

**МИЛЛИЙ ТЕХНОЛОГИК ТАДҚИҚОТЛАР УНИВЕРСИТЕТИ  
«МИСИС» НИНГ ОЛМАЛИҚ ШАХРИДАГИ ФИЛИАЛИ  
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.22/30.12.2019. Т.98.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА  
ТУЗИЛГАН БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ**

**САЙИДҚОСИМОВ САЙИДЖАББОР САЙИДҚОСИМ ЎҒЛИ**

**ПОЛИМЕТАЛЛИ КОНЛАРНИ ЕР ОСТИ УСУЛИДА ҚАЗИБ  
ОЛИШДАГИ ТОҒ ЖИНСЛАРИ МАССИВИДА СОДИР БЎЛАДИГАН  
ГЕОМЕХАНИК ЖАРАЁНЛАРНИ МАРКШЕЙДЕРЛИК  
МОНИТОРИНГИНИ КОН-ГЕОМЕТРИК АСОСЛАРИ**

**04.00.09 – Маркшейдерия;  
04.00.17 – Кончиликда физик жараёнлар (техника фанлари)**

**Техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Докторлик диссертацияси автореферати мундарижаси**  
**Оглавление автореферата докторской диссертации**  
**Content of the abstract of doctoral dissertation**

<b>Сайидқосимов Сайиджаббор Сайидқосим ўғли</b> Полиметалли конларни ер ости усулида қазиб олишдаги тоғ жинслари массивида содир бўладиган геомеханик жараёнларни маркшейдерлик мониторингини кон-геометрик асослари.....	3
<b>Сайидқосимов Сайиджаббор Сайидқосим ўғли</b> Горно-геометрические основы маркшейдерского мониторинга геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород при подземной разработке полиметаллических месторождений .....	30
<b>Sayyidkosimov Sayyidjabbor</b> Mining and geometric basis of markshading monitoring of geomechanical processes occurring in the mass of rocks during underground polymetallic development.....	58
<b>Эълон қилинган ишлар рўйхати</b> <b>Список опубликованных работ</b> <b>List of published works</b> .....	62

**МИЛЛИЙ ТЕХНОЛОГИК ТАДҚИҚОТЛАР УНИВЕРСИТЕТИ  
«МИСИС» НИНГ ОЛМАЛИҚ ШАХРИДАГИ ФИЛИАЛИ  
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.22/30.12.2019. Т.98.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА  
ТУЗИЛГАН БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ**

**САЙИДҚОСИМОВ САЙИДЖАББОР САЙИДҚОСИМ ЎҒЛИ**

**ПОЛИМЕТАЛЛИ КОНЛАРНИ ЕР ОСТИ УСУЛИДА ҚАЗИБ  
ОЛИШДАГИ ТОҒ ЖИНСЛАРИ МАССИВИДА СОДИР БЎЛАДИГАН  
ГЕОМЕХАНИК ЖАРАЁНЛАРНИ МАРКШЕЙДЕРЛИК  
МОНИТОРИНГИНИ КОН-ГЕОМЕТРИК АСОСЛАРИ**

**04.00.09 – Маркшейдерия;  
04.00.17-Кончиликда физик жараёнлар (техника фанлари)**

**Техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Фан доктори (Doctor of Science) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида № В2020.3 DSc/Т368. рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида ([www.misis.uz](http://www.misis.uz)) ва «Ziyonet» Ахборот таълим порталида ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий маслаҳатчи:**

**Раимжанов Баҳадиржан**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Нурпеисова Маржан Байсановна**  
техника фанлари доктори, профессор

**Гусев Владимир Николаевич**  
техника фанлари доктори, профессор

**Тальгамер Борис Леонидович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Етакчи ташкилот:**

**Навоий давлат қончилик институти**

Докторлик диссертация ҳимояси Миллий технологик тадқиқотлар университети «МИСиС»нинг Олмалиқ шаҳридаги филиали ҳузуридаги DSc.22/30.12.2019.Т.98.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «13» январда 13<sup>00</sup> соат 304 - даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 110101, Олмалиқ шаҳри, Амир Темура кўчаси, 56-уй. Тел.: (70) 614-22-57; e-mail: [afnitumis@mail.ru](mailto:afnitumis@mail.ru).

Диссертация билан Миллий технологик тадқиқотлар университети «МИСиС»нинг Олмалиқ шаҳридаги филиалининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (20-02-Д-рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 110101, Олмалиқ шаҳри, Амир Темура кўчаси, 56-уй. Тел.: (70) 614-22-57.

Диссертация автореферати 2020 йил «29» декабр куни тарқатилди.  
(2020 йил «29» декабрдаги 2 рақамли реестр баённомаси)



**Ф.Я. Умаров**

Илмий даражалар берувчи бир марталик  
Илмий кенгаш раиси, т.ф.д, доцент

**Г.С. Нутфуллаев**

Илмий даражалар берувчи бир марталик  
Илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.н., доцент

**Ш.Ш. Заиров**

Илмий даражалар берувчи бир марталик  
Илмий кенгаш қошидаги бир марталик илмий  
семинар раиси, т.ф.д., профессор

