бұл жіктеменің белгілері: карьер қиябеттерінің бұзылуы кезеңдері, даму мезгілі, деформациялану сипаты, жылжудың шамасы, орнықтылық қоры және экологиялық қауіп дәрежесі.

Карьер қиябеттері деформацияларының жіктемесі

Кезеңдері	Даму мезгілінің ұзақтығы	Деформациялану сипаты	Шөгу	Сырғу жылдамдығы	Орнықтылық қоры	Қауіп дәрежесінің категориясы
Жасырын	Оншақты жыл	Ұсақ жарықшақтар	Он шақты миллиметрге дейін аралықта	Тұрақты жылдамдық	1,3 және жоғары	Қауіпсіз
Аралықбелсенді	Айларжыл	Көзге көрінетін ұсақ жарықшақтар жылжымалар, сусымалар	Он шақты миллиметр және одан жоғары	Үдей түсетін жылдамдық	1,3-1,2	Потенциалды қауіпті
Белсенді	Ай-апталар, сағаттар-минуттар	Жарықшақтармен шектелген алғаш сырғитын және кейіннен өлінетін массив	Метрлер және оншақты метрге дейін	Үдеудің өсе түсуі	1,1-1,0	Қауіпті

Сөйтіп, жүргізілген мониторингтер нәтижесінде негізінен екі мақсатқа қол жетті:

- біріншіден, кәсіпорындардың Маркшейдерлік қызметі координаталары жоғары дәлдікпен анықталған тірек пункттерімен (бұрынғылары және жаңадан салынғандары) қамтамасыз етілді;
- екіншіден, кен орны төңірегіндегі жер қыртысының техногендік деформациялары анықталды. Карьер беткейлерінің орнықтылығын қамтамасыз ету мақсатымен жүргізілген GPS бақылауларының нәтижесінде карьерлер мен разрездердің қиябеттерінің көлбеу бұрыштарын жоғарылатудың және тау жыныстары ішкі үйінділерінің параметрлерін анықтаудың негіздемесі жасалынды.

4.5. Карьер кертпештері мен беткейлерінің орнықтылығын есептеу

Ашық кен орындарын жобалау, салу және игеру кезінде карьер кертпештерінің көлбеу бұрыштарын дұрыс әдіспен есептеу өте маңызды іс. Пайдалы қазбаларды ұтымды пайдалану, еңбек қауіпсіздігін арттыру және құнсыздануға жол бермеу карьер кертпештерінің тұрақтылығына, көлбеу бұрышына тікелей байланысты.

Карьер кемерін арнайы есептеулер арқылы құламайтын етіп жобалауға және жасауға да болады. Ол үшін беткейдегі тау жыныстарының беріктілік қорын білу қажет, яғни орнықтылық коэффициентін - η анықтау керек.

Карьер кемерін орнықты етіп жобалауда, ең алдымен тау жыныстарының беріктілік қорын, яғни орнықтылық коэффициентін анықтау қажет. Орнықтылық коэффициенті деп карьер кемерін құлаудан ұстап тұратын барлық күштер қосындысының оны жылжытатын күштер қосындысына қатынасын айтады және ол мына (4.2) формуламен анықталатындығы жоғарыда айтылған-ды.

$$\eta = \frac{\sum S_{уст}}{\sum T_{сыр}} = \frac{\sum F_{үйк} + \sum F_{ит}}{\sum T_{сыр}} \quad (4.2)$$

Егер сырғытатын күштер $\sum T$ сәл ғана асып кетсе, онда жылжу процесі басталады. Демек, орнықтылық коэффициенті неғұрлым үлкен болса, соғұрлым кертпештер орнықты жағдайда болады.

Бірақ шамасы өте үлкен коэффициент – қиябетті көлбеулетеді, яғни карьердегі аршу жыныстарының көлемін үлғайтады. Сондықтан карьер беткейлерін жобалағанда 1,3 деп алады.

Карьер кемерінің жоғары жағында созылу кернеуі әсерінен жарықшақтар пайда болып, тік қалпында құлап түседі. Оны тік жар H_{90} деп айтады және оның биіктігі мына формуламен анықталады:

$$H_{90} = \frac{2C}{\gamma} = ctg \left(45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \quad (4.3)$$

мұндағы c – жыныстардың ілінісу коэффициенті, Мпа
 ρ – жыныстардың ішкі үйкеліс бұрышы, град;

γ – жыныстардың орташа тығыздылығы, Па.

Тік жардан кейін жылжудың қисық беті басталады. Жылжу бетті есептеудің көптеген әдістері бар. Олардың ішінде ең жиі қолданылатыны Г.Л.Фисенко әдісі, енді соған көңіл аударалық (4.11-сурет).

Есептеудің бұл әдісінде кертпеш орнықтылығының қоры өте жоғары. Жылжу бетінің пішіні мына тәртіппен сызып алынады:

1. Кертпеш қимасында жер бетінің H_{90} -ға тең қашықтықта ВД түзуі жүргізіледі және В нүктесінен тік АВ кесіндісі салынады.
2. ВД сызығында кез келген бір нүкте Д белгіленіп, ВД түзуіне $45+\rho/2$ бұрыш жасайтын ДС сызығы және осындай бұрышпен В нүктесінен ВС сызығы да жүргізіледі.
3. Кертпештің төменгі нүктесі М-нен МА сызығына $45^\circ - \rho/2$ бұрышымен МК түзуі жүргізіледі.
4. МК түзуіне М нүктесінен бастап MP, PP', P' P « тең кесінділері, ал ДС түзуіне С нүктесінен төмен қарай СС' С"С" және С"С₀ тең кесінділер салынады.
5. P, P', P" нүктелерінен кертпештің МА көлбеу сызығына параллель сызықтар, ал С', С" және С₀ нүктелерінен ВС түзуіне параллель сызықтар жүргізіледі. Осы параллель сызықтардың қиылысқан нүктелері F, F₁, F₂ арқылы МК сызығымен қиылысқанша FO түзуін жүргізеді.
6. О нүктесінен ДС-ға параллель етіп, ВД сызығымен қиылысқанша түзу жүргізіліп, Е нүктесін табады.
7. Кертпештің Е нүктесінен ОЕ-ге, ал М нүктесінен МК-ға перпендикуляр тұрғызсақ, ол перпендикулярлардың қиылысқан нүктесі арқылы шеңбер жүргізуге болады.

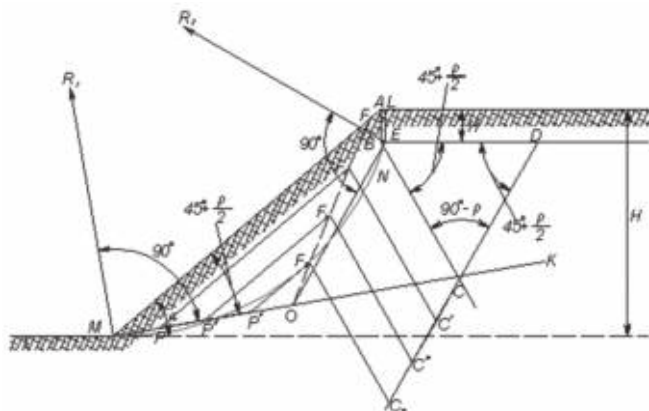
Шеңбер М және Е нүктелері арқылы өтіп, MEL қисық сызығы алдынады және бұл кертпештің жылжу беті деп аталады.

Анықталатын жылжу бет (4.2) формуласымен тексеріледі.

Ол үшін сырғуға ықтимал үшкілді ірі масштабпен жеке сызып алып, вертикаль сызықтармен бірнеше призмаларға бөледі (4.12-сурет). Әр призманың ауданын – S_i , ондағы жыныстардың салмағын – Q_i анықтайды. Салмақ I м карьер ұзындығы бойынша мына формуламен есептеледі:

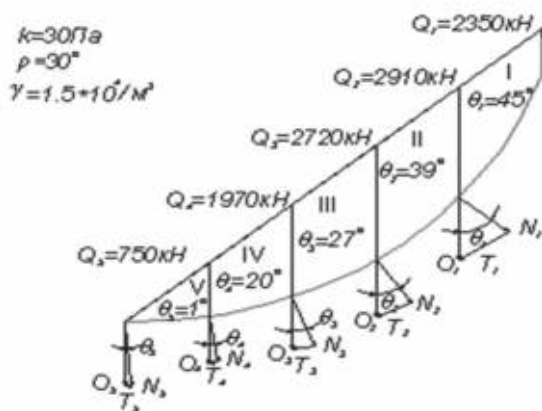
$$Q_i = S_i \cdot \gamma \quad (4.4)$$

мұндағы Q^i – призмалардағы тау жыныстардың салмағы,
 S_i – призмалардың ауданы, m^2 ;
 γ – жыныстардың үлестік салмағы, Mn/m^2 .



4.12-сурет. Сырғу беттің орнын анықтау схемасы

Призмалардың шекарасы болып тұрған вертикаль сызықтарды призма салмақтарына сәйкес төмен қарай созып, ол сызықтардың жылжу бетпен қиылысқан нүктелеріне перпендикуляр және жанама сызықтар жүргізіледі, яғни салмақ – Q ; екі күшке жіктеледі: жылжуға ықтимал үшкілді ұстап тұратын – N_{yc} және жылжытуға әсер ететін – $T_{сыр}$ -ға жіктеледі.



4.13-сурет. Сырғу беті (4.2) формуласымен тексеру

Олар мына формуламен анықталады:

$$N_i = Q_i \cos \theta_i \text{ және } T_i = Q_i \sin \theta_i \quad (4.5)$$

Мұндағы, θ – бұрышының мәндері (4.12-суреттен) өлшеніп алынады,

N_i және T_i есептелген мәндері 4.6-кестеде берілген.

Жылжу беттің ұзындығы L -дің мәнін суреттен масштаб бойынша анықтайды.

4.6-кесте

(14.5) формулалармен есептелген нәтижелер

	Qi Мн	Өі град	N _{yc} . Мн	T _{сыр} . Мн
I	2,33	45	1,65	1,65
II	2,91	39	2,26	1,83
III	2,72	27	2,43	1,24
IV	1,97	20	1,85	0,67
V	0,75	7	0,74	0,09
		Σ=	8,93	5,48

(4.5) формуламен анықталған мәндерді (4.2) формуласына қойып тексергенде, орнықтылық коэффициенті

$$n = \frac{tg\rho \sum N_i + kL}{\sum T_i} = 8,93 / 5,48 = 1,6 \text{ тең болды, яғни карьер қиябеті}$$

орнықты. Ал, карьер беткейі орнықсыз болса, онда жылжу процесіне қарсы шаралар қолданылады.

4.6. Жылжуға қарсы шаралар

4.6.1. Карьер қиябеттеріндегі геомеханикалық процестерді басқару туралы түсінік

Тау жыныстары массивінің кернеулі күйі мен деформациялану процестерінің жалпы теориясының дамуы мен жетілдірілуі карьер қиябеттерінің орнықтылық мәселелерін шешудің ғылыми негізін қалады. Сонымен қатар, осы саладағы көптеген жұмыстардың

мақсаты карьер қиябеттерінің орнықты параметрлерін белгілі бір уақыт аралығы үшін анықтаумен шектелді. Осындай маңызды мәселені шешудің мұндай жолы теориялық және практикалық тұрғыдан қарағанда *пассивті* (енжарлы) жол деп айтуға болады.

Бұл мәселені шешу үшін *активті* (белсенді) жол іздеу қажеттігін, яғни тау жыныстары массивінің жай-күйін басқарып отыруға негізделген амалын табу керектігін, 1970-жылдардың басында алғаш рет академиктер Н. В. Мельников пен В. В. Ржевскийлердің айтқандарына жүгінейік.

Н. В. Мельников бұл мәселені тау-кен ісі саласындағы ең маңыздысы және қиябеттерді басқару бірінен кейін бірі жүріп отыратын екі кезеңнен тұратындығын атап кетті. Олар: біріншіден, карьер қиябеттерінің бұрыштарын дұрыс есептеу, екіншіден, қиябеттерді беріктейтін жанама әдістер мен жабдықтарын жасау. Сондықтан тау-кен кәсіпорындарын ең жоғары экономикалық көрсеткіштерге жеткізу және ауылшаруашылық жерлерін сақтау үшін карьер беткейлері қиябеттерінің орнықтылығын басқара білуді естен шығармайық.

Жылжуларға қарсы шаралар карьер қиябеттері тепе-теңдік жағдайының бұзылмауына және жылжу процесінің әрі қарай дамуына жол бермеуге негізделген. Карьер кемерлерінің жылжуы, қиябеттердің деформациялануы өндіріс орнына үлкен нұсқан келтіреді, кен қазып алудың технологиялық процестерін тоқтатады, пайдалы қазбаның ысырапқа ұшырауына әсерін тигізеді және құлаған жыныстарды аршу жұмыстарын жүргізуге мәжбүр етеді.

Егер карьердің жұмыс кемерлері мен жиектерінің параметрлері дұрыс есептелсе, онда жалпы орнықтылықтың қамтамасыз етілгені. Бірақ карьердің кейбір учаскелерінде геомеханикалық процестер жүріп, жылжу ошақтары пайда болуы мүмкін. Міне, осындай жағдайларда карьер кемерлері мен беткейлерінің орнықтылығын қамтамасыз ету үшін, геомеханикалық процестерге қарсы әртүрлі шаралар жасап, процесті басқарып отырға тура келеді.

Сөйтіп, карьер жағдауындағы тау жыныстарының деформациялану процесін басқару немесе беткейлердің орнықтылығын басқару – карьердегі тау-кен жұмыстарын қауіпсіз және экономикалық тиімді жүргізуді қамтамасыз етуге бағытталған және жүйелі түрде жүргізілетін кешенді әдістердің жиынтығы (4.13-сурет).



4.13-сурет. Карьердегі геомеханикалық процестерді басқару тәсілдерінің жіктелімі

Осы жіктемеде көрсетілген тәсілдердің бірін қолдану арқылы тау жыныстарының жылжуын тоқтатуға немесе азайтуға болады:

- карьер кертпешінің және жиегінің бұрышын көлбеулеу;
- жылжуға, опырылуға бейім учаскелерде жыныстарды, не кенді алмай тастап кету, яғни бөгеу тіреуіштерін қалдыру;
- кернеуленіп тұрған призмалардағы жүктемені азайту;
- жылжу ошақтарын түсіру және тазалау;
- жыныстар массивін жасанды әдістермен нығайту.

Қолдануға ұсынылып отырған геомеханикалық процестерді бақарудың кешенді тәсілдері төрт шартты қанағаттандыруы керек, олар: техникалық сенімділік; технологиялық; жан-жақтылық; экономикалық мақсатқа сәйкестілік.

Техникалық сенімділік – тау-кен кәсіпорнын пайдаланудың барлық мерзімінде массивтегі тау жыныстарының жай-күйін жобаланған көрсеткіштерге жеткізу.

Технологиялық – кәсіпорында қолданыстағы жабдықтар мен материалдарды қолданып, аз уақыт ішінде қойылған талаптар бойынша жылдам нәтиже алудың қарапайым технологиясы.

Жан-жақтылық – деформациялық процестерді басқаруға байланысты бір немесе бірнеше (кешенді) мәселелерді шешудің әдістерін пайдалану.

Экономикалық мақсатқа сәйкестілік басқа техникалық шешімдермен салыстырғанда максимал экономикалық тиімділікке қол жеткізетін әдіс.

Ұсынылатын әдістердің барлығында да техникалық сенімділіктің талабы орындалуға тиісті.

4.6.2. Кенді ашу схемасын, қазу жүйесін және тау-кен жұмыстарының тәртібін өзгерту арқылы деформациялық процестерді басқарудың әдістері

Осы күнгі ғылыми-техникалық әдебиеттерде деформациялық процестерді, кен орнын ашудың схемасын, қазу жүйесін және тау-кен жұмыстарының тәртібін өзгерту арқылы, басқарудың бірнеше әдістері жан-жақты баяндалған.

Тау-кен кәсіпорындарында ең жиі қолданыстағы әдістер:

- 1) жартасты және жартылай жартасты жарықшақты тау жыныстарынан түзілген карьер қиябеттерінде жаппай аттырудың әсерін төмендету;
- 2) карьер алаңында орналасқан өндіріс нысандарын қорғауда және біріктірген (ашық және жерасты) әдіспен кен қазуда сақтандыру кентіректерін қалдыру;
- 3) кемер қиябетінің немесе беткейдің бұрышын көлбеулету;
- 4) жылжу ошағын түсіріп тазалау.
- 5) жыныстар массивін жасанды әдістермен нығайту.

Біздер осы әдістердің ашық кен жұмыстарында ең көп таралғандарына тоқталамыз.

Жаппай аттырулардың әсерін төмендету. Карьер беткейлерінің орнықтылығына аттырулардың әсерін төмендетудің тәсілдерін

екі топқа бөлуге болады. Бірінші топ тәсілдерінде кен қазудың тәртібін өзгертпей, аттыру жұмыстарының параметрлерін өзгертуге бағытталған. Мұнда зарядтың конструкциясын, салмағын өзгертеді және контурлық жарылыс жүргізеді.

Екінші топқа аттыру жұмыстарының параметрлерін сол калпында қалдырып, кен қазудың тәртібін өзгерту.

Кемер қиябетінің бұрышын көлбеулету. Бұл тәсілдің мәні – жылжулар болмайтындай етіп карьер кемерлері мен беткейлерінің бұрыштарын белгілі бір шамаға дейін көлбеулету.

Жылжу ошағын түсіріп тазалау тәсілі тау жыныстарының қатпарлары қазылып алынған кеңістікке қарай бағытталғанда және құлау бұрышы 18-20°-тан кем болғанда, жақсы нәтижелер береді. Тау-кен жұмыстары кезінде тау жыныстарының қабаттары кесіледі де, жатыс беттер арқылы сырғулар пайда болады. Сондықтан жылжуларды болдырмас үшін алдын ала тау жыныстарының осал бөліктерін түсіреді және түсіріп тазалап отырған сайын қиябеттің орнықтылығы арта түседі. Сөйтіп, кемердегі тау жыныстарының қатпарлары бойымен жылжуын тоқтату үшін мезгіл-мезгіл қиябеттегі тау жыныстарының бір бөлігін тазалап қалпына келтіріп отырған тиімді.

Сақтандыру қорғандарын жасау әдісі. Тау жыныстарының деформацияларынан, әсіресе жоғарғы қабаттардан үлкен кесек тастар құлап кетуден қорғану үшін сақтандыру қорғандары жасалады.

Тау-кен жұмыстарының қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін сақтандыру шараларын жүргізу қажет. Мұндай шаралардың ішіндегі ең тиімдісі және қарапайымы – уатылған тау жыныстарынан сақтандыру қорғандарын жасау.

Қиябеттердің опырылуға, жылжуға бейім жерлерінде олардың әсерін бәсеңдету үшін тіреу призмасын жасау, яғни кертпештің төменгі жағына бос тау жыныстардан үйіндісін төгу. Сақтандыру қорғандарының параметрлері тау жыныстары кесектерінің салмақтарына және олардың құлау жылдамдықтарына байланысты, ал жылдамдық – кесектердің пішіні мен өлшемдері, беткейлер мен жеке қиябеттердің геометриясы және т.б. факторлар бойынша анықталады.

4.6.3. Тау жыныстары массивін жасанды түрде бекіту әдістері

Карьер қиябеттерін және беткейін нығайтудың жасанды әдістері үш топқа бөлінеді.

Бірінші топқа тау жыныстарының құрамын, құрылымын және қасиеттерін өзгертпейтін әдістер, яғни механикалық нығайтулар кіреді.

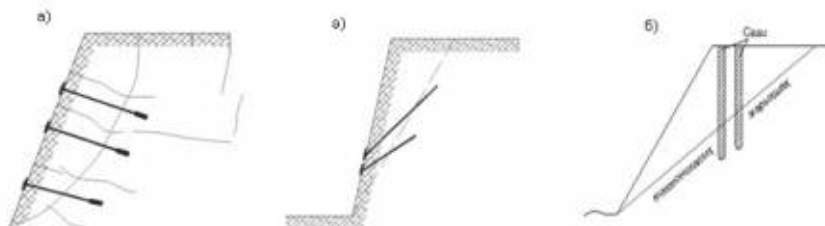
Екінші топқа тау жыныстарының құрамын, құрылымын және қасиеттерін жарым-жартылай өзгертетін әдістер кіреді. Оған тау жыныстарын тығыздайтын, бетін жабындылармен бекіту жатады.

Үшінші топ – тау жыныстарының құрамын, құрылымын және қасиеттерін барынша өзгертетін әдістерді қамтиды. Ол топқа силикаттау, цементтеу, электрохимиялық бекіту сияқты әдістер кіреді.

Тау жыныстарының құрамын, құрылымын және қасиеттерін өзгертпейтін бекіту әдістері.

Қарнақты және анкерлі бекітпелер. Әлсіз тау жыныстарын қарнакпен бекітуде массивте ұңғыма бұрғылап және сол ұңғыманың ішіне металдан жасалған қарнақтарды орнату. Қарнақтар жеке блоктарды бір-бірімен байланыстырады. Қарнақтардың арасы мен қабырғалары цементтеледі.

Анкерлі бекітпе деп бұрғыланған шпурлардың ішіне металдан немесе ағаштан жасалған асалған бекітпе орнату. Анкерлі бекітпелер ірі блокты тау жыныстарын нығайту шін қолданылады (4.14 а-сурет), анкерлердің ұзындықтары әлсіз зонаның қалыңдығына қарай анықталады.



4.14-сурет. Карьер кемерлерін нығайтудың әдістері:

а – анкерлі бекітпелер; б – иілмелі сымдар; б – темір-бетонды қадалар

Бірінші топ әдістеріне қарнақты және анкерлі бекітпелерден басқа, *метал арқан* (сым) әдісін қолданып та нығайтуға болады (4.14 ә-сурет).

Темірбетонды қазықтар (қадалар) бұрғыланған ұңғымалардың ішіне металл арматуралар, металдан өрілген арқандар және т.б.) бетондап орнатудан тұрады (4.14 б-сурет).

Бұл тәсіл тектоникалық жарылымдармен, жарықшақтармен және т.б. геомеханикалық элементтермен әлсізденген тау жыныстары массивін бекіту үшін қолданылады.

Темірбетонды қазықтарды орнату массивтің сырғуға деген кедергісін күшейтеді.

Тау жыныстарының құрамын, құрылымын және қасиеттерін жартылай өзгертетін бекіту әдістері. Бұл әдістердің ішіндегі кеңінен таралғаны массивке цемент ертіндісін жіберу. Көптеген жағдайда сұйық смоланы да қолданады.

Бетонды жабындылар. Сумен араласқан цементті атмосфералық қысыммен әлсіз бетке шашыратып себу. Егер толтыруға арналған жабындымыздың құрамында 8 мм дейінгі ұсақ фракциялар болса, онда шашыратып себудің нәтижесінде торкетбетон (сылақ бетон), ал толтырғышта 25 мм-ге дейінгі ірі фракциялар болса, онда шприц-бетон құралады. Торкетбетон: цементтен, құм және судан, ал шприц-бетон ірі құм немесе шағылтастардан, судан және жабындыны тездетіп қатайтатын арнайы қосындылардан тұрады.

Биологиялық тәсіл нығайтатын тау жыныстарының бетіне әртүрлі егістіктер немесе жабайы өсетін өсімдіктер егуді қамтиды.

Екінші топ әдістерінде жиі қолданылатындар жарықшақты жыныстарды бетон ертіндісімен немесе полимерлі смолалармен нығайту.

Тау жыныстарының құрамын, құрылымын және қасиеттерін барынша өзгертетін әдістер. Үшінші топқа эпоксидтің смола және битумдық төсемдер әдістері жатады. Кей уақытта бұл жасанды төсемдер сым торлармен бірге қолданылады.

Цементтеу – карьер беткейлерінің орнықтылығын жоғарылату үшін тау жыныстары массивін цементтеу. Бұл әдіс жартасты-жарықшақты тау жыныстарында ені 0,15 мм кем емес жарықшақтардан түзілген қиябеттерді нығайту үшін қолданылады.

Смолалау (шайыр жағу) – тау жыныстары массивіне оларға беріктейтін және су өткізбейтін синтетикалық смолаларды жағу. Отандық және шетелдік химия өнеркәсібі қазіргі кезде, тұтқыр заттар ретінде қолдануға мүмкіндік беретін, смолалардың, полимерлер мен басқа да химиялық заттардың бірнеше түрлерін шығарады.

Электрлік-химиялық бекітпе. Кейінгі кезде құмды, сазды грунттардан тұратын карьер беткейлерін тұрақты электрлік алаңдар арқылы нығайту қолданылуда. Оның физикалық мәні мынада. Бекітілетін кемердің әр жерінде бұта тәрізді скважиналар бұрғыланып (4.15-сурет) бір катодтық (+) скважинаның айналасына бірнеше анодтық (-) скважиналар орналастырады. Әр скважина бұталары арасы карьер қиябеттерінің беріктігін қамтамасыз етеді.



4.15-сурет. Карьер беткейі тау жыныстарын тұрақты электр өрісімен нығайтудың схемасы

Тау жыныстарын осындай тұрақты электрлік кернеуде ұстау, олардың дымқылдығын азайтып, тығыздылығы мен беріктілігін арттыра түседі. Кенді ашық әдіспен қазып алуда жылжу процесін бәсеңдеткіш шаралар және жасанды нығайту жұмыстары жыныстар құрылымының геологиялық ерекшеліктеріне сай жүргізілуге тиісті.

Бақылау сұрақтары:

1. Карьер беткейлері тау жыныстары деформациялануының себептері және түрлері.
2. Карьер беткейлері тау жыныстарының деформациялануына әсер ететін факторлар.
3. Карьер қиябеттерін ұстап тұратын және сырғытатын күштердің құрамы.
4. Орнықтылық қорының коэффициенті қалай анықталады?

5. Тау жыныстарының ілінісуі деген не?
6. Тау жыныстарының ішкі үйкеліс бұрышы деген не?
7. Карьер беткейлері массивін геомеханикалық мониторингтеу деген не?
8. Геомеханикалық мониторингтің құрамына не кіреді?
9. Мониторингтің тәсілдері мен жабдықтары.
10. Бақылау жұмыстарында электронды тахеометрлерді қолдану.
11. Бақылау жұмыстарында лазерлі сканерлерді қолдану.
12. Бақылау жұмыстарында жерсеріктік жүйелерді қолдану.
13. Бақылау нәтижелерін өңдеу.
14. Карьер кертпештері мен беткейлерінің орнықтылығын графигтік анықтау (Г. Л. Фисенко әдісі).
15. Геомеханикалық процестерді басқарудың әдістері.

5. ЖЕРАСТЫ ТАУ-КЕН ЖҰМЫСТАРЫНЫҢ ГЕОМЕХАНИКАСЫ

5.1. Пайдалы қазбаларды жерастында өндірудің әсерінен тау жыныстары мен жер бетінің жылжуы

5.1.1. Жылжу процесі туралы жалпы мәлімет

Жерасты қазба жұмыстарының әсерінен тау жыныстарының жылжуы бірқатар мәселелерді қамтиды. Жерасты қазбаларын (әсіресе, тазалау қазбаларын) жүргізу кезінде, жоғарғы қабаттағы тау жыныстарының табиғи тепе-теңдігінің бұзылуын туындататын, үлкен қуыстар пайда болады. Бұзылған тау жыныстары біртіндеп деформацияланады және қазылған кеңістікті толтыруға тырысып ығыса бастайды.

Осының нәтижесінде қазба төбелері мен бүйірлері бұзылып құлай бастайды, қалдырылған кентіректер жаншылады, жерасты қазбалары қирап, қазбаларды қоршаған тау жыныстары мен жер бетінде жаппай жылжулар басталады. Осындай жылжу аймағының ішінде қалған тау-кен қазбалары, кендер, құрылыстар және басқа да нысандар деформацияға ұшырып, кей уақытта, мүлдем пайдалануға жарамай қалады. Міне, осындай күрделі процесті *тау жыныстарының жылжуы* деп атайды.

