**КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН УЛУТТУК ИЛИМДЕР АКАДЕМИЯСЫ**
**ГЕОМЕХАНИКА ЖАНА ЖЕР КАЗЫНАСЫН ӨЗДӨШТҮРҮҮ ИНСТИТУТУ**

**КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН БИЛИМ БЕРҮҮ ЖАНА ИЛИМ МИНИСТРЛИГИ**
**ЖАЛАЛ-АБАД МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИ**

Диссертациялык кеңеш Д 25.19.587

Кол жазма укугунда

УДК 531.781; 622. 02.539.37; 622.831

**АКМАТАЛИЕВА МИНАЖАТ САБЫРОВНА**

# ТОО ТЕКТЕРИНДЕГИ КАЛДЫКТУУ ЧЫҢАЛУУЛАРДЫ УЛЬТРАҮН МЕНЕН АНЫКТОО ЫКМАСЫН НЕГИЗДӨӨ

Адистиги: 25.00.20 – "Геомеханика, тоо тектерди жардыруу менен талкалоо, рудник аэрогазодинамикасы жана тоо-кен жылуулук физикасы "

Автореферат

техникалык илимдердин кандидаты окумуштуу

даражасын алуу үчүн

**Бишкек – 2019**

Диссертациялык иш Кыргыз Республикасынын улуттук илимдер академиясынын Геомеханика жана жер казынасын өздөштүрүү институтунда аткарылды.

**Илимий жетекчи:** техникалык илимдеринин доктору, профессор
**Тажибаев Кушбакали Тажибаевич**

**Официалдуу оппоненттер:** РК ИА мүчө корр.,
техникалык илимдеринин
доктору, профессор
**Шамганова Ляззат Саевна,**

техникалык илимдеринин кандидаты,
**Абдиев Арстанбек Раимбекович**

**Алып баруучу мекеме**: И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети, Бишкек ш., Чыңгыз Айтматов проспекти, 66.

Жактоо “_17__” __май_ 2019 ж. саат 10.00 Д.25.19.587 докторлук (кандидаттык) иштерди кароо боюнча Геомеханика жана жер казынасын өздөштүрүү институтуна жана Жалал-Абад мамлекеттик университетине караштуу диссертациалык кеңештин отурумунда өткөрүлөт, дареги: 720017, Бишкек шаары, Медеров көчөсү, 98.
www.igion.megaline.kg/dissertation-council.
Факс: +996312541117 e- mail: ifmgp@yandex.ru

Диссертация менен Кыргыз Республикасынын улуттук илимдер академиясынын Геомеханика жана жер казынасын өздөштүрүү институтундагы китепканада таанышса болот, Бишкек шаары, Медеров көчөсү, 98

Автореферат таратылды “___”_____________2019 ж.

Диссертациалык кеңештин
илимий катчысы, физ.-мат.и. к., доцент Исаева Г.С.

# ЖУМУШКА ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨ

**Диссертациянын темасынын актуалдуулугу.** Геомеханикалык өзгөрүлмөлүүлүктүн фактору катарында калдыктуу чыңалуулар бир катар учурларда тоо тектеринин механикалык процесстерине орчундуу таасирлерин тийгизишет. Тоо тектеринин атылуу жана капысынан жарылуу түрүндөгү динамикалык талкаланышынын айкындоочу процессинин башкы фактору болуп калдыктуу чыңалуу, айрыкча көп топтолгон жерде, эсептелээрин көптөгөн авторлордун тажрыйбалык изилдөөлөрүнүн жыйынтыгы көрсөттү. Тоолуу аймактарда минералдуу-сырьёлук ресурстарды өздөштүрүүдө эң башкы маселе болуп, тоо тектеринин чыңалып турган абалын жана тоо тектеринин касиеттерин аныктоо эсептелет. Тоолуу жер силкинүү коркунучу бар аймактарда, тоо тегинин массивинин чыңалган абалына калдыктуу чыңалуулар олуттуу таасир көрсөтөт.Жер силкинүү коркунучу бар аймактарда, азыркы учурда калдык чыңалуулардын пайда болушунун жана бөлүштүрүлүшүнүн закон ченемдүүлүктөрү, айрыкча бул чыңалуулардын тоо тектеринин талкаланышына жана деформацияланышына тийгизген таасири жетишээрлик түрдө изилденбей жатат. Калдык чыңалууларды жана алардын тоо тектериндеги талкалануу жана деформация процессиндеги механикалык таасирин изилдөөдө, өзгөчө Кыргыз Республикасына мүнөздүү болгон жарылуу коркунучу бар тоолуу аймактардагы пайдалуу кендерди казып алууда, тоо-кен массивиндеги динамикалык талкаланууну алдын ала айтуу маселелерин чечүү актуалдуу бойдон калууда. Аракеттеги чыңалууларды жана ошондой эле калдык чыңалууларды аныктоочу белгилүү жана кеңири тараган ыкма болуп эсептелген жүктөн бошотуу ыкмасында, жаңы беттерди түзүү жолу менен (мисалы плитаны), бөлүктөргө кескенден кийин деле, ал кесиндилерде калдыктуу чыңалуунун жогору чоңдуктары кала бере тургандыгын изилдөөлөр көрсөттү. Белгилүү болгон ультра үн методдору экинчи жана үчүнчү деңгээлдеги серпилгичтик мүнөздөмөлөрү белгилүү болсо гана катуу телолордогу чыңалууларды аныктаганга мүмкүндүк беришет. Материалдын чыңалган жана чыңалбаган үлгүлөрүндөгү механикалык касиеттерине кошумча изилдөө жүргүзүүдө жана экинчи, үчүнчү деңгээлдеги серпилгичтик мүнөздөмөлөрүн аныктоо үчүн аткарылган жумуштардын жыйынтыгынан бул методдор татаал болуп жана туура жыйынтык чыгаруу да кыйын болот.Сырттан эч кандай күчтөрдүн таасири болбогон үлгүлөрдө калдыктуу чыңалуунун болушу серпилгичтик күчтөрдү аныктоодо жыйынтыктарды өзгөртөт жана калдык чыңалуунун өлчөмүн, багытын кошумча түрдө аныктоону талап кылат. Ошондуктан, тажрыйба түрүндө негизделген калдыктуу чыңалууну аныктоого арналган изилдөө иши илимий практикалык актуалдуу маселе болуп эсептелет.

**Негизги илимий – изилдөө иштери, ири илимий программалар менен диссертациянын темасынын байланышы.**

Диссертациялык иш тоо тектеринин физика жана механикасы Институтунун илим - изилдөө иш планынын негизинде жана төмөндөгү долбоор алкагында жасалды “Тоолуу аймактардагы геотехникалык курулуштардын туруктуулугун балоону илимий – методикалык негизде иштеп чыгуу” (мамлекеттик каттоо № 0002863, 2003-2005ж.), ошондой эле Геомеханика жана жер казынасын өздөштүрүү Институтунун УИА КР илим изилдөө иш планы боюнча “ Геомеханикалык аймактарда тоо тектеринин чыңалган абалын баалоо” деген долбоордун “Кыргыз Республикасынын кен байлыктары ачылган жерлерде тоо тектеринин механикалык касиеттерин жана калдыктуу чыналууларын изилдөө” деген бөлүмү боюнча (мам. каттоо № 0005621 2009-2011 ж.) жана “Кыргызстандагы пайдалуу кен-байлыктарды өздөштүрүүнүн жаңы технологияларын өркүндөтүү жана тоо тектеринин чыңалган абалын изилдөө” долбоорунун “Кыргыз Республикасындагы кен байлыктар казылган жерлерде калдык чыңалууларды жана аракеттеги чыңалууну изилдөө” бөлүмү ( № 0006583, 2013-2014 жылдар мамлекеттик каттоо) боюнча аткарылды.

**Диссертациялык иштин максаты** – тоо тектериндеги калдыктуу чыңалууларды аныктоо үчүн туурасынан таралган поляризацияланган толкундарды колдонууга негизделген ультраүн ыкмасын иштеп чыгуу.

Бул максатка жетүү үчүн **төмөнкү маселелерди чечүү каралган:**

1.тоо тектеринде туурасынан таралган поляризацияланган ультраүн толкундарынын таралуу ылдамдыгын изилдөө;
2. тоо тектериндеги калдык чыңалуунун акустикалык көрсөткүчүн изилдөө;
3.тоо тектериндеги калдыктуу чыңалууну аныктоо үчүн туурасынан таралган поляризацияланган толкундарды колдонуу менен ультраүн ыкмасын иштеп чыгуу;
4. тоо тектеринде калдык чыңалууларын жана механикалык касиеттерин аныктоо.