## КИРИШ (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда кончилик соҳасининг замонавий тараққиёти, геомеханик ва геодинамик таваккалчилик шароитида, катта чуқурликларда (1000-4000 м) жойлашган мураккаб тузилмалар фойдали қазилма конларини (ФҚК) қазиб олиш билан бевосита боғлиқ. Айнан ФҚКни ер ости усулида катта чуқурликда (1000-1500 м) қазиб олиш жараёнида полиметалли конлардаги тоғ жинслари массивида содир бўладиган геомеханик жараёнларни замон ва макон ўлчамида априор прогнозлаш орқали саноат хавфсизлиги таваккалчилиги ишончли баҳолашни назарий асослаш кончилик ишларини беҳатар олиб боришга имкон беради. Полиметалли конларни ер ости усулида қазиб олишдаги тоғ жинслари массивида содир бўладиган геомеханик жараёнларни ўрганиш 100 йилдан ортиқ тарихга эга бўлишига қарамасдан жараёнга тегишли кўпгина муҳим масалалар ўз ечимини топмаганлиги қазиб олинмаган кон массивидаги мавжуд кучланиш – деформацияланиш ҳолатининг (КДХ) мураккаб тавсифга эга эканлигига боғлиқ бўлиб, унинг шаклланишида ҳисобга олиниши мураккаб бўлган табиий ва техноген омиллар таъсири сабаб бўлади. Жойлашган мураккаб геологик тузилмалар конлар саноат миқёсида фойдаланишга жалб қилинаётган ҳозирги шароитда ер ости бойликларидан оқилона ва беҳатар фойдаланиш муаммоси охиригача ечилмаган ва уни ҳозирда ечиш муҳим аҳамият касб этади.

Бугунги кунда дунёдаги рудниклардаги кончилик ишлари кон массивидаги геомеханик ва геодинамик жараёнлар етарлича ўрганилмаган ҳолда олиб борилмоқда. Жумладан тоғ – жинслари массивидаги геомеханик жараёнларни турли кўринишда пайдо бўлиши туфайли конларни ўзлаштиришнинг техник иқтисодий кўрсаткичларига салбий таъсир этувчи омилларни ҳисобга оладиган комплекс баҳолаш усули ишлаб чиқилмаган, шунинг учун ҳам, сейсмофаол зоналарда кончилик ишларини олиб боришнинг геомеханик шароити мураккаб ва серқирралигини инобатга олган ҳолда, тоғ жинслари массивининг кучланиш – деформацияланишини комплекс баҳолаш ва фойдали қазилма участкаларининг геомеханик таъсирга мойиллигини прогнозлаш қилиш усулларини ишлаб чиқиш бўйича илмий тадқиқот ишларини олиб боришни тақозо этмоқда.

Республикамизда янги конларни ўзлаштириш бўйича бир қатор илмий – тадқиқот ишлари амалга оширилган, улар фойдали қазилмаларни қазиб олишни кўпайтириш ва ишлаб чиқиш бўйича илғор илмий асосланган чора-тадбирларни жорий қилиб, бир қатор илмий-амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг қарорида «кончилик ва металлургия саноатини янги босқичга олиб чиқиш учун ишлаб чиқаришнинг локализация сиёсатини давом эттириш...»<sup>1</sup> муҳим вазифалар белгиланган. Ушбу вазифалардан келиб чиққан ҳолда ер ости бойликларидан оқилона фойдаланиш, фойдали қазилма конларини оқилона ва беҳатар

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг ПҚ-4124 «Кон-металлургия тармоғи корхоналари фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари» тўғрисидаги қарори

Ўзлаштириш усуллари ривожлантириш вазифаларини бажариш катта илмий ва амалий аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2010 йил 15 декабрдаги ПҚ-1442-сонли «2011-2015 йилларда Ўзбекистон саноатини устувор ривожлантириш тўғрисидаги қарори, 2015 йил 4 мартдаги ПФ-4707-сонли «2015-2019 йилларда ишлаб чиқариш тузилмасини қайта ташкиллаштириш, модернизация ва диверсификациялашни таъминлашнинг дастурий чора - тадбирлари тўғрисида» ва 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли «Ўзбекистон Республикасининг келажакда ривожланган истиқболли стратегияси тўғрисида» фармонлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот иши республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг VII. «Ер тўғрисидаги фанлар (геология, геофизика, сейсмология ва минерал хомашёларни қайта ишлаш)» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Диссертация мавзуси бўйича хорижда бажарилган илмий тадқиқотларнинг шархи<sup>2</sup>.** Геомеханик жараёнларни прогнозлаш усуллари ишлаб чиқишга қаратилган илмий тадқиқотлар дунёнинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим, жумладан: University of Nevada; University of Utah (АҚШ); Seoul Nation University of Science and technology (Жанубий Корея); Australian Institute of Mine Surveyors (AIMS) (Австралия); Xinjiang Institute of Engineering (Хитой халқ Республикаси); University Antverpena (Руца, Белгия); Москва миллий технологик тадқиқотлар университети (МИСиС); Қозоғистон миллий техника университети; Санкт-Петербург кончилик университети; Урал давлат кончилик университети; Жанубий-Россия давлат политехника университетида олиб борилмоқда.

Фойдали қазилма конларини ер ости усулида қазиб олишнинг самарадорлигини ошириш ва хавфсизликни таъминлаш бўйича амалга оширилган тадқиқотлар натижасида қатор илмий натижалар олинган, шу жумладан: полиметалл конлари жойлашган регионлар геодинамик районлаштирилган (University of Nevada, Seoul Nation University of Science and technology, Санкт-Петербург кончилик университети); тоғ жинсларининг дарзликлари ва массивни хилма-хил структуравий тузилмасини кон-геометрик асосланган (Australian Institute of Mine Surveyors (AIMS), Қозоғистон миллий техника университети); кончилик ишларини маркшейдерлик таъминоти такомиллаштирилган (Xinjiang Institute of Engineering, Москва миллий технологик тадқиқотлар университети «МИСиС» ва ДУК «O'zGEORANGMETLITI»).