Тау жыныстарының жылжуы кен қазбаларының бекітпелерін деформациялайды, олардың қималары кішірейеді, кей уақытта құлап қалады. Мұның бәрі, әлбетте, жерүстінде және жерастында орналасқан тау-кен қазбаларына, құрылыстарға, айналадағы ортаға экономикалық, материалдық нұқсан келтіреді. Тау жыныстарының құрамына, жатыс жағдайына, қазу жүйесіне және басқа да себептерге байланысты, кеніштегі жылжу процесі жерасты қазбасы төбесінің төмен түсуімен, жарықшақтар пайда болып, жыныстардың қабышақталуымен және құлаумен ерекшеленеді.

Қатпарланған құрамды кен орындарында тау жыныстарының жылжуы қазба төбесінің иілуінен басталады. Қазылып алынған кеңістіктің ауданы ұлғайған сайын, иілу үлкейе түседі, тау

жыныстарының көптеген қатпарлары жылжу процесіне ұшырайды, әлсіз беттер арқылы тау жыныстары сырғи бастайды. Әрі қарай массивте жарықшақтар пайда болып, төбедегі қатпарлар жекелеген блоктарға бөлініп құлай бастайды.

Кен қазу жұмыстарының әсерінен қазба табанындағы тау жыныстары да жылжуға ұшырайды, кей жерлерде көтеріледі. Тау жыныстарының көтерілуін және қазылып алынған қуыс жаққа ығысуын – оған жоғары қабаттан түсіп тұрған жүктеменің азаюы және тау-кен қысымының таралуы деп түсіндіруге болады. Тау-кен қысымы деп кен қазбасын қоршап тұрған массивте пайда болған күшті атайды.

Жылжу процесі кезінде тау жыныстарының көлемі өзгеріске ұшырайды: кен қысымы зонасында жыныстар көлемі тығыздалып кішірейді, ал опырыла құлау зонасында қопсып ұлғая түседі. Қопсыған тау жыныстарының көлемі өсіп, қазылып алынған кеңістікті толтырады және үстіңгі қабат қатпарларына тіреу түзіледі.

Көмір шахталарында жылжу процесі кезінде, қазба төбелерінен тау жыныстарының кішігірім бөлшектері құлап түсе бастайды, мәселен лаваны басып қалады, ақырында тау-кен соққысы пайда болады. Кен соққысы – кішігірім жер сілкіністер сияқты апаттық құбылыс.

Пайдылы қазбаларды жерасты әдісімен игеру кезінде геомеханиканың шешетін мәселелеріне тау-кен қысымы мен тау жыныстарының жылжуын басқару, жыныстар массивінің қазба тіреулерімен өзара байланысы, жылжу аймағына кіріп кеткен құрылыстар мен ғимараттарды қорғау, кентіректер мен қазылып алынған кеңістіктердің орнықтылықтары, жерасты кен қазбаларын су басып кетуін тоқтату, тау-кен қысымы мен кен соққысына қарсы күрес және т.б. жатады.

Осы айтылған мәселелердің көбі қатпарланған тау жыныстарынан түзілген кен орындарында шешімін тапқан. Мұндай кен орындарының көптігінен, жер қойнауында орналасуының қарапайымдылығы және жан-жақты зерделенгендігінен, ондағы тау жыныстары мен жер беті деформацияларын есептеудің сенімді инженерлік әдістері жасалған. Ал сақтандыру, тосқауыл және т.б. кентіректерін құруға қажет деформацияларды болжауда тек қана

тау-кен жұмыстарының жер бетіне тигізетін әсерінің аймағын анықтаумен шектелеміз.

Дәл осындай жағдай рудалық кен орындарында қолданылатын қазу жүйелеріне де байланысты. Мәселен, ең кеңінен таралған камералы-бағаналы қазу жүйесіндегі орнықты кентіректерде жер бетінің шөгуі 20-30 мм-ден аспайды, яғни жер бетіндегі нысандарға қауіпті шамалардан аспайды. Креісінше, кентіректер бұзылған жағдайда жер бетіндегі нысандарға қауіп туындататын шұңқырлар пайда болады. Сондықтан бұл айтылған екі жағдайда жер бетінің деформацияларын есептеудің қажеті болмайды. Бұдан жерасты кен қазудың зиянды әсерлерінен жер бетіндегі нысандарды қорғау – жер бетінде шұңқырлардың пайда болуын және орнын алдын ала болжаумен шектеледі.

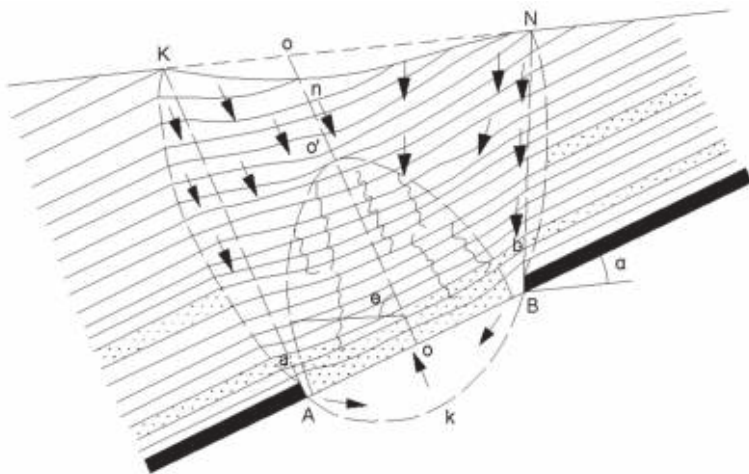
Қазіргі кезде мұндай мәселелерді шешу оң жолға қойылған. Десек те, пайдалы қазбаларды жерасты әдісімен игерудегі тау жыныстары мен жер бетінің жылжуын зерделеуге баса көңіл аударамыз.

Жылжу процесін зерттеу жұмыстарының іргетасын қалаған профессор И. М. Бахурин: «Тау-кен ісінің барлық тарихы, кен қазудың ең тиімді жүйелерін таңдаудың тарихы – тау жыныстарының жылжуымен күрестің, тау-кен қазбалары мен табиғи нысандарды қорғау шараларды іздестірудің тарихы» – деп жылжу процесіне сипаттама бергенін еске сала кеткен дұрыс. Сөйтіп, тау жыныстары мен жер бетінің жылжуы өте маңызды мәселелер қатарына жатады. Тау жыныстары мен жер бетінің жылжуы – тау-кен инженерлерінің күнделікті практикалық қызметінде сөзсіз болып отыратын және шұғыл шешуді талап ететін маңызды мәселе.

Тау-кен жұмыстары әртүрлі құрылыстар (қала), су қоймалары және т.б. астында жүргізілген жағдайды – кеулеу деп атайды. Үлкен құрылыстар астында тау-кен жұмыстарын жүргізу сол ғимаратқа зиянын тигізеді, бүлінуіне немесе қирап құлап қалуына, ал су (өзен, көл) астында кен игеру – жерасты қазбаларына су құйылуы, кейбір жағдайларда мүлдем су басып кетуіне әкеліп соғады.

Кеулеу кезінде құрылыстар мен табиғи нысандарды кен қазудың зиянды әсерлерінен қорғау үшін: құрылыстың астына сақтандыру кентіректерін қалдыру, қазылып алынған кеңістікті толтырмалау, құрылысты нығайту үшін арнайы жабдықтар мен конструкцияларды және т.б. қолдану сияқты әртүрлі тәсілдерге жүгінуге тура келеді.

Тау жыныстары мен жер бетінің жылжуын аспаптық бақылауладың нәтижелері жылжу аймағының кейбір жағдайда жерасты қазбаларының өлшемдерінен асып кететіндігін айқындап отыр. Мәселен, пайдалы қазба массивтің АВ учаскесінде игеріліп жатыр делік (5.1-сурет). Суреттегі көлденең кимада жер қойнауының терең қабатында көлбеу орналасқан кенді игеру кезінде тазалау қазбасы үстіндегі деформацияға ұшыраған жер қойнауының учаскесін тау жыныстарының жылжу аймағы деп атайды.



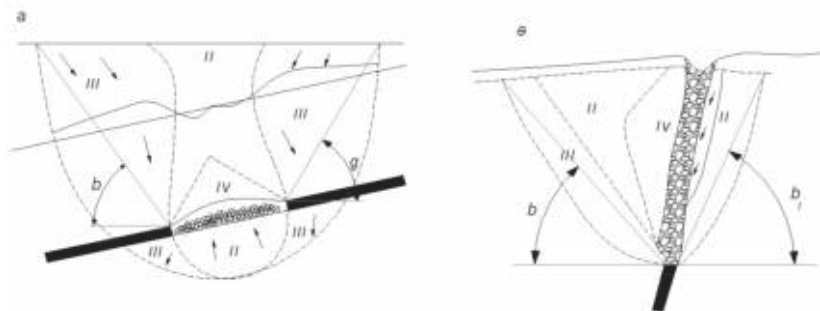
5.1-сурет. Тазалау қазбалары әсерінен тау жыныстарының жылжу схемасы

Мұндағы $KAKBN$ қисық сызықты контур – тау жыныстарының жылжу аймағы, яғни кен қазудың әсерінен жылжу процесіне ұшыраған тау-кен массиві. Бұл аймақта жылжу процесі кен қазылып алынған кеңістіктен төмен және жоғары қарай таралады.

Тау жыныстарының жылжуы мен деформациялану сипаттама-сына қарай осы аймақты негізгі үш зонаға бөлуге болады:

- опырыла құлау зонасы – $AabB$ нүктелерімен шектеседі;
- тау жыныстарының тұтастығы бұзылып иілген зона – $ao'ba$ нүктелерімен шектескен;
- тау жыныстарының тұтастығы бұзылмай иілетін зона.
- тау-кен жұмыстарының тереңдеуіне және жерасты қуыстарының үлкеюіне байланысты тау жыныстарының жылжу аймағы да ұлғая түседі (5.2-сурет). Жатық және көлбеу орналасқан

кендердегі (5.2 а-сурет) және тіктеу орналасқан кендерді (5.2 ә-сурет) қазып алудағы тазалау қазбалары төңірегіндегі зоналар мен жылжудың түрлері ерекшеленеді:



5.2-сурет. Тау жыныстары жылжуының сипаттамалары:
 а – жайпақ орналасқан кендерде; б – күрт құлама орналасқан кендерде

Опырылу зонасы I – кен қазылып алынған кеңістікке тікелей жалғасқан және жыныс қабаттары блоктарға бөлініп, кеңістікке құлап жатқан жер, яғни жыныстардың табиғи байланысы мен құрылысы бұзылған зона. Бұл зонаның биіктігі кеннің $m = 3-4$ (m – кеннің қалыңдығы) еселік қалыңдығынан аспайтындығы аспаптық бақылаулар нәтижелерінде анықталған.

Иілу зонасы II – кеннің астында және үстінде жатқан тау жыныстары иіле бастайды. Иілген қабаттағы тау жыныстарының байланысы бұзылып, блоктар пайда болады. Иілу зонасының өзі екіге бөлінеді: біріншісі, опырыла құлау зонасымен шектесіп жатқан жағы, яғни жарықшақтар пайда болып иілуі; екіншісі, иілу зонасының үстінде орналасқан, бірақ жарықшақтары әлі пайда болмаған бөлігі.

Тіреулік қысым зонасы III – тазалау қазбаларына жақын жатқан бөлік. Бұл зонаның көлемі мен сипаттамасы тау жыныстарының қасиеттеріне және кен қазудың тереңдігіне байланысты массивтің тұтастығы бұзылып, тау жыныстары төбеде иіліп тұрады.

Толық жылжу зонасы IV – жер бетінде және жер қойнауында пайда болады. Бұл зонада тау жыныстарының кернеулік-деформациялық өрісі гравитациялық күйге жақындайды.

Өте қалың және тіктеу орналасқан кендерді қазып алуда рудалық дененің жатпа бүйірдегі тау жыныстары сырғу процесіне ұшырайды

және жер беті ойылып төмен түседі, яғни жер бетінде опырылған шұңқыр пайда болады (5.2 ә-сурет).

Қалың емес және терең қабатта, жайпақ немесе көлбеу орналасқан кендерді игерудің жер бетіне тигізетін ықпалы аздау болады, ал қоршаған тау жыныстары өте бекем желілерді игеруде жылжу процесінің ықпалы жер бетіне таралмайды.

Демек, жылжу процесінің нақтылы байқалу түрлері кен орнының кен-геологиялық жағдайына тікелей байланысты.

5.1.2. Жылжу процесінің негізгі параметрлері

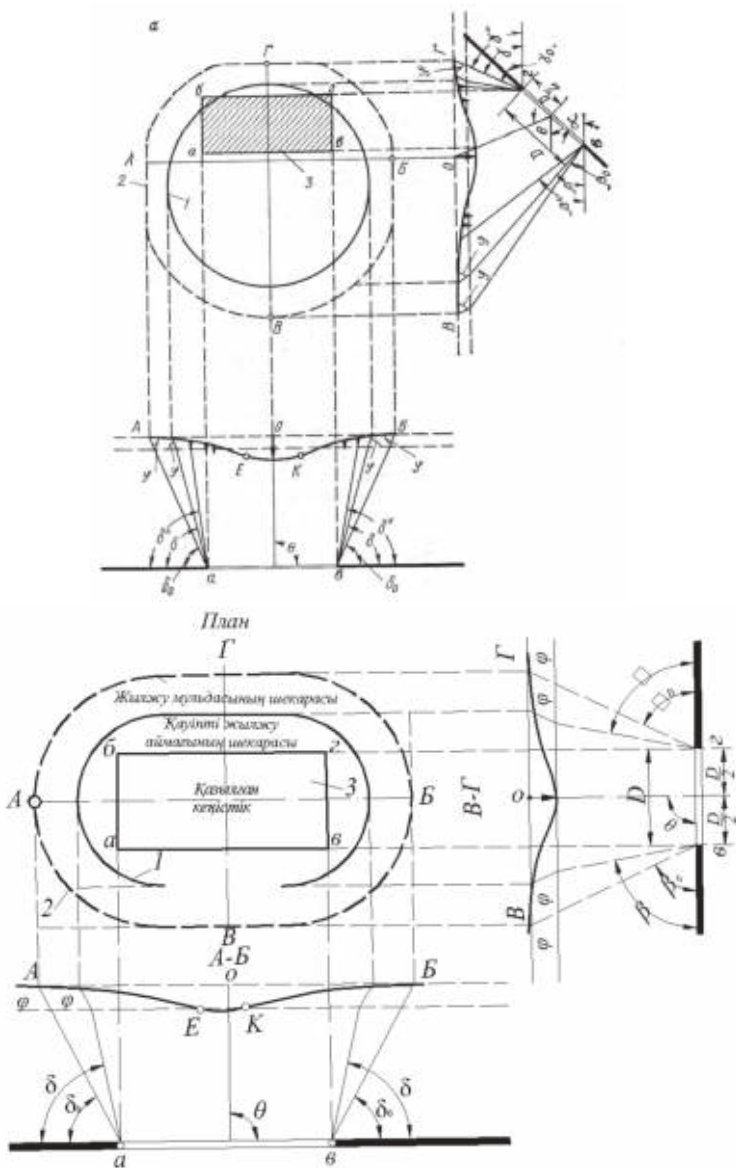
Жылжу процесі түсініктерінің өзіндік терминдері және жеке-леген параметрлерінің атаулары бар. Жер беті жылжу процесінің негізгі параметрлеріне: жылжу мұлдасының пішіні мен өлшемдері, шекті бұрыштар, жылжу бұрыштары, ажырау бұрыштары, жылжулар мен деформациялардың максимал шамалары, жылжу процесінің жалпы созылу мерзімі, оның жекелеген кезеңдері және шөгулердің жылдамдығы жатады.

Массивтің жылжуға шалынған бөлігін тау жыныстарының жылжу аймағы, ал жылжу әсеріне ұшыраған жер бетінің учаскесін жылжу мұлдасы деп атайды (5.3-сурет).

Біршама тереңдікте орналасқан кен денесінің абгв бөлігін (5.3 а-сурет) қазып алуда тау жыныстарының қабаты деформацияланады және жер бетіне жетеді және жер бетінің АГБВ бөлігі жылжу мұлдасы болып есептеледі. Жылжу мұлдасының орны мен мөлшері әртүрлі жылжу бұрыштары арқылы анықталады. Әдетте жылжу мұлдасы тарелкеге немесе астауға ұқсас, жер бетіндегі ойық болып келеді.

Мұлдада басты көңіл аударатынымыз – кеннің бойлық (АВ сызығы) және кесе-көлденең (ВГ сызығы) қималары. Бұл екі қиманы жылжу мұлдасының басты қималары деп атайды.

Мұлда ішіндегі жер бетінің жылжулары мен деформациялары біркелкі болмайды. Жерасты құрылыстарының деформацияланып бұзылуына қауіп төндіретін мұлданың учаскесін жылжудың қауіпті зонасы деп атайды. Жылжу мұлдасының пішіні мен өлшемдері және де оның қазылып алынған бос кеңістікке қарағанда орналасуы, кеннің қалыңдығына, құлама бұрышына, қазылған бос көлемі мен кен қазудың тереңдігіне тікелей байланысты.



5.3-сурет. Жылжу мұльдасы және оның қималары:
a – көлбеу орналасқан кенді игеруде; *ә* – жайпақ орналасқан кенді игеруде; 1 – қауіпті жылжулар аймағының шекарасы; 2 – жылжу мұльдасының шекарасы; 3 – қазылып алынған аудан

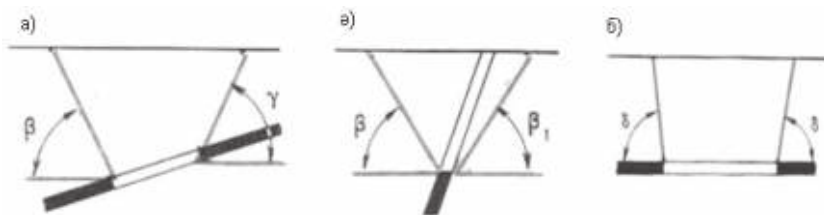
Егер кен денесі жайпақ орналасса, онда жылжу мұльдасының пландағы шекарасы қазылып алынған кеңістікке симметриялы болып келеді. Мұльда шет жағында жайпақ, ал оның түбі – бос қуыстың дәл центрінің үстінде болып келеді (5.3 ә-сурет).

Кен денелері күрт құлама орналасқан жағдайда (5.3 а-сурет), онда жылжу мұльдасының шекарасы кеннің құлау жағына қарай ауысады. Бұл жағдайда жылжу мұльдасының горизонталь жазықтықтағы проекциясы қазылып алынған кеңістікке симметриялы болмайды. Жайпақ кен орындарында жылжу мұльдасының центрі қазылып алынған кеңістіктің дәл ортасында орналасады, ал көлбеу жатыстағы кендерде мұльданың центрі – Θ бұрышына ығысады (5.3 а-сурет) және Θ бұрышын максимал шөгүлер бұрышы деп атайды. Жылжу мұльдасының кесе-көлденең қимасында - $\beta_0, \gamma_0, \beta_{01}$ және бойлық қимасында - δ_0 шекті жылжу бұрыштары деп аталатын параметрлер ажыратылады. Шекті жылжу бұрыштары мұльданың ауданын айқындайды.

Жылжу мұльдасының шекарасына шөгүі – $\eta=15$ мм немесе горизонталь деформациялары - $\varepsilon= 0, 5 \cdot 10^{-3}$ тең нүктелер алынады. Жылжудың шекті бұрыштарына кен қазудың тереңдігі, кен денесінің құлау бұрышы және тау жыныстарының тығыздығы әсер етеді. Шекті жылжу бұрыштары жер бетінің жылжу бұрыштары мен деформацияларын есептегенде және терең тік оқпандарды жылжудың зиянды әсерінен қорғаудың кентіректерін құруда қолданылады.

Қауіпті жылжу зонасын белгілеу үшін жылжу бұрыштары қолданылады. Олар вертикаль қималардағы (5.3 және 5.4-суреттер) қазылған кеңістіктің сыртқы жағында, жер бетіндегі қауіпті деформациялары бар нүктелерді жерасты кен қазудың төменгі шекарасын қосатын көлбеу сызықтар және олар $\beta, \beta_1, \gamma, \delta$ жылжу бұрыштарымен шектеледі. Негізгі жыныстардың көлденең қимасында төмбе бүйір жақтағы жылжу бұрышы β , ал жатық бүйір жақтағы қуыстың жоғарғы жағымен шектелген бұрыш γ және тіктеу орналасқан кендердің жатпа бүйіріндегі жылжу бұрышы β_1 арқылы белгіленеді (5.4 ә-сурет).

Кеннің бойлық қимасының (5.4 б-сурет) қазбаның екі жағындағы жылжу бұрыштары бір-біріне тең болып келеді және δ - әрпімен белгіленеді. Тасындылардағы жылжу бұрышы - φ (5.3-сурет) кеннің барлық бағыттарында бірдей қабылданады.



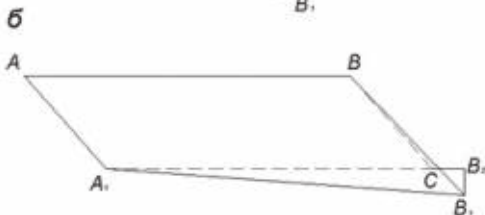
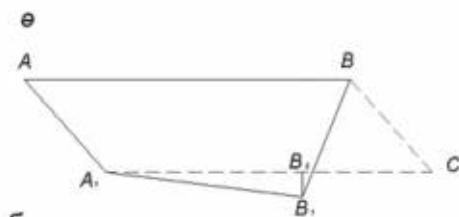
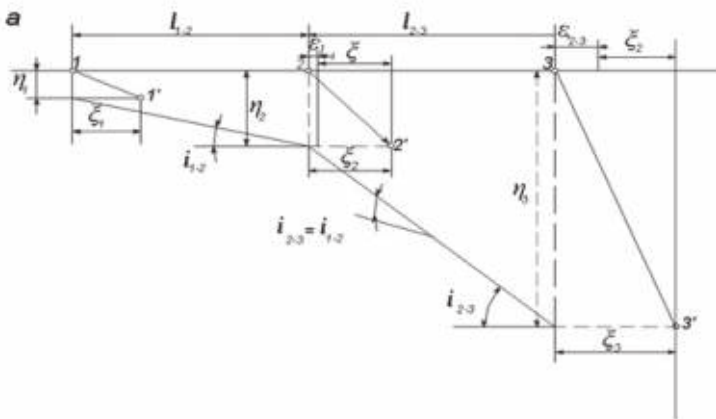
5.4-сурет. Көлденең және бойлық қималардағы жылжу бұрыштары: а – көлбеу орналасқан кендегі бұрыштар: β – төмбе бүйіріндегі, γ – жатпа бүйіріндегі; б – күрт құлама орналасқан кендегі бұрыштар: β төмбе бүйіріндегі, β_1 – жатпа бүйіріндегі; в – бойлық қимадағы бұрыш - δ .

Жер беті жылжығанда пайда болатын деформациялардың барлығы кеулеуге қауіпті деуге болмайды. Құрылыстарды пайдалануға қауіп төндірмейтін жер бетінің ең үлкен деформацияларын сындық немесе жер бетінің шекті қауіпсіз деформациялары деп атайды. Сөйтіп, жылжу мұльдасында қауіпті деформациялар зонасы ерекшеленеді. Бұл деформациялар әртүрлі құрылыстар мен ғимараттар үшін әрқилы болады. Көпжылғы тәжірибеге сүйене отырып, көпшілік құрылыстарды қорғау үшін қауіпті деформациялардың келесі мәндері қабылданады: ылдильық $i = 4 \times 10^{-3}$, қисықтық $K_p = 0,2 \times 10^{-3}$; горизонталь деформация $\varepsilon = 2 \times 10^{-3}$ тең.

Тау жыныстарының жылжу процесі кезінде жер бетінде жарықшақтар пайда болады. Мұльда ішінде олардың шекарасы ажырау (опырылу) бұрыштары β , β_1 , γ , δ арқылы анықталады (5.3-сурет).

Сондай-ақ жылжу процесі кезінде жер бетіндегі нүктелердің координаттары кеңістікте өзгеріске ұшырап, өзгерістер шамасы вектор арқылы сипатталады. Вектордың тік құрастырушысын шөгу деп атайды (5.5 а-сурет) және шөгу- η әрпімен белгіленеді.

Суретте қазу жұмыстарына дейінгі жер бетіндегі 1, 2, 3 реперлердің орындары; жылжу процесінен кейінгі реперлердің 1', 2', 3' орындары; сол реперлердің шөгулері – η_1 , η_2 , η_3 және жылжуға дейінгі реперлердің арақашықтықтары $l_{1,2}$, $l_{2,3}$ мен процесінен кейінгі сол реперлер арасындағы горизонталь жылжулары – ξ_1 , ξ_2 , ξ_3 көрсетілген.



5.5-сурет. Жылжу процесінің деформациялары:
a – вертикаль; *б*, *в* – горизонталь (сығылу және созылу)

Жер бетінің (реперлердің) шөгуі келесі формуламен анықталады:

$$\eta = H_{n-1} - H_n \quad (5.1)$$

мұндағы H_{n-1} – алдыңғы немесе бастапқы бақылаудағы репердің биіктігі;

H_n – кейінгі бақылаудағы репердің биіктігі.

Вертикаль деформациялар – жылжу процесі кезінде жер бетіндегі реперлер шөгуінің біркелкі еместігінен *ылдильық*, *қисықтық* және

қисықтық радиусы болып ажырайды және 5.5 ә-суретіне сәйкес мына формулалармен анықталады:

ылдильқ –

$$i_{2-3} = \frac{\eta_3 - \eta_2}{l_{2-3}} \quad (5.2)$$

қисықтық –

$$k = \frac{(i_n - i_{n-1})}{d_{CD}} \quad (5.3)$$

мұндағы, i_n – келесі аралықтағы ылдильқ;

i_{n-1} – алдыңғы аралықтағы ылдильқ;

$d_{орт.}$ – алдыңғы және келесі аралықтар ұзындықтары қосындысының жартысы.

Горизонталь деформациялар – жер беті жылжу процесінің ең басты сипаттамалары болып есептеледі. Жер бетіндегі А және В нүктелері орындарының (5.5 ә-сурет) жылжу процесі кезінде өзгеруін қарастыралық. Жылжу кезінде А нүктесі А1 нүктесі орнына, ал В нүктесі В1 нүктесі орнына ауысады. Егер сығылу процесі болса, онда АВ кесіндісі (5.5 б-сурет) АА1 және ВВ1 векторлары арасындағыдай болып өзгереді.

В нүктесі арқылы АА1 векторына параллель сызық (АА1) жүргізсек, А1В1 векторы АВ кесіндісінің деформациядан кейінгі сипаттамасы болмақ. Онда салыстырмалы горизонталь деформация былайша анықталады:

$$\varepsilon_{AB} = AB - A_1B_1 / AB \quad (5.4)$$

Жылжу процесінің горизонталь деформациялары ε әрпімен белгіленеді және ол келесі формуламен анықталады:

$$\varepsilon_{1-2} = d_{1-2} - d'_{1-2} / d^{1-2} \quad (5.5)$$

мұнда d'_{1-2} – жылжудан кейінгі реперлер арасындағы қашықтық.

Жер беті құрлыстары мен нысандарды қорғау шараларын таңдауда жылжу процесінің уақыт аралығындағы сипаты үлкен рөл атқарады. Жылжу процесі жүріп жатқан уақыт аралығын жылжудың жалпы ұзақтығы деп атайды. Жылжудың жалпы ұзақтығы үш кезеңге бөлінеді: *бастапқы, күшею және басылуы*.

Бастапқы кезең жалпы жылжудың 30%-ын алады. Бұл кезеңде жер бетінің шөгуі $0,15 \eta_{\max}$ -ға жетеді.

Жылжудың күшею кезеңі жалпы жылжудың 40%-ына созылады және бұл кезде жер бетінің шөгуі $0,7 \eta_{\max}$ дейін жетеді. Ал, *басылу кезеңі*, шамамен, 30%-ды қамитды.