**Жыйынтыктардын негизинде алынган илимий жаңылыктардын мааниси төмөндөгүдөй**:

1. Биринчи жолу жалпак үлгүлөрдө өз ара тик кайчылаш багыттарда өткөн туурасынан таралган поляризацияланган толкундардын ылдамдыгын өлчөөнүн жыйынтыктарынын негизинде кесилишкен жана жарыш багытта поляризацияланган толкундардын ылдамдыгынын айырмасы өз жолунда жарака жана боштуктардан көз каранды болбостон, өз жолунда калдыктуу чыңалуудан көз карандуу боло тургандыгы аныкталды;
2. Катуу заттардагы бөлүнгөн көлөмдө тик кайчылаш багыттарда өткөн туурасынан таралуучу поляризацияланган ультра үн толкундарынын айырмасы калдык чыңалуунун деңгээлинен жана белгисинен көз каранды экендиги айкындалды жана туурасынан таралган поляризацияланган ультра үн толкундарын колдонуунун негизинде

анықталган калдыктуу чыңалуулар кеңири белгилүү болгон поляризациялык оптикалык метод менен табылган, көз менен байкалган изохром сүрөттөрү менен жакшы дал келет;

3. Поляризацияланган туурасынан таралган ультра үн толкундарынын ылдамдыгынын калдыктуу чыңалууга жараша өзгөрүү закон ченемдүүлүгүн чагылдырган функционалдык өз ара байланыш көз карандылыгы аныкталды, мааниси боюнча калдыктуу чыңалуунун өзгөрүүсү чыңалууга тик багыттагы поляризацияланган туурасынан таралган ульра үн толкундарынын ылдамдыгынын салыштырма чоңдугунун пропорционалдуу өзгөрүүсүнө алып келет;

4. Тоо тектеринде нормалдуу максималдуу жана минималдуу калдыктуу чыңалуулардын багыттарынын ортосундагы бурч $90^0$ градусту түзө тургандыгы биринчи жолу тажрыйбалык жол менен аныкталды, жана бул жыйынтык классикалык механикада башкы (максималдуу жана минималдуу) нормалдуу чыңалуулардын бири-бирине тик багытта боло турган шарты менен дал келет.

**Алынган жыйынтыктардын практикалык мааниси:**

- тоо тектеринин калдыктуу чыңалууларынын акустикалык параметрин – өз ара тик багытта болгон поляризацияланган туурасынан таралган ультра үн толкундарынын ылдамдыгынын айырмасы, калдыктуу чыңалуунун тоо тектеринде бар же жок экендигин жана белгисин аныктоо мүмкүнчүлүгүн камсыздоочу метод иштелип чыкты;
- тоо тектеринин серпилгичтик касиетин, ийкемдүүлүгүн жана алардын ички түзүлүшүн мүнөздөөчү жаңы механикалык көрсөткүч болуп эсептелген чыңалуунун толкундук модулун аныктоочу метод иштелип чыкты;
- тоо тектериндеги калдыктуу чыңалуунун белгисин жана чоңдугун аныктоону камсыз кылган поляризациялык – акустикалык метод иштелип чыкты;
- тоо тектеринин чыңалууларын жана механикалык касиеттерин изилдөөнүн жыйынтыктары Кыргыз Россия Славян Университетинин “Тоо – кен өндүрүшүндөгү физикалык процесстери адистиги боюнча окуу процессинде студенттер үчүн ”методикалык көрсөтмө” түзүүдө колдонулду.

**Алынган жыйынтыктардын экономикалык мааниси** тоо тектеринин механикалык касиеттерин жана калдык чыңалууларын изилдөөнүн жыйынтыктарын Кумтор кенин иштетүүдөгү локальдык долбоорлорду түзүүдө пайдаланылгандыгында, рудниктин Борбордук бөлүгүндөгү алтын корун казып алууда тоо–кен иштеринин коопсуздуулугун камсыз кылуу үчүн мүмкүнчүлүк түзүлгөндүгүндө турат.

**Коргоо үчүн алынып чыккан диссертациядагы негизги жоболор.**

1. Поляризацияланган туурасынан тараган ультра үн толкундарынын ылдамдыгынын калдыктуу чыңалууга жараша өзгөрүү закон ченемдүүлүгүн чагылдырган функционалдык өз ара байланыш көз

карандылыгы, мааниси боюнча калдыктуу чыңалуунун өзгөрүүсү чыңалууга тик багыттагы поляризацияланган туурасынан таркаган ультра үн толкундарынын ылдамдыгынын салыштырма чоңдугунун пропорционалдуу өзгөрүүсүнө алып келет.

2. Тоо тектеринин калдыктуу чыңалуусунун жаңы параметри – техникалык курамдарда жана тоо тектериндеги калдыктуу чыңалуунун белгисин жана ошондой эле бар же жок экендигин чагылдыруучу өз ара тик багытта болуп поляризацияланган туурасынан тараган ультра үн толкундарынын ылдамдыгынын айырмасы - тоо тектеринин калдыктуу чыңалуусунун жаңы параметри.
3. Тоо тектеринин, техникалык материалдардын серпилгичтик касиетин, ийкемдүүлүгүн жана алардын ички түзүлүшүн мүнөздөөчү жаңы механикалык көрсөткүч болуп эсептелген чыңалуунун толкундук модулун аныктоочу метод.
4. Тоо тектериндеги калдыктуу чыңалуунун белгисин жана чоңдугун аныктоону камсыз кылган поляризациялык – акустика методу ар түрдүү механикалык каситтери бар материалдардын бүтүндүгүн бузбастан калдык чыңалууну аныктоонун кыйынчылыгын азайтып, белгилүү методдорго караганда жеңилирээк аныктаганга мүмкүндүк берет (Способ определения остаточных и действующих напряжений в твердых материалах / Патент на изобретение Кыргызской Республики № 1826 от 29.01.2016).

**Изденүүчүнүн жеке кошумчасы төмөндө турат: к**алдыктуу чыңалууну аныктоо методдорун анализдөөдө; изилдөөлөрдүн маселесин жана максатын коюуда; бир катар кен-байлыктар табылган жерлердеги тоо тектеринин калдык чыңалууларын, механикалык касиеттерин аныктоодо тажрыйбалык изилдөөлөрдү аткарууда; тоо тектериндеги калдыктуу чыңалууну аныктоодо; ультра үн методун иштеп чыгууда; тажрыйбалык изилдөөнү жүргүзүүгө катышууда турат.

**Алынган жыйынтыктардын негиздүлүүгү жана аныктыгы** төмөндөгү илимий жоболордо, корутундуларда аныкталат:

- сунушталган поляризациялык – акустика методу менен катуу материалдардагы калдык чыңалууну тажрыйба жол менен аныктоонун жыйынтыктары белгилүү поляризациялык- оптикалык метод менен аныкталган жыйынтыктар менен өз ара дал келет.
- сунушталган поляризациялык-акустика методу менен алынган жыйынтыктар Е.О.Патон атындагы электр ширетүү Институтунда алынган жыйынтыктар менен дал келет.

**Диссертациянын жыйынтыктарын талкуудан өткөрүү.** Диссертациялык иштин негизги жоболору Кыргыз Республикасынын УИА Геомеханика жана жер казынасын өздөштүрүү Институтунун илимий кеңешинин отурумдарында (Бишкек ш. 2007-2016 жж.); Кыргыз Республикасынын инженердик академиясынын биринчи эл аралык конференциясында (Бишкек ш. Октябрь 2007 ж.); Эл аралык Илимий-

техникалык конференцияда (Бишкек ш. 2009 ж.); 2-и Эл аралык Илимий-практикалык конференцияда (Бишкек ш. Ноябрь, 2010 ж.); Эл аралык “Академик И.Т.Айтматовдун 80-жылдыгына арналган” конференцияда (Бишкек июнь, 2011 ж.); Н.Н.Ершованын эстелигине арналган 9- эл аралык симпозиумунда (Москва ш. 2016-ж.) талкууланган.

**Диссертациянын жыйынтыктарынын басмаларда чагылдырылышынын толуктугу.** Диссертациялык иштин негизги мазмунун чагылдырган изилдөөлөрдүн жыйынтыгы, диссертациянын темасына ылайык болгон Кыргыз Республикасынын ЖАК президиуму бекиткен илимий басылмаларда, илимий журналдарда 21 басылма иш болуп басылып чыкты, ошондой эле диссертациянын темасы боюнча Кыргыз Республикасынын 2 патенти алынды № 1245, № 1826 жана бир илимий ачылышка (соавторлор менен кошо) диплом алынды, № 453. Москва шаары, МАА НОИИ, РАЕН.

**Диссертациянын түзүлүшү жана көлөмү.** Диссертациялык иш киришүүдөн, 4 главадан, корутунду сөздөн турат, 142 бетке түшүрүлдү, 55 сүрөттү, 14 таблицаны жана 77 адабият тизмесин камтыйт.

Диссертациялык ишти аткарууда түздөн-түз жардамы, консультациялары, кеңештери жана көп көңүл бөлгөндүгү үчүн автор илимий жетекчиси, КР-нын Техника жана илимине эмгек сиңирген ишмери, профессор К.Т.Тажибаевге чын көңүлдөн терең ыраазычылык билдирет.