Жаҳонда фойдали қазилма конларини ер ости усулида қазиб олишнинг самарадорлигини ошириш ва хавфсизликни таъминлашга оид қуйидаги

---

<sup>2</sup> Диссертациянинг мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шархи <http://www.elibrary.ru>, <http://www.scopus.com>, <http://www.orsid.org>, <http://www.scival.com>, <http://www.scholar.google.com>, <http://www.researchgate.net> ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

устувор йўналишлар бўйича қатор тадқиқот ишлари амалга оширилмоқда, жумладан: тоғ жинслари ва руда массивидаги дарзликларни сон ва сифат кўрсаткичларини аниқлаш; фойдали қазилма конларидан оқилона фойдаланиш ва кончилик ишларини бехатар олиб бориш; тоғ жинслари массивида содир бўладиган геомеханик жараёнларни прогнозлаш; кон массиви кўрсаткичларини геометризациялаш; кончилик ишларини лойиҳалаш ва самарали олиб боришни имконияти аниқлаш; геомеханик ҳодисалар ва жараёнлар билан боғлиқ бўлган хавфли ҳалокатларни олдини олиш тадбирларини ўзлаштириш.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Кончилик геомеханикасининг ривожига Агошков М.И., Айтматов И.Т., Баклашов И.В., Картозия Б.А., Барон Л.И., Батугин С.А., Батугина И.М., Борщ-Компониец В.И., Гзовский М.А., Ержанов Ж.С., Иофис М.А., Кузнецов Г.А., Курления М.В., Ломтадзе В.Д., Марков Г.А., Машанов А.Ж., Мюллер Л., Мустафин М.Г., Петухов И.И., Протосеня А.Г., Рассказов И.Ю., Рахимов В.Р., Рац М.В., Ржевский В.В., Тальгамер Б.Л., Турчанинов И.А., Шабаров А.П., Шейнин В.И.; Маркшейдерлик иши ва кон геометрияси фанига Букринский В.А., Соболевский П.К., Вилесов Г.И., Гордеев В.А., Ивахненко А.Г., Калининченко В.М., Ушаков И.А., Такранов Р.А., Протопопов И.И., Гусев В.Н., Нурпеисова М.Б., Низаметдинов Ф.К., Рыжов П.А., Atkinson A.C., Elving G, Holk E., Tajdus A., Zeffe A.N., Poisel R, Roth W. ва бошқа олимлар томонидан кўплаб мувафакқиятларга эришилган.

Ушбу йўналишда кўплаб ўтказилган тадқиқотлар ва эришилган ютуқларга қарамай, ҳозирги кунгача, рудаларни ер ости усулида самарали қазиб олиш учун тоғ жинслари массивида содир бўладиган геомеханик жараёнларни прогнозлаш усулларини янада такомиллаштириш лозим.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқотлари И.Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети илмий - тадқиқот ражасининг ИТД-5-010 «Олтин рудали конларни қазиб оладиган рудникларда техноген катастрофа (кон зарбаси) ўчоғини шаклланиш табиий қонуниятларини тадқиқ қилиш». Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети ва Навоий кон-металлургия комбинати давлат корхонаси илмий тадқиқот ишлари режасига биноан «Зармитан» рудникида (кон зарбаси) техноген катастрофа ўчоғининг табиати ва шаклланиш қонуниятларини тадқиқ қилиш» 49/11-сонли илмий тадқиқот иши (2016-2018 йй.); Компютер моделлаштириш ва инструментал усулларни кўллаб Чармитан конида тағ томондан қазилаётган массивнинг кучланиш деформацияланиши ҳолати ва силжиш жараёнини тадқиқ қилиш» 37/11-сонли илмий тадқиқот иши (2016-2018 йй.); Олмалик кон-металлургия комбинати Акциядорлик жамияти билан «Қизилолма» конида кон зарбаси ўчоғини шаклланиши қонуниятлари ва табиатини тадқиқ қилиш» 6/10-02-3128-сонли илмий тадқиқот иши (2016-2018 йиллар); Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университетининг илмий тадқиқот ишлари режаси асосида (2015-2020 йй.) «Фойдали қазилма конларни оқилона, комплекс ва бехатар

қазиб олишни маркшейдерлик таъминотининг илмий асослари» мавзуларидаги амалий лойиҳалар доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** хилма - хил кон-техник шароитларда тоғ жинслари массивининг ҳолати ва хоссаларини кўп факторли геометризациялаш негизида геомеханик жараёнларни маркшейдерлик мониторингини назарий асослаш ва амалий жорий этиш йўли билан полиметалл конларни ер ости усулида қазиб олишни самарадорлиги ва хавфсизлигини ошириш усулларини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

руда майдонлари ҳудудининг блокли-структуравий тузилишини баҳолаш ва Ўзбекистондаги полиметалл конлари жойлашган регионларни геодинамик районлаштириш бўйича тадқиқотларни давом эттириш;

тоғ жинсларининг дарзликлари ва массивни хилма - хил структуравий тузилмасини кон-геометрик таҳлил қилиш;

тоғ жинслари массивининг кучланиш-деформацияланиш ҳолатини тадқиқ қилиш;

тоғ жинслари массивида содир бўладиган геомеханик жараёнларнинг кўрсаткичларини кўп факторли геометризациялаш усулларини ишлаб чиқиш;

«тоғ жинслари массиви» тизимини ташкил этувчи жараёнларни кон-геометрик ва математик моделлаштиришни муайян алгоритмини ишлаб чиқиш;

полиметалл конларни ер ости усулида қазиб олишдаги тоғ жинслари массивида содир бўладиган геомеханик жараёнларни прогнозлаш усулларини кончилик саноати корхоналарида синовдан ўтказиш.