Жылжудың жалпы ұзақтық мерзімі ішінен қауіпті деформациялар кезеңін, яғни кеулеп қазып жатқан нысандардың бұзылуы ықтимал кезеңі. Кейде бұл кезеңді жер беті шөгулерінің жылдамдығымен байланыстырады. Мәселен, кейбір нормалық құжаттарда, горизонталь және көлбеу орналасқан кендер үшін қауіпті деформациялар кезеңі деп жер бетінің шөгі жылдамдығы айына 50 мм-ден кем емес және күрт құлама жағдайда – шөгу жылдамдығы айына 30 мм кем болмауы қабылданған.

Тау-кен жұмыстарының жер бетіне тигізетін әсерін сипаттайтын жылжу процесінің параметрлері тау-кен кәсіпорындарын тиімді орналастыру және елдімекенді жерлер мен табиғи нысандардың астында кенді оңтайлы игеру мәселелерін шешуде қолданылады. Сонымен қатар, жылжу параметрлерін білу тау-кен жұмыстарын, шахтаның вертикаль окпандары мен окпан албарын жобалауда, блоктар мен блокаралық кентіректердің оңтайлы өлшемдерін анықтауда, қазба төбелерін басқарудың тәсілдері мен кен қазбаларының орындарын және жақын орналасқан желілерді қазып алу тәртібін және т.б. анықтауда пайдаланады.

Геомеханикалық процестерді зерттеуді жүргізбес бұрын тау жыныстарының жылжуына бірден-бір әсер ететін факторларды білу қажет.

5.1.3. Тау жыныстарының жылжу процесіне әсер ететін негізгі факторлар

Тау-кен жұмыстары жүріп жатқан кездегі тау жыныстары массивінде пайда болатын механикалық процестер өте күрделі және олардың даму заңдылықтары сол ортаның жай-күйі мен

мына факторларға байланысты болып келеді. Кен орны орналасқан ортаның жай-күйін жасанды түрде өзгертуге болмайды, ол табиғи жағдай. Ал технологиялық факторларды өзгерту адамзаттың қолында. Сондықтан оларға әсер ете отырып, жер қойнауында жүріп жатқан геомеханикалық процестерді басқаруға болады. Осы айтылған екі топқа жеке-жеке тоқталамыз.

Табиғи (өзгертуге болмайтын) жағдайларға мыналар жатады:

1. *Тау жыныстарының (кеннің) құлау бұрышы* – α . Кеннің құлау бұрышы α жылжу бұрыштарына және жер бетінің деформациялануына әсер етеді. Тіктеу орналасқан кендерге жыныстардың сырғуы тән және көбіне горизанталь деформациялар болады, ал жатық және көлбеу жатқан кендерде қабаттар иілуге ұшырайды да, вертикаль деформациялар көбейе түседі. Мульда ішіндегі жылжудың қауіпті аймағы құлау бұрышына тікелей байланысты.

Кен денесінің құлама бұрышы $\alpha < 5^\circ$ болса, жылжу мұлдасы кеннің бойлығындағы максимал шөгу нүктесі арқылы жүргізілген жазықтыққа симметриялы болып келеді. Әрі қарай кеннің құлама бұрышы ұлғайған сайын бұл симметриялық өзгереді және 45° -тан 70° дейінгі құлама жылжу мұлдасының ішінде созылу деформациясы байқалады. Ал кеннің құлау бұрышы 70° -тан жоғары болғанда, симметриялық біртіндеп қайтадан келе бастайды және $\alpha = 90^\circ$ жылжу мұлдасы қайтадан симметриялы түрге келеді.

2. *Кеннің орналасу тереңдігі* – H және қалыңдығына – m байланысты. Жер беті шөгуінің, деформацияларының максимал мәндері мен жылжудың жылдамдығы кеннің қазылып алынатын қалыңдығына тура пропорционал екендігі дәлелденген жағдай. Кен неғұрлым тереңде орналасса және қалыңдығы кіші болса, соғұрлым деформациялар және жер бетінің шөгуі аз болады. Егер тау-кен жұмыстары жер бетіндегі нысандарға әсерін тигізбейтін тереңдікте жүргізіліп жатса, ондай тереңдікті *қазба жұмыстарының қауіпсіз тереңдігі* деп атайды.

Кен қазу жұмыстары тереңдеген сайын жер бетіндегі деформациялардың барлық түрлері азаяды. Оны жылжу мұлдасының қисықтығынан байқауға болады, яғни қисықтық – k кен қазу тереңдігінің квадратына кері пропорционал болады. Ал тау-кен жұмыстары тереңдеген сайын, кен қысымы, керісінше

жоғарылай түседі, кейбір учаскелерде деформациялар мен кернеулер өте қауіпті.

3. *Тау жыныстарының механикалық қасиеттері мен құрылымдық ерекшеліктері* жылжу процесіне, жылжу бұрыштарына және жер бетінің деформациялану ерекшеліктеріне үлкен әсерін тигізеді. Мәселен, гранит, порфирит және басқа да берік тау жыныстарының сығылуға, сынуға деген кедергілері өте жоғары. Сондықтан олар жылжу процесінің дамуын тежейді. Жұмсақ тау жыныстарында жылжу процесі көбіне бірқалыпты жүреді, ал берік және жартасты-жарықшақты тау жыныстары, ең алдымен иіліп, біраз уақыт ілініп тұрады, одан кейін күрт опырылып құлайды. Жұмсақтау жыныстарындағы жылжу бұрыштары бекем жыныстарға қарағанда көлбеулеу келеді.

Ал, ұсақ тау жыныстары (құмдар, құмды тастар) жылжу процесінің ағымды дамуына, яғни шұңқырлар мен воронкалардың пайда болуына әсер етеді. Жылжу процесінің сипаты мен ұзақтығы тау жыныстары массивінің құрамына тікелей байланысты. Осындай байланысқа негізделген кен орындарының жіктемесі де жасалған [34] және ол жіктеменің анықтаушы принциптерінің бірі – тау жыныстарының беріктік қасиеттері. Тау жыныстары мен жер бетінің жылжуларын зерттеудің нұсқаулары [35] осы принципке негізделіп жасалған.

4. *Тектоникалық бұзылыстар және жарықшақтар*, яғни тау жыныстарының құрылымдық ерекшеліктері деформациялардың мәндеріне де және олардың мульда ішінде таралуына әсер ететін басты фактор. Массивтегі бұзылымдар геологиялық және техногендік процестер әсерінен болады. Мәселен, жер бетіне шыққан күрт құлама тектоникалық жарылымдар мен жарықшақтардан пайда болған деформациялардың шамалары, жай деформацияларға қарағанда әлдеқайда үлкен болып келеді. Тектоникалық жарықшақтар шахтаға судың ағып келуіне себепкер болады.

5. *Тасындылар (топырақ) қалыңдығы*. Біршама қалың тасындылар жылжу процесін жұмсартады, жылжулар мен деформациялар біркелкі болмайды және мульда ішінде жарықшақтар

пайда болуын азайтады. Жер бетінің деформациялануына топырақ қалыңдығы мен жер бедері де әсер етеді. Топырақ жылжу процесін әлсіретіп жұмсартып, негізгі жыныстардың жылжу деформациясын азайтады. Топырақ көп болса жер бетінде жарықшақтар аз кездеседі.

6. Жердің бедері және гидрогеологиялық жағдайы жылжу мұльдасындағы деформациялардың шамасына және олардың мұльда ішінде таралуына үлкен әсерін тигізеді. Таулы аймақтардағы тау жыныстары сырғып, жылжу процесін тездетеді. Суланған тау жыныстары жағдайында кен жұмыстары кезінде көшкіндер пайда болады. Ал тау жыныстарының су өткізгіштігі жарықшақтарға, капиллярлық қуыстарға ірі тектоникалық бұзылыстарға тәуелді.

Басқарылатын (технологиялық) факторларға мыналар жатады:

1. Қазба, бұрғылау-қопару жұмыстарының әсерінен тау жыныстарының бұзылуы, жылжу процесінің дамуы жылдамдай түседі. Тау жыныстары жарықшақтанып, көлемдері әртүрлі блоктарға бөлініп кеңістіктерге құлай бастайды. Жарықшақтардың құлау бұрыштары жылжу процесіндегі опырылу бұрыштарымен тікелей байланыстылығы тікелей аналитикалық зерттеулер арқылы дәлелденіп отыр. Жарықшақтардың жиілігі опырылу зонасының үлкейе түсуіне әкеліп соғады.

2. Кен-технологиялық факторлар: жерастында қолданып жатқан кен игеру әдісі, тау қысымын басқару, кенді ұтымды түрде қазып алу, тазалау жобаларының бағыты және жүргізу жылдамдығы және т.б. жылжу процесінің жылдамдығына, заңдылығына және жер бетінде орналасқан нысандарға әсер етеді. Мәселен, геомеханикалық процестердің сипатына тау-кен жұмыстарын жүргізудің тәртібі мен кен қазбаларының өзара орналасуы біршама ықпалын тигізеді. Алғашқы тазалау қазбасы тау жыныстарының кернеулі күйін өзгертеді, жер қойнауында жоғары және төменгі қысымдардың түзілуін, жарықшақтардың пайда болуын туындатады.

3. Қазылып алынған кеңістіктің мөлшері жер бетінің шөгуіне, жылжулардың абсолюттік шамаларына, жылжу процесінің сипатына және бұрыштық параметрлеріне үлкен әсер етеді.

4. Қазылып алынған кеңістіктегі сақтандыру кентіректері тау жыныстары массивінің кернеулі-деформацияланған күйіне және жылжу мұлдасында деформациялардың таралуына әсерін тигізеді. Кентіректер камераларда тиімді орналастырылған жағдайда тау жыныстарының деформациялануы жер бетіне әсер етпейді, керісінше деформациялар кентіректер үстіне шоғырланады.

5. *Тау-кен қазбасы төбесін басқарудың тәсілі* жер қойнауындағы және де жер бетіндегі геомеханикалық процестердің дамуына зор әсер етеді. Мәселен, қазба төбесін құлатуда жылжу процесі күшті дамиды, ал қазбаны бос жыныстармен толтырмалағанда – бірқалыпты дамиды. Қатайғыш толтырымды қолдану арқылы тау жыныстарының жылжу деформацияларын 10 ретке дейін, ал гидравликалық, пневматикалық толтырымдарды 2-3 рет азайтуға болады.

Мінекей, жылжу процесіне әсер ететін факторлардың көптігінен және рудалық кендердің кен-геологиялық жағдайларының күрделілігінен, бұл мәселені шешудің бірден-бір жолы ол тау жыныстары массивіне геомеханикалық баға беру, яғни тау жыныстарының қасиеттерін, кернеулік-деформациялық күйлерін жергілікті жерде тікелей зерттеу. Мұнсыз аталмыш процеске әсер ететін басты факторды ерекшелеу және көптеген кен-техникалық мәселелерді шешу мүмкін емес.

5.2. Тау жыныстарының жылжуын маркшейдерлік бақылаулар

5.2.1. Тау жыныстары мен жер бетінің жылжуын зерттеудің әдістері

Кен орындарында тау жыныстарының жылжуын зерттеу үшін әртүрлі әдістемелерді пайдалана отырып кешенді (жергілікті жерде табиғи бақылау, лабораториялық және теориялық әдістер) зерттеулер жүргізілуі қажет, яғни *геомеханикалық мониторинг* жүргізуге баса көңіл аударылады.

Жалпы, *мониторинг* дегеніміз (латынның monitor – күні бұрын ескерту, сақтандыру деген сөзінен алынған) – жылжу процесінде –

тау жыныстары массивінің кен қазудың әсер-ықпалынан өзгеруін бақылау, бағалау, болжау және құрылыстар мен жер қойнауын қорғаудың шараларын жасау.

Геомеханикалық мониторингті (бақылаулар) инженерлік-геологиялық кен-техникалық зерттеулермен біріктіріп кешенді жүргізу – деформациялардың алдын алады, олар өз кезегінде жылжу процесінің уақыт аралығында және кеңістікте дамуын болжауға, сонымен қатар қауіпті деформацияларды болдырмаудың шараларын жасауға мүмкіндік береді.

Жылжу процесін зерттеудің көптеген әдістеріне талдау және ең тиімді дегендерін ерекшелеу арқылы жасалынған, тау жыныстары массивінің жай-күйіне геомеханикалық мониторинг жүргізудің әдістемесі 5.6-суретте келтірілген. Бұл кешенді әдістемені жүзеге асыру тау-кен кәсіпорнының қауіпсіз және үздіксіз жұмыс істеуін қамтамасыз етеді.

Сөйтіп, тау жыныстары массивінің жай-күйіне баға беруде геомеханикалық зерттеулерді жергілікті жерде жүргізудің мынадай үш негізгі әдістері кеңінен қолданылады, олар:

1) тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттерін зерттеу және олардың кеңістіктегі және уақыт аралығында өзгерістерін алдын ала болжау (оқулықтың 1 және 2-тарауларында толық қарастырылған);

2) тау жыныстары массивінің құрылымдық ерекшеліктерін зерттеу, жарықшақтарды түсірімдеудің нәтижелерін әртүрлі әдістермен өңдеу және олардың жылжу параметрлеріне әсерін анықтау (оқулықтың 3-тарауында жан-жақты баяндалған);

3) тау жыныстары мен жер бетінің жылжу сипаты мен параметрлерін анықтау үшін маршейдерлік бақылаулар жүргізу.

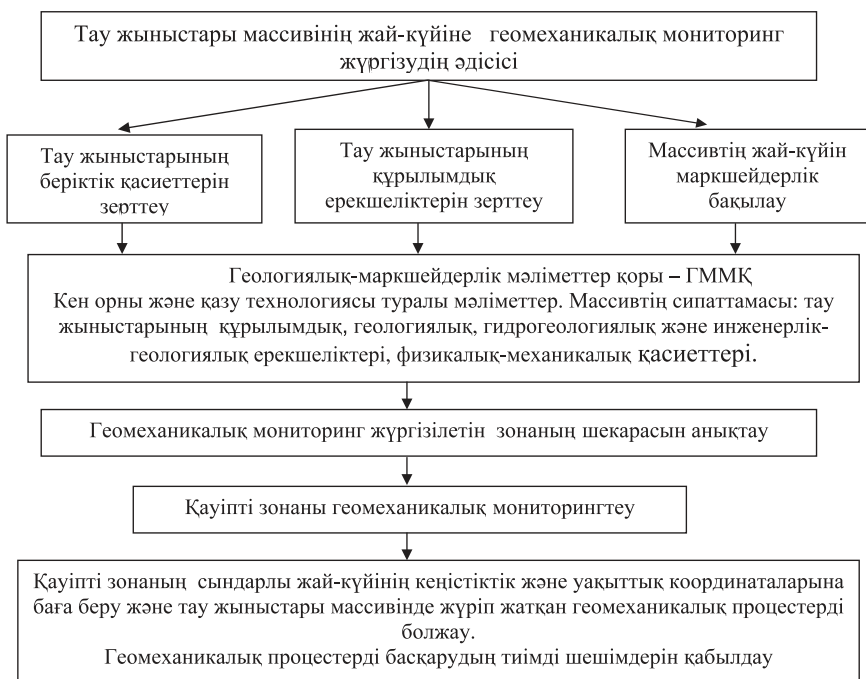
Бұл үш топтың әрқайсысына тән өз әдістемелері бар. Тау жыныстары мен жер бетін зерттеудің үш блоктан тұратын осы әдістемесін кеніштерде жүзеге асыру тау-кен өндірісінің үздіксіз жұмыс істеуін және еңбек қауіпсіздігі мен құрылыстарды қорғауды қамтамасыз етеді.

Тау жыныстарының жылжуын маркшейдерлік бақылаудың да өзіне тән әдістері және оған сәйкес аспаптары бар. Оған осы тараудың келесі бөлімінде жеке тоқталамыз.

Сонымен қатар тау жыныстарының жылжуын зерттеудің үш бағыты бар:

- а) жергілікті жердегі аспаптық бақылаулар;
- ә) зертханалық зерттеулер;
- б) теориялық зерттеулер.

Жергілікті жердегі аспаптық бақылаулар әдісі жылжу процесін зерттеудің бірінші кезеңінде басты рөл атқарды және осы уақытқа дейін өзінің маңызын жойған жоқ. Тау жыныстарының жылжу процесін тікелей жергілікті жерде, яғни тау-кен жұмыстары жүріп жатқан жерде зерделеуде зерттелетін учаскеге көптеген реперлерден тұратын бақылау стансасын салады. Станса жер бетінде және жерасты қазбаларында салынады. Жүйелі түрде жүргізілетін аспаптық бақылаулар арқылы салынған реперлердің уақыт аралығындағы және кеңістіктегі орындарын анықтайды. Тау жыныстары мен жер бетінің жылжуын аспаптық бақылау әдісі келесі параграфта қарастырылады.



5.6-сурет. Массивтің геомеханикалық жай-күйін бағалау әдістемесі

Тау жыныстарының жылжу процесін *зертханалық жағдайда* зерделеуде пайдалы қазбаны өндіру және сол кезде туындайтын жылжу процесін көз алдымызға келтіретін, зерттелетін учаскенің жазық және көлемдік модельдері жасалады. Жылжу процесін зерттеудің зертханалық тәсілі аспаптық бақылаулармен қатар жүргізілсе өте жақсы нәтиже береді. Бұл тәсілдің жақсы жағы аз уақыттың ішінде, көп күш жұмсамай және қауіпсіз жағдайда тау жыныстары массивіндегі жылжу процесін зерделеудің мүмкіндігі.

Жылжу процесін теориялық зерттеу екі бағытта жүргізіледі:

1) жылжу процесінің физикалық мәні тұрғысынан қарағандағы, жылжу параметрлері мен кен-геологиялық жағдайлар арасындағы байланыс заңдылықтарын анықтау;

2) аспаптық бақылаулар мен зертханалық зерттеулер нәтижелерін өңдеуден шығатын жылжу процесінің параметрлерін эмпиризмдік есептеудің тәсілдерін жасау.

Зертханалық және теориялық зерттеулер, аспаптық бақылаулардың нәтижелерін тиімді пайдалануға және жұмыс көлемін азайтуға мүмкіндік туғызады. Сондықтан да жоғарыда айтылған мәселелерді шешу үшін осы үш бағытты біріктіріп, геомеханикалық мониторинг жүргізген өте қолайлы. Әрі қарай, геомеханикалық мониторинг жүргізудің әдістемесіне сәйкес, 5.6-суреттегі үшінші блок – массивтің жай-күйін маркшейдерлік бақылауға жан-жақты тоқталамыз.

Өртүрлі кен орындарының өздеріне тән жылжу бұрыштары және ерекшеліктері болады. Сондықтан сол ерекшеліктерді, жылжу процесіне жоғарыда айтып кеткен факторлардың әсер ету дәрежелерін және нақтылы жылжу бұрыштарын аспаптар арқылы анықтау мақсатымен, бақылау стансаларын салады. Бақылау стансасы дегеніміз – белгілі бір жүйемен жер бетінде және жерасты қазбаларындағы, негізгі тау жыныстарына бетондалып орнатылған нүктелердің (реперлердің) жиынтығы.

Бақылау стансалары мақсатына, мерзіміне және конструкциясына қарай жер бетілік, *жерасты* және *арнаулы* стансалар болып бөлінеді.

1) *әр бетіндегі (көпжылдық) бақылау стансалары* – кен қазу бірнеше қабаттарда жүріп жатқан кезде, жер беті жылжуының негізгі

параметрлерін анықтау үшін салынады. Мұндай стансалардың мерзімі үш немесе одан көп жылдар аралығына салынады. Сондықтан стансада реперлері ұзақ мерзімге лайықталып салынады.

2) *жерасты (қысқа мерзімдік) бақылау стансалары* – тау-кен жұмыстарының тереңдігі 250 м-ге дейінгі жағдайда жылжудың жекелеген параметрлерін (вертикаль және горизонталь жылжулардың жылдамдықтарын, тазалау қазбалар төңірегіндегі жылжу бұрыштарын және т.б. анықтау үшін жерасты қазбаларында салынады. Стансаның жұмыс істеу мерзімі үш жылға дейінгі аралық.

3) *Арнаулы бақылау стансалары* – бір нысан астында кеулеп кен қазылып жатқанда, сол құрылыстарды қорғау үшін және қазу жүйесінің тиімді параметрлерін таңдау мақсатымен салынып бақыланады, *әр бетіндегі (көпжылдық) бақылау стансалары* – кен қазу бірнеше қабаттарда жүріп жатқан кезде, жер беті жылжуының негізгі параметрлерін анықтау үшін салынады. Мұндай стансалардың мерзімі үш немесе одан көп жылдар аралығына салынады. Сондықтан стансада реперлері ұзақ мерзімге лайықталып салынады.

4) *жерасты (қысқа мерзімдік) бақылау стансалары* – тау-кен жұмыстарының тереңдігі 250 м-ге дейінгі жағдайда жылжудың жекелеген параметрлерін (вертикаль және горизонталь жылжулардың жылдамдықтарын, тазалау қазбалар төңірегіндегі жылжу бұрыштарын және т.б. анықтау үшін жерасты қазбаларында салынады. Стансаның жұмыс істеу мерзімі үш жылға дейінгі аралық.

5) *Арнаулы бақылау стансалары* – бір нысан астында кеулеп кен қазылып жатқанда, сол құрылыстарды қорғау үшін және қазу жүйесінің тиімді параметрлерін таңдау мақсатымен салынып бақыланады.

Арнаулы бақылау стансалары құрылыстардың іргетастарына, сол нысанның жылжу процесімен байланысын анықтау, жылу параметрлерін алдын ала есептеу және нысандар мен жер қойнауын жерасты кен қазу жұмыстарының зиянды әсерлерінен қорғау шараларын жасау үшін салынады.

5.2.2 Бақылау стансасының жобасын жасау және оны орнату

Бақылау стансаларын салмай тұрып, ең алдымен оның жобасы жасалады. Жоба, кен игерілетін орынның кен-геологиялық жағдайын, бақылау стансасы профильдік сызықтарының өзара орналасуын және жерасты қазбаларының орындарын сипаттайтын, *түсіндірмелік жазбадан және сызбалардан* тұрады.

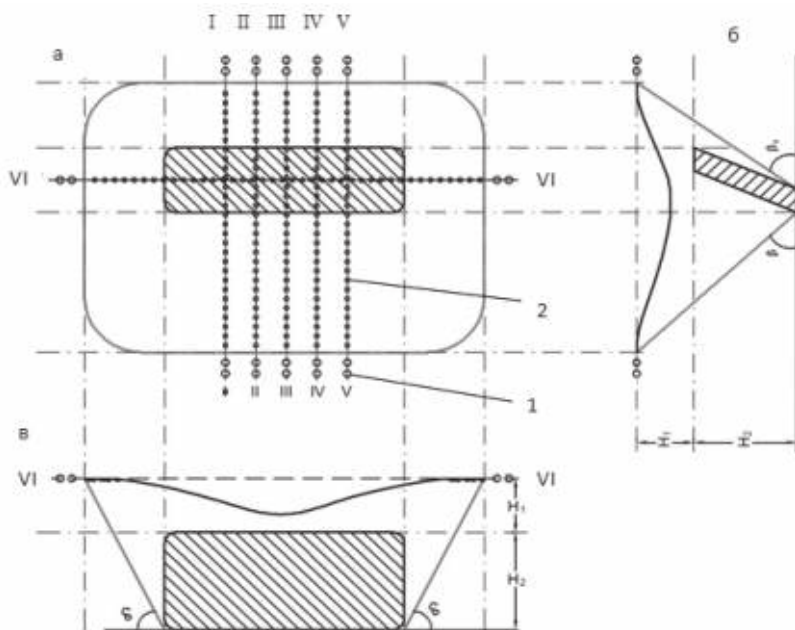
Түсіндірмелік жазбаның құрамына: бақылаулардың мақсаты, кенді қоршаған тау жыныстарының қысқаша кен-геологиялық сипаттамасы; қолданылатын қазу жүйесі; профильдік сызықтардың орындары және олардың ұзындықтары; реперлердің арақашықтықтары; тірек және жұмыс реперлерінің сандарын есептеу; реперлердің конструкциясы және орнату тәсілдері; бақылаудың әдістемесі және т.б. кіреді.

Сызба құжаттары: 1:1000: 1:2000 масштабтардағы бақылау стансасының планынан, профильдік сызықтар бойынша қималардан тұрады.

Тау-кен жұмыстарының жүріп жатқан жеріне және бақылаудың мақсатына байланысты, салынатын стансанның орны анықталады. Бақылау стансасының реперлері профильдік сызықтар бойына салынады. Профильдік сызықтар кен созылымына кесе-көлденең және бойлық бағыттарда жобаланады. Сөйтіп, бақылау стансалары бойына реперлер бекітілген профильдік сызықтардан тұрады (5.7-сурет).

Кенге көлденең I-I, II-II, III-III, IV-IV, V-V профильдік сызықтар және кеннің бойына VI-VI профильдік сызық салу жобаланған (5.7 а-сурет). Жылжу бұрыштары анықталмаған кен орындары үшін «Тау-кен геомеханикасы мен маркшейдерлік істің ғылыми-зерттеу институты» (ВНИМИ) арнайы Нұсқауларынан [35] жобалық жылжу бұрыштары (β , β_1 , δ) алынып, олар арқылы кен орнына тән қауіпті жылжу аймағының шекарасы анықталады.

Профильдік сызықтардың ұзындықтары вертикаль қималарда қабылданған жылжу бұрыштары арқылы есептеледі. Мәселен, 5.7 а-суретіндегі көлденең 5 профильдік сызықтардың ұзындықтары бір-біріне тең, ал бойлық қимада - δ бұрышы арқылы шектелген VI-VI сызығының ұзындығына тең болып келеді.



5.7-сурет. Бақылау стансасының жобасы және
профильдік сызықтардың қималары

а – бақылау стансасының планы; *б* – кеннің көлденең қимасы;
в – кеннің бойлық қимасы; 1 – тірек реперлері; 2 – жұмыс реперлері

Профильдік сызықтардың ұзындықтары анықталғаннан кейін салынатын реперлердің конструкциясы және саны анықталады. Әр профильдік сызық екі тірек және жұмыс реперлерінен тұрады. Реперлердің конструкциялары негізгі тау жыныстарының беріктігіне байланысты таңдалады. Тірек реперлері профильдік сызықтың жұмыс бөлігінен 50 м кем емес жерде орналасуы керек, ал жұмыс реперлерінің арақашықтықтары 10-15 метр аралығында жобаланады.

Әрбір профильдік сызық тірек және жұмыс реперлерінен тұрады. Тірек реперлері профильдік сызықтардың ұшына, жылжу аймағынан тыс жерлерге салынады және профильдік сызықтың соңындағы олардың саны екеуден кем болмауы қажет.

Жұмыс реперлері күтілетін жылжу аймағының ішіне салынады. Мүмкін болады-ау деген жылжу аймағының шекаралары негізгі

тау жыныстарындағы жылжу бұрыштарын (β , γ , β және δ) 10° -қа кішірейген, ал жоғары топырақ қабатында ϕ жылжу бұрыш арқылы анықталады.

Егер нақтылы кен орнында немесе осыған сәйкес кен орында-рында жылжу бұрыштары белгісіз болған жағдайда олардың шамаларын Нұсқаулардың [35] 5.1-кестесінде берілген мәліметтерге сүйеніп анықтайды.

5.1-кесте.

Тау жыныстары құрылымы	Тау жыныстары топтары, беріктік коэффициент $f_{\text{орт}}$	Топшалар	Рудалық дененің құлама бұрышы- α , град	Жылжу бұрыштары, градус			
				δ	β	γ	β_1
I. Қатпарланған құрылым	1. $f (< 5)$	1	0 – 45	55	45	55	-
		2	46 – 75	55	40	-	40
		3	76 – 90	55	45	-	40
	2. $f (5 - 8)$	1	0 – 45	60	50	60	-
		2	46 – 60	60	40	60	-
		3	61 – 75	60	40	-	50
		4	76 – 90	60	45	-	50
	3. $f (> 8)$	1	0 – 45	65	50	65	-
		2	46 – 60	65	45	65	-
		3	61 – 75	65	45	-	50
		4	76 – 90	65	50	-	50
	II. Қатпарланбаған құрылым	4. $f (\geq 8)$	1	0 – 45	70	70	90
2			46 – 60	70	65	65	-
3			61 – 75	70	65	-	6
4			76 – 90	70	65	-	65

Профильдік сызықтардың ұзындықтары былайша анықталады: кен бойлығына кесе-көлденең профильдік сызықтың ұзындығы (5.8 а және ә-суреттер) вертикаль қималарда жылжу бұрыштары арқылы анықталады. Қималардағы тазалау қазбаларының төменгі шекарасынан $\beta - 10^\circ$ бұрышымен, ал қазбаның жоғарғы шекарасынан $\gamma - 10^\circ$ бұрыштарымен, тасымалдарға дейін және әрі қарай ϕ бұрышы арқылы сызықтар жүргізіліп, жер бетімен қиылысқан жерлерде А және Б нүктелері алынады. Алынған А және Б нүктелері жер бетіндегі күтілетін жылжу аймағының шекарасы болмақ, ал екі нүктенің арасы көлденең қимадағы профильдік сызықтың жұмыс бөлігін анықтайды.