## ИШТИН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

**Биринчи главада** катуу материалдардагы калдык чыңалууну изилдөөнүн азыркы учурдагы абалына анализ жүргүзүлдү, тоо тектериндеги калдык чыңалууну аныктоо үчүн азыркы учурда методдордун колдонулушу тууралуу маселе каралды. Катуу деформацияланууучу заттарда калдык чыңалууну ультраүн методу менен аныктоонун жыйынтыктары жана теоретикалык жана тажрыйбалык изилдөөлөрдүн илимий негиздери анализделди. Жер силкинүү активдүүлүгү бар аймактарда кен массивинин чыңалган абалы көп учурларда магма жана гидротермалдуу түзүлмөлөрүнүн тоо тектериндеги калдык чыңалуу бирдей эместиги менен аныкталары көрсөтүлдү. И.Т.Айтматов, Н.Г.Ялымов К.Ч.Кожогулов, Ш.А.Мамбетов, К.Т. Тажибаев, Б.Ж. Жумабаев, В.Рогожниковдордун тоолу аймактарда тоо тегинин массивинин чыңалган абалын теоретикалык жана тажрыйбалык изилдөө жүргүзүү жыйынтыктары, кен массивинин анчалык чоң эмес көлөм чектеринде тик жана горизонталь багыттагы чыңалуулар чоңдугу боюнча ар түрдүү экендигин көрсөтүштү. Жер силкинүү коркунучу бар аймактарда көпчүлүк учурларда массивде болгон аракеттеги чыңалуулардын горизонталь багыттагы түзүүчүсү тикесинен кеткен түзүүчүдөн байкалаарлык ашып түшөрүн массивдеги чыңалууларды прибордун жардамы менен изилдөөлөр көрсөттү. Горизонталь багыттагы чыңалуунун түзүүчүлөрү тикесинен кеткен чыңалуунун түзүүчүсүнөн ашып кетиши жана кен массивиндеги чыңалуунун бирдей эместиги силкинүү

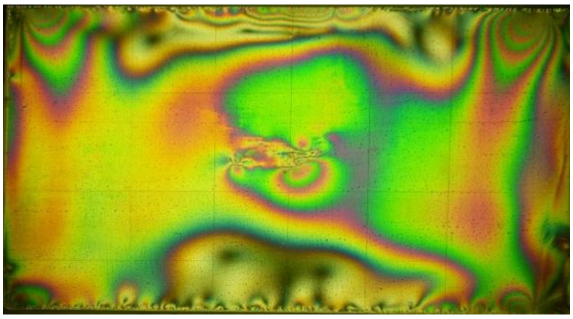
коркунучу бар аймактардагы  тоо тектериндеги калдыктуу чыңалуунун өзүнүн жаратылышынын бирдей эместиги менен байланышкандыгын аракеттеги  жана калдык чыңалууларды бирдикте тажрыйбалык жол менен изилдөөлөрдүн  негизинде  К.Т. Тажибаев тарабынан көрсөтүлдү.

И.А. Биргер,  Ф.Ф. Витман, Н.П. Влох, Н.Н. Давиденков, А.Д. Сашурин,  М.Г. Зильбершмидт, К.Т. Тажибаев, Р.М. Султаналиева, А.А. Антонов, Г.О. Казакбаева, А.С.Ташмаматов, А.С. Казанцевдердин изилдөө иштеринде  техникалык материалдарда жана тоо тектеринде жүктөн бошонуу, рентгеноскопия, голографиялык интерферометрия жана поляризациялык- оптикалык методдор менен аныкталган калдык чыңалуулар тууралуу изилдөөлөрдүн жыйынтыктары келтирилген. Калдык чыңалууларды ультра үн методун пайдаланып аныктоо В.Н.  Бакулин, Г.А. Буденков, Ф. Ф. Горбацевич,  А.Н. Гузь, О.И.Гуша , К.Т.Тажибаев, Т. Токиоколордун  изилдөө иштеринде келтирилген. Чыңалууларды ошол эле учурда калдык чыңалууларды  белгилүү жана  кеңири таралган методдордун жардамы менен аныктоонун кемчиликтери  бул телодо жаңы тегиздиктерди (беттерди) жасоого негизделген жүктөн бошонуу методдорунун анча так эместиги, жаңы түзүлүп жаткан тегиздиктердин жумушунун көптүгү, аларды колдонуу мүмкүнчүлүгүнүн аздыгы. Эгер заттын экинчи жана үчүнчү даражадагы серпилгичтик касиеттери ошондой эле калдык чыңалуунун таасирисиз жана анын таасиринин астында толкундун таралуу ылдамдыгы белгилүү болсо, ультра  үн методу менен андагы чыңалууну аныктоого болот. Бул ультра үн методунун негизги жетишпегендиги анын  көп эмгекти талап кылгандыгы жана аныкталып жаткан чыңалуунун тактыгынын аздыгы. Сырткы күчтөрдүн таасиринде турган үлгүлөрдө калдык чыңалуу материалдын серпилгичтик касиеттеринин маанилерин  так эмес аныкталышына алып келет жана башка методдордун  жардамы менен калдык чыңалуунун чоңдугун жана багытын  аныктоого туура келет.

Катуу заттардагы калдык чыңалууларды белгилүү механикалык жана талкалабай аныктай турган методдордун натыйжалуугун анализдөөнүн негизинде, тоо тектерин калдык чыңалуусун изилдөөдө көбүрөөк маалымат бериши анын ыкчамдыгы жана изилдөө методунун тактыгы боюнча калдык чыңалууну изилдей турган ультра үн методу натыйжалуу деп  эсептелинет. Бул метод өз ара тик багыттар боюнча  өткөн поляризацияланган туурасынан тараган ультаүн толкунунун  ылдамдыгынын өзгөрүшүн өлчөөгө негизделген. Ушул айтылгандардын негизинде диссертациялык иштин темасы аныкталып, анын  максаты жана изилдөө маселеси коюлду.

**Экинчи  главада** тоо тектеринин деформациялык касиеттерин аныктоонун жыйынтыгы, ошондой эле  катуу заттарда жана тоо тектеринде калдык чыңалууларды поляризацияланган (багытталган) ультраүн толкундарын колдонуу менен изилдөөлөрдүн жыйынтыктары келтирилген. Изилдөөнүн баштапкы этабында, катуу материалдарда калдык чыңалуулар бар же жоктугун жана белгисин аныктап алуу үчүн калдык чыңалуунун ультраүн параметри негизделди. Туурасынан таралган поляризацияланган

(багаттыалган) ультраүн толкундарынын берилген аралыктан (пластинканын туурасы боюнча) жарыш жана тик багыт абалда өтүү убактысы же ылдымдагы боюнча башкача айтканда $T_{\Delta S} = T_{SP} - T_{SC}$ (1), убакыттардын айрымасы боюнча (тегиздик чыңалуу абалы үчүн) калдыктуу чыңалуулардын чоңдугун жана белгисин аныктап алууга боло тургандыгын эпоксид желиминен даярдалган жалпак үлгүдөгү пластиналарды изилдөөдө көрсөтүлдү, бул жерде $T_{\Delta S}$ - туурасынан таралган поляризацияланган (багытталган) ультраүн толкундарынын өтүү убактысынын айырмасы; $T_{sc}, T_{sp}$ – туурасынан таралган поляризацияланган (багытталган) ультраүн толкундарынын тик багыттагы (пластинанын калыңдыгы боюнча) жана пластинанын узатасына жарыш болгон багыт (үн чыгаруучу менен кабыл алгычтын поляризация векторлорунун бирдей багыты) боюнча өтүү убакыттары. Тегиздиктеги чыңалуу абалында тегиздикке тик болгон багытта чыңалуу болбой тургандыгы белгилүү. 1-чи формуладагы айрыма калдык чыңалуунун чоңдугуна жана белгисине жараша өзгөрө тургандыгы тажрыйба аркылуу тастыкталды (1,2-чи сүрөттөр).

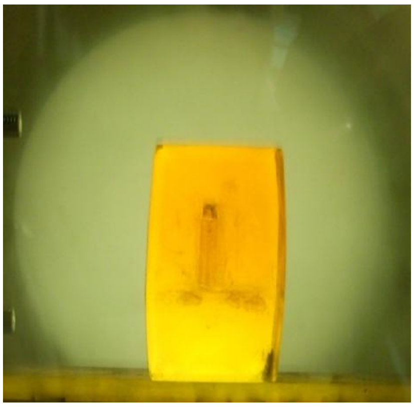


1-чи сүрөт. Жасалма түрдө калдык чыңалуусу түзүлгөн пластина (поляризацияланган жарык менен сүрөткө алынган, 2-08 үлгүсү, термикалык кайра иштетүүдөн кийин.)

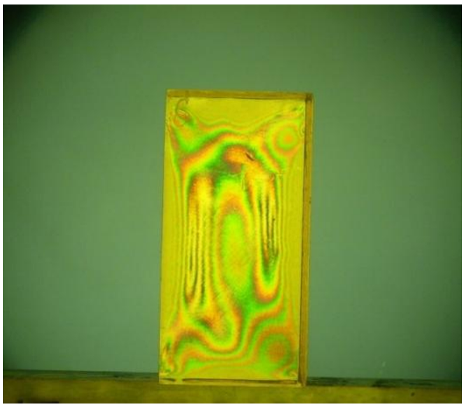
2-чи сүрөт. Туурасынан таралган поляризацияланган ультраүн толкундарынын пластинанын туурасына жарыш жана пластинанын узун

жагына тик (калыңдыгы боюнча) багытта кабыл алгычтын жана үндү чыгаргычтын поляризация векторлорунун бирдей багыттуу шартындагы өтүү убакыттарынын айырмасынын графиги (ЭД-6, термикалык кайра иштетүүдөн кийин, 2-08 үлгүсү).

Катуу материалда туурасынан таралган поляризацияланган ультраүн толкундарынын берилген аралыктан жарыш (белгилүү багытка) жана тик багытта өтүү убакыттарынын айырмасы боюнча калдык чыңалуунун бар же жок экендигин жана белгисин аныктоого боло тургандыгы эпоксид желиминен жасалган көлөмдүү үлгүлөрдө да көрсөтүлдү.(3, 4-чү сүрөттөр).