**Тадқиқотнинг объекти** - полиметалл конларни ер ости усулида қазиб олишдаги тоғ жинслари массивида содир бўладиган геомеханик жараёнларни прогнозлаш ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг предмети** - полиметалл конларни ер соти усулида қазиб олишда тоғ жинслари массивида содир бўладиган геомеханик жараёнлар прогнозлаш усуллари ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг усуллари** - комплекс усуллар бўлиб, у геомеханик жараёнларни маркшейдерлик мониторингидан фойдаланишга оид илмий-назарий ва амалий умумлаштиришлар, амалдаги рудниклар шароитида жойлардаги бажарилган ўлчашлар, кон-геометрик таҳлил усуллари, математик статистика, кўпфакторли геометризациялаш, чекли унсурлар (ЧУУ), энг кичик квадратлар (ЭККУ) ва аргументларни гуруҳли ҳисобини юритиш усуллари (АГҲУ) қўлланган математик моделлаштириш, ишлаб чиқаришдаги синов-тажрибалар ҳамда техник-иқтисодий ҳисобларни ўз ичига оловчи тадқиқотларнинг умумлашган усулларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

полиметалл конларнинг рудали майдонлари ҳар томонлама сиқилиш натижасида шаклланган бўлиб, хилма-хил даражали (II-IV) блокли тузилмалардан иборат ва 300<sup>0</sup> ШҒ ва 120<sup>0</sup> ЖШ йўналишларда тектоник кучлар таъсирида, 10 МПа дан 30 МПа гача бўлган максимал горизонтал кучланишга эга эканлиги асосланган;



полиметалли конларнинг рудали ва тоғ жинсли массивларида урта интенсив тектоник дарзликлар тизими мавжуд бўлиб, улар кон массиви тузилмасида хилма хилликни аввалдан ташкил этиши ва тоғ жинслари хоссаларининг анизотропиясини белгилаб бериши асосланган;

полиметалл конлар тоғ жинсларининг мустаҳкамлик ва деформацион хоссалари ўзгарувчан тавсифга эга бўлиб, уларда ястаниш йўналиши бўйлаб мўртлик кўпроқ учраши ва сиқилиш таъсиридан кўра узилиб қулаши осон кечиши исботланган;

ер каъридаги фойдали қазилма кони шакли, ҳолати ва хоссаларининг фазовий жойлашув қонуниятини тасвирлаш йўли билан тоғ жинслари массивида содир бўладиган геомеханик жараёнларни геометризациялаш ва кон тўғрисидаги ишончли информация негизида кончилик корхоналарининг фаолиятини рақамлаштириш мумкинлиги аниқланган;

тоғ жинслари массиви геомеханик кўрсаткичларининг маълумотлар базасини яратиш ва уларни бошқаришнинг принципиал янги тизими ишлаб чиқилган бўлиб, у ўлчаш натижалари, кузатишлар, аналитик ҳисоблар, умумлаштирилган математик ишлаб чиқиш, рақамлаштириш, тасвирлаш ва фойдаланиш жараёнларини геоинформацион тизимлар (ГАТ) принципида автоматлаштириш орқали йиғиш ва баҳолашни жадаллаштириш ишлаб чиқилган;

истикболда «ақлли» кончилик корхоналарини яратишга хизмат қиладиган инструмент сифатидаги маркшейдерлик мониторинги усул ва моделларини ривожига хизмат қиладиган полиметалл конларини ер ости усулида қазиб олишдаги тоғ жинслари массивида содир бўладиган геомеханик жараёнларни тизимли динамик моделлаштириш негизида тайёрлаш, қазиб олиш лаҳимлари ва кондаги камераларда қолдирилган рудали целикларни қазиб чиқаришдаги тоғ жинслари устуворлигини прогнозлашнинг автоматлаштирилган янги механизми ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

полиметалл конларидаги массивларда табиий кучланиш майдонларининг шаклланиш қонуниятларига таъсир кўрсатувчи омиллар ва контраст геолого-тектоник структураларни интеграл баҳолаш учун тектоник блокларни ажратишнинг картографо-топографик усули унификациялаштирилиб, фойдали қазилмаларни III ранг (даража) даги блокларда, тоғ жинслари массивини эса IV ранг (даража) даги блокларда жойлашуви аниқланган;

тоғ жинсларини макро - ва микроструктурали моделларининг генетик ва геометрик алоқадорлигини ҳисобга олган ҳолда тоғ жинслари ва руда массивидаги дарзликларни сон ва сифат кўрсаткичлари аниқланган бўлиб, дарзликлар, тектоник узилмалар ва блокли структуралар сезиларли даражада такрорланмас деформацияланиш шароитида тоғ жинслари массивининг мавжудлик аломатлари ва вайроналик структураси эса унинг ҳолат ифодаси аниқланган;

тоғ жинслари массиви устуворлиги ва кучланиш-деформацияланиш ўлчамларини ҳисоблашда қўлланиладиган тоғ жинсларини мустаҳкамлик ва

деформацион кўрсаткичларининг ишончли ўрта қийматлари, ваколатли интерваллари, тақсимот қонунлари ва корреляцион моделлари аниқланган;

«Тоғ жинслари массиви»нинг информაციон-қидирув тизими ва реляцион маълумотлар базаси тузилиб, тоғ жинслари массиви устуворлигини прогнозлаш моделлари учун геомеханик жараёнлар тўғрисида ишончли информацияни олиш алгоритми ишлаб чиқилган;

мураккаб реал динамик объект бўлмиш геомеханик жараёнлар ва «Тоғ жинслари массиви» тизимини ифодалашда аниқлиги бўйича берилган маълумотларга мос бўлган моделлар турларини мунтазам идентификациялаш усули ишлаб чиқилган;