Рудалық дене күрт құлама болғанда ($\alpha > 45^\circ$) жылжу аймағының шекарасын 5.8 ә-суретінде көрсетілгендей, жатпа бүйір жақта $\beta_1 - 10^\circ$ бұрышымен анықтайды. Профильдік сызықтардың арақашықтықтары 50 м-ден аспауы керек [34].

Кеннің бойлық қимасындағы профильдік сызықтың ұзындығы жобадағы тазалау жұмыстарының шекарасынан, $\delta - 10^\circ$ бұрышымен анықталады (4.7 б-сурет) және жер бетінде Ж мен З нүктелері белгіленеді. Сөйтіп, Ж және З нүктелері бойлық қимадағы жылжу аймағының шекарасы болып есептеледі.

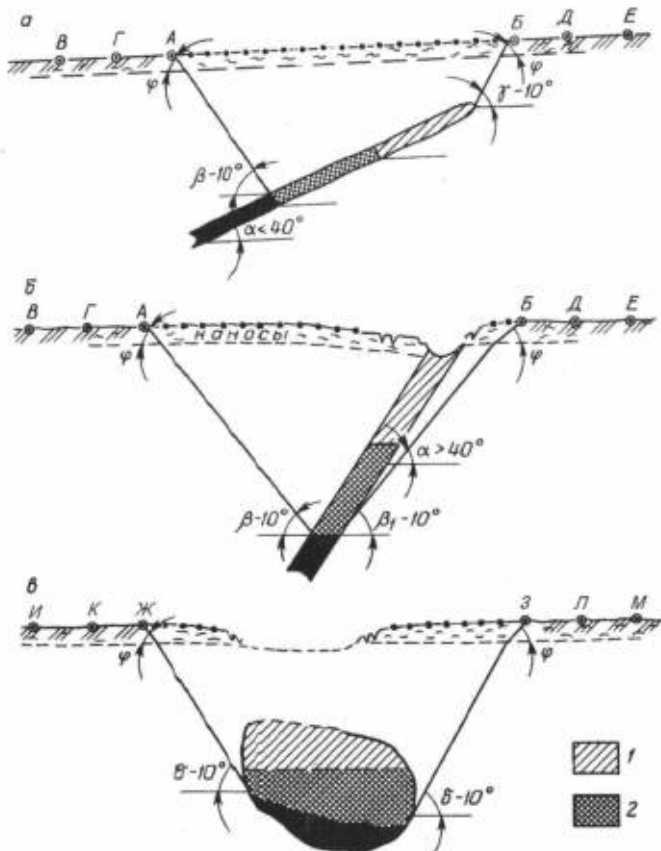
Профильдік сызықтардың ұштарындағы тірек реперлерінің арақашықтығы 50 м кем болмауы керек және жер бедеріне байланысты 50-100 м болуы да мүмкін. Жер бетіндегі Г, В, Д, Е және И, К, Л, М нүктелері тірек реперлерінің орындарын көрсетеді (5.8 а, ә, б-суреттер). Қажет болған жағдайда қосымша профильдік сызықтар салынады.

Стансадағы жұмыс реперлерінің саны профильдік сызықтардың ұзындықтарына және реперлердің қабылданған арақашықтықтарына байланысты есептеледі. Жұмыс реперлерінің арақашықтықтары кен қазу жұмыстарының тереңдігіне сәйкес қабылданады. Мәселен, 50-100, 100-200, 200-300, 300-400 м дейін және 400 м-ден көбірек тереңдіктерде арақашықтықтар, Нұсқауларға сәйкес 5, 10, 15, 20 және 25 м тең болуы қажет.

Әрі қарай қималарды пайдаланып, 5.7-суретте келтірілгендей бақылау стансасының планы жасалынады.

Станса реперлерін маркшейдерлік тірек пункттеріне горизонталь жазықтқта байланыстыру тұйықталған полигометриялық немесе теодолиттік жүрістер, ал вертикаль жазықтықта байланыстыру нивелирлеу арқылы жүзеге асырылады. Бақылау стансасын жобадан жергілікті жерге көшіру маркшейдерлік тұрақты тірек жүйелері пункттерінен бастап, аспаптар (теодолиттер, тіктеуіштер, керу жабдықтары, рулеткалар, нивелирлер және нивелирлік рейкалар) арқылы жүргізіледі. Профильдік сызықтар бойынша реперлер орнатылатын жерлерді, бір түзудің бойында ағаш қазықтармен белгілейді және олардың жармадан ауытқулары 5 см-ден аспауы қажет.

Реперлердің конструкциясы және орнату тәсілі олардың тау жыныстарымен сенімді байланысын және ұзақ мезгіл сақталуын қамтамасыз етуі қажет. Реперлердің конструкциялары ВНИМИ-дің Нұсқауларында [35] ұсынылған.



5.8-сурет. Жобаланатын профильдік сызықтардың ұзындықтарын анықтау:

а, ә – көлденең қималардағы; б – бойлық қимадағы; 1 – қазылып алынған; 2 – бақылаулар кезінде қазуға дайындалған жер қойнауы.

Реперлер жер бетіне және жерасты қазбаларына арнайы бұрғыланған ұңғымаларға бетондалып бекітіледі және нөмірленеді. Салынған реперлер маркшейдерлік тірек пунктеріне байланыстырылады.

Реперлерді орнату үшін, ең алдымен диаметрлері 160-300 мм-лік ұңғымалар, тонданған зонадан 0,54 м тереңдікте бұрғыланады да, сол жерге метал арматуралар немесе трубалардан реперлер бетондалып бекітіледі. Метал заттарының диаметрлері 30-50 мм шамасында.

Цемент ерітінді ұңғыманың тек төменгі жағына ғана құйылады. Ал, оның үсті құммен немесе шлакпен жабылады. Реперлерді салудың тереңдігі 1,5 м кем болмауы қажет.

5.2.3 Бақылаулар жүргізу және олардың нәтижелерін өңдеу

Байланыстыру жұмыстары аяқталғаннан кейін алғашқы бақылау жұмыстары жүргізіліп, одан соң бақылаулар қайталана береді.

Тау жыныстары мен жер бетінің жылжуын бақылау және оның нәтижелерін өңдеу тау-кен кәсіпорны маркшейдерлік қызметінің маңызды мәселелерінің бірі. Бақылаулар нәтижесінде массивтегі жекелеген нүктелердің кеңістіктегі орындары және олардың уақыт аралығындағы өзгерістері, сырғу беттер, жылжу аймағының өлшемдері, жылжу процесінің кезеңдері (бастапқы, өсуі, өшуі), жылжудың құрылыстар мен тау-кен жұмыстарына қауіпті дәрежелері анықталады.

Шолақтау кен орнын игеретін «Молодежный» кенішінде 1970 жылы жер бетінде 6 көлденең және 1 бойлық профильдік сызықтардан тұратын бақылау стансасы салынды (5.9-сурет).



5.9-сурет. Молодежный кенішіндегі жер беті бақылау стансасының планы

Шолақтау біріктірілген (алғаш ашық, кейін жерасты) әдіспен игеріліп жатқан кен орны. Карьерде тау жыныстарының

жарықшақтары жаппай түсірімделіп, әлсіз учаскелер анықталған және профильдік сызықтар жылжу процесі тез дамиды, сондай-ақ жарықшақтардың жиі шоғырланған жерлеріне орналастырылғандығы 5.9-суреттен көрініп тұр.

Тірек реперлері қауіпті жылжу аймағынан тыс жерге, аралары 50 м-ден, ал жұмыс реперлерінің арасы 0-15 м-ден салынады. Тірек пункттеріне байланыстыруда және бақылауда дәл теодолиттер (2Т5К, Тео 010), электронды тахеометрлер, Н-05 немесе Н-3К нивелирі, тексерілген рулеткалар қолданылады.

Стансадағы бақылауларға мыналар кіреді:

1) жарма бойынша (профильдік сызық) реперлердің арақашықтықтарын өлшеу;

2) реперлердің жармадан көлденең ауытқуларын өлшеу;

3) реперлердің биіктіктерін анықтау;

4) жер бетіндегі және жерасты қазбаларындағы жылжу процесіне қатысты барлық жағдайларды (жарықшақтардың пайда болу орындары мен өлшемдері, тазалау қазбасының орны, қазба төбесін басқару тәсілі және т.б.)

5) бақылау стансасының профильдерінің қималары мен пландарын толықтырып отыру;

6) тектоникалық жарылымдарды және тау жыныстарының беріктік қасиеттерін зерделеу.

Тау жыныстарының жылжуын маркшейдерлік бақылаулар ВНИМИ-дің арнайы Нұсқауларына [35] сәйкес жүргізіледі.

Мезгілдік бақылаулар жылжу процесінің дамуына, салынған стансаның мақсатына және кен өндірудің тәсіліне байланысты жүргізіліп отырылады.

Мәселен, «Молодежный» кенішінде әр тоқсан сайын, әр ай сайын бақылған учаскелер болса, Ақсай кенішіндегі арнайы стансаны бақылау әр күн сайын жүргізілді.

Себебі, Ақсай кенішіндегі арнаулы профильдік сызықтар карьер ішіндегі үйінділер үстіне салынған. Өз кезегінде бұл үйінділер тәжірибелік блоктардың төбелік кентіректерінің міндетін атқарды. Сондықтан әрбір 10 күн сайын жүргізілетін жаппай жарылыстар алдында және жарылыстар соңында бақылаулар жүргізіліп, тәжірибелік блоктар төбесінің шөгүлері анықталып отырылды.

Бақылаулардың мақсаты мен шешетін мәселелері: *ғылыми* (зерттеулер) және *практикалық* болып бөлінеді.

Бақылаулардың ғылыми мақсаты – жылжулар туралы оның барлық кезеңдеріндегі толық мәліметтерді алу.

Практикалық мақсат – құрылыстарды қорғау мәселелерін шешу және деформацияларға қарсы шаралар жасау үшін нақтылы бір кезеңдегі сенімді жылжу параметрлерін алумен шектеледі.

Реперлердің биіктіктері геометриялық немесе тригонометриялық нивелирлеу арқылы, олардың пландық орындары – сызықтық өлшеулермен анықталады. Геометриялық нивелирлеу III-кластық нивелирлеу әдістемесі бойынша жүргіледі. Нивелирлеу тура және кері жүрістер арқылы және ондағы шекті қателік $f_{\text{шект}} = \pm 10\sqrt{L}$, немесе $f_{\text{шект}} = \pm 2,6\sqrt{n}$ аспауы қажет, мұндағы L - жүрістің ұзындығы, км, n - жүрістегі нивелирлік стансалардың саны.

Бақылаулар нәтижелерін камералдық өңдеу әрбір бақылаулардан кейін және профильдік сызықтар бойынша арнайы ведомостарда жүргізіледі:

1) реперлердің вертикаль жылжулары (шөгулер) 5.2-кестеде келтірілген;

2) жылжу мұлдасының вертикаль деформациялары (ылдильық және қисықтық) 5.3-кестеде берілген;

3) реперлер арасындағы горизонталь деформациялар (созылу және сығылулар) 5.4-кестеде келтірілген.

Өңдеу жұмыстары келесі формулалар бойынша жүргізіледі:

шөгу

$$\eta = H_{n-1} - H_n \quad (5.5)$$

мұндағы H_{n-1} – репердің алдыңғы бақылаудағы биіктігі.

H_n – репердің келесі бақылаудағы биіктігі.

ылдильық

$$i = \frac{\eta_n - \eta_{n-1}}{d} \quad (5.6)$$

мұндағы η_n – алдыңғы репердің шөгуі;

η_{n-1} – келесі репердің шөгуі;

d – екі репер арасындағы горизонталь ұзындық.

ҚИСЫҚТЫҚ

$$k = (i_n - i_{n-1}) / d_{cp} \quad (5.7)$$

мұндағы i_n – келесі аралықтағы ылдилық;

i_{n-1} – алдыңғы аралықтағы ылдилық;

d_{cp} – алдыңғы және келесі аралық ұзындықтары қосындысының жартысы.

горизонталь деформациялар

$$\varepsilon = (d_n - d_{n-1}) / d \quad (5.8)$$

мұндағы d, d_{n-1}, d_n – бастапқы, алдыңғы және келесі бақылаулардағы аралық ұзындықтары.

горизонталь жылжулар

$$\xi = D_{n-1} - D_n \quad (5.9)$$

мұндағы, D_{n-1} және D_n – тірек реперінен нақтылы осы реперге дейінгі бастапқы және соңғы арақашықтықтар.

5.2-кесте

Реперлердің вертикаль жылжуларының (шөгүлер) ведомосі

Репер-лер №	1-бақылау, м (20.04.2012)	2-бақылау, м (01.08.2012)	η 1-2, мм	3-бақылау, м (18.11.2012)	η 2-3, мм	η 1-3, мм
1	765,788	765,714	74	765,213	501	575
2	766,073	766,014	59	765,521	493	552
3	766,223	766,186	37	766,029	157	194
4	766,651	766,620	31	766,473	149	178
5	767,113	767,086	27	766,961	125	152
6	768,738	768,737	1	768,734	3	4
7	769,523	769,523	0	769,522	1	1

Репер араларындағы вертикаль деформациялар ведомосі

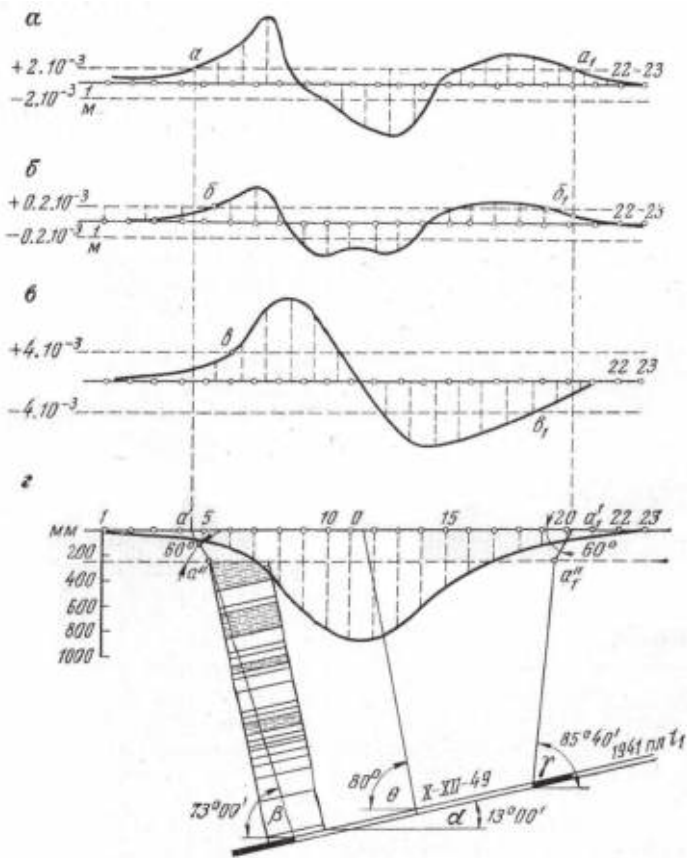
Реперлер №	Реперлер аралықтары, м	1 - 2 бақылаулар (20.04.2012 - 01.08.2012)				
		$\Delta\eta$, мм	$i \cdot 10^{-3}$	$\Delta i \cdot 10^{-3}$	$k \cdot 10^{-3}$, 1/м	R, км
1	21,,883	15	+0,69			
2	19,577	22	+1,12	- 0,43	-0,02	-50
3	19,829	6	+0,30	+0,82	+0,04	+25
4	21,978	4	+0,18	+0,12	+0,01	+100
5	17,495	26	+1,49	-1,31	-0,07	-14,3
6	15,023	1	+0,07	+1,42	+0,09	+11,1
7						

Реперлер арасындағы горизонталь деформациялар ведомосі

Реперлер арасы	1-бақылау, м (20.04.2012)	2-бақылау, м (01.08.2012)	η_{2-1} , мм	Деформация е	3-бақылау, м (18.11.2012)	η_{3-1} , мм	Деформация е
1-2	21,883	21,896	+ 13	+ 13	21,929	+ 46	+ 2,1
2-3	19,577	19,627	+ 50	+ 50	19,887	+ 310	+15,8
3-4	19,829	19,840	+ 11	+ 11	19,867	+ 38	+ 1,9
4-5	21,978	21,988	+ 10	+ 10	22,031	+ 53	+ 2,4
5-6	17,495	17,510	+ 15	+ 15	17,580	+ 85	+ 4,9
6-7	15,023	15,023	0	0	15,026	+3	+0,2

Әрбір профильдік сызықтар бойынша есептелген нәтижелерге сүйене отырып жылжу графиктері: вертикаль және горизонталь деформациялардың графиктері сызылады. Графиктердің масштабтары сызба көрнекті болу үшін таңдалады. 5.10-суретінде ϵ , k , i және η деформацияларының графиктері келтірілген

Осы графиктен жылжу бұрыштарын (β және γ) анықтауға болады. Суреттегі деформациялар (ε , κ және i) графигінен a мен a_1 , b мен b_1 , v мен v_1 нүктелерін табамыз. Ол нүктелер сынды деформацияларға, яғни $\varepsilon = 2 \cdot 10^{-3}$, $\kappa = 0,2 \cdot 10^{-3}$ және $i = 4 \cdot 10^{-3}$ сәйкес келген нүктелер. 5.10-суретте сындарлы нүктелер болып a мен a_1 қабылданады.



5.10-сурет. Профильдік сызық бойынша вертикаль қима және жылжу графиктері: a – горизонталь деформациялар; b – қисықтық (κ); v – ылдлықтар (i); z – шөгулер (η).

Осы екі нүктені (a мен a_1) жер бетінің профиліне проекцияласақ, онда a' мен a'_1 нүктелерін аламыз. Әрі қарай a' мен a'_1 нүктелерінен топырақтағы жылжу бұрышы - φ арқылы сызық жүргізіп, a'' және a''_1

нүктелерін аламыз. Жылжу бұрыштары осы нүктелерді (a'' және a_1'') жерасты кен қазу жұмыстарының шекарасымен қосқаннан қажетті жылжу бұрыштары β мен γ анықталады. Осы тәртіппен бойлық кимадағы δ жылжу бұрышы анықталады.

Келтірілген формулалар бойынша бақылау нәтижелерін компьютер арқылы өңдеуге де болады. Аспаптық бақылаулардан алынған мәліметтер жыныстардың структуралық ерекшеліктері және механикалық сипаттамаларымен толықтырылады.

Суреттегі Θ бұрышы, ең үлкен шөгудің нүктесі O -ны қазылып алынған кеңістіктің ортасымен қосқандағы сызықтың құлама бұрышына тең.

5.3. Тау жыныстары мен жер бетінің жылжулары мен деформацияларын есептеу

Тау жыныстары мен жер бетінің жылжулары және деформациялары тау-кен кәсіпорындары құрылыстарын жобалау және салу үшін қажетті негізгі бастапқы деректер болып есептеледі. Деформациялардың шамалары негізінде құрылыстар салынған жер, өзендер мен су қоймалары астында, шахта оқпанына, оқпан албары қазбаларына және басқа да жауапты нысандарға жақын жерлерде тау-кен жұмыстарын жоспарлау және жүргізу мәселелері шешіледі.

Деформациялар *нақтылы, өлшенген, күтілетін* және *есептелетін* болып бөлінеді.

Нақтылы деформациялар – тау жыныстары мен жер бетінің шын мәніндегі кен қазудың зиянды әсеріне ұшырауы.

Өлшенген деформациялар деп нақтылы кен орнында аспаптық бақылаулар нәтижесінде алынған деформация шамаларын атайды.

Күтілетін деформациялар – формулалар арқылы есептелген, бақылаулар нәтижесін қортындылаудан алынған кестелер немесе графиктер негізінде анықталған шамалар.

Есептеулер кезінде орташа шамалар алынады. Өлшенген деформациялардың максимал шамаларының орташа шамаларына қатынасын *шамадан артық жүк коэффициенті* деп атайды.

Нысандарды конструктивті немесе басқа да қорғау шараларын жобалау, күтілетін деформацияларды артық жүк коэффициентіне көбейткеннен алынатын, *есептелетін деформацияларға* негізделеді. Қолданыстағы нормалық құжаттарда артық жүк коэффициентінің

келесі мәндері қабылданған: шөгулер мен горизонталь жылжулар үшін 1,1–1,2; ылдильық пен салыстырмалы горизонталь деформациялар үшін 1,2–1,4; қисықтық үшін 1,4–1,8.

Бастапқы деректердің толықтығына және алынған нәтижелерге байланысты осы күнгі есептеу әдістерін толық және қысқартылған немесе көбіне жеңілдетілген деп бөлуге болады. Толық есептеу әдісі деформациялардың күтілетін мәндерін, қысқартылғанмен – ықтимал мәндерін анықтайды. Есептеулердің барлық әдістерінде бастапқы мәліметтерге: кеннің қалыңдығы, орналасу тереңдігі мен құлама бұрышы жатады. Толық есептеу әдісінде кен орнының кен-геологиялық жағдайлары туралы, әсіресе, тазалау қазбаларының орындары мен өлшемдері, кен өндіру лаваларының кезектері жайлы қосымша мәліметтер қажет болады.

Есептеу формулаларын алу әдістемесі және оның негіздемесіне байланысты деформацияларды есептеу теориялық, эмпиризмдік және жартылай эмпиризмдік болып ажыратылады. Инженерлік практикада негізінде эмпиризмдік және жартылай эмпиризмдік есептеу әдістері қолданылады.

Есептеудің эмпиризмдік әдістері тікелей жергілікті жерде жүргізілген аспаптық бақылаулар нәтижесінде алынған заңдылықтарға негізделген.

Жартылай эмпиризмдік есептеу әдістері жылжу процесінің математикалық модельдеріне негізделген. Бұл әдістер арқылы жылжу векторларының вертикаль және горизонталь құраушыларын анықтайды, сызықтық деформацияларды есептейді.

Ресейде және ТМД елдерінде типтік қисықтар әдісі кеңінен таралған және жылжу мұльдасы нүктелерінің деформациялары келесі формулалар арқылы есептеледі:

$$\eta_x = \eta_{\max} S(z) \quad (5.10)$$

$$i_x = \pm \frac{\eta_{\max}}{L} S'(z) \quad (5.11)$$

$$K_x = \pm \frac{\eta_{\max}}{L^2} S''(z) \quad (5.12)$$

$$\xi_x = 0,5 \cdot \alpha_0 \cdot \eta_{\max F(z)} \quad (5.13)$$

$$\varepsilon_x = \frac{0,5 \cdot \alpha_0 \cdot \eta_{\max} F(z)}{L} \quad (5.14)$$

мұндағы, η_x , i_x , K_x , ζ_x , ε_x – шөгуге, ылдильыққа, қисықтыққа, горизонталь жылжуға және салыстырмалы горизонталь деформацияға сәйкес келеді.

5.4. Жерасты кен қазудың зиянды әсерлерінен құрылыстарды қорғау шаралары

5.4.1. Құрылыстар мен ғимараттарды қауіпсіз кеуледің шарттары

Құрылыстар мен ғимараттардың және басқа да табиғи нысандардың астындағы пайдалы қазбаларды қазып алу соңғы кезде өте маңызды мәселе болды. Өйткені, сол нысандарды қорғаудың қосымша шаралары, құрылыстарды кеуледің бағасын мүлдем жоғарылатып жібереді немесе сақтандыру кентіректерінде пайдалы қазбаның жоғалымына әкеліп соғады.

Мұндай жағдайда ең жақсы нәтиже беретіні – ол құрылыстар мен ғимараттарды қауіпсіз кеуледің жағдайын анықтау және сол нысандарға рұқсат етілген және шекті деформацияларды салыстыра отырып қорғау шараларын тандай білу. Құрылыстар мен ғимараттарды қауіпсіз кеуледің жағдайын анықтау және қорғау шараларын тандау сол қорғалатын нысандардың жер бетіндегі есептелген деформацияларын рұқсат етілген және шекті деформациялармен салыстыруға негізделген.

Рұқсат етілген деформациялар деп жер бетінің (құрылыстардың іргетастары), сол нысандарды күнделікті жөндеу жұмыстарынан кейін, әрі қарай пайдалануға болатындай, зақымдар келтірген деформацияларды атайды.

Шекті деформациялар – жер бетінің (құрылыстардың іргетастары) апатқа ұшырауына әкеліп соғады, адамдардың өміріне қауіп туындатады.

Нысандарды қауіпсіз кеулеп қазу жағдайлары, рұқсат етілген деформациялар негізінде қабылданатын, кен қазудың қауіпсіз тереңдігімен анықталады.

Кен қазудың қауіпсіз тереңдігі H_k дегеніміз – тау-кен жұмыстары құрылыстарға рұқсат етілген деформациялардан артық әсер ете алмайтын қабат. Қауіпсіз тереңдік қабатынан төмен ешқандай арнайы қорғау шараларынсыз тау-кен жұмыстары жүргізіле береді.

Кен қазудың қауіпсіз тереңдігі H_k қауіпсіздік коэффициенті (K_k) мен рудалық денесінің орташа қалыңдығы (m) көбейтіндісіне тең.

$$H_k = K_k \cdot m. \quad (5.10)$$

Рудалық кен орындарының көптеген құрылыстарды қорғау Ережелерінде, кен қазудың қауіпсіз тереңдігі деген ұғым қарастырылмаған. Өйткені ол Ережелер өте қалың кен орындары үшін жасалған және ол кездері кен қазу жұмыстары да терең қабаттарда жүргізілмегендіктен, қауіпсіз тереңдіктің мағнасы да болмады.

Десекте, кейінгі кезде жұқа желілерден тұратын рудалық кен орындарын игеруде жер беті мүлдем деформацияланбайтындығы немесе деформациялары бір белгілі тереңдікте рұқсат етілген шамадан аспайтындығы жүргізілген аспаптық бақылаулардан белгілі болды.

Сонымен қатар, аспаптық бақылаулар кен қазу тереңдігі артқан сайын қазылып алынған кеңістікте, жер бетіндегі деформацияларды жылдам азайтатын, кентіректерді қалдыру қажеттігін де айқындады.

Көмір кен орындарына қарағанда рудалық кендерді игеруде жер бетіндегі қауіпті деформациялардың тоқтауы анықталды. Қауіпсіздік коэффициенттері аспаптық бақылаулар жүргізілген кеніштерде, кен орындарының геологиялық жағдайларына байланысты әрқилы болды ($K_k = 54 \div 88$; $K_k = 100$ және $K_k = 115$).

Сондықтан құрылыстарды қорғаудың ережелері мен нұсқауларында [34] беріктігі $f > 5$ тау жыныстарында қауіпсіздік коэффициенттері: I – категориялы құрылыстар үшін $K_k = 150$, II категорияға $K_k = 100$ және III категория үшін $K_k = 50$ ұсынылған.

Қауіпсіздік тереңдігі қорғалатын нысаннан төмен қарай тік бағытта салынады. Тереңдігі қауіпсіз қабаттан төмен тау-кен жұмыстары ешқандай қорғау шараларынсыз жүргізіле береді.

Кен қазудың шекті тереңдігі – H_{III} деп одан жоғары қабаттарда, тау-кен жұмыстарының әсерінен, құрылыстар мен ғимараттарға қауіпті деформациялар туындайтын тереңдікті атайды.