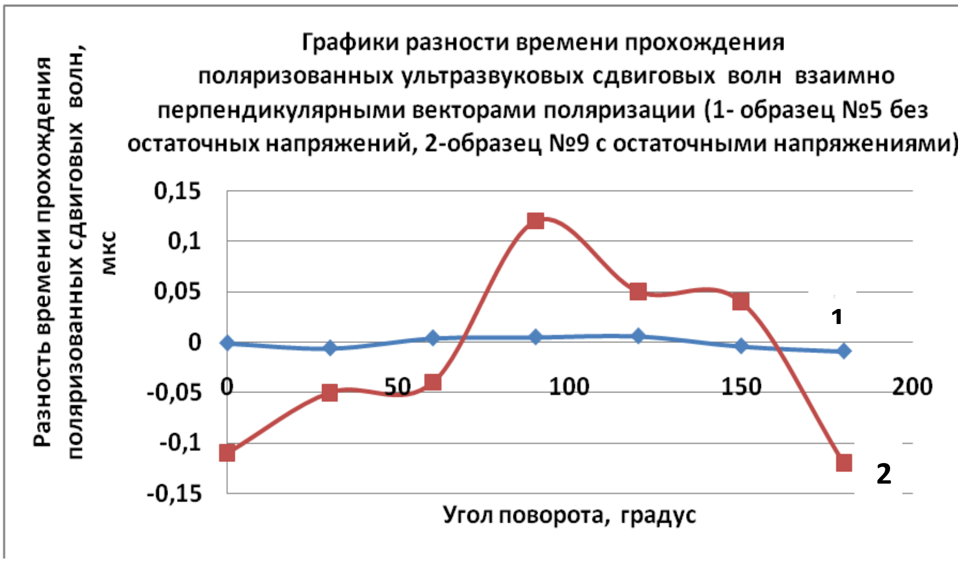


А.



Б.

3-чү сүрөт. **А** - №5-чи үлгү (призма, ЭД-6, калыбына келгис деформацияланган) калдык чыңалуусу жок. **Б** - №9-чи үлгү (призма, ЭД-6) калдык чыңалуусу менен. (сүрөт поляризацияланган жарык менен тартылган).




4-чү сүрөт. Өз ара тик багыттардагы туурасынан таралган поляризацияланган толкундардын ар кандай багыттагы тегиздиктердин бирдей аралыгын өтүү убактысынын айырмасынын графиги (1 - № 5-чи үлгү, калдыктуу чыңалуусу жок, 2 - № 9чу үлгү, калдыктуу чыңалуусу менен).

Өз ара тик багыттагы туурасынан тараган поляризацияланган толкундардын өтүү убакыттарынын айырмасы фотоупругость методу менен көз менен көрүнгөн изохромдордун көп жыйналган жерлеринде калдык чыңалуунун көп өлчөмдө болушу менен да өзгөрө тургандыгы 1,2,3,4-чү сүрөттөрдө көрүнүп турат. Жалпак пластиналарда жана көлөмдүү үлгүлөрдө калдык чыңалууларды изилдөөдөн алынган тажрыйбалардын жыйынтыктарынын негизинде тегиздиктеги чыңалган абал үчүн төмөнкү формула иштелип чыкты:

$$\sigma = \frac{T_{\Delta S}}{T_{SC}} K \quad (2) \qquad \text{же} \qquad \sigma = \frac{(T_{SP} - T_{SC})}{T_{SC}} K \quad (3),$$

К - материалдардын чыңалуусунун толкундук модулу (аталышы биздики);
$\sigma$ - чыңалуунун багытына тик өтүүчү туурасынан тараган толкундун поляризация вектору боюнча багытталган нормалдуу калдык чыңалуусу.

**Үчүнчү глава** тоо тектериндеги калдык чыңалууну поляризациялык - акустика методун пайдаланып аныктоого багытталган. Бул главада тоо тектериндеги калдык чыңалуунун акустикалык параметрин аныктоо жолдору, методу жана иштин жыйынтыгы келтирилген.

Бул главага чейин калдык чыңалуу менен жана өз ара тик багытта болгон поляризацияланган туурасынан тараган ультра үн толкундарынын өтүү убакыттарынын айырмаларынын ортосундагы функционалдык көз карандылыкты байланыштырган формула алынган эле (2,3-чү формулаларды кара).

Ультра үн толкунундагы Ts убакытын $V_S = \frac{L}{T_S}$ ылдамдыгы менен алмаштырып, төмөндөгүдөй көз карандылыкты алууга болот. $L$ –ультраүн толкунунун өтүү аралыгы.

$$\sigma = \left(\frac{1}{V_{SP}} - \frac{1}{V_{SC}}\right) V_{SC} K \quad (4) \quad \text{же} \quad \sigma = \left(\frac{V_{SC}}{V_{SP}} - 1\right) K \quad (5),$$

бул жерде $\sigma$ - туурасынын таралган толкундун поляризация векторунун багытына дал келген нормалдык калдыктуу чыңалуу;
$V_{SC}$ , $V_{SP}$ - пластинанын берилген аралыгынан (туурасынан) поляризацияланган ультра үн толкунунун тик багыт боюнча (калындыгы боюнча), ошондой эле пластинанын узун жагына параллель болгон поляризация векторунун багыты боюнча толкундун өтүү ылдамдыктары.

Бул формулаларды (4;5) тегиздиктеги чыңалган абал үчүн катуу материалдардагы биринчи түрдөгү калдык чыңалдууну аныктоого колдонсо болот . Бул жерде каралып жаткан тегиздикке тик багытта чыңалуу болбойт (тегиздиктеги чыңалуу абалы). Көлөмдүү катуу заттарда эки багыт жана өз ара тик багытта болгон үч багыт боюнча үч октуу чыңалуу абалы пайда болушу мүмкүн. Ушундай эки октуу жана үч октуу чыңалуу абалы учурунда калдыктуу чыңалууну аныкташ үчүн биринчи кезекте заттын изилденип

жаткан аралыгында поляризацияланган ультра үн толкунун өтүү убактысын аныктоо зарыл б.а. калдык чыңалуу болбогон (сырткы күч жок) учурда Tso чоңдугун аныктоо керек. Андан кийин бул убакытты затка сырткы күчтөр аракет кылган учурда берилген аралыктан поляризацияланган ультра үн толкунунун өтүү убактысы менен салыштыруу керек, башкача айтканда өз ара кесилишкен X,Y,Z багыттары боюнча алынган аралыктан сырткы күч жокто жана анын таасиринин астындагы поляризациаланган туурасынан таралган ультра үн толкундарынын өтүү убактыларынын айырмасын аныктоо керек: $T_{\Delta sx} = T_{sx} - T_{sox}$; $T_{\Delta sy} = T_{sy} - T_{soy}$; $T_{\Delta sz} = T_{sz} - T_{soz}$ ,

бул жерде $T_{\Delta SX}$ , $T_{\Delta SY}$, $T_{\Delta SZ}$ - поляризацияланган туурасынан таралган ультра үн толкундарынын материалдын чыңалуусу бар жана чыңалуусуз (калдык чыңалуу жок абал) абалындагы тийешелүү X,Y,Z багытында өтүү убактыларынын айырмасы; $T_{SX}$ , $T_{SY}$ , $T_{SZ}$ - тийешелүү X,Y,Z багыттары боюнча поляризацияланган ультра үн толкундарынын өтүү убактысы; $T_{SOX}$ , $T_{SOY}$ , $T_{SOZ}$ - поляризацияланган туурасынан таралган толкундардын тиешелүү X,Y,Z багыттары боюнча чыңалуусуз материалдын берилген аралыгы аркылуу өткөн убакыттары (калдык чыңалуусу жок абал). Белгилей кетсек, Z багытында нормалдык чыңалууну аныкташ үчүн материалдын X жана Y багыттары боюнча поляризацияланган ультра үндү жиберип жана кабыл алып, ал эми поляризацияланган толкундун векторун Z огуна туура келтирүү керек, башкача айтканла ультраүндү жиберүү багыты аныкталып жаткан чыңалууга тик ал эми поляризация векторуна жарыш багытта болушу керек.

Анда 3-чү формуладан төмөнкүдөй формулаларды алууга болот

$$\sigma_X = \frac{(T_{SZ} - T_{SOZ})}{T_{SOZ}} K_Z ; \quad \sigma_Y = \frac{(T_{SX} - T_{SOX})}{T_{SOX}} K_X ; \quad \sigma_Z = \frac{(T_{SY} - T_{SOY})}{T_{SOY}} K_Y \quad (6).$$

$$\sigma_X = (\frac{T_{SZ}}{T_{SOZ}} - 1) K_Z ; \quad \sigma_Y = (\frac{T_{SX}}{T_{SOX}} - 1) K_X ; \quad \sigma_Z = (\frac{T_{SY}}{T_{SOY}} - 1) K_Y \quad (7).$$

7- чи формуладагы убакыттарды ылдамдык менен алмаштырып, тийешелүү багыттар боюнча чыңалууларды алууга болот (К. Т. Тажибаев менен бирге алынган)

$$\sigma_X = (\frac{V_{SOZ}}{V_{SZ}} - 1) K_Z ; \quad \sigma_Y = (\frac{V_{SOX}}{V_{SX}} - 1) K_X ; \quad \sigma_Z = (\frac{V_{SOY}}{V_{SY}} - 1) K_Y \quad (8),$$