эҳтимолий-статистик усулда кон лаҳимларидаги тоғ жинсларининг қулаш жадаллигини баҳоловчи геомеханик кўрсаткичларни аналитик корреляцион функцияси аниқланиб, унинг негизда тоғ жинслари массивини геомеханик кўрсаткичларини кўп факторли геометризациялаш ва аргументларни гуруҳли ҳисобини юритиш усулидан фойдаланган ҳолда кон лаҳимлари устуворлигини прогнозлаш методикаси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончилиги** саноат миқёсидаги ўтказилган тажрибаларнинг ҳажми, полиметалл конларни ер ости усулида қазиб олишдаги кон массивида содир бўладиган геомеханик жараёнларни замон ва макон ўлчамида ишончли баҳолаш ва прогнозлашни илмий-методик асосини яратиш ғоясини тажриба натижаларига сон жиҳатидан қониқарли мос келиши ҳамда ер ости бойликларидан оқилона ва бехатар фойдаланишдаги ижобий кўрсаткичларга эришиш натижалари орқали исботланди.

#### **Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқотлар натижасининг илмий аҳамияти кон массивининг ҳолати ва хоссалари, уларнинг замон ва макон ўлчамдаги ўзгаручанлик ва ўрганилганлиги кўп факторли геометризациялаш воситасида тоғ жинслари массивида содир бўладиган геомеханик жараёнларни маркшейдерлик мониторингини назарий ва амалий қўллаш методологиясини ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқотлар натижасининг амалий аҳамияти геомеханик ҳодисалар ва жараёнлар билан боғлиқ бўлган хавфли ҳалокатларни олдини олиш тадбирларини ўзлаштириш ва уларни ўз вақтида диагностика қилиш мақсадида белгиланган дастур бўйича амалга ошириладиган «Тоғ жинслари массиви» тизимидаги геомеханик жараёнларни пайдо бўлиш омилларини назорат қилиш ва доимий кузатиб бориш тизими бўлмиш маркшейдерлик мониторинги принциплари ва самарадорлигини оширишга хизмат қилади.

#### **Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.**

Полиметалли конларни ер ости усулида қазиб олишдаги тоғ жинслари массивида содир бўладиган геомеханик жараёнларни маркшейдерлик мониторингининг кон-геометрик асослари негизда олинган илмий натижалар асосида:

ишлаб чиқилган методик кўрсатмалар, меъёрий ҳужжатлар ва тавсиялар «Навоий кон-металлургия комбинати» ДК Зармитан олтин рудали конлар зонасидаги қатор рудникларда кончилик ишларини бехатар олиб боришни

жорий ва истиқболли режалаштириш, полиметалл конларни ўзлаштириш, кончилик корхоналарини лойиҳалаш, қуриш, реконструкция қилишда жорий этилган («Навоий кон-металлургия комбинати» ДКнинг 2020 йил 13 октябрдаги 02-05-05/10732-сон маълумотномаси). Натижада, кончилик ишларини лойиҳалашнинг инфор­мацион таъминоти яхшиланди ва лойиҳавий ечимларнинг таъминлаш имконини берган;

олтин рудали конлар зонасидаги ер ости рудникларида кончилик ишларини самарали режалаштириш ва бехатар олиб бориш ҳамда уларни маркшейдрлик таъминлаш усуллари «Навоий кон-металлургия комбинати» ДК Зармитан конида амалиётга жорий этилган («Навоий кон-металлургия комбинати» ДКнинг 2020 йил 13 октябрдаги 02-05-05/10732-сон маълумотномаси). Натижада, кончилик ишларини режалаштириш шароитлари яхшиланди ва уларни бехатар олиб бориш таъминланди, маркшейдерлик хизмати такомиллаштириш имконини берган;

геоахборот тизимларни қўллаш бўйича тизимли ёндашишга оид илмий-амалий таклиф ва тавсиялар «Маркшейдерияда геоинформацион тизимлар» номли дарслиги (6.10.2020 й., 522-222-сон гувоҳномаси), маркшейдерлик планлар ва маркшейдерлик тасвирга олиш ишлари ҳақида тушунчаларга эга бўлиш, уларда ишлатиладиган асбоблар тўғрисида умумий маълумотлар «Кон геометрияси» ўқув қўлланмаси (6.10.2020 й., 522-222-сон гувоҳномаси) мазмунида сингдирилган. Натижада кончилик соҳасида маркшейдерлик ишида геоахборот тизимларни қўллай оладиган юқори малакали кадрлар тайёрлаш имкониятини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқотнинг натижалари 12 та республика ва 18 та халқаро илмий-амалий анжуманларда апробациядан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 49 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан 4 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 11 та, жумладан Республика нашрларида 7 та ва хорижий журналларда 4 та мақола нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, етти­та боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 218 бет ва иловалар 117 бетни ташкил этган.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

**Кириш** қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, мақсад ва вазифалар белгиланган, объект ва предмет тавсифланган, республика фани ва технологияси устувор йўналишларига тадқиқотнинг мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари келтирилган, қўлга киритилган натижаларнинг илмий ва амалий моҳияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётда жорий қилинганлиги, чоп этилган илмий ишлар рўйхати ва диссертациянинг ҳажми ва тузилмаси келтирилган.

Диссертацияни биринчи бобида «**Полиметалл конларни ер ости усулида қазиб олишдаги кон геомеханикаси асосий муаммолари замонавий ҳолатининг шарҳи**» доирасида ер ости бойликларидан оқилона ва бехатар фойдаланиш талабларининг ижроси нуқтаи назаридан кончилик ишларини олиб боришда тоғ жинслари массивидаги жараёнлар ва кон лаҳимларининг устиворлигини белгилаб берадиган геомеханик омиллар таҳлил қилинган ва фойдали қазилмаларни ер ости усулида қазиб олишнинг асосий тенденциялари таҳлил қилинган.