5.4.2. Қорғау шаралары

Күрделі тау-кен қазбаларын, қоғамдық, тұрғын үй құрылыстарын және табиғат объектілерін жерасты тау-кен жұмыстарының зиянды әсерлерінен қорғау немесе жер қойнауының экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету бүгінгі күннің өзекті мәселесі.

Әсіресе, бұл мәселе өндірістік маңызы бар, қалың көмір бассейндерінде кеңінен қойылып отыр. Жерастында көмір қазу жұмыстары Донбаста 1800 м, Кизелевте 1200 м, ал Қарағанды бассейінде 1000 м тереңдікте және тұрғын үйлер мен қоғамдық құрылыстар, табиғат объектілері астында жүргізіліп жатыр. Құрылыстың орнықтылығын сақтау үшін кеннің әжептәуір бөлігі сақтандыру тіреуіштері ретінде қалдырылады немесе басқа материалдар арқылы бос қуыстар бекітіледі (толтырылады).

Ал Республикамыздағы ең үлкен қала Алматының астында метро құрлысының жүргізіліп жатқаны шахардағы зәулім ғимараттардың орнықтылығын, миллионнан астам халық мекендеген қаланың қауіпсіздігін қамтамасыз ету өте күрделі мәселе екендігі және әртүрлі шараларды қолдануды талап ететіндігі сөзсіз.

Жерастынан кен қазу жұмыстарының жылдам қарқынмен дамуы, терең қабаттарда жүргізілуі тіктеу орналасқан кен орындарда жылжудың қауіпті аймағының үлкейе түсуіне әкеліп соғады да, кеннің төмбе бүйірінде орналасқан құрылыстарға зиян келеді. Мысалы, Держинский руднигінің зиянды әсерінен жалпы бағасы 1 миллион сондай 470 жекеменшік үйлер көшіріледі, ал Белоус руднигінде тау-кен жұмыстары екі және үш этаждық үйлері бар поселканың және Қарағанды қаласының астында жүріп жатқаны мәлім. Мұндай мысалдарды көптеп келтіре беруге болады.

Мұның бәрі, әлбетте, экономикалық және материалдық нұқсан келтіріп қана қоймайды, сонымен қатар айналасындағы ортаға да зиянын тигізеді.

Көптеген кен орындарында құрылыстарды және табиғат объектілерді қорғау үшін қауіпсіздік тіреуіштерін қалдыру, яғни сақтандыру үшін жерастында тұтасымен кенді қалдырып кету экономикалық жақтан тиімсіз. Сонымен, оларды әртүрлі кен-техникалық шаралар қолдану арқылы, мысалы, қазылып алынған қуыстарды толық не жартылай бекіту, басқа материалдардан тіреуіштер қою немесе құрылысты басқа жаққа көшіру және т.б. шаралар.

Жылжу процесін зерттеу нәтижелері негізінде әр кен орнына тән құрылыстарды және табиғат объектілерін қорғау ережелері дайындалады. Жер бетіндегі, жерастындағы объектілерді міндетіне, конструкциялық ерекшеліктеріне және тау-кен жұмыстарының оларға тигізетін әсерінен дәрежесіне байланысты бірнеше категорияға бөледі. Қорғау категорияларына бөлуді, өндіріс орны жергілікті тау-кен техникалық бақылау мекемесіне келісіп өзі шешеді.

I категориялық қорғау нысандарына өте күрделі, жауапты құрылыстар: шахтаның негізгі оқпандары, коперлар, көтеру машинасының үйі, электр-жылжу станциялары, негізгі темір жолдар, өңдеу және байыту фабрикалары, металлургиялық зауыттар, көп этажды (4-тен жоғары) көпшілік және тұрғын үйлер, үлкен өзендер және т.б. жатады.

II категориялық қорғау нысандарына: көмекші шахта оқпандары (желдеткіш, ағаш және т.б. материалдар түсіргіш), негізгі кен қазбалары (квершляктар, штольнялар, жүк таситын штректер), 2-3 этаждық өндіріс және тұрғын үйлер, кеніштің станциялары, жергілікті темір жолдары, табиғи және жасанды су қоймалары және т.б.

Ал *III категориялық қорғау нысандарына* кеніш алаңындағы автомобиль және темір жолдар, электр жүйелері, бір этажды өндіріс үйлері, рудниктің қосалқы цехтары мен құрылыстары, ұжымдық саяжайлар және т.б. жатады.

Енді осы құрылыстарды қорғау шараларын белгілеу кезінде кен орнының кен-геометриялық жағдайын, әсіресе кеннің орналасу тереңдігін және қауіпсіз тереңдігін – H_k ескерген жөн.

Тау-кен жұмыстарының жер бетіндегі объектілерге әсері тимейтін тереңдігін – қауіпсіз тереңдік H_k деп атайды және ол (5.1) формуласы арқылы анықталатындығын жоғарыда айтып кеттік.

$$H_k = m \cdot K_k \quad (5.11)$$

мұндағы, K_k – қауіпсіздік коэффициенті;
 m – кеннің қазып алу қалыңдығы, м.

Қауіпсіздік коэффициентінің шамасы құрылыстарды қорғау ережелерінде көрсетіледі және олар әрқилы болады. Мысалы, М. М. Протольяконов жіктемесіне сәйкес беріктігі $f > 5$ тау жыныстарында қауіпсіздік коэффициенті – K_k мынаған шамаларға тең деп алынады: I категориялы нысандар үшін $K_k = 150$, II – категория үшін $K_k = 100$ және III категория үшін $K_k = 50$ тең.

Құрылыстар мен табиғи нысандарды қорғау шаралары қорғаудың ережелеріне сәйкес нысандардың маңыздылығын, тау-кен жұмыстарының қауіпсіздігін және тиімділігін қамтамасыз етуге бағытталады.

Құрылыстар мен табиғи нысандарды жерасты кен қазудың зиянды әсерлерінен қорғаудың шаралары: тау-кен, құрылыс-конструкциялық және сақтандыру кентіректің қалдыру болып бөлінеді.

1. *Тау-кен шаралары:* ол жерасты қуыстарын тығындау, яғни жұқа (1-5 м), бірақ тіктеу орналасқан кендерді қазып алынған қуыстарды бос жыныстармен толтырмалау. Мұнда рудалы тіреуіштер қалдырылмайды, демек шығын көлемі азаяды. Дегенмен, тығындау жұмыстары да оңай емес, бұл тәсіл тау жыныстары айтарлықтай берік емес, бірақ бағалы кендерді қазуда пайдаланылады. Сондай-ақ кен қазып алудың жер беті деформациясын азайтатын неғұрлым тиімді технологиясын қолдану, яғни жер бетінде қорғайтын нысан маңдайында деформациялар мөлшері кіші болу үшін тазалау забойларын тоқтатпай тездетіп жүргізу және уақытша тіреуішті қалдыру.

2. *Құрылыс-конструкциялық шараларға* объектілерде пайда болған деформацияларды азайту үшін қолданылатын құрсаулар, иілгіш іргетастар және компенсациялық (орнына қайта келтіретін) оржолдар жатады, яғни құрылыстарды түзету және өңдеу.

3. *Құрылыстарды уақытша пайдаланбай тұра тұру,* яғни жылжу процесі аяқталғанша және жөндеу жұмыстары біткенше объектіні пайдаланбау.

4. Сақтандыру кен тіректері. Құрылыстарды қорғау үшін жерастында тұтасымен кен қалдырып кету, яғни сақтандыру кентіректерін қалдыру. Қорғаудың бұл шарасы жоғарыда айтып кеткен шаралар объектілердің сақталуын қамтамасыз ете алмаған немесе экономикалық тиімсіз жағдайда ғана қолданылады.

Енді осы сақтандыру кентіректерін құрудың жолдарына тоқталамыз.

5.4.3. Сақтандыру кентіректерін құру әдістері

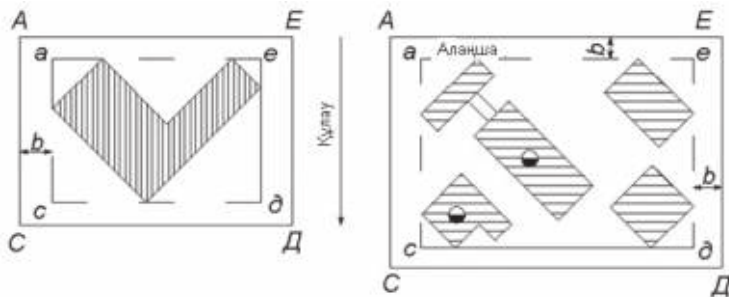
Кентіректерді құру график түрінде, вертикаль қималар әдісімен жүргізіледі. Сақтандыру тіреулерін есептеуде әр кенішіне немесе бассейнге бекітілген жылжу бұрыштары алынады. Орнықтылық қоры болу үшін қорғайтын нысанның айналасына ені 5.5-кестеде көрсетілген, алаңша (берма) салынады. Берманың ені қорғау категориясына сәйкес алынады.

5.5-кесте

Сақтандыру бермаларының шамалары мен қауіпсіздік коэффициенттері

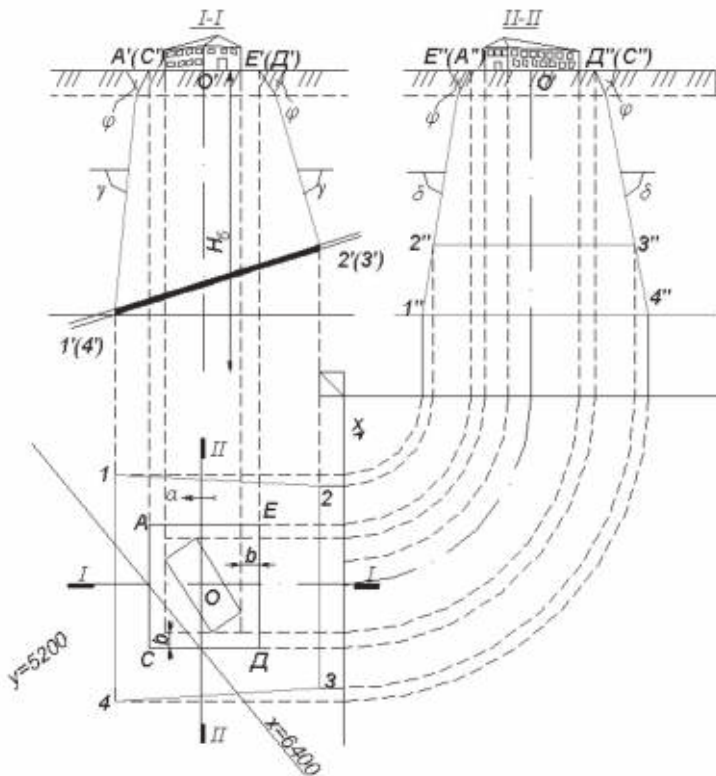
Қорғау категориясы	Берманың ені, м	Қауіпсіздік коэффициенті – K_k
I	20	150
II	15	100
III	10	50

Берманы салғаннан кейін, қорғалатын АВСД ауданының контуры (5.11-сурет) алынады. Қорғау нысаны ауданының центрі арқылы екі вертикаль қималар (көлденең және бойлық) құрылады (5.12-сурет).



5.11-сурет. Қорғалатын нысандардың контурын құру

Жоғары жақтан көлденең I-I және бойлық II-II қималары құрылады. Осы қималардағы O' пен O'' нүктелерінен қорғалатын ауданның өлшемі салынады және $A'(C')$, $E'(D')$, $E''(A'')$, $D''(C'')$ нүктелері алынады. Сонымен қатар, жер бетінен төмен қарай тік бағытта, (5.10) және (5.11) формулаларымен есептелген қауіпсіз тереңдік – H_k салынып, қауіпсіз тереңдік қабаты алынады.



5.12-сурет. Құрылыс астына сақтандыру кентірегін құру схемасы

Кентіректің контурын құру үшін, ең алдымен I-I қимасындағы $L'(C')$ және $E'(D')$ нүктелерінен топырақ қабатының жылжу бұрышы – φ арқылы, содан кейін негізгі тау жыныстары ішімен кенге дейін жылжу бұрыштары γ мен β арқылы сызықтар жүргізіліп, $1'(4')$ және $2'(3')$ нүктелерін алады. Бұл нүктелер қалдырылатын кентіректің үстіңгі және астыңғы жақтарында орналасқан.

Дәл осы жолмен II-II қимасындағы E(A) және D(C) нүктелерінен топырақ қабатының жылжу бұрышы – ϕ арқылы, әрі қарай негізгі тау жыныстарында – δ жылжу бұрышы арқылы кентіректің контуры құрылады.

I-I қимасындағы кентіректің жоғарғы және төменгі жақтарындағы шекараларын II-II қимаға проекциялап, кентіректің бойлық бойынша мөлшерін анықтайтын 2"-3" және 1"-4" нүктелері алынады.

Сөйтіп, сызба геометриясындағы тәсіл бойынша кентіректің пландағы контурын 1, 2, 3, 4 құрады, яғни 5.12-суреттегі ғимаратты сақтап қалу үшін қиылған пирамида пішінді руданы алмай қалдырып кету қажеттігі туады. Ал ол пирамиданың көлемін руданың меншікті салмағына көбейтіп сақтандыру кентірегінде қанша тонна пайдалы қор алғаны анықталады.

Сақтандыру тіреулерін жеке үйлер үшін қалдырмай, көбіне бірнеше объектілері үшін бірақ қалдырады. Ондай жағдайда тіреуіш пішіні күрделі болып келеді.

Пайдалы кеннен тіреулер қалдыра берген тау-кен кәсіпорнына тиімсіз, ол пайдалы қазындының жоғалымына (ысырапсыздыққа) әкеліп соғады. Сақтандыру кентіректерін қалдыруға мәжбүр болған жағдайда, маркшейдерлер тіреуішті жоғарыда көрсетілген әдіс бойынша есептеп, көлемін анықтайды және тау-кен техникалық бақылау мекемесінде бекітеді. Бекітілген сақтандыру кентіректерінің шекарасы планға қызыл тушьпен сызылып, жанына бекітілген дата жазылады.

Қажетті жағдайда, бұл қалдырылған сақтандыру кентіректері қайтадан қазылып алынады. Оған Жезқазған камераларында бұрын қалдырылған кентіректердің бүгінде қазылып алынып жатқаны дәлел.

Бақылау сұрақтары :

1. Жылжу процесі деген не?
2. Жылжу процесінің зиянды әсерлері қандай?
3. Тау жыныстарының жылжуы деген не?
4. Жер бетінің жылжуы деген не?
5. Жылжу процесінің параметрлері деген не?
6. Жылжу процесіне қандай факторлар әсер етеді?

7. Жылжу мұлдасы, оның негізгі қималары.
8. Жылжу, ажырау және шекті жылжу бұрыштары.
9. Геомеханикалық мониторинг деген не?
10. Қауіпті жылжу аймағы қалай анықталады?
11. Жылжу процесін зерделеудің әдістері.
12. Бақылау стансасы деген не?
13. Профильдік сызықтың ұзындығы қалай анықталады?
14. Тірек және жұмыс реперлерінің санын қалай анықтайды?
15. Бақылаулар қандай аспаптармен жүргізіледі?
16. Бақылау нәтижелерін математикалық және графикалық өңдеу.
17. Жылжу бұрыштарын анықтау.
18. Қауіпсіз тереңдік деген не?
19. Құрылыстар мен нысандарды қорғау шаралары.
20. Сақтандыру кентіректері деген не және олар қалай құрылады?

6. ҚҰРАМА ТӘСІЛМЕН КЕН ҚАЗУДЫҢ ГЕОМЕХАНИКАСЫ

6.1. Кендерді құрама тәсілмен игеру туралы түсінік

Отандық және шетелдік практикада пайдалы қазынды құрама, яғни бір кен орнында ашық және жерасты кен қазу жұмыстарын жүргізу қарастырылған. Бұл тәсіл кен игеруде күннен-күнге кеңінен қолданылуда. Бұл жағдайда минералдық шикізат қорын толық алу және оны қазып алудың техникалық-экономикалық көрсеткіштерін жақсарту қамтамасыз етіледі [36].

Тау-кен ісі саласындағы ғалымдар өткен ғасырдың 60-жылдарында құрастырылған тәсілмен игерілетін кен орындарын 3 топқа бөлді:

- 1) алғаш ашық, содан кейін жерасты тәсілімен қазып алына-тын (Бакал, Дегтяр – Ресейде, Шолақтау, Ақсай, Ақбақай – Қазақстан және т.б.);
- 2) алғаш жерасты, содан кейін ашық тәсілмен (Шелеин, Блявин, Норильск-1 - Ресей, Юнайтед Верде – АҚШ және т.б.);
- 3) бір мезгілде ашық және жарасты тәсілдермен игерілетін (Высокогорный, Алтын-Топқан, Медвежий ручей – Ресей, Эрцберг – Австрия және т.б.).

Кендерді құрастырылған технологиялармен игеру тәжірибесіне жүргізілген талдау шет елдердің 110 кеніштерінің 60% – түсті металдар мен алмаз рудаларын игеретін; 16% – темір рудалары; 10% – руда емес шикізаттар (эктастар, құрылыс материалдары, азбест, магнезит); 7,4% – уран рудаларын өндіретін кәсіпорындар екендігін көрсетті.

Сонымен қатар, осы кеніштердің 60-65% карьер астындағы қорларды және 15-18% карьер кемерлері жағдауларындағы қорларды қазып алатын кәсіпорындар. Кеніштердің 25% жуығы карьерден алыстау жерде орналасқан жеке кен орындарын, карьермен байланыссыз технологиялық схемалармен игеретіндер.

Құрастырылған кен қазу тәсілдерінің ішіндегі ең кеңінен таралғаны – алғаш ашық, кейіннен жерасты тәсілімен игеру. Оның бір дәлелі Қазақстандағы Васильков алтын кен орнын игеретін «Altuntau-Kokshetau» компаниясы. Дәл қазір Васильков карьерінің тереңдігі 80 м болса, әрі қарай бұл кен орнын жерасты тәсілімен қазып алу жобаланып отыр.

Құрастырылған тәсілмен кен қазу, тау-кен жұмыстарын жүргізудің бекітілген Нұсқауларына сәйкес жасалынған, арнайы жоба бойынша жүзеге асырылады және ол жоба келесі мәселелерді қамтиды:

- құрастырылған тәсілмен кен қазудың кен-геологиялық, гидрогеологиялық және технологиялық жағдайларының ерекшеліктерін талдау;
- кендерді құрастырылған тәсілмен игерудің өндірістік (техникалық) мүмкіндіктері мен техникалық-экономикалық пайдасын негіздеу;
- қазып алуға жобаланған рудалар қорларының карьерлік және шахталық аландардағы параметрлері;
- жерасты кен қазудың әсер ету зоналарының шекаралары (қауіпті жылжулар, опырыла құлаулар, шұңқырлар түзілуі);
- тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізудің шаралары, оны жүзеге асыратын кеніштің инженерлік-техникалық қызметінің міндеттері мен жауапкершілігі.

Кен орындарын құрастырылған (біріктірілген) тәсілмен игеретін тау-кен кәсіпорындарын жобалағанда, салуда және пайдалануда тау-кен жұмыстарын жүргізуге қауіп төндірмейтін келесідей негізгі факторларды ескерген жөн:

- кен орнын пайдалануда массивтегі тау жыныстары механикалық қасиеттерінің өзгеруін; жерасты қазба жұмыстарының әсерінен карьер түбінде (жер бетінде) жылжу зоналарының, жарықшақтардың, шұңқырлардың пайда болуына әкеліп соғатын, тау жыныстарының жылжуы және деформациялануы;
- массивтегі тау жыныстарының тау-кен қысымына бейімділігі;
- жерасты қазбаларының әсерінен тау жыныстарының бұзылыстары, карьер шекарасында қазылып алынған камералар мен блоктардың бос қуыстары;

- карьердегі және жерасты кенішіндегі жаппай аттырулардың әсері (тау жыныстары массивінде кернеулі күй туындататын сейсмикалық әсер; жаппай аттырулардан тау-кен қазбаларының улы заттармен ластануы және т.б.);
- кен орындарын құрастырылған тәсілмен игеруде ашық және жерасты тау-кен жұмыстарының арасындағы аэродинамикалық байланыс;
- біріктіріп кен қазу кезінде өрт шығуы, өздігінен жануға бейімділік;
- карьер мен жерасты кен қазбаларын кенеттен су басып кетуі.

6.2. Кендерді құрама тәсілмен игерудегі геомеханикалық процестерді зерделеу тәжірибесі

Пайдалы қазындыны құрастырылған тәсілмен игеру жер қойнауында күрделі геомеханикалық процесті туындатады. Ол процесті сипаттайтын басты ерекшелік – кен қазу жұмыстары (ашық және жерастында) бір мезгілде немесе бірінен кейін бірі жүргізілгенде, тау жыныстары массивіне бірнеше рет жүктеменің түсуі.

Құрама тәсілмен кен игерудегі геомеханикалық процестер табиғи жағдайлар мен технологиялық факторлардың әсерінен туындайтыны 6.1-кестеде келтірілген.

Кестеде келтірілген жіктеме әртүрлі кен-геологиялық жағдайларда құрастырылған тәсілмен кен игерудегі геомеханикалық процестердің ерекшеліктерін зерделеудің елу жылдан артық тәжірибесі негізінде жасалынды.

Академик С. Г. Авершин, асты кеуленіп қазылып жатқан карьер кемерінің сырғу бетін анықтауда, ең бастысы тау жыныстарының ілінісуі мен ішкі үйкеліс бұрышын ескеру қажеттігін дәлелдеген. Сөйтіп, қиябетті сырғытушы және ұстап тұратын күштерді есептей келіп, сырғу бетті графиктік түрде анықтаудың әдістемесін қалыптастырған. Құрастырылған әдіспен кен қазуда орнықтылық қорының коэффициентін 1,5-тен 2-ге дейінгі аралықта алу керек деп ұсынған.

Құрама тәсілмен кен қазудағы геомеханикалық процестер жіктемесі

Жағдайлар және факторлар	Түрлері	Сипаттамасы
Жағдайлар	<p>Тау жыныстарының құрылымы, құрамы және қасиеттері, олардың жатыс элементтері.</p> <p>Ауданның тектоникасы.</p> <p>Массивтің суланғыштығы мен газданғыштығы.</p> <p>Тау жыныстары массивінің геодинамикалық және газодинамикалық құбылыстарға бейімділігі.</p> <p>Жер бетінің рельефі.</p> <p>Табиғи нысандардың орналасуы және жай-күйі.</p> <p>Ескі тау-кен жұмыстарының орындары</p> <p>Территориялардың құрыстар салынғандық дәрежесі және сипаты</p>	<p>Өзгертуге болмайтын, табиғи және адамзат қызметінен туындаған жағдайлар</p>
Технологиялық факторлар	<p>Қазу жүйелері:</p> <p>тұтас,</p> <p>бағаналы,</p> <p>камералы,</p> <p>құрастырылған</p> <p>Кентіректер мен тазалау қазбаларының шамалары</p> <p>Тазалау забойларының жылжу жылдам-дығы</p> <p>Тау-кен қысымын басқарудың тәсілі:</p> <p>төбені бұзып құлату,</p> <p>қазылып алынған кеңістікті бекіту,</p> <p>төбені жайлап түсіру.</p> <p>Тау-кен жұмыстарын жүргізудың тәртібі:</p> <p>төменнен жоғары қарай,</p> <p>жоғарыдан төмен қарай,</p> <p>құрастырып.</p> <p>Қазбалар мен қорғалынатын нысандардың бір-бірімен байланысы:</p> <p>қазбалардың шекаралары бөлінген,</p> <p>қазбалардың шекаралары шектескен,</p> <p>жылжу мұлдасының түбі сақталған</p>	<p>Тау-кен кәсіпорнының жобасымен анықталған және кен орнын толық игеріп болғанша қолданыстағы факторлар</p>

Н. Н. Куваев Ресейдің Криворожец бассейніндегі барлық кендерді жер бетінің деформацияларына және олардың карьер кемерлерінің орнықтылығына тигізетін әсеріне байланысты үш түрге бөледі:

- карьер кемерлері немесе оған жақын жатқан жерлер деформацияға ұшырамайды, яғни олардың орнықтылығына әсер етпейді;
- карьер беткейлері мен кемерлерінде шұңқырлар пайда болуына және күртқұлама опырылып құлауларға әкеліп соғады, сөйтіп тау-кен жұмыстарын жүргізуді қиындата түседі;
- карьер алаңындағы жер бетінің біршама бұзылуын тудырады және карьер кемерлерінің орнықтылығын нашарлатады.

Сонымен қатар, жерасты кен қазудың әсерінен массивтің тұтастығы, орнықтылығы бұзылады және әлсіз беттердегі тау жыныстарының ілінісуі азаяды, нәтижесінде карьер беткейлерінің құлама бұрыштары көлбеуленетіндігі туралы Н.Н. Куваев тұжырым жасаған.

В. Г. Сапожников пен В. И. Пушкарев және басқалар құрастырылған тәсілмен кен қазудағы массивтегі тау жыныстарының ілінісуін зерделеп, олардың 1,5-2 еседей азаятындығын дәлелдеген. Тау жыныстары массиві беріктігінің төмендеуі оны түзетін құрылымдық блоктардың өзара байланысының әлсізденуінен туындайды.

Массивтің әлсіздену коэффициенті - λ (Г. Л. Фисенко еңбектерінде): аргилиттерде 0,056-дан 0,121 дейін, алевролиттерде 0,068-ден 0,148-ге дейінгі аралықтарда өзгеріп отырады. Әлсіздену коэффициентінің ең кіші шамасы – 0,12, қазылып алынған кеңістік контурынан 15-25 м қашықтықта орналасқан массивте, ал ең үлкені, $\lambda=0,20-0,25$ қазылған кеңістіктен 40-50 м жердегі массивте анықталған.

Карьер мен жерасты қазбаларына қабысып жатқан аймақтардағы тау жыныстары массивінің жай-күйі мен тау-кен жұмыстары контурларының арасындағы байланысты Г. И. Черный өз еңбектерінде дәлелдеді. Десекте, карьер астындағы қорларды қазып алудағы тазалау жұмыстары параметрлерінің тау-кен қысымының түзілу сипатына әсерін зерделеу әлі күнге дейін жеткіліксіз жүргізілуде.

М. Б. Нұрпейісованың жұмыстарында [36,37] Қаратау бассейні кеніштері мен Ақбақай кенішінде жүргізілген маркшейдерлік бақылаулардың нәтижелері келтірілген. Алғашқы бақылаулар карьердегі жұмыстар аяқталып, жерастындағы екінші қабат игеріліп жатқан кезеңде басталған.

Көпжылғы бақылаулар нәтижесінде құрастырылған (алғаш ашық, кейін жерасты) тәсілімен кен қазудағы автордың көпжылғы бақылаулары нәтижесінде тау жыныстарының массиві алғаш жарықшақталып, тік жарлар пайда болып, кейін әлсіз беттер арқылы сырғитыны дәлелденді.

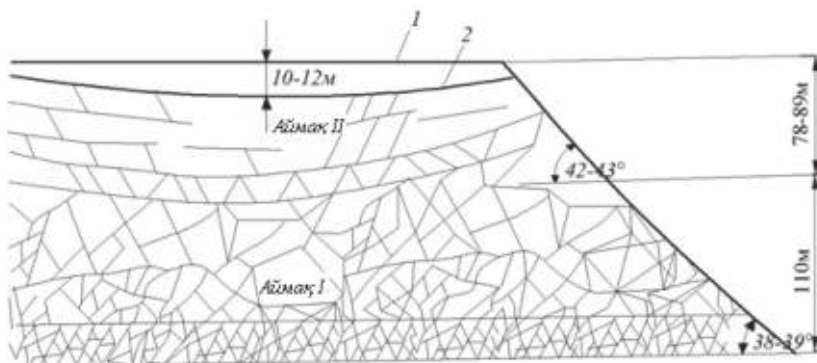
Норильск-1 кен орнын құрастырылған тәсілмен игерудің тәжірибесі өте құнды деуге болады. Мұнда блокты қопара құлатып қазу жүйесі қолданылады. Жылжу процесін бақылаулар карьерде және жерасты кенішінде ұзақ уақыт аралығында жүргізілген. Аспаптық бақылаулардың нәтижесінде бірнеше заңдылықтар анықталды:

- жер бетінің максимал шөгугері 7-12 м-ге тең, яғни алынатын кен қалыңдығының 1,3-тен 1,2 бөлігіне тең;

- жер бетінде жарықшақтар біртіндеп пайда бола бастайды, олардың аралары 1-2 м дейін жетіп жығылады.