бул жерде $\sigma_X$ , $\sigma_Y$ , $\sigma_Z$ , тийешелүү *X,Y,Z* багыттарындагы нормалдык чыңалуулар; $K_X$ , $K_Y$, $K_Z$ - *X,Y,Z* багыттарында тийешелүү чыңалуунун толкундук модулу; $V_{SX}$ , $V_{SY}$ , $V_{SZ}$ - *X,Y,Z* багытында поляризацияланган ультра үн толкундарынын материалдын берилген аралыгынан өтүү ылдамдыгы; $V_{SOX}$ , $V_{SOY}$ , $V_{SOZ}$ - тийешелүү *X,Y,Z* багыттары боюнча

поляризацияланган ультра үн толкундарынын чыңалуусуз материалдын белгилүү аралыгынан өтүү ылдамдыгы (жүктөлбөгөн абал, калдык чыңалуусу жок). Чыңалуунун толкундук модулун *К* - ны аныктоо үчүн төмөндөгүдөй жаңы белгилөө киргизебиз:

$$\omega_Z = (\frac{V_{SOZ}}{V_{SZ}} - 1)\ ; \quad \omega_X = (\frac{V_{SOX}}{V_{SX}} - 1)\ ; \quad \omega_Y = (\frac{V_{SOY}}{V_{SY}} - 1) \qquad (9),$$

бул белгилөөлөрдү 8-чи формулага коюп төмөндөгүнү алабыз

$$\sigma_X = \omega_Z K_Z\ ; \ \sigma_Y = \omega_X K_X\ ; \ \sigma_Z = \omega_Y K_Y$$ Мындан

$$K_X = \frac{\sigma_Y}{\omega_X}\ ; \quad K_Y = \frac{\sigma_Z}{\omega_Y}\ ; \quad K_Z = \frac{\sigma_X}{\omega_Z} \qquad (10).$$

Биз карап жаткан техникалык изотроптуу материалдар үчүн жана ошондой касиетке жакын тоо тектери үчүн $K_X = K_Y = K_Z = K$. Ал эми анизотропиялык (катмарлуу, кристалдуу анизотропиялык) тоо тектери жана техникалык материалдар үчүн чыңалуунун толкундук модулу – $К_i$; тийешелүү багыттар боюнча эксперименталдык жол менен аныкталынат (мисалы материалдын катмары боюнча жана ага тик багытта)

Калдык чыңалуунун багытын (белгисин) жана анын чоңдугун аныктоо үчүн калдык чыңалуунун акустикалык параметрин ***ω*** алдын ала аныктоо керек. Андан кийин чыңалуунун толкундук модулу *К* жана ар кандай багыттар боюнча калдык чыңалуунун чоңдугу аныкталынат. Чыңалуунун акустикалык параметрин аныктоодо чыңалуусуз материалдын поляризацияланган толкундарынын ылдамдыгынын $V_{SO}$ материалда чыңалуу жок кезде (калдык чыңалуунун жок кезинде же нөлгө жакын багыты боюнча) так аныктоо керек экендигин айта кетүүбүз зарыл. Жогоруда айтылгандай, өз-ара тик багыттар боюнча ылдамдыктардын барабар болгон белгиси боюнча чыңңалуусу жок абал үчүн ылдамдыктын чоңдугу $V_{SO}$ табылат ($V_{SP} = V_{SП}$ – калдык чыңалуу жок экендигинин бир белгиси). Калдык чыңалуусу жок, же өтө аз багытты табуу үчүн ультаүн датчиктеринин поляризация векторун бирдей багыттап, ар-кандай багыттарда, ар бир $10^0$ же $1^0$ –тан буруп, $0^0$ –тан баштап $360^0$ ка чейин айландырып, ылдамдыктарды аныктоо керек.

Чыңалуунун толкундук модулу ***К*** тажырыйба жүзүндө аныкталат, башкача айтканда улам көбөйтүп жүктөлгөн үлгүгө ультраүн жиберүү аркылуу (5-чи сүрөт). Тоо тектин көрсөткүчү катары ***К***-нын жүктөөдөгү жана жүктөн бошотуу абалындагы орточо чоңдугу 5-10 жолку аныктоодон кийин кыбыл алынат. Чыңалуунун толкундук модулун ***К***-ны материалдын өзгөчөлүктөрүн камтыган белгилүү көлөмдөгү үлгөдө аныктоо керек, себеби ал материалдын ички түзүлүшүн жана курамын чагылдырат. Ушуга байланыштуу ***К***-ны тажырыйба жүзүндө аныктоо үчүн материалдын призма түрүндөгү үлгүлөрүнөн жана ошондой эле тоо тектеринен жасалган

төмөндөгү өлчөмдөгү үлгүлөрдөн пайдалануу сунушталынат: 5х5х10 см 7х7х14 см . Үлгүнүн бийиктиги туурасынан эки эсе чоң болуш керек, себеби ага күч аракет эткен тегиздик үлгүнүн сырткы тегиздиги менен толук дал келбегендигинде. Ушундай учурда үлгүнүн ортонку бөлүгүндө, берилген багытта чыңалуулар бирдей чоңдукта болуп, чыңалуунун толкундук модулун так аныктоого мүмкүндүк берет (5-чи сүрөт).

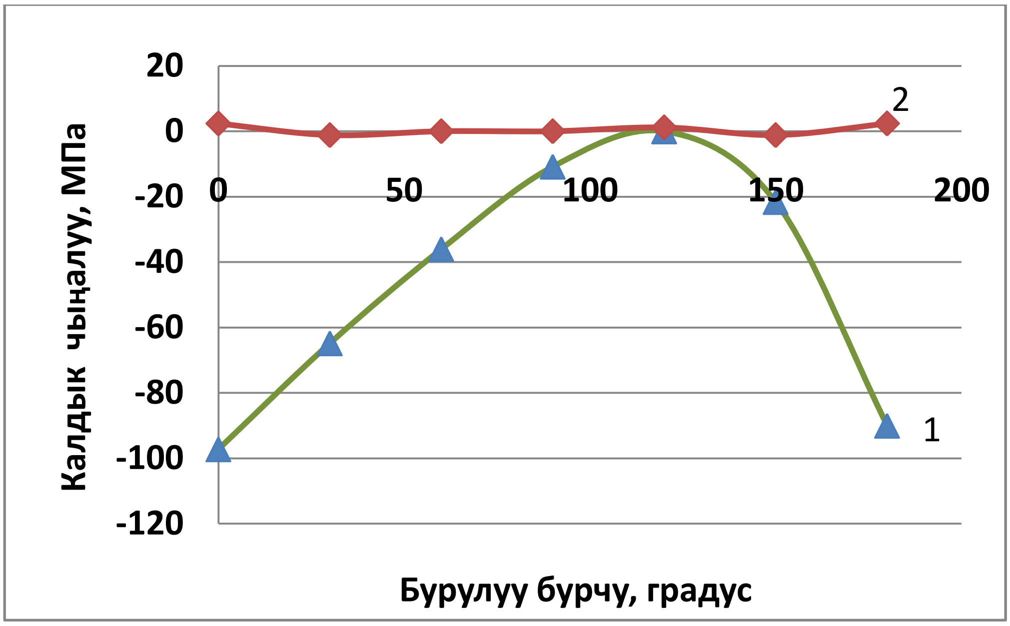
5-чи сүрөт. Призмалык үлгүнү жүктөө (пресс ЦДМ-100) жана ультраүн жиберүү (УК-10 ПМ).

Чыңалуунун толкундук модулу ***К***- нын чоңдугу жана анын белгиси статикалык кысылуу абалындагы материалдын серпилгичтик - пластикалык деформациясына байланыштуу болот, материалдардын ички түзүлүшүнө, жана анын механикалык касиетине жараша болот. Чындыгында алюминий, органикалык айнек, бронза, пластмасса ийилчээк материалдардан болушканына байланыштуу алардын чыңалууларынын толкундук модулу ***К*** терс белгиде болот. Ал эми оң белгидеги модуль ***К*** болоттон жасалган (сталь) материалдарда, эпоксид желиминде (ЭД-6) жана бардык тоо тектеринде болот (таблица 1).

Таблица 1 - Тоо тектеринин, техникалык материалдардын чыңалуунун толкундун модулунун ***К*** жана деформациялык мүнөздөмөлөрүнүн орточо чоңдуктары.

| Тоо тектеринин, техникалык материалдардын аталышы (алынган орду) | Чыңалуунун толкундук модулу $\mathbf{K}\cdot 10^4$ МПа | Пуассон коэф. $\mu$ | Серпилгичтик модулу, $\mathbf{E}\cdot 10^4$ МПа | Жылышуу модулу, $\mathbf{G}\cdot 10^4$, МПа |
|---|---|---|---|---|
| Эпоксид желими ЭД-6 | 0,4552 | 0,267 | 0,6376 | 0,1557 |
| Болот (Сталь3) | 4,3023 | 0,166 | 21,962 | 6,1036 |
| Алюминий (куюлган, боштуктуу) | -2,0189 | 0,202 | 10,451 | 2,7795 |
| Пластмасса | -0,7745 | 0,341 | 0,2980 | 0,0654 |
| Органикалык айнек | -1,9613 | 0,269 | 0,8929 | 0,2178 |
| Мрамор (Кемин) | 0,0345 | 0,208 | 5,2220 | 1,3770 |
| Мрамор (майда дандуу, Токтогул) | 0,0542 | 0,201 | 6,9787 | 1,8585 |
| Гранодиорит | 0,5974 | 0,190 | 6,6915 | 1,8066 |
| Метасоматит (Кумтор)RS№5 | 1,0424 | 0,233 | 8,0797 | 2,0645 |
| Гнейс (Жеты - Огуз) | 0,2113 | 0,109 | 0,7177 | 2,1368 |
| Бронза | -1,4574 | 0,17 | 27,4 | 7,5 |
| Мрамордошкон известняк | 0,4328 | 0,219 | 4,31 | 1,12 |
| Мрамор (ири дандуу, Кемин) | 0,2296 | 0,17 | 7.6 | 2.1 |