Полиметалл рудали конларни қазиб олиш ҳудудлари жадал тектоник ҳаракатли ва замонавий сейсмотектоник жараёнлар мавжуд зоналарда жойлашган.

Тоғ жинслари массивига бир вақтнинг ўзида гравитацион, тектоник ва сейсмик кучланишларни таъсир қилиши, мавжуд рудникларда кон босимини пайдо бўлишининг биринчи хусусиятини ташкил этади.

Кейинги хусусиятига кон лаҳимларининг пландаги йўналишини тоғ жинсларининг қулаши ва отилиб парчаланишига таъсири киради.

Геомеханик параметрларни геометризациялашга боғлиқ масалаларни қатъиян ва бир хил ечиш учун информацияни жамлаш, уларни қайта ишлаш ва интерпретациялашнинг махсус усулларини ишлаб чиқиш мақсадга мувофиқ бўлади.

Ўзбекистон Республикаси Ерни қуруқлик қисмини 0,3% эгалласада, рудали конларнинг кўпгина турлари бўйича етарлича минерал хом ашё ресурсига эга. Мамлакатимиз ҳудудида 1720 дан ортиқ фойдали қазилма конлари аниқланган бўлиб, улардан 136 таси полиметалл конлар.

Ўзбекистон Республикаси саноатини 2035 йилгача ривожлантириш Концепциясининг асосий йўналишлари<sup>3</sup> соҳа маҳсулоти билан ички ва ташқи бозор талабларини тўлиқ қондириш мақсадида мавжуд конлар билан бир қаторда янги минерал хом ашё манбаларини ишга туширишни назарда тутган.

Жумладан, Учқулоч полиметалл кони негизида тузиладиган кластер рух, висмут, кўрғошин каби металларни ишлаб чиқаришни йўлга қўйса, Қўйтош шеелит кони негизида яратиладиган кластер волфрам концентрати, аммоний параволфраммати, мис-молибденли шлам ҳамда молибден, ванадий, уран ва никелли махсус қотишмаларни тайёрлайди.

Кон металлургия соҳаси бўйича маҳсулотларни ишлаб чиқариш ҳажми ва номенклатурасини 2,5 баробарга кўпайтириш режалаштирилган.

Диссертациянинг иккинчи боби «**Полиметалл конларни қазиб оладиган ҳудудларда табиий кучланиш майдонларини геодинамик районлаштириш**» да кон массивидаги блокли структураларни баҳолаш ва геодинамик районлаштириш усулларини такомиллаштириш масалалари кўрилган. Кон босимининг динамик ҳолатда пайдо бўлиши бу икки хил - тектонофизик ва технологик жараённинг ўзаро таъсири натижаси эканлиги аниқланган, яъни, конларни қазиб олишдаги муҳандислик ишлари туфайли содир бўладиган технологик жараён. Шу сабабдан кончилик корхоналарини

---

<sup>3</sup> <https://uzbekiston2035.uz/wp-content/uploads/2019/05>.

ишлатиш даврида тоғ жинслари массивидаги табиий кучланиш майдонларини ўрганишнинг методологик муаммоси пайдо бўлади.

Ғарбий Ўзбекистоннинг ўтиш худудлари учун 1:2000000 масштабда биринчи даражали (рангли) блокли структуралар харитаси тузилган ва худди шу худуд учун 1:1000000 масштабда иккинчи даражали (рангдаги) блокли структуралар харитаси яратилган.

Руда конлари худудида учинчи даражали (рангли) блоклар харитаси 1:1000000 масштаби топографик харита бўйича тузилган. Бунда надвиг тавсифли кенглик бўйича ястанган тектоник узилмалар борлиги аниқланган. Ушбу тектоник узилмаларнинг ичида тўртинчи даражали (рангдаги) тектоник узилмалар 1:25000 масштаби топографик харита бўйича аниқланган.

Диссертацияда полиметалл конларни ўзлаштиришдаги геодинамик мониторинг алгоритми таклиф қилинган.

Геодинамик мониторинг натижаси бўйича технотабиат тизимининг ҳолати ўз вақтида асосланиб кончилик корхонасидаги хавфли геодинамик воқеаларни бартараф этиш юзасидан ечимлар қабул қилинади.

Геодинамик мониторинг муҳит унсурларини даврий кузатиш тизими сифатида тоғ жинслари массивининг кучланиш деформацияланиш ҳолатини баҳолаш учун ягона информация манбаи ҳисобланади. Тоғ жинсларининг деформацияланиши эгилувчан, қайишқоқ ва пластик шакллар содир бўлиб тоғ жинсларининг емирилишига олиб келади.

Қазиш ишлари таъсир зонасидан ташқарида бўлган кон лаҳими ҳолатига геомеханик жараёнлар синфининг қуйидаги таъсири аниқланган: агарда тоғ жинсларидаги эластик-қайишқоқлик деформациялари ва кон лаҳими контуридаги силжиш кўрсаткичлари мос равишда 50 мм гача, 50 дан-200мм. гача ва 200 мм дан ошган бўлса улар устувор, ўртача устувор ва ноустувор бўлади.

Диссертациянинг **«Тоғ жинслари массиви зоналари ва структурасидаги хилма-хилликнинг тадқиқи»** деб номланган учинчи бобида тоғ жинслари массивидаги структуравий хилма-хиллик, дарзликлар ва тоғ жинслари хоссаларининг антизотропияси ҳамда кон массивидаги тоғ жинсларининг ўртача блокланганлигини моделлаштиришга бағишланган.