- кен қазбалары төбелерінің 30-35 м дейін бастапқы опырыла құлаулары өлшемдері 10 м шамасындағы құрылымдық блоктар арқылы, содан кейінгі бұзылулар 100 м биіктікке дейін таралады. Мұндағы тау жыныстарының қопсу коэффициенті 1,05-1,10 тең.

Норильск кен орнында геомеханикалық зерттеулер жүргізген ғалымдар М. А. Иофис пен И. А. Мальцевалар, жылжу процесі аяқталғаннан кейін, тау жыныстары массивінде (төменнен жоғары қарай) екі зона пайда болатындығына көз жеткізді (6.1-сурет):



6.1-сурет. Қазылып алынған кеңістік үстіндегі тау жыныстарының массиві

1 – жылжу процесіне дейінгі жер беті; 2 – жылжу процесінен кейінгі жер беті

1) биіктігі 110 м дейінгі массивтің тұтас бұзылу зонасы, оған биіктігі 19-20 м қазылып алынған кеңістік те кіреді;

2) биіктігі 80-90 м-лік жарықшақталған тау жыныстарының жайлап бірқалыпты иілу зонасы.

Суретте көрсетілген екі зонаның арасында белгілі бір шекара бар деп айтуға болмайды. Екінші зона астындағы тау жыныстары қабыршақталып бөліне бастайды және астыңғы зона жыныстарына барып шектеседі. Бұл учаскелердегі карьер кемерлерінің орнықтылығын есептеу үшін жоғарғы зона тау жыныстарының беріктік қасиеттері екінші зонаның дәл осындай қасиеттері көрсеткіштеріне жақын деп алуға болады.

Төменгі зона тау жыныстарының орнықтылығы көбіне массивтің ішкі үйкеліс бұрыштармен анықталады, ал ілінісуі өте төмен болады. Сондықтан құрастырылған тәсілмен кен қазуда карьер беткейінің контуры ойық болып келеді: төмегі жағында көлбеу, жоғарғы жағында – күрт ұлама.

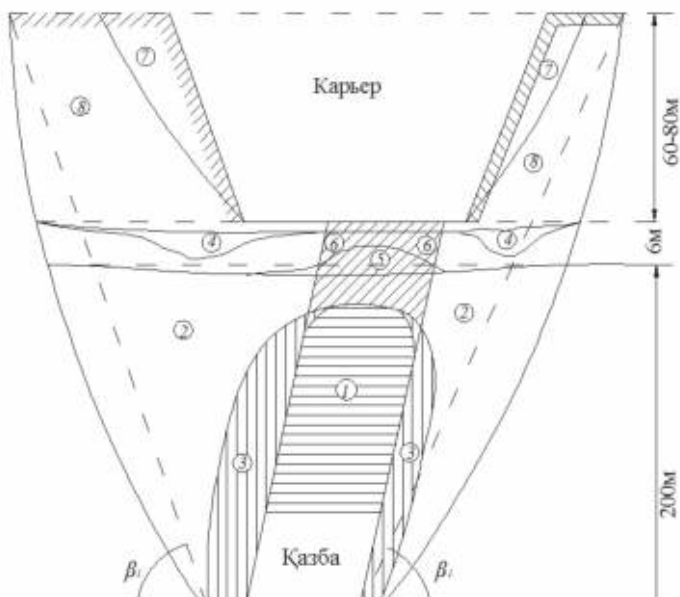
Якутияның құрамында алмазы бар кен орындарында М. А. Иофис геомеханиканың бірегей мәселесін шешті. Дәл осындай мәселенің Ақбақай алтын кен орнында да өз шешімін тапқандығы келесі параграфта қарастырылады.

6.3. Құрастырылған тәсілмен кен қазудағы тау жыныстарының жылжу аймақтары мен зоналары

Алғаш ашық, кейін жерасты тәсілімен кен игеретін Ақбақай кеніші тау жыныстары массивінің жылжу схемасы (6.2-сурет) аспаптық бақылаулар нәтижесінде алынды [20,39,40]. Жылжу процесінің сипаты мен параметрлерін анықтау мақсатымен 1991 жылы барлық кен желілерін қамтитын, бес профильдік сызықтардан тұратын, бақылау стансасы салынды.

1992-2008 жылдар аралығында жүргізілген кешенді геомеханикалық мониторинг нәтижесінде, деформацияланған тау жыныстары массивінде екі аймақ және бір-бірінен өзіндік айырмашылықтары бар 8 зона пайда болатындығы анықталды.

Бұл схемада: *жүгі түсірілген және жоғары тау-кен қысымы* деп аталатын екі аймақ ерекшеленеді. Жүгі түсірілген аймақтың өзі екі зонаға бөлінген, олар: опырыла құлау және тік тесіп өткен жарықшақтар зоналары.



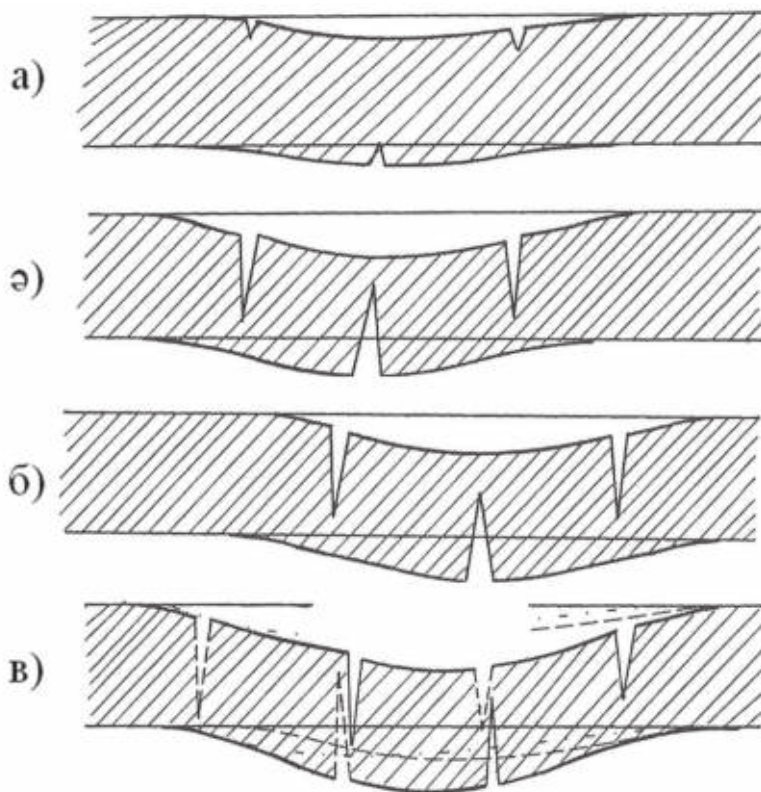
6.2-сурет. Ақбақай кен орнын құрастырылған тәсілмен игерудегі жылжу зоналарының схемасы

- Зоналар: 1 – опырыла құлау; 2 – бірқалыпты иілу; 3 – шекті кернеулі күй;
 4, 5, 6 – карьер астындағы кен тіректің созылу және сығылу деформациялары;
 7 – сырғу призмасы; 8 – беткей жағдауы массиві; 7 және 8 – сырғу беттер зоналарын бөліп тұратын А-В сызықтары

Екінші жоғары тау-кен қысымы аймағын (ЖКА) кей уақытта тірек қысымы аймағы деп те атайды. Бұл аймақ суретте вертикаль сызықтармен штрихталған және онда шекті кернеулі күй (3) зонасы бар.

Жерасты қазбасы төбесіндегі (карьер астындағы қабат) тау жыныстарының созылудағы және сығылудағы беріктіктері шектен асып кеткенде бұзыла бастайды, оның нәтижесінде массив жарықшақтар жүйелері арқылы құрылымдық блоктарға бөлінеді. Қазба төбесіндегі қабат жоғарғы жағында (4-зона) максимал созылу деформацияларымен сипатталса, керісінше созылу деформациясы, 6-зонаның, төменгі жағында пайда болады. Ал 5-зонада, яғни кен қазбасының төбесінде сығылу деформациясы қалыптасады.

Массивтегі (4, 5, 6 - зоналардың), яғни техногендік жарықшақтардың қалыптасу механизмін келесі 6.3-суреттен байқауға болады.



6.3-сурет. Карьер астындағы қабатты кеулеу кезінде жарықшақтадың қалыптасу схемасы:

а – иілген қабатта жарықшақтардың пайда болуы; ә – осы қабатта жарықшақтардың дамуы; б) тау-кен жұмыстары дамыған кезде жаңа жарықшақтардың пайда болуы; в) белгілері әртүрлі деформацияларда қабаттың бұзылуы.

Карьер астындағы қабаттың иілуі нәтижесінде онда созылу кернеуі пайда болады және ол кернеудің ең үлкен мәндері максимал қисықтықтары бар нүктелерге сәйкес келеді. Созылу деформациялары белгілі бір беріктік шегіне, қабаттың астында және беттерінде көлденең жарықшақтар пайда бола бастайды (6.3 а-сурет).

Қазылатын кеңістік әрі қарай үлкейген сайын, созылу кернеулері де ұлғая түседі, жаңа жарықшақтар пайда болып, бұрынғы жарықшақтар біртіндеп жабыла бастайды. Максимал қисықтықтары бар нүктелердің орындары өзгеретіндіктен, жаңа жарықшақтар бұрынғы жарықшақтардың орындарын жабады (өйткені қабаттың сығылуы оның тұтастығын қалпына келтіре алмайды). Осы процесс жарықшақтардың ашылуы мен тереңдіктері өздерінің максимал шамаларына жеткенше жүреді (6.3 ә-сурет).

Егер осы жарықшақтардың әрқайсысының тереңдігі қабат қалыңдығының жартысынан асып кетсе, онда жарықшақтар теңдігінің қосындысы қабат қалыңдығына тең болады, сөйтіп қабат толығымен бөлшектеледі (6.3 б-сурет). Құрама (алғаш ашық, кейін жерасты) тәсілмен кен қазудағы жылжу процесінің зоналары схемасында (6.2-сурет) айтылмаған 7 және 8-зоналар.

Олар карьер беткейлеріне қабысқан және жерасты қазба жұмыстарының әсерінен консолды тақталар сияқты иіледі. Мұндағы 7-зона сырғу призмасын бейнелейді, оған ашық және жерасты тау-кен жұмыстары екі жақтан әсер етеді. Осы екі зоналарды бөліп тұрған А-Б сызығы сырғу бет деп аталады.

Кен қазудың жағдайына, қазба төбелерін басқару тәсілдеріне және басқа да әсер ететін факторларға байланысты, зоналардың саны мен орындары 6.2-суретте көрсетілген схемадан өзгеше болуы да мүмкін.

Мәселен, қазылып алынған кеңістікті толтырмалағанда, қазба төбесін бірқалыпты төмен түсіру тәсілмен басқарғанда, қазылып алынатын кен қалыңдығы шағын болғанда қопарыла құлау зонасы болмайды. Бұл жағдайда қазылып алынған кеңістік үстінде жарықшақтар зонасы қалыптасады және, керісінше, иілмелі қабат үстінде жатқан сынғыш (нашар) тау жыныстарында жарықшақтар зонасы бірқалыпты иілу зонасының үстінде түзіледі.

6.4. Құрама тәсілмен кен игерудегі геомеханикалық процестерді басқарудың технологиялық әдістері

Құрама тәсілмен кен игеретін кеніштерде соңғы жылдары жүргізілген зерттеулер нәтижесінде тау жыныстары массивіндегі геомеханикалық процестердің даму заңдылықтары анықталды және осы процесті басқарудың ғылыми негіздері жасалынды.

Геомеханикалық процестерді технологиялық басқару дегеніміз – жер қойнауы ресурстарын игеру барысында тау жыныстары массивінің құрамын, құрылымын қасиеттерін және жай-күйін мақсатқа сай бағытта өзгертуді және деформациялану, бұзылу және жерасты суларын берілген көлемде, бағытта ағызу процестерін шектен шығармай дамытуды қамтамасыз ететін ғылыми негізделген тәсілдер мен әдістердің жиынтығы.

Құрама тәсілмен кендерді игерудегі геомеханикалық процестерді басқарудың технологиялық әдістерінің жіктемесі 6.2-кестеде келтірілген.

Қоғамдық тұрғын үй мен өндіріс құрылыстарын және тау-кен қазбаларын жерасты тау-кен жұмыстарының зиянды әсерлерінен қорғау, яғни экологиялық қауіпсіздік бүгінгі күннің өзекті мәселесі. Әсіресе, бұл мәселе құрастырылған тәсілмен кен игеретін кеніштерде кеңінен қойылған. Жерастында кен қазу жұмыстарының жылдам қарқынмен дамуы, терең қабаттарда жүргізілуі тіктеу орналасқан кен орындарында жылжудың қауіпті аймағының карьер түбінде және оның жағдауларында үлкейе түсуіне әкеліп соғады да, кеннің төмбе бүйірінде орналасқан құрылыстарға және карьердегі тау-кен жұмыстарына зиян келтіреді. Міне, осындай жағдайда, Шолақтау кен орнын игеретін «Молодежный» кенішіндегі құрылыстар мен нысандарды қорғау шараларынан мысал қарастырайық.

«Молодежный» кеніші бақылау стансасының планына (5.8-суретті қараңыз) сәйкес көптеген құрылыстарды қорғау мәселесі алға қойылды. Кеніштегі 5-қабатты игеру жобасына сәйкес: химия лабораториясы және оның қоймалары, ұзын заттарды түсіретін өрлеме, асхана, механикалық цех, авто және темір жолдар қауіпті жылжу аймағының ішінде қалды. Бұл құрылыстарды қорғайтын шараларға сараласақ, онда бұл нысандарды басқа жаққа көшіру керек немесе қорғау үшін сақтандыру кентіректерін қалтырып кету қажет болды. Ал бұл шаралардың барлығы экономикалық жағынан тиімсіз екендігіне есептеулер жүргізіп әбден көз жеткіздік.

Сол себептен, бұл құрылыстарды қорғау жасау үшін арнайы бақылау стансалары салынып, қауіпті деформациялардың шамалары анықталды. Арнайы стансалар Ақсай және Ақбақай кен орындарында да салынып, мезгіл-мезгіл бақыланып отырылды.

Аспаптық бақылаулармен қатар, дайындық және тазалау қазбаларында көзбен бақылау, фототеодолиттік түсіріс, лазерлік ска-нерлеулер жүргізілді. Бақылау нәтижелері құрлыстарды қорғаудың шараларын даярлауда қолданылды.

Бірнеше километрге созылып жатқан Қаратау бассейні кен орын-дарында кездесетін кенсіз учаскелер, жылжу процесінің біркелкі да-муына кері әсер етеді, яғни жылжу процесін тежейді. Демек, кенсіз учаскелері жоқ, аумағы үлкен қазылып алынған кеңістіктерде қолдан осындай тіреуіштер жасалса, онда жылжу процесін тежеуге болаты-ны сөзсіз. Ендеше жоғарғы қабаттардан қопарыла құлап, қызылған бос қуыстарды толтырып жатқан тау жыныстардан «жылжу сына-сын» жасау қажет.

Сонда жылжу процесінің «жылжу сынасынан» немесе кенсіз учаскелер маңынан шыға қоймайтыны сөзсіз. Жүзеге асырылған бұл шара 6.1-кестенің 1,а және 4,в пункттеріндегі басқару тәсілдеріне сай келеді.

6.2-кесте

Геомеханикалық процестерді басқарудың жіктемесі

Кластар	Топтар	Басқару тәсілдері	Қолдану аясы
Деформация шамаларын өлшеу әдістері	а) тау жыныстары массиві мен жер беті деформация-ларының барлық түрлерінің азаюы б) карьер беткейлері деформация-ларының азаюы	Қазылып алынған кеңістік пен кеңістік үстіндегі жолақты толтырмалау; қазылып алынатын кен қалыңдығын азайту; өрлемелеп кен қазуды қолдану; аудан бойынша кенді бөліп қазу. Карьер кемерлерін нығайтудың шарала-рын қолдану	Қолданылып отырған тех-нологияда массивтің күтілетін жыл-жулары мен деформация-ларының рұқсат етілген шамадан асып кеткен жағдайда қолданылады

6.2-кестенің жалғасы

<p>Деформациялар бағытының белгісі мен даму дәрежесін өзгерту әдістері</p>	<p>а) горизонталь деформациялардың белгісін өзгерту</p> <p>б) вертикаль деформациялардың белгісін өзгерту</p> <p>в) аудан бойынша деформацияларды өзгерту</p> <p>г) деформациялар дамуының жылдамдығын өзгерту</p>	<p>Камералық-кентіректік қазу жүйесін, камераларды тиімді тәртіппен қазу және толтырмалау; кен қазуда орнықты қазба күмбездерін құру.</p> <p>Өрлемелеп кен қазуды қолдану; кен қазуды бірнеше қабаттарда жүргізу. Тазалау қазбаларының бағытын, кен қазу тереңдігін өзгерту; тау-кен жұмыстары шекарасын ығыстыру; Тазалау қазбаларының жүру жылдамдығын күшейту немесе азайту</p>	<p>Тау жыныстары деформациялары, жылжу аймағына түсіп қалған құрылыстардың немесе кен қазудың конструкциялық элементтерінің рұқсат етілген шамаларынан асып кеткен жағдайда қолданылады.</p>
<p>Деформациялардың сипатын өзгерту әдістері</p>	<p>а) жер беті мен карьер жағдаулары деформацияларын тарату</p> <p>б) карьерасты массивінің деформацияларын тарату</p>	<p>Кен қазып алудың үйлесілген әдістерін қолдану; карьер кемерлерінде траншеялар мен саңылаулар қолдану.</p> <p>Кен қазып алудың үйлесілген әдістерін қолдану.</p>	<p>Жер бетіндегі тау жыныстары массивіндегі нысандардың орнықтылығын күшейту үшін қолданылады.</p>
<p>Тау жыныстарының қасиеттерін реттеу әдістері</p>	<p>а) жарықшақтылықты азайту</p> <p>б) тау жыныстарының суланғыштығын және газдануды төмендету</p> <p>в) тау жыныстарының беріктігін күшейту</p>	<p>Цементті-балшықты ерітінділерді, сұйық шыныны жарықшақтарға құю, силикат-тау, смола жағу, т.б. Су ағызатын траншеяларды құру, ұңғымалар бұрғылау; суды айдау. Сырғуға ықтимал беттердегі тау жыныстарын нығыздау, тампондау және металл торлар, темірбетон қадалар, тіреуіш қабырғалармен және т.б. бекіту.</p>	<p>Кен қазудың технологиялық параметрлері тау жыныстары массивінің геомеханикалық күйіне сәйкес келмеген жағдайда қолданылады.</p>

6.2-кестенің жалғасы

Деформациялық процесстерді кешенді өзгерту әдістері	Жоғарыда келтірілген топтардың әртүрлі қосыны	Тау жыныстары массивінің геомеханикалық күйін басқарудың әртүрлі тәсілдерін құрастырып қолдану	Геологиялық және геомеханикалық жағдайлары тереңдікке байланысты өзгеретін, күрделі кендерді игеруде
---	---	--	--

Жылжу процесін басқарудың тағы бір әдісі – тау жыныстарын жасанды түрде копарып, жерасты қуыстарын толтырып отыру, яғни карьер түбінде пайда болған шұңқырларға бос тау жыныстарын төгу. Төмбе бүйір үстінде орналасқан бос тау жыныстар үйінділерін карьерге төгіп, көпір жасап, жылжу процесін 4-5 жылға дейін шектен шығармауға болады.

Бұл бір жағынан жылжу процесін басқару, тау-кен жұмыстарының қауіпсіздігін қамтамасыз ету болса, екінші жағынан бұзылған жерлерді қайтадан орнына келтіруге (рекультивациялауға) және уақытша қалдырылған кен тіректерді қазып алуға мүмкіндік туғызады. Мұндай шаралар «Молодежный», «Ақсай» және Ақбақай кеніштерінде жүзеге асырылып, нәтижесінде қазылып алынған блоктар бос тау жыныстарымен толтырылды және қауіпті копарылыстар жойылды.

Жылжу процесін басқаруды жүзеге асырудың тағы бір жолы – *блоктардағы тазалау жұмыстарын жылдам жүргізу*, сөйтіп төбелік кентіректердің деформациялануын шегіне жеткізбей, уақытты соз-бай, дер кезінде отырғызу және төбелік кентіректердің орнына карьердегі ішкі үйінділерді пайдалану. Сөйтіп, карьердегі ішкі бос тау жыныстары үйінділерін бос қуыстарға төгу – қауіпті деформациялардан сақтанудың бірден-бір айқын жолы болып табылады. Құрама тәсілмен кен игерілген Шолақтау, Ақсай, Ақбақай кен орындарында, тау жыныстары мен жер бетінің жылжуын комплексті зерттеу нәтижелері осы кеніштерге арналған Құрылыстарды жерасты қазба жұмыстарының зиянды әсерінен қорғау ережелерін: «Временные указания по охране зданий и сооружений от вредного влияния подземных разработок месторождения Чулақтау» [37]; «Указания по охране зданий и сооружений от вредного влияния подземных раз-

работок месторождения Аксай» [38]; «Указания по охране зданий и окружающей среды от вредного влияния горных разработок месторождения Акбакай» [39] даярлауға және оларды өндіріске енгізуге мүмкіндік туғызды.

6.5. Жер қойнауы және қоршаған ортаны қорғауды қамтамасыз ету

6.5.1. Жер қойнауы және оның пайдалы қазба байлықтары

Адамдар ерте заманнан бері жер қойнауынан пайдалы кендерді алып, қорықпай жаратып келеді. Пайдалы кендер қазу мөлшері жыл сайын өсіп, қазір 125 миллиард тоннаға жетті немесе бір адамға есептегенде 25 тоннадан келеді. Алғашында жер қойнауынан тек 4 металл: алтын, күміс, темір және мыс алынатын болса, осы күндері 200-ден астам шикізат пен отын түрлері игеріліп, ел игілігіне жұмсалуда.

Жер қойнауы әлі толық зерттеліп болған жоқ. Бұрғылау скважиндері жеткен тереңдік 5 км-ден аспайды. Коль түбегінде (Ресей) – өте терең сважина 12 км-ге жетіп, енді 15 км-ге дейін бұрғылау көзделіп отыр. Батыс Қазақстан облысында бір мұнай бұрғылау скважинасы 10 км-ге дейінгі тереңдікке жетті.

Жерасты байлықтарын ашуға ғарыштық аппараттардың да пайдасы көп. Дәстүрлі зерттеулер жүргізгенде әуелі жер қойнауының жарылған, сынған, арасы ашылған жерлерінің геологиялық сипатын суретке түсіріп, мындаған км жол жүріп бірнеше жерді бақылап, көп кісінің жинаған мәліметтерін тексеріп, талдау жасап, қорытынды шығарады. Бұл өте ұзаққа созылып және қымбатқа түседі. Ал ғарыштан түсірілген суреттер пайдалы кен көздерін тез және аз шығынмен табуға көмектеседі. «Салют» кемелері Каспийдің шығыс жағалауынан газ бен мұнайдың жаңадан 66 көзін тауып олардың 10 өте тереңде екенін көрсетті.

Барланған және зерттелген пайдалы кендер қоры онша көп емес. Оның үстіне табиғаттың тірі организмдері сияқты олар көбеймейді және қайталанбайды. Сондықтан ерте ме әлде кеш пе олардың қоры таусылары анық. Міне, осыған байланысты жер қойнауын және оның байлықтарын ұқыпты пайдалану, қазбалы кендердегі пайдалы

заттарды қалдыққа жібермей, түгел айырып алып іске жарату басты міндет болып саналады.

Ғалымдардың есебі бойынша дүние жүзіндегі белгілі пайдалы кендер қазіргі мөлшерде игерілетін және жұмсалатын болса олардың қорлары мына жылдарда таусылады деп жорамалдауда: вольфром мен қалайы – 2015, сынап – 2018, асбест – 2020, мырыш – 2023, қорғасын – 2025, мұнай – 2030, кобальт – 2028, табиғи газ бен мыс – 2040, молибден – 2045, никель – 2050, боксит – 2055, темір – 2065, марганец – 2090, фосфорит – 2100 жылдары, тас көмір мен калий тұзы – ХХІ ғасырда.

Өркениет елдер ішінде минералды шикізаты көп – АҚШ. Бірақ оларда қалайы, алмаз, марганец, хром, никель, кобальт, т.б. минералдар жоқтың қасы. Батыс Еуропа елдері мен Жапонияның кен байлықтары өте жеткіліксіз. Көптеген елдер өздерінің кендерін кейінге сақтап, қазіргі керегін шет елдерден, әсіресе дамушы мемлекеттерден арзан бағамен алғанды тәуір көреді. Мәселен, таяу және Орта Шығыс елдері Алжир, Венесуэлла мұнайға, Ямайка бокситке, Замбия мен Заир мысқа бай. Дамушы елдердің үлесіне жер жүзіндегі мұнай қорының – 75%, мыстың – 50%, қалайының – 90%, қорғасынның – 30%, мырыштың – 25%, боксит пен марганецтің – 60%, темір рудасының – 33%, фосфориттің – 40%, алмаздың – 25% келетінін айтсақ дамыған елдердің олардың байлықтарына қызығу себебін түсінуге болады.

Қазақ жері де пайдалы қазылымдарға өте бай. Тас көмір мен қоңыр көмірдің жанғыш тақтатастың 10 бассейні, 155 кені, 102 жерде белгілері бар. Жалпы көмір қоры 170 миллиард тоннаға жуық оның ішінде 15 миллиардтан астам кокс беретін көмірлер. Ең ірілері Қарағанды, Екібастұз, Обаған, Қорғалжын сияқты бассейндері. Жанғыш тақта қоры 4 миллиард тоннадан асатын Кендірлік бассейні Шығыс Қазақстан облысында орналасқан.

Мұнай және жанғыш газ кендері Ақтөбе, Атырау, Маңғыстау, Батыс Қазақстан, Жамбыл, Шымкент, Қызылорда облыстарында. Металды пайдалы кендерден 60-тан астам химиялық элементтер алынады. Олардың ішінде қоры көптері темір, марганец, хромит, ванадий, титан рудалары.

Еліміздің жер қойнауы түсті, асыл және сирек кездесетін металға да бай. Олардың ішінде түсті металдың – боксит, никель,

кобальт, мыс қорғасын, мырыш, асыл металдан – алтын, күміс, сирек кездесетін металдан қалайы, вольфром, молибден, тантал, ниобий, цирконий, висмут, сурьма, сынап, мышьяк, кадмий, галий, индий, рений, талий, селен, теллур, т.б. бар.

Жаратылыстың бергені көп екен деп қолда барды шашып-төгу, орынсыз жұмсау, қазіргі керегін алып, қалғанын қалдық санау, әрине дұрыс емес. Кен байлықтарымызды басқаға тегін немесе арзан бағамен беріп, жомартық жасағаннан гөрі келешек ұрпақты, осы байлықтың болашақ иелерін де ойлаған жөн деп білеміз. Елдің байлығы халықтың мұрасы, онымен басқаларды тойдырамыз деу ұрпақтың үлесін шашып-төгу деген сөз.