Тоо тектеринин толкундук чыңалуу модулун (***К***) аныктагандан кийин алардын калдык чыңалуусун аныктоого болот. Мисал катары 6-чы сүрөттө Кумтөр кенинин метасамотитинин призма үлгүсүндө, ошондой эле Ингичке кенинин мрамордошкон известнягынын үлгүсүнүндө поляризациялык - акустика методу менен аныкталган калдык чыңалуусунун жыйынтыгы келтирилген. 6-чы сүрөттөн Ингичке мрамордошкон известняктын үлгүсүндө туурасынан тараган поляризацияланган толкундун ылдамдыгынын ультраүн датчиктерин улам $30^0$ -тан айландырып алынган маанилери бири биринен айырмаланбайт, башкача айтканда поляризациялык-акустика методу бул үлгүдө калдык чыңалуу нөлгө жакын экендигин көрсөттү (2- чи көз карандылык). Кумтөр кенинин үлгүсүндө (метасоматит) 100 МПа чейин жеткен калдык чыңалуулар аныкталган (1-чи көз карандылык). 6- сүрөттө көрүнгөндөй максималдык (100 МПа) жана минималдык (11 МПа) калдык чыңалууларынын ортосундагы бурч $90^0$ -ту түзөт. Бул болсо классикалык механикада аныкталгандай каттуу заттардагы тик багыттагы башкы чыңалуулар (максималдык жана минималдык) өз ара тик багытта боло тургандыгын тастыктайт.



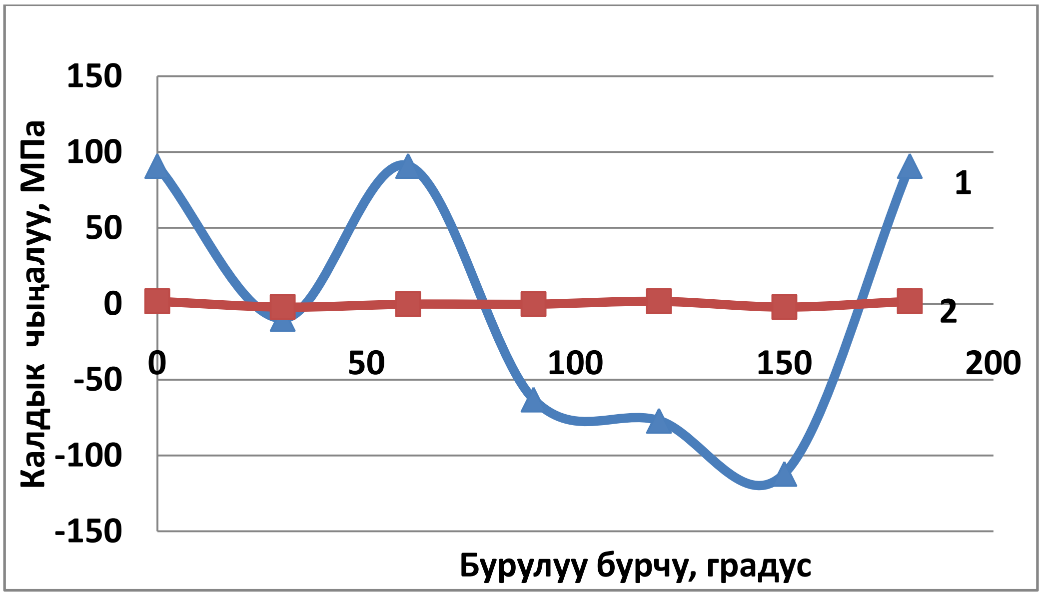

6- чы сүрөт. Калдык чыңалуу графиктери: 1- метасоматит (Кумтөр кени, №5 RS пробасы, 3-4 үлгүсү), 2- мрамордошкон известняк (Ингичке кени, 1 үлгүсү).

**Төртүнчү главада** техникалык материалдарда жана тоо тектеринде кездешүүчү калдык чыңалууларды сунушталган поляризациялык- акустика методу менен аныктоонун жыйынтыгы келтирилген. Биз тараптан эриген материалдын катмарынын бирдей эмес суушунан пайда болгон калдык чыңалуунун модели катары ширетүүнүн калдык чыңалуусу да изилденди.

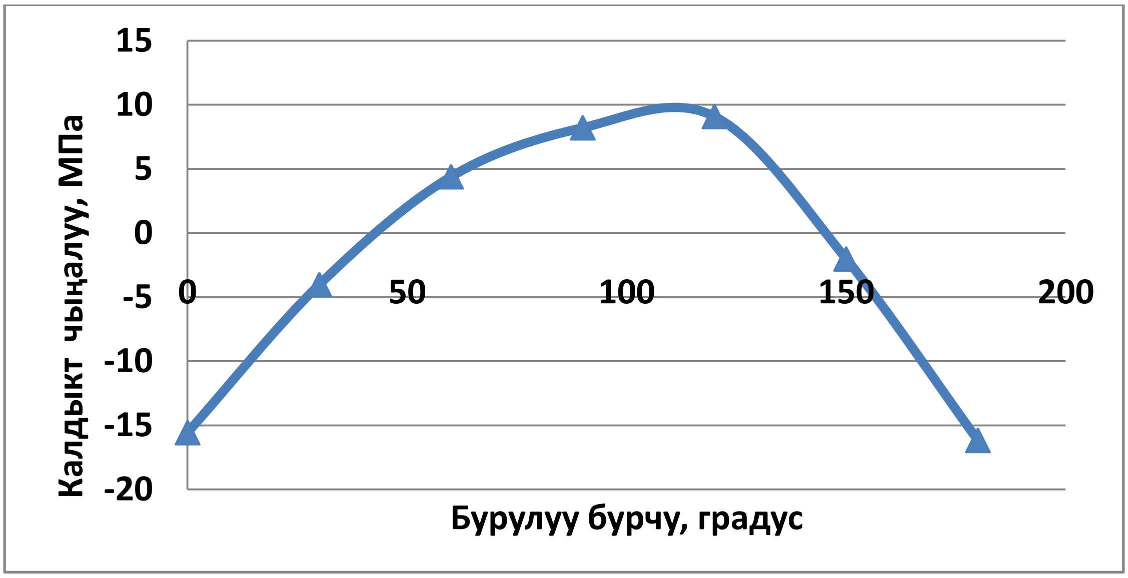
Тажрыйбанын жана 8-чи формуланын негизинде ширетилген болот плитасында пайда болгон калдык чыңалуунун чоңдуктары аныкталды. Поляризацияланган ультраүн толкундарын пайдаланып жана табылган мыйзам ченемдүүлүктүн (8-чи формула) негизинде биз тараптан алынган калдык чыңалууларынын чоңдуктары Е.О. Патон атындагы электр ширетүү институтунда жүктөн бошотуу методу жана теориалык эсептөөлөр менен алынган калдык чыңалууларынын жыйынтыктары менен жакшы дал келет. 7-8-чи сүрөттөрдө Кумтөр жана Макмал кендеринин тоо тектеринин калдык чыңалуусун аныктоонун жыйынтыгы келтирилген. 7-чи сүрөттө Кумтөр кенинин метасамотит А 780 үлгүсү жана Ингичке кенинин мрамордошкон известняк № 1 үлгүсүн салыштыруу үчүн алардын калдык чыңалууларынын поляризацияланган туурасынан тараган толкундун поляризация векторунун айлануу бурчтарына көз карандылыгы келтирилген.

7-чи сүрөттө көрсөтүлгөндөй, поляризация векторунун бардык багытында мрамордошкон известнякта калдык чыңалуулар жокко эсе (2-чи көз карандылык), ал эми Кумтөр кенинин метасоматит тегинде ар кандай белгидеги жана ар кандай чоңдуктагы калдык чыңалуулары бар экендиги күрүнүп турат.

Кумтөр кенинин метасоматитиндеги калдык чыңалуусун (7-чи сүрөт, көз карандылык 1) Макмал кенинин кварцталган метасоматитиндеги (8-чи сүрөт) калдык чыңалуу менен салыштырып, Кумтөр кениндеги тоо тегинде калдык чыңалуу кийинкиге караганда абдан эле жогору экендигин көрүүгө болот. Мындай факты Макмал кенинин метасоматити анын майда көптөгөн жаракалуу экендиги менен түшүндүрүлөт. Тоо тектериндеги майда жаракалар калдык чыңалуусун тез азайтышат да, алардагы чыңалуунун аз болушуна алып келишет.




7-чи сүрөт. Үлгүлөрдөгү ар кандай багыт боюнча калдык чыңалуунун графиги.(1-метасоматит, 2- мрамордошкон известняк )




8 - чи сүрөт. Үлгүнүн түрдүү багыттагы калдык чыңалуусунун графиги (кварцталган метасоматит, Макмал кени).

Жалпылап айтканда, поляризациялык – акустика методу тоо тектеринде, алар сыяктуу жарым-жартылай морт ар кандай касиеттүү каттуу материалдарда курамды сындырбай (бузбай) туруп эле калдык чыңалууну аныктоого мүмкүндүк берет. Бул учурда изилденип жаткан тоо тегинин толкундук чыңалуу модулун так аныктоо өтө маанилүү.