Тоғ жинси массиви механик номувозанат ҳолатда бўлиб, узлуксиз механик энергияни қабул қилади ва диссипирлайди. Тоғ жинслари массиви структуравий унсурлари орасидаги энергия алмашуви унинг ҳолатини белгилаб беради, айниқса уни блокларга бўлинаши мавжуд бўлганда. Геомеханика объектининг бош специфик хусусияти ҳам шунда.

Тоғ жинслари массиви ҳар хил миқёсдаги қулашларнинг оқибатини ўзида сақлайди. Дарзликлар, тектоник узулмалар ва блокли тузилмалар нафақат қулашлар оқибати, балки улкан такрорланмас деформациялар шароитида тоғ жинси массивининг ҳақиқий борлиги бўлиб, қулаш структураси эса тоғ жинси массиви ҳолатининг кўзгусидир.

Структуравий хилма-хиллик туфайли тоғ жинслари хоссалари кўрсаткичларининг узаро ҳар хил даражадаги фарқи «Масштаб эффекти»

дейлади ва у ўлчамлари ҳар хил бўлган тоғ жинслари намуналарини синаш натижаларида яққол кўрсатади.

Тоғ жинсларининг заифлашиш коэффициенти табиий дарзликлар контактидаги ишқаланишинг монолит тоғ жинсидаги ишқаланиш нисбатига тенг бўлиб, муҳим аҳамият касб этади ва дарзликнинг тоғ жинслари мустаҳкамлик кўрсаткичларига бўлган таъсирини яққол кўрсатади.

Тоғ жинсларининг дарзликлари массивдаги ташқи кучлар, ички кучланиш ва тоғ жинси хоссалари таъсирида бўладиган барча ўзгаришларнинг оқибатини ўзида мужассам этади. Шунинг учун ҳам диссертацион тадқиқотларда дарзликлар кон массивининг хосса ва тузилишини комплекс ўрганишнинг бир қисми сифатида қаралган.

Тоғ жинсларининг дарзликларини ўрганиш диссертацион тадқиқотларда манзилли қўлланилган. Масалан, тоғ жинслари хоссаларини анизотропиясини баҳолашда. Агарда тоғ жинсларининг хоссалари турли йўналишларда турлича ўзгарувчанлигига эга бўлса, демак, улар анизотроп жисмлар бўлади.

Геомеханика нуқтаи назаридан дарзликлар анизотропиясини пайдо бўлиш хусусияти ва даражаси ҳам уларнинг кон массиви учун аҳамиятли эканлигига муҳим мазмун касб этади.

Тоғ жинслари дарзликларини тектоник структуралар ва кичик амплитудали тектоник узилмалар билан фазовий алоқадорлиги аниқланган.

Дарзликлар тизимининг чизиқли кўрсаткичлари ва дарзликларнинг ўзаро оралиғидаги участкаларнинг ўзгача хусусиятлари дарзликлар моделини тўлақонли намоён этиши аниқланди.

Мазкур тадқиқотлар кесимида дарзликлар жадаллиги ва кон массивининг блокланганлиги алоҳида ўрганилган.

Дарзликлар тизимининг йўналиши ва жадаллиги массивдаги тоғ жинслари блокининг ўлчами ва шаклини белгилаб беради.

Якка блоklarнинг фазовий тақсимот геометрияси тоғ жинслари массиви эҳтимолий моделини зарурий асоси ҳисобланади.

Диссертацион тадқиқот натижасида тоғ жинслари дарзликларининг харитаси ва жойлашиш панжараси тузилган. Структурали тектоник план муҳитида жамланган нуқтали диаграммалар ва дарзликнинг ўртача жадаллик изочизиқлари тасвирланган. Мазкур графикавий тасвирлар кон массиви блокланганлигининг чуқурлик бирлигига нисбатан ўзгарувчанлик градиентини аниқлаш имконини яратади ва дарзлик тўғрисидаги маълумотларни лойиҳаланаётган кончилик ишлари горизонтга экстрополяциялаш имконини беради.

Диссертациянинг «**Тоғ жинслари массивидаги кучланиш-деформацияланишни баҳолашнинг методологик жиҳатлари**» деб номланган тўртинчи бобида «аралаш муҳит механикаси» назарияси негизида табиий кучланиш шароитини, кучланиш-деформацияланиш ҳолатини ўрганишнинг экспериментал ва аналитик усуллари ҳамда унинг рудали целикларни қазиб олишдаги ҳолати тадқиқ қилинган.

Тоғ жинслари массивининг табиий кучланиши ҳолати бу геологик ривожланишнинг бутун даврида ер қобиғининг пайдо бўлишдан бошлаб

тоғ жинслари массивида ташқи ва ички омиллар таъсирида шаклланган кучланишлардир (1-чизма).

Табиий кучланиш майдонининг шаклланишига сабабчи бўлган энг муҳим омиллар бу гравитацион, гидростатик ва тектоник зўр ҳаракатлар. Ер сиртидан маълум бир чуқурликда бўлган тектоник кучланишлар қўйидагича ифодаланади.

$$\sigma_x = \psi_2 T; \sigma_y = \psi_1 T; \sigma_z = T, \quad (1)$$

бу ерда  $T$  - тектоник кучланиш вектори;  $\psi_1, \psi_2$  -  $T$  горизонтал йўналтирилгандаги тектоник кучланиш майдонидаги вертикал ва горизонтал кучлар (ёнбош кучлар коэффициенти);  $\psi_1$  ва  $\psi_2$  - муайян жисмларнинг деформацияланганлигининг таҳлилидан аниқланади ва улар реологик моделларда ифодаланади.