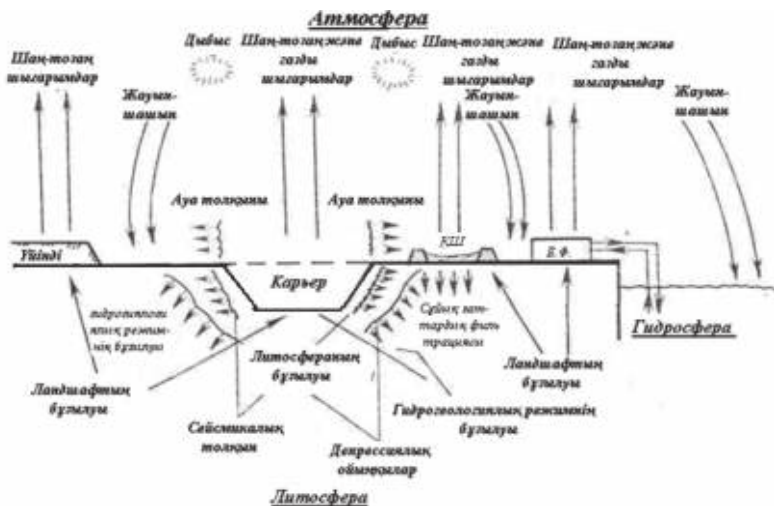
Қазақ елінің байлығын әдейі алуға келген келімсектерге өнімнің бір бөлігін шет елдерге сатып, өздерінің қара бастарының қамын ойлайтындар Қазақстанның байлығын шашу, талап-таражға салу болып саналады. Осы айтылғандардан түйеріміз, жер қойнауы байлықтарын қорғау, ұтымды пайдалану тек бүгінгі күннің қамы емес, келешек ұрпақтың да туған елінің байлығында үлесі бар екенін ұмытпауымыз қажет.

6.5.2. Пайдалы қазындыларды игерудің қоршаған ортаға тигізетін зиянды әсері

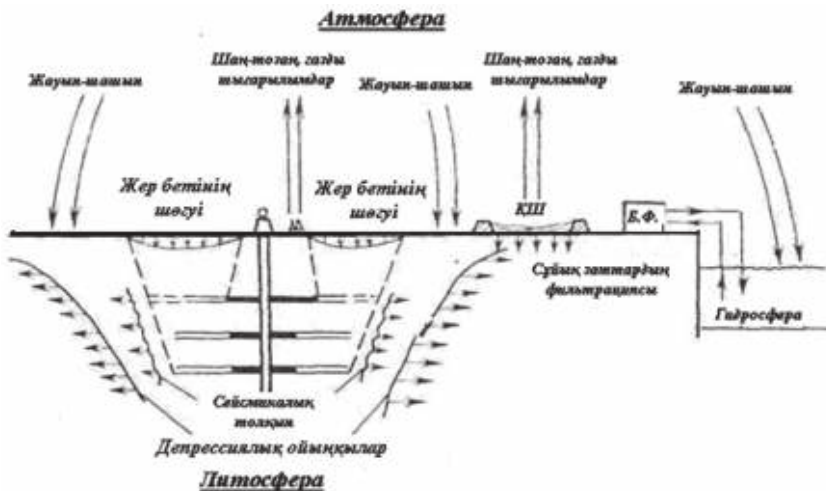
Пайдасымен бірге кен өндірудің қоршаған ортаға тигізетін зиянды әсері де бар, яғни, тау-кен кәсіпорындарының дамуы жер, орман, пайдалы қазбалар, су ресурстарын мейлінше кең көлемде пайдалануды ұлғайтады. Әлбетте бұл қарқынды даму табиғи ресурстарды азайтып қана қоймай, қоршаған ортаның ластану мәселесін тудырады және адамзаттың табиғатпен қарым-қатынасын ерекшелендіре түседі [40].

Кен өндіру, өңдеу және тасымалдауда жер қойнауынан алынатын шикізаттың көбі әртүрлі қалдықтар түрінде жоғалады және қоршаған ортаны ластайды. Табиғатты ластау өнеркәсіптің барлық сатыларында, яғни геологиялық барлаудан бастап ең соңғы пайдалануға дейінгі кезеңдерде жүріп жатады. Қоршаған ортаның жай-күйін ғылыми тұрғыдан толық зерттеген академик В. И. Вернадский «адамның табиғатқа тигізетін әсері геологиялық күшке пара-пар және дүниенің бір пұшпағы бүлініп жатқанда, оның басқа тұстары да өзін қолайсыз сезінеді» деп бағалаған.

Жерасты кенішінің (6.4-сурет) және карьердің (6.5-сурет) қоршаған ортамен қарым-қатынас схемаларына көз салсақ, биосфераның барлық элементтері, оның ішінде жер қойнауы мен жер ресурстары көп зиянға ұшырайтынын байқаймыз.



6.4-сурет. Карьердің қоршаған ортамен қарым-қатынас схемасы



6.5-сурет. Кеніштің қоршаған ортамен қарым-қатынас схемасы

Қоршаған ортаға байыту фабрикаларының қалдықтары және бос тау жыныстарының үйінділері үлкен әсер етеді.

Қазіргі кезде пайдалы қазылымдар үш түрлі тәсілмен игеріледі, олар: ашық, жерасты және геотехнологиялық. Геотехнологиялық тәсілде пайдалы қазылым арнайы бұрғыланған және жабдықталған ұңғымалар арқылы жүзеге асырылады. Кен өндірудің осы тәсілдерінің қоршаған ортаға тигізетін әсерлерінің дәрежесі 6.3-кестеде келтірілген.

6.3-кесте

Кен өндіру тәсілдерінің қоршаған ортаға тигізетін әсерлері

Пайдалы қазылымдарды өндірудің тәсілдері	Тау-кен өндірісінің биосфера элементтеріне тигізетін әсерінің деңгейі				
	Су бассейні	Ауа бассейні	Жер, топырақ	Жер қойнауы	Тіршілік дүниесі
Ашық	Кә	Кә	Кә	Кә	Кә
Жерасты	Ор	Әж	Ор	Кә	Әж
Геотехникалық	Ор	Аә	Аә	Кә	Әж

Ескертпе: Әж – әсердің жоқтығы; Аә – аздаған әсер; Ор – орташа әсер; Кә – күшті әсер.

Бұл кестеден, қоршаған ортаға ең күшті әсер ететін ашық кен жұмыстары, ал әсері азы – кен өндірудің геотехникалық әдісі екендігін байқауға болады. Кен қазудың үш тәсілі де жер қойнауында тау жыныстарының жылжуын және тау-кен қысымын дамытады. Жер қойнауындағы жылжу процесі жер бетінде жылжу мұльдасының пайда болуына әкеліп соғады, ал ол өз кезегінде ландшафтың және жерасты суларының гидрогеологиялық тәртібін бұзады.

Кен өндіру, тасымалдау және өңдеу көлемдерінің үздіксіз дамуынан тау-кен металлургия кешендері орналасқан аймақтарымыздың экологиялық жағдайының нашарлауы белең алуда. Қаншама жерді алып жатқан өндіріс қалдықтары төңірегіндегі топырақты барынша ластауда, ол өз кезегінде өсімдіктер мен жануарлар дүниесіне ғана емес, адамдардың денсаулығына да үлкен қауіп төндіруде. Сөйтіп, пайдасы мен бірге кен өндірудің жер қойнауы мен қоршаған ортаға тигізетін зиянды әсерлері де аз емес екендігіне көзіміз жетіп отыр.

Мәселен, облыстар бойынша: Қостанай облысы жер ресурстарына зиян келтірген өндіріс орындары 1995-2011 жылдар аралығында 273 өндіріс орнына көбейген немесе 60 пайыз. Мұнда қазба байлықтары жер қойнауынан өлшеусіз игерілуде: асбест, боксит, қоңыр көмір, магнитті және фосфорлы темір рудалары, отқа төзімді құрылыс материалдары: әк, құм, құрылыс тастары, т.б. Осы облыстағы Соколов-Сарыбай ашық карьерлері республикамыздағы өндірілетін темір рудасының 65 пайызын береді. Лисаковск, Рудный және Торғай далаларында ашық карьерлер жер қойнауынан неше түрлі темір рудасын алады. Солтүстік Қазақстан облысы мұнда 435 компания жерді бүлдірумен айналысқан, олардың қатары соңғы жеті жылда 60 мекемеге артқан.

Мұның себебі – құрылыстардың жаппай салынуы. Екіншіден, оған қажетті құрылыс материалдары: әк, құм, топырақ, тас, т.б. ашық карьерлердің көбеюі. Үшіншіден, көптеген алтын, фарфор өндірісіне шикізат өндіріліп келген ашық карьерлердің облыс меншігіне берілуі. Мысалы, Ақмола облысында жер ресурстарын бүлдіруші өндіріс орындары 30,3 %-ға өскен. Өйткені еліміздің астанасы осында көшіп келуіне орай қалада құрылыс саны өскен. Әсіресе, Есіл өзенінің сол жақ жағалауында құрылысқа қажетті ашық карьерлер саны өсті. Облыста қазба байлықтарды: каолин, кобальт, көмір өндіретін тау-кен компаниялары көбейген. Қысқасы, жаңа астананың салынуына байланысты көптеген өндіріс және инфрақұрылымдар құрылыстарының жүргізілуінен, бұзылған жерлер ауданы ұлғайған.

Қарағанды облысында 320 жерді бүлдірумен айналысқан өндіріс орны бар. Павлодар және Шығыс Қазақстан облыстары 239 өндіріс орындары жерді бүлдіріп жатыр. Екібастұздағы «Богатырь» қоңыр көмір ашық карьерінің ұзындығы 24 шақырым, күніне 1000 вагон көмір шығарылады, жылдық қуаттылығы 24 млн тонна. Бұдан басқа ЕЭК құрамына кіретін «Восточный» карьерінде жылына 20 миллион тоннаға дейін тас көмір, ал «Майбөкен» карьерінде көмір өндіріледі. Шығыс Қазақстан облысында көптеген түрлі-түсті, темір кен орындары дамыған. Семей өңірінде көптеген құрылыс материалдарын өндіретін ашық карьерлер барлығы белгілі.

Бұл облыстардағы жер ресурстары бұзылуының ең басты себептері – жерді пайдаланып жатқан өндіріс орындарының

ұзақ жылдар бойы ашық карьерді игеруі, жер берілген кезде оны қалпына сирек тексерілуі, бүлінген жерлерді қалпына келтіруде экономикалық тегіктердің жетілмеуі, жер бағасының арзан болуы. Шетелдік компаниялардың еліміз заңдарына сәйкес жұмыс жасамауы, жер ресурстарын мөлшерден тыс бұлдіруіне әкеледі.

Бұзылған жерлердің ауыл-аумақтардың ауыл шаруашылығына тигізіп жатқан кері әсерінен сол аймақ табиғатының тепе-теңдігі бұзылады. Қоршаған ортаға келетін зиянды негізгі сипатының көрінуіне қарай мынандай түрлерге ажыратуға болады:

экономикалық – ауылшаруашылық өнімдерінің кем алынуына, негізгі капиталдың тозуына байланысты шығындар;

әлеуметтік-экономикалық – бұзылған жерлер маңындағы ауыл аумақтардағы негізгі жұмыс жасындағы тұрғындар арасындағы аурулар саны, түрлерінің өсуінен тұрмыс жағдайларының төмендеуі, адамдар өмір сүру жасының қысқаруы;

экологиялық – жергілікті фауна мен флора саны, түрлерінің жойылуы мен миграциясы.

Демек, кен игерудің жер қойнауы мен табиғи ортаға тигізетін зиянды әсерлерін азайту, бүгінгі күннің өзекті мәселесі.

6.5.3. Тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізу және жер қойнауын қорғаудағы маркшейдерлік бақылаулар

Қазіргі кезде минералдық шикі заттарды игеру өте күрделі тау – кен техникалық жағдайларда жүргізілуімен сипатталады, яғни қазып алатын кен орындарында кенеттен жерасты заттарының шығып кетуі, тау-кен сокқысы және қысымының күшеюі, жыныстардың жылжуы сияқты жағдайлар. Осындай жағдайларға байланысты өндірістегі маркшейдерлік қызметтің маңызы арта түседі.

Маркшейдер үнемі күнделікті пландарға қауіпті жылжу аймақтарының шекарасын, бұзылуға икемді учаскелерді, кертпештерді салып және де кезінде өндіріс басшыларын ескертіп отыруға тиісті. Кейінгі кезде көптеген кен орындарында қауіпсіздік проблемасына маркшейдерлердің 30%-дан 50%-ға дейінгі жұмыс уақыттары жұмсалатындығы анықталып отыр. Әлбетте, мұндай жұмыстарда маркшейдерлер тек қауіпті жерлерді табуда өздерінің профессионандық білімдерін көрсетіп қана қоймай, қауіпсіздік ережелерін бұзылулардан және сәтсіз оқиғалардан сақтап қалу

нұсқаларын, қауіпті аймақтарды есептеу және болжау әдістерін, сондай-ақ өзінің тау-кен жұмыстарын жүргізуде қаншалықты жауапты екендігін жақсы білуі қажет.

Өндіріс орындарында жыл сайын тау-кен жұмыстарының даму пландарында қауіпті жерлердің саны және ерекшеліктері көрсетіліп, соған сәйкес бұзылуларға жол бермеу шаралары белгіленеді.

Әр квартал сайын өндірістің бас маркшейдері кеніштегі қауіпті аймақтарды анықтау және бақылау жұмыстарын тексеріп, оның нәтижелерін арнайы есепке алу журналына жазып отырады.

Түзілуіне қарай қауіпті аймақтар үш топқа бөлінеді:

- су басып кетуден кен қазбалары төңірегі;
- жоғары тау-кен қысымының зонасының төңірегі;
- жоғары тау-кен қысымы мен кен соққысына бейімді зоналары.

Көрсетілген қауіпті аймақтардың әрқайсысына лайықты қауіпсіздік шекараларын анықтау әдістері және қазба жұмыстарын жүргізудің «Қауіпсіздік техникасының ережелері» (ПТВ) деп аталатын ережелер жинағы бар. Кен қазу жұмыстарын жобаға сай және қатаң түрде қауіпсіздік ережелеріне сәйкес жүргізуді бақылау маркшейдерлік қызметке жүктелген.

Маркшейдерлік қызмет мыналарға міндетті:

- белгіленген геологиялық және маркшейдерлік құжаттамаларды толық көлемде және сапалы дәрежеде жүргізу;
- кен көздерін кешенді және ұтымды пайдалануды, тау-кен өндірудің зиянды әсерінен қорғауды қамтамасыз ету үшін маркшейдерлік жұмыстарды орындау;
- қорларды жоғалтудың және құнарсыздандырудың жағдайын, қозғалуын сонымен қатар қосымша өндірілетін және кәсіпорынның есебін жүргізуді қамтамасыз ету.

Маркшейдерлік жұмыстар, маркшейдерлік жұмыстарды орындау ұйым нұсқаулығына және басқа да нормативтік құжаттарға, сонымен қатар жер қойнауы мен жер қойнауын пайдаланушылар туралы заңның жинақтары талаптарына және осы Ережеге сәйкес орындалуы керек.

Кен игеру кездерінде жер қойнауын пайдаланушылар жер қойнауының, су көдерінің ластануын, апатты жағдайда аққан суды

тезірек тоқтауға шаралар қолдануды, қадағалап отыру қажет және пайдалы компоненттері бар жерасты суларын кешенді пайдалану, атмосфералық ауаны, жер бетін, ормандар мен су көздерін және тағы басқа табиғи объектілерді, үй құрылыстарын және ғимараттарды, жер қойнауын игеру жолында бүлдіруге жол бермеу және жер қойнауын пайдалану жолындағы бүлінген жерлерді қалпына келтіруге тиісті жұмыстарды жасауға міндетті.

Жер қойнауын қорғау және пайдалануды мемлекеттік бақылау минералды шикізат кешенді қызметінің барлық кезеңінде жүзеге асырылып мыналарды қамтамасыз етеді:

- меншік түріне қарамай, барлық жер қойнауын пайдаланушылар, жер қойнауын пайдалану тәртібін, жер қойнауының жағдайын көрсететін мемлекеттік есепті жүргізу, алу ережесін сақтауды;
- жер қойнауын толық, кешенді пайдалану және қорғау міндеттерін орындауды;
- тау-кен жұмыстарының қоршаған ортаға, ғимараттар мен құрылыстарға тигізетін зиянды әсерлерінің алдын алатын шаралар қолданылады;
- жер қойнауын геологиялық зерттеу және пайдалы қазбалардың кен көздерін игеру үдерісі кезіндегі геологиялық, кентехникалық, басқа да ақпараттардың толық және ақиқатты болуын, сонымен қатар Қазақстан Республикасы заңдарында белгіленген басқа да ережелер мен нормаларды орындауды.

Өндіру кезіндегі алудың сапалығы мен толықтық көрсеткіштерін көтеру үшін жер қойнауын пайдаланушылар міндетті түрде жеткізе барлау мен тұтынымдық барлау, жер қойнауындағы пайдалы қазбалардың және өндірілген минералдық шикізаттардың сапалығын анықтауды бақылау тәсілдерін жетілдіре түсуі керек, озық тау-кен техникасын енгізу; қажеттілігі болмай қалған сақтау, барьерлік және басқа да кентіректерден қорларды алу бағалы пайдалы қазбалар қорын толығырақ өндіру үшін алынған кен орындарындағы кеңістікті толтыруды қолдану, қазба табанындағы қопарылған және ұнтақталған кендерді алу керек.

Мінеки, осы шараларды іске асыру, кеннің ысырапсыз пайдалануын бақылау, пайдалы кендердің жерастында алынбай қалып қоймауын қадағалау, кен қазуды тура арнайы жоба мен тәртіп бо-

йынша жүргізу тау-кен өнеркәсібіндегі маркшейдерлік қызметке жүктелген.

Қазіргі кезде біздің елімізде халық шаруашылығын ойдағыдай дамытуға қажетті минералдық шикізат ресурстарының мол қоры бар. Сол қорларды ұтымды пайдалану міндеті өткір қойылып отыр. Пайдалы қазбаларды өңдеу кезінде шығарылған кеннің басым бөлігі қалдыққа кетіп, айналадағы орта да ластануда. Сондықтан жер қойнауындағы пайдалы кендер қорын ұтымды және тиімді пайдалану, оларды үнемдеп жұмсау тау-кен өнеркәсібінің маңызды міндеті болып отыр.

6.6. Жер қойнауын құқықтық қорғау

Қазақстан Республикасында жер қойнауы мен қоршаған ортаны мәселесі Қазақстан Республикасының Конституциясына негізделеді және «Қоршаған ортаны қорғау туралы», «Экологиялық сараптама туралы», «Орман, су туралы», «Жер туралы», «Жер қойнауы және жер қойнауын пайдалану туралы» заң күші бар Жарлықтарынан, сонымен қатар, қоршаған ортаны қорғау жөніндегі қатынастарды реттейтін басқа да заңдар мен нормативтік құқықтық актілерден тұрады.

Егеменді еліміздің тұрақты дамуына маңызы зор осы құжаттарда талап етілген, яғни экологиялық дағдарыс мәселесін шешу үшін жер қойнауы мен табиғатты қорғау шараларын мейлінше жетілдіру тау-кен кәсіпорындарны үшін күн тәртібінен түспейтін көкейтесті мәселелердің бірі.

Қазақстан Республикасындағы жер қойнауын және минералды шикізатты өңдеу жөніндегі Кодексте жер қойнауы мемлекет меншігі болып жарияланып оның байлықтарына ұқыпты болу, жер қойнауын қорғау барлық кәсіпорындардың, ұжымдардың, мекемелердің және азаматтардың міндеті болып табылатыны атап көрсетілген.

Республика үкіметіне біртұтас мемлекеттік қорға иелік ету, оны пайдаланудың және сақтаудың техникалық саясатын жүргізу, байлықтарды пайдалану мен геологиялық зерттеу жұмыстарына мемлекеттік бақылау жасау және тексеру жүктелген.

Кодексте жер қойнауын пайдаланудың мынадай түрлері белгіленген:

- геологиялық зерттеулер;

- пайдалы кендерді игеру;
- жер қойнауын құрылыс салуға, көлік қажетіне, мұнай -газ, басқа да материалдар қоймасы ретінде радиоактивті қалдықтарды көмуге, қалдық суларды жинауға пайдалану.

Жер қойнауын пайдаланушылар:

- ондағы байлықтарды толық зерттеуге, ұтымды және түгел пайдалануға, жер қойнауын қорғауға тиіс;
- жер қойнауы байлықтарын пайдаланғанда адамдар үшін қауіпсіз, ауаға, ормандарға, тұрғын үйлерге, ғимараттарға зиянсыз болуын қамтамасыз етуге міндетті;
- жер қойнауын пайдалану жұмыстары қорықтарға табиғат, тарихи және мәдениет ескерткіштеріне зиянды әрекет етпейтін болуын қамтамасыз етуге міндетті.
- жер қойнауын пайдаланған кезде бұзылған жерлерді қалпына келтіріп, халық шаруашылығына қайтаруға міндетті.

Жер қойнауын қорғаудағы мемлекеттік бақылауды Қазақстан Республикасының табиғи ресурстар және қоршаған ортаны қорғау Министрлігінің геология және жер қойнауын қорғау комитеті және оның жергілікті органдары жүзеге асырады. Сонымен қатар, жер қойнауы байлықтарын пайдалануды бақылау Қазақстан Республикасының өндіріс және тау жұмыстарын қауіпсіз жүргізуді бақылау жөніндегі мемлекеттік Комитетке жүктелген.

Бұл комитеттер және оның жергілікті аймақтық басқармалары жер қойнауы байлықтарын пайдалану жөніндегі Ереженің бұзылмауын, тау-кен жұмыстарының қоршаған ортаға зиянсыз болуын және қорларды есепке алудың тәртібінің сақталуын бақылайды.

Кен орындарын пайдалануда кемшіліктерге жол берілсе мемлекеттік комитет өз билігімен кен қазуды тоқтатуға, өндірістік апаттар мен адам жарақаттары жөнінде өзінің қорытындысын жасауға құқығы бар. Бұл комитеттің тау жұмыстарын жүргізу туралы берген нұсқаулары мен бұйрықтарын барлық кәсіпорындар мен ұжымдар міндетті түрде орындауға тиісті.

Жер қойнауын қорғай жөніндегі Кодексте өз бетімен жер қойнауын пайдаланған, жұмыс жүргізу ережесін бұзған, кені бар жерлерді таңдап қазып, кені аз жерлерді қазбай қалдырып кеткен, пайдалы кендер бар жерлерге құрылыстар салған, жұмыс жүргізу қауіпсіздігін сақтамаған адамдар әкімшілік және қылмыстық

жауапкершілікке тартылады. Жер қойнауын пайдалануда заңсыз істермен мемлекетке, жеке адамдарға зиян келтірген адамдар зиян мен залалдардың орнын толтыруға міндетті.

Жер қойнауы байлықтарын қазатын, өндейтін жаңа кәсіпорындарды және жерасты құрылыстарды жобалау, салу, пайдалануға беру тек қордың мөлшері бекіген соң, алдыңғы қатарлы технология қолданылса, зиянды қалдықтар толық өңделетін болса, босаған құнарлы топырақ жиналып, сақталып, ұтымды пайдаланылса, қосалқы пайдалы кендер және уақытша пайдаланылмайтын кендер шашылып-төгілмей, толық сақталатын болса, адамдардың қауіпсіздігі, қазбалы кендер мен қоршаған ортаны қорғау, қамтамасыз етілсе ғана Комитет рұқсат етеді.

Қорыта келгенде, Қазақстан жерінің кең байтақ жерін, жер қойнауын, табиғатын аялау, қорғау, құрметтеу өзіміз үшін, алдағы болашаққа нық сеніммен қадам басу үшін керек. Ол – байлық көзі, тіршілік нәрі, ұлттық ұғым-түсінігіміздің негізі. Ендеше, жер қойнауын, оның байлықтарын – Табиғат Ананы сақтау, мәпелеу – біздің ұлттық міндетіміз.

Бақылау сұрақтары:

1. Кендерді құрама әдіспен игеру деген не?
2. Құрама әдіспен кен қазудағы жылжу процесіне әсер ететін факторлар.
3. Құрама әдіспен кен қазудағы геомеханикалық процестерді зерделеудің кезеңдері.
4. Геомеханикалық процестерді зерделеудің әдістері.
5. Бақылау стансалары және олардың түрлері.
6. Бақылау жұмыстарында қолданылатын заманауи аспаптар.
7. Сақтандыру кентіректері және олардың түрлері.
8. Карьер беткейлерінің деформацияларын бақылау.
9. Карьер асты кентіректерінің деформацияларын бақылау.
10. Геомеханикалық процестерді басқарудың әдістері.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Певзнер М. Е., Иофис М. А., Попов В. Н. Геомеханика . – М.: МГГУ, 2008. – 438 с.
2. Руппенейт К. В., Либерман Ю. М. Введение в механику горных пород. – М.: Госгортехиздат, 1960 – 175 с.
3. Heim A. Mechanism us der Gebirgebildung, Bale, 1878.
4. Динник А. Н. О давлении горных пород и расчет крепи круглой шахты.– Инженерный работник, 1925, №7. – С.1-12.
5. Соколовский В. В. Статика сыпучей среды. – Изд. АН СССР, 1942.
6. Голушкевич С. Е. Статика предельных состояний грунтовых масс. М.: ГИТТЛ, 1957.
7. Фисенко Г. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. – М.: Недра, 1965. – 360 с.
8. Нурпеисова М. Б. Научная школа Машанова. – Алматы: Искандер, 2006 – 182 с.
9. Машанов А. Ж. Механика массива горных пород. – Алма-Ата: Наука, 1961. – 207 с.
10. Машанов А. Ж., Машанов А. А. Основы геомеханики скально-трещиноватых пород. – Алма-Ата: Наука, 1985. – 192 с.
11. Попов И. И., Окатов Р. П. Борьба с оползнями на карьерах. – М.: Недра, 1980. – 205 с.
12. Попов И. И., Окатов Р. П., Низаметдинов Ф. К. Механика скальных массивов и устойчивость карьерных откосов. Алма-Ата: Наука, 1986. – 255 с.
13. Ломтадзе В. Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. – Л.: Недра, 1970.
14. Панюков П. Н. Инженерная геология. – М.: Госгортехиздат, 1962.
15. Ржевский В. В. Основы физики горных пород. – М.: Недра: 1990. – 225 с.
16. Турчанинов И. А., Иофис М. А., Каспарьян Э. В. Основы механики горных пород. – Л.: Недра, 1989.

17. Протодяконов М. М. О рациональной классификации горных пород // В кн.: Исследование физико-механических свойств и взрывного разрушения горных пород. – М.: Наука, 1970.
18. Машанов А. Ж., Певзнер М. Е., Бекбасаров Ш. С. Устойчивость уступов и бортов карьеров бассейна Каратау. – Алма-Ата. Наука, 1981. – 120 с.
19. Ильницкая Е. И, Тедер Р. И, Ватолин Е. Е., Кунтыш М. Ф. Свойства горных пород и методы их определения. – М.: Недра, 1965.
20. Нурпеисова М. Б. Геомеханика рудных месторождений Казахстана. – Алматы: КазНТУ, 2012. – 324 с.
21. Певзнер М. Е., Нурпеисова М. Б., Кривошейна М. Е. Свойства горных пород Каратауского фосфоритоносного бассейна. М.: Труды ГИГХСа, 1971. – С. 22-26.
22. Машанов А. Ж., Нурпейісова М. Б. Геомеханика. Оқулық. – Алматы: ҚазҰТУ, 2000. – 124 б.
23. Надаи А. Пластичность. – М., Л.: 1936. – 240 с.
24. Ержанов Ж. С. Теория ползучести горных пород. – Алма-Ата: Наука, 1970. – 195 с.
25. Нурпеисова М. Б., Касымканова Х. М. Устойчивость бортов рудных карьеров и отвалов. – Алматы: КазНТУ, 2006. – 131 с.
26. Бек А. Ш. Геоинформационное обеспечение устойчивости карьерных откосов
27. Авершин С. Г. Сдвигение горных пород при подземных разработках. – М.: Углетехиздат, 1974. – 245 с.
28. Борщ-Компаниец В. И. Механика горных пород: массивов и горное давление. – М.: МГИ, 1968. – 464с.
29. Милетенко И. В, Милетенко Н. А., Одинцев В. Н. Новый геомеханический подход к прогнозу опасных гидрогеологических процессов при подземной разработке твердых полезных ископаемых //ГИАБ, 2011, № 77-С. 103-108.
30. Певзнер М. Е. Деформация горных пород на карьерах. – М.: Недра, 1992. – 186 с.
31. Рац М. В. Неоднородность горных пород и их физические свойства. – М.: Наука, 1978, – 201 с.
32. Низаметдинов Ф. К. Маркшейдерский мониторинг прибортовых массивов глубоких карьеров. Состояние и перспективы

- развития маркшейдерского дела. – Екатеринбург: УГГ, 2011. – С.148-154.
33. Ожигин С. Н. Низаметдинов Р. Ф., Определение элементов залегания трещин с помощью 3D сканера //Труды Междун. науч. конф.: «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030» – Караганда: КарГТУ, 2009. – Вып. 2. - С. 87-89.
 34. Кузнецов М. А. и др. Сдвигение горных пород на рудных месторождениях. – М.: Недра, 1971. – 224 с.
 35. Инструкция по наблюдению за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождении. – М.: Недра, 1971. – 90 с.
 36. Каплунов Д. Р. и др. Комбинированная геотехнология. – М.: Из-во «Руда и металлы», 2003 – 205 с.
 37. «Временные указания по охране зданий и сооружений от вредного влияния подземных разработок месторождения Чулактау». – Алматы: КазазПТИ, 1989. – 27 с.
 38. Указания по по охране зданий и сооружений от вредного влияния подземных разработок месторождения Аксай. – Алматы: КазПТИ, 1992. – 30 с.
 39. Указания по охране зданий и окружающей среды от вредного влияния горных разработок месторождения Акбакай». – Алматы: КазНТУ, 1994. – 35 с.
 40. Нурпеисова М. Б., Айтказинова Ш. К. Геомеханический мониторинг техногенных систем. – Алматы: КазНТУ, 2014. – 205 с.