## КОРУТУНДУ

Диссертациялык иште калдык чыңалууну аныктоодо поляризацияланган туурасынан таралган ультра үн толкундарын колдонууга негизделген поляризациялык – акустика методун иштеп чыгуу аркылуу, *тоо тектеринде калдык чыңалууну аныктоодо ультра үн методун теоретикалык жана тажрыйбалык түрдө негиздөө* - деген актуалдуу илимий – техникалык маселенин чечилиши берилди.

Аткарылган изилдөөлөрдүн жыйынтыгы төмөндөгүдөй **негизги корутундуларды** жасоого мүмкүндүк берет:

1. Ультра үн менен өлчөнгөн калдык чыңалуу жүктөн бошотуу методунун жардамы менен аныкталган чыңалууга караганда жогоруураак тактыкта боло тургандыгы жана анын чоңдугу да жогору экендиги аныкталды, мунун себеби жаңы бетти түзүү (кесүү, бургулоо) менен жүктөн бошотууда калдык чыңалуу толук бошотулбай, анын курамда байланышта болгондугунан, бул метод менен алынган калдык чыңалуунун чоңдугу заттагы чыңалуудан төмөн болушуна байланыштуу.
2. Жалпак үлгүлөрдө өз ара тик багытта поляризацияланган (*Vs(n)*-поляризация вектору тегиздиктин узатасына жарыш жана *Vs(c)* - поляризация вектору –тик багытта) туурасынан таралган толкундардын ылдамдыгын изилдөөнүн негизинде ошол эки багытта поляризацияланган толкундардын ылдамдыктарынын айырмасы аралыгы бирдей болгон өз жолунда жаракаларга жана боштуктарга көз каранды болбой тургандыгы, калдык чыңалуудан гана көз каранды боло тургандыгы аныкталды.
3. Жалпак үлгүлөрдө жаракалар жана боштуктар болуп, калдык чыңалуу жок болсо, поляризация вектору белгилүү багытка жарыш-*Vs(n)* жана тик - *Vs(c)* болгон эки учурда тең поляризацияланган туурасынан таралган толкундардын өтүү ылдамдыктары жарака жана боштуктун тушунда бирдей азаят, ошондуктан алардын айырмасы нөлдү берет, а калдыктуу чыңалуу бар жерлерде бул айрыма байкалаарлык өзгөрөт да, оң жана терс мааниге ээ болот.
4. Тоо тектериндеги калдык чыңалуунун акустикалык параметрин – “өз ара тик поляризацияланган туурасынан тараган ультра үн толкундарынын ылдамдыктарынын айырмасы” -аныктоочу, тоо тектеринде калдыктуу чыңалуунун бар же жок экендигин жана белгисин аныктоого мүмкүнчүлүк берүүчү методика иштелип чыкты.

5. Тоо тектеринин серпилгичтик касиетин, ийкемдүүлүгүн жана алардын ички түзүлүшүн мүнөздөөчү жаңы механикалык көрсөткүчтү - *чыңалуунун толкундук модулун* аныктоочу метод иштелип чыкты.
6. Өз ара тик багытта болгон поляризацияланган туурасынан тараган ультра үн толкундарынын ылдамдыктарынын айырмасы тоо тектериндеги калдык чыңалуунун чоңдугуна жана анын багытына жараша болоору аныкталды, поляризацияланган ультраүн толкундарын колдонуу менен аныкталган калдык чыңалуулар кеңири белгилуу болгон поляризациялык – оптика методу менен табылган, көрүүгө боло турган изохром сүрөттөрү менен жакшы дал келди.
7. Тоо тектеринде поляризацияланган туурасынан таралган ультраүн толкундарынын ылдамдыгынын калдыктуу чыңалууга жараша фунционалдык өзгөрүү закон ченемдүүлүгү аныкталды.
8. Биринчи жолу тажырыйба жолу менен поляризацияланган туурасынан таралган толкундарды пайдаланып, тоо тектериндеги калдык чыңалуулардын максималдык жана минималдык маанилеринин багыттарынын ортосундагы бурч $90^0$ -ту түзө тургандыгы аныкталды, бул болсо классикалык механикада аныкталган катуу материалдардагы башкы нормалдуу чыңалуулардын өз ара тик багытта болоору жөнүндөгү жобого дал келет.
9. Ар кандай механикалык каситтерге ээ болушкан тоо тектеринде, жарым-жартылай морт катуу заттарда калдык чыңалуулардын чоңдуктарын жана алардын багыттарын аныктоо үчүн поляризациялык - акустика методу иштелип чыкты.
10. Сунушталып жаткан поляризациялык - акустика методу менен аныкталган калдык чыңалуулар Е.О.Патон атындагы электр ширетүү институтунда жүктөн бошотуу методу жана теориялык эсептөөлөр менен аныкталган калдык чыңалууларга жакшы дал келди.
11. Кумтөр кенинин метасоматит тегиндеги калдык чыңалуу (80-100МПа) Макмал кенинин кварцталган метасоматит тегиндеги чыңалууга (10-15 МПа) караганда бир топ эле чоң экендиги аныкталды жана бул айрыма кварцталган метасоматиттин чыңалуусунун азайуусуна алып келе турган анын жаракалуулугуна байланыштуу экендиги көрсөтүлдү.

## БАСЫЛЫП ЧЫККАН ЖУМУШТАРДЫН ТИЗМЕСИ


1. Акматалиева М.С. Ультразвуковой способ определения остаточных напряжений [Текст]: / К.Т.Тажибаев, М.С Акматалиева, Д.К. Тажибаев. // Вестник Кыргызско - Российского Славянского университета, - Бишкек: 2006. том 6, №7, - С. 30-35.
2. Акматалиева М.С. Оценка остаточных напряжений ультразвуковым методом [Текст]: / К.Т.Тажибаев, М.С Акматалиева, Д.К. Тажибаев. // Наука, техника, технология. –Бишкек: Материалы первой международной конференции ИА КР,4-5 октябрь 2007. - С.10-15.
3. Акматалиева М.С. Результаты исследования остаточных напряжений в твердых материалах поляризованными ультразвуковыми волнами [Текст]: / К.Т.Тажибаев, М.С Акматалиева, Д.К. Тажибаев. // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. –Бишкек: 2008. Том 8, №10 - С.71-80.
4. Акматалиева М.С. Результаты исследования остаточных напряжений с применением поляризованных поперечных ультразвуковых волн [Текст] Известия НАН КР/ М.С. Акматалиева. – Бишкек: 2011. - №1 – С.67-74.
5. Пат. 1245. Кыргызская Республика, G01B 5/30 (2009.01). Способ определения остаточных напряжений в твердых материалах. [Текст]: / К.Т. Тажибаев, М.С.Акматалиева, Д.К. Тажибаев; Заявл.08.07.2008; опубл. 31.03.2010. Бюл.№3, -7с.: ил. 3
6. Акматалиева М.С. Неразрушающий метод определения остаточных и действующих напряжений твердых материалов [Текст]: / К.Т. Тажибаев, М.С.Акматалиева, Д.К. Тажибаев. //Материалы Международной конференции «Проблемы Геомеханики и Освоения Недр» к 80-летию академика НАН И.Т. Айтматова, вып. 13. –Бишкек: Июнь 2011, - С.164-175.
7. Акматалиева М.С. Результаты исследования свойств известняка карьера Ак-Татыр и влияния СВЧ волн на его структурное состояние [Текст] Вестник Казахского национального технического университета им. К.И.Сатпаева / М.С. Акматалиева. –Алматы: 2011. -№ 6 (88) - С.169-172.
8. Акматалиева М.С. Метод определения остаточных и действующих напряжений в горных породах, основанный на законе изменения скорости поперечной поляризованной ультразвуковой волны от напряжений в твердых материалах [Текст]: / К.Т. Тажибаев, Д.К. Тажибаев, М.С.Акматалиева. //«Известия» НАН КР. – Бишкек: 2012 №3, - С. 31-36.
9. Акматалиева М.С. Методика и результаты определения волнового модуля напряжения твердых материалов [Текст]: / К.Т. Тажибаев, Д.К. Тажибаев, М.С.Акматалиева. //Сб. трудов «Современные проблемы механики сплошных сред». №16, –Бишкек: 2012, - С.245-250.