ГЛОССАРИЙ

Абрис – учаскенің нобайлап қолмен дайындалған сызбасы.

Абсолюттік белгі – нүктенің (пункттің) абсолюттік биіктігі.

Бакылау стансасы – жылжу процесін зерттеу мақсатымен жер бетіне және жерасты қазындыларына белгілі бір тәртіппен орнатылған реперлерден тұратын профильдік сызықтардың жиынтығы.

Бейкендік штрек – бос тау жыныстары арқылы кеннің бойлығына параллель жүргізілген штрек.

Бергштрих – рельефтің құлама бағытын көрсететін жер бетінің горизонтальдарына перпендикуляр сызықша.

Берма – карьер беткейіндегі горизонталь немесе көлбеулеу алаң. Ол: сақтандырғыш немесе көліктік болып бөлінеді.

Бусоль – жергілікті жерде не жерастында сызықтардың магниттік азимутын анықтауға арналған аспап.

Бұрғылау-жару жұмыстары – массивті бұрғылап және тау жыныстарының бөлігін жарып уатудың өндірістік процестерінің жиынтығы.

Бірқалыпты жылжу – жер бетінің тұтастығы бұзылмай ойысатын жылжу аймағы.

Бір осьтік кернеулі күй – тау жыныстарының бір осьтік сірескен күйі.

Вертикаль деформациялар – кен қазу кезінде жер беті немесе тау жыныстары массивінің вертикаль жазықтықта деформациялануы.

Геодинамика – жер қыртысында, мантиясы мен ядросында жүріп жатқан қозғалыстарды және олардың себептерін зерделейтін ғылым саласы.

Геодинамикалық процестер – табиғи эндогендік және технологиялық факторлардың әсерлерінен тау жыныстары массивінің бұзылуы мен деформациялану процестері.

Геонд – дүниежүзілік мұхит пен теңіз суларының тыныш жағдайына сәйкес келетін, құрлық астынан ойша жүргізілген тұйық фигура.

Геометриялық нивелирлеу – нивелирдің горизонталь нысаналау сәулесі арқылы екі пункт арасындағы биікайырымды анықтау әдісі.

Геомеханика – тау-кен жұмыстарының әсерінен тау жыныстарының механикалық қасиеттері мен жай-күйінің және жер қойнауында жүріп жатқан деформациялық процестерді зерделейтін ғылым саласы.

Геомеханикалық процестер – табиғи экзогендік және технологиялық факторлардың әсерлерінен тау жыныстары массивінің бұзылуы мен деформациялану процестері.

Геомеханикалық мониторинг – тау-кен жұмыстарының әсер-ықпалынан жер қойнауы мен жер бетінің өзгеруін бақылау, бағалау және болжаудың кешенді жүйесі.

ГЛОНАСС – Ғаламдық навигациялық жерсеріктік жүйе.

Горизонталь жылжулар – жылжу мұлдасы нүктесі векторының горизонталь бағытта жылжуы. Горизонталь жылжулардан созылу және сығылу деформациялары туындайды.

Горизонтальдар (изогипстер) – жер бетінің биіктіктері бірдей.

Деформациялар – тау жыныстары массиві бөліктерінің сыртқы күштер әсерінен бастапқы қалпымен салыстырғандағы өзгеруі.

Жарықшақтылық – тау жыныстарының ірілі-ұсақты блоктарға бөлінген құрылымдық ерекшелігі.

Жарықшақтылық диаграммасы – кен орнына тән ең үлкен жарықшақтар элементтерін сипаттайтын графикалық бейне.

Жатпа бүйір жыныстары – кен денесінің астыңғы қабатында жатқан тау жыныстары.

Жер бетінің жылжуы – тау-кен жұмыстарының әсерінен жер бетінің деформацияғаа ұшырауы.

Жер қойнауын қорғау – пайдалы қазындыны геологиялық барлау, өндіру, жерасты құрылыстарын салу және пайдалану кезінде жер қойнауына өндірістік қалдықтарды көмуде сақталатын шаралар жүйесі.

Жер қойнауын геометриялау – табиғи және техногендік нысандардың пішіндерін, жер қойнауында орналасу жағдайын, олардың физикалық-химиялық, технологиялық және сапалық сипаттамаларын, сонымен қатар қазындыларды игеріп жатқан кездегі жер қойнауында түзілетін процестердің кеңістіктік-геометриялық заңдылықтарын зерделейтін тау-кен ғылымы.

Жерасты қуысы – пайдалы қазындыны алғаннан кейін пайда болған жерастындағы кеңістік.

Жерасты қазбалары – пайдалы қазындыны алу үшін жерастында жүргізілетін қазбалар (оқпан, квершлаг, штрек, орт, өрлеме және т.б.)

Жылжу бұрыштары – жылжу мұльдасының бас қималарындағы қазылып алынған кеңістік сыртындағы бұрыштар. Жылжу бұрыштары арқылы қауіпті жыжу аймағының шекарасы анықталады.

Жылжу векторы – тау жыныстары мен жер бетінің бір мезгіл аралығында жылжуының графиктік бейнеленуі.

Жылжу және деформация графиктері – белгілі бір масштабта жер бетінің жылжулары мен деформацияларын профилдік сызық бойынша бейнелейтін сызықтар.

Жылжу зонасы – кен өндірудің әсеріне ұшыраған тау жыныстары массивінің бір бөлігі. Деформацияланған массив бірнеше зоналарға бөлінеді: опырылу, ажырау, жарықшақтар иілу, сырғу, тірек қысымы және т.б.

Жылжу мұльдасы – жерастында кен өндірудің әсеріне ұшыраған жер бетінің бір бөлігі.

Жылжу процесі – тау-кен жұмыстарының әсерінен тау жыныстары мен жер бетінің жылжуы.

Жылжымалар – жыныстар массивінің кейде ұзақ уақыт, кейде біртіндеп төмен қарай сырғи қозғалуы.

Карьер беткейлерінің орнықтылығы – карьер беткейі мен кертпештерін ұстап тұратын күштер мен сырғытатын күштердің қатынасы.

Кемер – саты тәрізді даярланған тау жыныстарының бөлігі.

Кемер беткейі – карьердің кертпештері мен қиябеттері алаңдарынан жаралған үйірлік беті.

Кен компасы – жер беті мен жерасты қазбаларын меридиан бойынша бағыттайтын аспап.

Кентірек – кен игеру кезінде жер қойнауынан алынбай немесе уақытша қалдырылған пайдалы кеннің бір бөлігі. Олар: сақтандыру, ернеулік, қабатаралық, камерааралық болып бөлінеді.

Кернеу – тау жыныстарын деформациялайтын күш. Ол жанама кернеу және тік кернеу болып ажырайды.

Көздеуіш нысана – жергілікті жерде жерасты тау-кен қазбаларында орнатылатын және көздеу үшін пайдаланылатын белгі, зат. Көздеуіш нысана ретінде жіпке немесе маркшейдерлік пунктке ілінген және жеке шырақ шамынан жарық түсетін тіктеуіш, кестелік сигнал, пирамиданың қадамы, т.б. қолданылады. Автоколлимациялық өлшеулерде К.н. ретінде айналар, айналы тікбұрышты призмалар, айналы-линзалы шағылдырғыштар мен айналы-нысаналы белгілер пайдаланылады. К.н-ның айналу осі немесе сурет ортасы жергілікті жерде және жерасты тау-кен қазбаларында бекітілген маркшейдерлік немесе геодезиялық белгі арқылы өтетін вертикаль сызықта орналасуы тиіс.

Көру дүрбісі – объектив пен окулярдан тұратын, алыстағы заттарды қарауға және оларды көздеуге арналған телескопты оптикалық жүйе. Көру дүрбісінің үлкейтуі үлкен - 10-60х, көру аясы шағын бұрышты - 1-30, шығу қарашығы шағын - 0,7-1,5 мм.

Қазба табаны – жерасты қазбасының табанындағы тау жыныстары.

Қазба төбесі – сақтандыру үшін тазалау қазбасының төбесінде қалдырылған пайдалы қазынды.

Қауіпсіз тереңдік – имараттар мен құрылыстарға зиянды әсер етпейтін тау жыныстарының тереңдігі.

Қауіпті жылжу аймағы – мұльданың жер бетіндегі және жерастындағы құрылыстарға қауіпті жерлері.

Қорымдар – тау жыныстарының карьер кертпешінің жоғарғы жотасынан төменге қарай үгіліп және бұзылуынан пайда болған кесек тастардың құлап, үйіліп жатуы.

Құлау аймағы – кені қазылып алынған кеңістікке (қуысқа) тікелей жалғасқан және жыныс қабаттары блоктарға бөлініп, кеңістікке құлап жатқан тау жыныстарының бір бөлігі, яғни жыныстардың табиғи байланысы мен құрылымы бұзылған аймақ.

Қауіпсіз тереңдік – имараттар мен құрылыстарға зиянды әсер етпейтін тау жыныстарының тереңдігі.

Кері геодезиялық есеп – екі нүктенің координаталары арқылы оның арақашықтығы мен дирекциондық бұрышын анықтау.

Қисықтың бос нүктелері – қисықтың басталатын жерін, ортасын, біткен жерін көрсететін нүктелер.

Құлау аймағы – кені қазылып алынған кеңістікке (қуысқа) тікелей жалғасқан және жыныс қабаттары блоктарға бөлініп, кеңістікке құлап жатқан тау жыныстарының бір бөлігі, яғни жыныстардың табиғи байланысы мен құрылымы бұзылған аймақ.

Құнарсыздану коэффициенті – өндіру кезінде пайдалы қазынды сапасының жоғалуы және ол құнарсыздану коэффициентімен сипатталады.

Қылжіптер параллаксы – алыстағы зат бейнесі мен қылжіптер жазықтығының қабыспауы.

Лимб – металдан немесе оптикалық теодолиттерде шыныдан жасалған және біркелкі бұрыштық шкалаларға бөлінген теодолиттің негізгі бөлігі.

Магниттік азимут – магниттік меридианның солтүстік бағытымен анықталып бағытқа дейінгі бұрыш.

Маркшейдерлік бақылаулар – тау жыныстары мен жер бетінің жылжуларын жүйелі түрде бақылайтын өлшеулер мен есептеулердің және графиктік жұмыстардың жиынтығы.

Маркшейдерлік-геодезиялық аспаптар – геодезия мен маркшейдерияда сызықтық, бұрыштық өлшеулер жүргізуге арналған өлшеу аспаптары. Оған: рулеткалар мен ленталар, сымдар, жарық-және радиосәулелі, лазерлік қашықтық өлшеуіштер, нивелирлер, рейкалар, теодолиттер, тахеометрлер, гирокомпастар, буссольдар, фотограмметриялық аспаптар, транспортирлер, экерлер мен эклиметрлер.

Маркшейдерлік қызмет – маркшейдерлік жұмыстарды атқаратын тау-кен кәсіпорнындағы қызмет бөлімі.

Маркшейдерлік марка – маркшейдерлік пунктті көрсететін, қазба қабырғасына бекітілген және нөмірі жазылған металл пластинка немесе ағаш тақтайша.

Массивтің кернеулілік күйі – тау жыныстары массивін деформациялайтын күш. Ол жанама және тік кернеулер болып ажырайды.

Нивелир – жер беті және жерасты қазбаларындағы пункттердің биікайырымдарын анықтаға арналған аспап.

Нивелирлік белгі – нивелирлік түсірістерге негіз болатын центр-репер деп аталады

NNSS (Navy Navigation Satellite System – Transit), США), «Цикада» (КСРО) – әскери-теңіз күштеріне арналған алғашқы жерсеріктік навигациялық жүйелер.

NAVSTAR– Navigation Satellite Timing and Ranging, АҚШ-тың көп функциялы жасанды навигациялық жерсерігі.

Оқпан албары – шахта оқпанының жерастындағы бас көлік айналым және жалпы шахталық өндірістік қызметтер торабы.

Оптикалық центрлеуіш – бұрыш өлшеуіш аспап тұғырының геометриялық осін, маркшейдерлік нүкте үстінде не астында центрлеуге қолданылатын және геодезиялық базисті өлшегенде, базистік аспаптың сым шкаласы бойынша есептеуге пайдаланылатын аспап.

Опырылулар – тау жыныстарының жылжу бет арқылы тез сырғуы.

Орнықтылық коэффициенті – карьер беткейін ұстап тұратын күштер қосындысының сырғытатын күштер қосындысына қатысы. Орнықтылық қорының коэффициенті $\eta \geq 1,3$.

Позиционирлеу (GPS receivers, GLONASS receivers, GPS / GLONASS receivers) – координаталарды анықтау мақсатындағы жер серігінен сигнал қабылдайтын электронды құрылғы.

Профиль – геофизикалық бақылаулар бойымен жүргізілетін жер бетіндегі сызық. Ол сызықтың бойымен профиль сызылады.

Профилдік сызықтар – бақылау стансасының реперлерді орналастыратын жарма сызық.

Пуассон коэффициенті – тау жыныстарының деформациялық қасиеттерін сипаттайтын коэффициент.

Пункттердің координаталарын есептеу – нәтижесінде пункттердің координаталары анықталатын, бұрыштармен, ұзындықтармен жүргізілетін есептеу жұмыстары.

Радиян – Халықаралық бірлік жүйесіндегі бұрыштың бірлігі. Радиян ұзындығы $\rho = 5762958^\circ = 3437675' = 20626465''$ тең шеңбер доғасына қарсы жатқан орталық бұрышты көрсетеді.

Репер – биіктігі белгілі геодезиялық немесе маркшейдерлік пункт.

Сусымалар – құмды, сазды топырақтардың жауын-шашын суына қанығуымен, қардың еруімен езіліп, кертпеш құламаларымен төмен қарай сусып түсуі.

Сырғу бұрышы – тау жыныстарының әлсіз беттер арқылы сырғуы.

Сырғу векторы – тау-кен жыныстарының немесе жер бетінің жылжуының кеңістіктері бағытын көрсететін, берілген масштабтағы графикалық-сызықтық кескіні.

Табиғи ресурстарды қорғау – табиғи ресурстарды жаңғыртатын және қоршаған орта элементтерін сақтау мүмкіндігін қамтамасыз етуге бағытталған шаралар жүйесі.

Тазартылыс кеңістігі – тазалау жұмыстары арқылы пайдалы қазындыны алғаннан кейін пайда болған бос кеңістік.

Тау жыныстарының бекемдік коэффициенті – кен қазу жұмыстары кезіндегі тау жыныстарының бұзылуға қарсы кедергісін сипаттайтын шама. Бекемдік коэффициентінің шкаласын М. М. Протождьяконов ұсынған және оны Протождьяконов шкаласы деп атайды.

Тау жыныстарының беріктілігі – тастардың (тау жыныстарының) белгілі бір кернеулік жағдайында шегіне дейін қирамай ұсталып тұру қабілеті.

Тау жыныстарының деформациялануы – тау жыныстарының әртүрлі күштердің (гравитация, сейсмика, көліктер, т.т.) әсерінен пішіні мен көлемінің өзгеруі.

Тау жыныстарының жатысы – тау жыныстарының жер қойнауында орналасу жағдайы.

Тау жыныстарының шөгугі – жылжу процесі кезінде жер бетіндегі нүктелердің координаталары кеңістікте өзгеріске ұшырап, өзгерістер шамасы вектор арқылы сипатталады. Вектордың тік құраушысының шөгугі деп атайды.

Тау жыныстарының ілінісуі – жылжу процесі кезінде тау жыныстарының бір-бірімен ұстасу (ілінісу) қабілеті. Мәселен, сулы құм қиыршықтарының бір-бірімен ілінісуі жоқ.

Тау-кен қысымы – тау-кен қазбасын қоршап тұрған массивте пайда болған күш.

Тау-кен соққысы – тау-кен қазбасын қоршап тұрған және шегіне жетіп сіресіп (кернеуленіп) тұрған тау жыныстарының бұзылуы.

Тахеометр (грек. Tachus – тез және metreo – өлшеймін) – тахеометриялық түсірістері жүргізуге қолданылатын, жергілікті жерде горизонталь бұрыштарды, арақашықтықтар мен өзара биіктіктерді өлшеуге арналған топографиялық аспап. Т-лер қатарына вертикаль дөңгелегі және дүрбісінде қашықтық өлшеуіш жіптері бар әдеттегі 30 секундтық теодолит жатады. Т-лер оптикалық-механикалық және электрондық-оптикалық болып бөлінеді.

Теодолит (грек. theadomai – қараймын және dolichos – ұзын) – горизонталь және вертикаль бұрыштарды және жіптік қашықтық өлшеуіштің көмегімен арақашықтықты өлшеуге арналған маркашдерлік-геодезиялық аспап. Зерттеу және құрылыс жұмыстарына арналған Т-тер, әдетте, буссольдармен, ал олардың кейбіреулері дүрбісінде цилиндрлі деңгейлеуіштер және қашықтық өлшеуіш саптамамен жабдықталады. Т-тің бұрыш өлшеуіш дөңгелектері металл және шыныдан жасала-

ды. Біріншілерінің есептеу тетігі – микроскоп-микромметрлер, шкалалық микроскоптар, ал екіншілерінде – оптикалық микромметрлер, шкалалық және штрихтық микроскоптар болады.

Төбелік күмбез – жерасты кен қазбасының күмбез тәрізді болып, опырала құлаудан кейін түзілген төбесі.

Төбенің шөгугі – кен қазбасы төбесіндегі нүктелердің координаталары кеңістікте өзгеріске ұшырап, өзгерістер шамасы вектор арқылы сипатталады және оның тік құраушысы төбенің шөгугі болып есептеледі.

Фототеодолиттік түсірім – жер бетінде түсірілген стереоскопиялық қос суреттер арқылы топографиялық карталарды жасаудың әдісі.

Футшток – жағаға жылжымайтындай қылып вертикаль орнатылған, бөліктері бар рейка. Ол рейка арқылы судың максималь және минималь деңгейінен есептер алып, теңіз суының орталық деңгейін анытап отырады.

Шахта қабаты (горизонт) – кен қорын қазып алу кезіндегі әртүрлі мәселелерді шешуге арналған, бір биіктікке орналасқан қазбалар.

Штатив – геодезиялық және маркшейдерлік аспаптарды нүкте үстіне немесе астана орнатып, жұмыс бабына келтіру үшін қажет құрылғы.

Электрондық тахеометр – жер бетінде горизонталь бұрышты, горизонталь арақашықтық пен өзара биіктікті өлшеуге арналған топографиялық электрондық-оптикалық аспап. Э.т-дің құрылымында кодтық теодолит пен шағын жарық қашықтық өлшеуіш біріктірілген. Көздеу нысанасы ретінде шағын габаритті призмалық шағылдырғышы бар арнайы қада қолданылады. Өлшеу процесі автоматтандырылған. Арақашықтықты, горизонталь және вертикаль бағыттарды өлшеу нәтижелері электрондық цифрлық таблода көрінеді және ол бір мезгілде ақпаратты жинағышта тіркеледі.

Экер – жергілікті жерде 45° , 90° , 135° бұрыштар құру үшін қолданылатын аспап.

Эклиметр – жер беті мен жерасты қазбаларында көлбеу бұрышты өлшеуге арналған қалталық аспап.

Экзогендік факторлар – массивтегі тау жыныстарына сырттан әсер ететін (желге морылу, эрозиялану, ауа-райы жағдайы және т.б.) факторлар.

Эндогендік факторлар – массивтегі тау жыныстарына іштен әсер ететін (тектоникалық қозғалыстар, магмалық, метаморфизмдік) факторлар.

Мазмұны

КІРІСПЕ	3
1. «Геомеханика» пәнінің мазмұны және оның пайдалы қазындыларды игерудің әртүрлі тәсілдеріндегі атқаратын міндеттері	3
2. Геомеханиканың басқа ғылымдармен байланысы	5
3. Геомеханиканың қысқаша даму тарихы	8
4. Қазақстанның кен байлықтары	14
1. ТАУ ЖЫНЫСТАРЫНЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ЗЕРТТЕУ	20
1.1. Тау жыныстарының құрамы мен құрылымы	20
1.2 Тау жыныстарының қасиеттері	24
1.2.1. Тау жыныстары қасиеттерінің жіктемесі	24
1.2.2. Тау жыныстары механикалық қасиеттерінің жіктемесі	27
1.3. Тау жыныстарының беріктік қасиеттерін анықтау	29
1.3.1. Тау жыныстарының беріктік қасиеттерін зертханалық жағдайда анықтау	29
1.3.2. Тау жыныстарының беріктігін табиғи жағдайда гидродомкрат көмегімен анықтау	31
1.3.3. Тау жыныстарының беріктік қасиеттерін анықтаудың нәтижелері	34
1.4. Тау жыныстары қасиеттерінің өзара және тереңдікпен байланысы	40
2. ГЕОМЕХАНИКАНЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ	50
2.1. Тау жыныстарының кернеулі-деформациялық күйі туралы түсінік	50
2.2. Геомеханикада қолданылатын беріктіліктің негізгі теориялары	56
2.3. Тау жыныстарының шекті тепе-теңдік жағдайы	64
2.4. Тау жыныстарының беріктік паспорттарын құру	69
3. ТАУ ЖЫНЫСТАРЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ЗЕРДЕЛЕУ	73
3.1. Тау жыныстары массивінің құрылымдық-тектоникалық ерекшеліктері	73
3.1.1. Кен алабының жарықшақты тектоникасы	73

3.1.2. Тау жыныстары массивінің жарықшақтылығы.....	82
3.2 Массивтің құрылымдық ерекшеліктерін зерделеудің әдістері және нәтижелері	87
3.3. Тау жыныстары массивінің жарықшақтарын түсірудің нәтижелерін өңдеу.....	95
3.3.1. Жарықшақтар жүйесін диаграммаларда өңдеу	95
3.3.2. Жарықшақтар диаграммаларын компьютер арқылы құрудың әдісі.....	102
3.4. Массивтің құрылымдық ерекшеліктерінің жылжу процесіне тигізетін ықпалы.....	107
4. АШЫҚ ТАУ-КЕН ЖҰМЫСТАРЫНЫҢ ГЕОМЕХАНИКАСЫ	114
4.1. Тау жыныстары деформациялануының негізгі себептері мен түрлері	114
4.2. Карьер беткейлерінің орнықтылығына әсер ететін факторлар....	116
4.3. Карьер қиябеттерінің деформациялануын маркшейдерлік бақылау	120
4.3.1. Геомеханикалық мониторинг жүйесін құру	120
4.3.2. Маркшейдерлік бақылаулар жүргізудің әдістемесі	125
4.3.3. Карьер қиябеттерінің орнықтылығын бақылауда лазерлік сканерді қолдану	129
4.3.4. Карьер қиябеттері орнықтылығын электронды тахеометрлер арқылы бақылау	131
4.3.5. Маркшейдерлік бақылауларда жерсеріктік жүйелерді қолдану	132
4.3.6. Карьердегі автоматтандырылған бақылау стансасы.....	136
4.4. Қазақстан карьерлері қиябеттеріндегі тау жыныстары массивінің деформацияларын бақылаудың нәтижелері	138
4.5. Карьер кертпештері мен беткейлерінің орнықтылығын есептеу	144
4.6. Жылжуға қарсы шаралар.....	147
4.6.1. Карьер қиябеттеріндегі геомеханикалық процестерді басқару туралы түсінік	147
4.6.2. Кенді ашу схемасын, қазу жүйесін және тау-кен жұмыстарының тәртібін өзгерту арқылы деформациялық процестерді басқарудың әдістері.....	150
4.6.3. Тау жыныстары массивін жасанды түрде бекіту әдістері	152
5. ЖЕРАСТЫ ТАУ-КЕН ЖҰМЫСТАРЫНЫҢ ГЕОМЕХАНИКАСЫ.....	156
5.1. Пайдалы қазбаларды жерастында өндірудің әсерінен тау жыныстары мен жер бетінің жылжуы.....	156
5.1.1. Жылжу процесі туралы жалпы мәлімет.....	156
5.1.2. Жылжу процесінің негізгі параметрлері.....	161

5.1.3. Тау жыныстарының жылжу процесіне әсер ететін негізгі факторлар	167
5.2. Тау жыныстарының жылжуын маркшейдерлік бақылаулар	171
5.2.1. Тау жыныстары мен жер бетінің жылжуын зерттеудің әдістері	171
5.2.2. Бақылау стансасының жобасын жасау және оны орнату	176
5.2.3. Бақылаулар жүргізу және олардың нәтижелерін өңдеу	181
5.3. Тау жыныстары мен жер бетінің жылжулары мен деформацияларын есептеу	187
5.4. Жерасты кен қазудың зиянды әсерлерінен құрылыстарды қорғау шаралары	189
5.4.1. Құрылыстар мен ғимараттарды қауіпсіз кеулеудің шарттары ..	189
5.4.2. Қорғау шаралары	191
5.4.3. Сақтандыру кентіректерін құру әдістері	194
6. ҚҰРАМА ТӘСІЛМЕН КЕН ҚАЗУДЫҢ ГЕОМЕХАНИКАСЫ	198
6.1. Кендерді құрама тәсілмен игеру туралы түсінік	198
6.2. Кендерді құрама тәсілмен игерудегі геомеханикалық процестерді зерделеу тәжірибесі	200
6.3. Құрастырылған тәсілмен кен қазудағы тау жыныстарының жылжу аймақтары мен зоналары	204
6.4. Құрама тәсілмен кен игерудегі геомеханикалық процестерді басқарудың технологиялық әдістері	207
6.5. Жер қойнауы және қоршаған ортаны қорғауды қамтамасыз ету ..	212
6.5.1. Жер қойнауы және оның пайдалы қазба байлықтары	212
6.5.2. Пайдалы қазындыларды игерудің қоршаған ортаға тигізетін зиянды әсері	214
6.5.3. Тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізу және жер қойнауын қорғаудағы маркшейдерлік бақылаулар	218
6.6. Жер қойнауын құқықтық қорғау	221
ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР	224
ГЛОССАРИЙ	227

М. Б. Нұрпейісова

ГЕОМЕХАНИКА

Оқулық

Басуға 09.06.2014 ж. қол қойылды. Қағазы офсеттік. Қаріп түрі «Times».

Пішіні 60x90^{1/16}. Офсеттік басылым. Баспа табағы 15.

Таралымы: Мемлекеттік тапсырыс бойынша – 1000 дана.

Тапсырыс № 626.

Тапсырыс берушінің дайын файлдарынан басылып шықты.



ЖШС РПБК «Дәуір», 050009,

Алматы қаласы, Гагарин д-лы, 93а.

E-mail: rpik-dauir81@mail.ru, zakaz@dauir.kz