10. Диплом №453 на научное открытие от 3 октября 2013 года, г. Москва. Закономерность изменения относительной величины скорости прохождения ультразвуковой поляризованной сдвиговой волны от механического напряжения в твердых материалах (закон Кушбакали). [Текст]: / К.Т. Тажибаев, Д.К. Тажибаев, М.С.Акматалиева. //Научные открытия -2013.–М.РАЕН, 2014г. –С 48-50.
11. Акматалиева М.С. Результаты исследования СВЧ волн на структурное состояние горных пород [Текст] / М.С. Акматалиева // В сборнике «Современные проблемы механики сплошных сред».– Бишкек: 2013. №17, - С. 88-94.
12. Акматалиева М.С. Методические указания к курсовому проектированию «Физика горных пород» [Текст] / К.Т. Тажибаев, Д.К. Тажибаев //Издательство КРСУ им. Б.Ельцина, Бишкек: 2014г. –С 32.
13. Акматалиева М.С. Болот плитасындагы ширетүүдөн калган калдыктуу чыңалууну изилдөө [Текст] / М.С. Акматалиева // В сборнике «Современные проблемы механики сплошных сред». Газодинамика, геомеханика и геотехнологии. Комитет по теоретической и прикладной механике Кыргызстана, Институт геомеханики и освоения недр НАН КР. – Бишкек: 2014. №19, - С. 99-104.
14. Пат. 1826. Кыргызская Республика, G01B 5/30 (2015.01). Способ определения остаточных и действующих напряжений в твердых материалах. [Текст]: / К.Т. Тажибаев, Д.К. Тажибаев, М.С.Акматалиева; Заявл.23.10.2014; опубл. 29.02.2016. Бюл.№2, -8с.: ил. 3.
15. Акматалиева М.С. О методологии определения остаточных и действующих напряжений в горных породах с применением поляризованных ультразвуковых волн [Текст]: / К.Т. Тажибаев, М.С.Акматалиева, Д.К. Тажибаев. // Фундаментальные и прикладные проблемы науки, Том 2. Материалы Кыргызской секции 9 -го Международного симпозиума, посвященного памяти референта МСНТ Н.Н. Ершовой. –М.: РАН, 2016. -С. 39 -46.
16. Акматалиева М.С. Основы поляризационно-акустического метода определения действующих напряжений в горных породах [Текст]: / К.Т. Тажибаев, М.С.Акматалиева, Д.К. Тажибаев. //Научный форум: Технические и физико-математические науки. Сборник статьей по материалам II-й Международной заочной научно-практической конференции №1(2), -М.:Изд. МЦНО, 2017. - С.52-58.
17. Акматалиева М.С. Метод и результаты определения акустического параметра остаточных напряжений и волнового модуля напряжения горных пород [Текст]: / К.Т. Тажибаев, М.С.Акматалиева, Д.К. Тажибаев. //Материалы 7 –й международной научно-практической конференции «Современные инновации: фундаментальные и прикладные исследования». -М.: 17 февраль, 2017. - С. 11-15.

18. Акматалиева М.С.Тоо-тектериндеги калдыктуу чыңалууларды ультраүн менен аныктоо ыкмасын негиздөө [Текст]: / М.С.Акматалиева, Д.К. Тажибаев. // Научно-технический журнал «Современные проблемы механики» Материалы 2 международного симпозиума «Прогноз и предупреждение горных ударов и землетрясений, мониторинг деформационных процессов в породном массиве», № 33(3), Бишкек: 2018. - С. 263-270 .
19. Акматалиева М.С. Определение остаточных и действующих напряжений поляризационно-акустическим методом [Текст]: /Тажибаев К.Т., Тажибаев Д.К., Акматалиева М.С.// Международный журнал гуманитарных и естественных наук. №4, том 1, Новосибирск, 2018. - с. 134-139.
20. Акматалиева М.С. Некоторые результаты проверки поляризационно-акустического метода определения остаточных напряжений [Текст]: /Акматалиева М.С.,Тажибаев К.Т., Тажибаев Д.К. // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. №5,том 1, Новосибирск, 2018. - с. 168-173.
21. Акматалиева М.С. Методика предварителього определения знака и уровня остаточных напряжений в горных породах [Текст]: / Тажибаев К.Т., Акматалиева М.С., Тажибаев Д.К. // Научный журнал «Актуальные проблемы современной науки». №5(102), Москва: 2018 г. - с. 254-258.

**Акматалиева Минажат Сабыровнанын 25.00.20 «Геомеханика, тоо тектерин жардыруу менен талкалоо, рудник аэрогазодинамикасы жана тоо-кен жылуулук физикасы» адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаты илимий даражасын алуу үчүн «Тоо тектериндеги калдыктуу чыңалууларды ультраүн менен аныктоо ыкмасын негиздөө» деген темада жазылган диссертациясынын**

## РЕЗЮМЕСИ

**Негизги сөздөр**: тоо тектери, калдыктуу чыңалуу, ультраүн, уюлдашкан толкун, чыңалуунун толкундук модулу, поляризация вектору, туурасынан таралган толкун.

**Изилдөө объектиси**: рудалуу кендердин тоо тектери.

**Изилдөөнүн максаты**: тоо тектериндеги калдыктуу чыңалууларды аныктоо үчүн туурасынан таралган уюлдашкан толкундарды колдонууга негизделген ультраүн ыкмасын иштеп чыгуу.

**Изилдөөнүн ыкмалары**: тоо тектеринин, техникалык материалдардын акустикалык, деформациялык касиеттерин изилдөө ыкмалары, тоо тектериндеги калдыктуу чыңалууну аныктоочу поляризациялык - акустика ыкмасы, тажрыйбалык жыйынтыктардын статистикалык мүнөздөмөлөрүн талдоо ыкмасы.

**Изилдөө жабдыктары**: ультра үндүү прибор УК-10ПМ, акустополярископ, жүктөөчү жабдыктар ЦДМ-100 жана ЦДМ-30.

**Алынган жыйынтыктар жана алардын жаңычылдыгы**: тоо тектериндеги калдыктуу чыңалуулардын бар же жок экендигин жана белгисин аныктоо мүмкүнчүлүгүн камсыздоочу калдыктуу чыңалуунун акустикалык көрсөткүчүн аныктоочу ыкманы иштеп чыгуу аткарылды; тоо тектеринин серпилгичтик касиетин, ийкемдүүлүгүн жанан алардын ички түзүлүшүн мүнөздөөчү жаңы механикалык көрсөткүч болуп эсептелген чыңалуунун толкундук модулун аныктоочу ыкма сунушталды; поляризациаланган туурасынан таралган ультра үн толкундарынын ылдамдыгынын калдыктуу чыңалууга жараша өзгөрүү закон ченемдүүлүгүн чагылдырган функциональдык өз ара байланыш көз карандылыгы аныкталды; тоо тектериндеги калдыктуу чыңалуунун белгисин жана чоңдугун аныктоону камсыз кылган поляризациалык -акустика ыкмасын иштеп чыгуу аткарылды.

**Колдонуу тармагы:** иштелип чыккан ыкмалар жер силкинүү активдүүлүгү бар аймактардын, тоо-тектеринин капыстан жарылуу кооптуулугу бар пайдалуу кен байлыктар табылган жерлердин тоо тектеринде калдыктуу чыңалууларды аныктоого багытталган.

# РЕЗЮМЕ

**диссертации Акматалиевой Минажат Сабыровны на тему: «Обоснование ультразвукового метода определения остаточных напряжений в горных породах» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 - «Геомеханика, разрушение пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»**

**Ключевые слова:** горная порода, остаточное напряжение, ультразвук, поляризованная волна, волновой модуль напряжения, вектор поляризации, поперечная волна.

**Объект исследования:** горные породы рудных месторождений.

**Цель исследования:** разработка ультразвукового метода определения остаточных напряжений в горных породах, основанного на применении поперечных поляризованных волн.

**Методы исследования:** методы определения акустических, деформационных свойств горных пород, поляризационно-акустический метод определения остаточных напряжений твердых материалов, метод анализа статистических характеристик экспериментальных данных.

**Аппаратура исследований:** ультразвуковой прибор УК-10ПМ, акустополярископ, нагружающие установки ЦДМ – 100 и ЦДМ – 30.

**Полученные результаты и их новизна:**
разработана методика определения акустического параметра остаточных напряжений, позволяющая определить наличия или отсутствия, а также знак остаточных напряжений в горных породах; разработан метод определения нового механического показателя – волнового модуля напряжения горных пород, характеризующий их структуры, свойства упругости и пластичности; установлена функциональная взаимосвязь, отражающая закономерность изменения скорости ультразвуковой поляризованной сдвиговой волны от остаточного напряжения в горных породах; разработан поляризационно-акустический метод, позволяющий определять знак и величину остаточных напряжений в горных породах с разными механическими свойствами.

**Область применения:** разработанные методы ориентированы для определения остаточных напряжений в горных породах удароопасных месторождений полезных ископаемых, сейсмоактивных зон.

**RESUME**

**dissertation of Akmatalieva Minazhat Sabyrovna on a theme: «Substantiation of an ultrasonic method of definition of residual stresses in rocks» on competition of a scientific degree of Cand.Tech.Sci., specialty 25.00.20 - «Geomechanics, destruction of rocks by explosion, miner aerogasdynamics and mountain thermal physics»**

**Keywords:** rock, a residual stress, ultrasound, a polarized wave, the wave module of pressure, a polarization vector, a transverse wave.

**Subject of researches:** rocks of ore fields.

**The purpose of research:** working out of an ultrasonic method of definition of residual stresses in the rocks, based on application of the transverse polarized waves.

**Research methods:** methods of definition of acoustical, deformation properties of rocks, polarization-acoustic method of definition of residual stresses of firm materials, a method of the analysis of statistical characteristics of experimental data.

**Equipment of researches:** ultrasonic device UK-10PM, acoustical polariscope, loading installations ZДМ - 100 and ZДМ - 30.

**The gained results and their novelty:**
the technique of definition of acoustical parameter of the residual stresses is developed, allowing to define presence or absence, and also a sign on residual stresses in rocks; the method of definition of a new mechanical parameter - the wave module of pressure of rocks, characterizing their structures, properties of elasticity and plasticity is developed; the functional interconnection reflecting regularity of change of speed of an ultrasonic polarized shift wave from a residual stress in rocks is installed; the polarization-acoustic method is developed, allowing to define a sign and magnitude of residual stresses in rocks with different mechanical properties.

**Application area:** the developed methods are oriented for definition of residual stresses in rocks dangerous mineral deposits on blows, active region on seismicity.