**1-чизма. Тоғ жинслари массивидаги кучланишни геологик ва геодинамик шаклланиш шароити**

Деформациянинг унга сабабчи бўлган кучланишига нисбатан кечикиши сабабли ёнбош пайдо бўлган таянч коэффицентининг чуқурлик учун қиймати тенг бўлади:

$$\theta \leq \psi_1; \vartheta \leq \psi_2 \leq 1, \quad (2)$$

бу ерда  $\theta$  - релаксация даври;  $\vartheta$  - қолдиқ деформация кўрсаткичи.

Тоғ жинслари массивидаги ҳаракатдаги кучланиш тензометрик ёки геофизик усулларда ўлчаниши мумкин.

Шелли ҳолсизлантириш учун массивнинг яхлитлиги кончилик ишлари туфайли узилгандан кейинги деформацияни ўлчашга асосланган.

Шелли ҳолсизланиш усулида Зармитан ва Қизилорма рудникларидаги кон массивининг геомеханик ҳолати баҳоланган.

Ўлчанган горизонтал кучланиш мавжуд вертикал кучланишга нисбатан мос

равишда 38 ва 54 фоизга фарқ қилади.

Тоғ жинслари массивининг кучланиш-деформацияланиш ҳолатини тавсифловчи физик жараёнларни моделлаштириш учун диссертацион тадқиқотларда оригинал, истиқболли ва амалий ҳисобланган чекли унсурлар усулидан (ЧУУ) фойдаланилган.

Полиметалл конларни тоғ жинслари массивининг кучланиш ҳолатига тегишли масалалар ечимининг асосий ғояси чекли рақамда аниқланган бўлакли-узлуксиз функция тўпламида кўрилган тоғ жинсларининг ўзгаришини апроксимациялашга асосланган.

ЧУУ дан фойдаланиб ўтказилган тажрибаларнинг таққоси массивдаги тектоник кучланишнинг  $\sigma_i$  бош векторли йўналишини аниқлаш имконини яратади

$$\sigma_t = \frac{2 \sigma_{тк}}{1+v+(1-v) \cos 2\theta}, \quad (3)$$

бу ерда  $\sigma_{тк}$  – квершлагдаги нормал тектоник кучланиш;  $\theta$  – тектоник кучланишларнинг бош векторли йўналиши билан кон лаҳими ўқи орасидаги бурчак

$$\varphi = \arccos \frac{\delta - \cos 2\beta}{\sin 2\beta}, \quad (4)$$

$$\frac{1-v}{1+v} \sqrt{1 - 2\delta \cdot \cos 2\beta + \delta^2} = A, \quad (5)$$

белгиласан,  $\theta$  тенг бўлади

$$\theta = \frac{1}{2} \left( \arcsin \frac{1-\beta}{A} - \varphi \right). \quad (6)$$

бу ерда  $v$  – Пуассон коэффиценти,  $\beta$  – кон лаҳимлари ўқлари орасидаги бурчак.  $\delta = \frac{\sigma_{тш}}{\sigma_{тк}}$  нисбатни ўқ кучланиш коэффиценти деб белгиласак,

$$\delta = \frac{1+v+(1-v) \cos 2(\beta+\theta)}{1+v+(1-v) \cos 2\theta}. \quad (7)$$

Ҳисоб натижалари шуни кўрсатадики, тегилмаган массивдаги аналитик ҳисобланган ва чекли унсурлар усулида топилган ўқ кучланишлар ўрта квадратик хатолик чегарасида ўзаро мос.

Рудани қазиб олиш қолдирилган целикларни қазиб олишда камеранинг эни 6 м, қайишқоқлик модули  $E=4 \cdot 10^4$  МПа бўлган кучланиш-деформацияланиш тадқиқотларида целикнинг бикирлиги бир хил қабул қилинган ҳолда, у қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$C = a^T E, \quad (8)$$

бу ерда:  $a^T$  – целикнинг нисбий дарзликлик коэффиценти.

Асосий шифтдаги унинг қалинлигини 1 погон метрига тенг бўлган тоғ жинсларидан келадиган юклама тенг бўлади:

$$P = \gamma H = 2,7 \cdot 10^4, \text{ МПа} \quad (9)$$

Целикнинг уст томонидаги контактли алоқа реакциясининг баҳолайдиган эластиклик коэффиценти тенг бўлади:

$$E_1 = \beta E = 10^{-2} E, \quad (10)$$

бу ерда:  $\beta$  – балка бўйлаб тоғ жинси қатидаги дарзликнинг очиклик даражасини баҳоловчи коэффицент.

Чўзиқлик кучланиши  $\sigma_1$  пайдо бўлиш доираси целикнинг устуворлигини баҳолашда муҳим роль ўйнайди. У целиклар оралиғининг марказида  $\sigma_p=11$  МПа ва охиридан битта олдинги ораликда  $\sigma_p=5.0$  МПа га тенг бўлади.

Таянчлар контактларидаги сиқувчи кучланиш қуйидагича аниқланади ва тенг бўлади

$$\sigma_0 = a^T E \omega = \frac{4 \cdot 10^5 \omega}{100 H_0} = 4 \cdot 10^2 \frac{\omega}{H_0}, \text{ МПа}, \quad (11)$$

бу ерда:  $H_0$  – таянч нуқтанинг чуқурлиги,  $\omega$  – камера шипининг целиклар оралиғидаги эгилиши кўрсаткичи.

Целиклар гуруҳи қазиб олинганда блокдаги қолган целикларда юк нотекис тақсимланади. Юкнинг 70-80 фоизи камера шипи чегарасидан 15м масофада жойлашган целикларга тушади, қолган қисми эса 20-50м узокликда жойлашган целикларга тарқалади.



Демак, қазииш камераларида қолдирилган целикларни қазиб олиш мумкин ва бехатар эканлиги кўрсатиб берилган.

Диссертациянинг бешинчи боби «Тоғ жинслари массивининг геомеханик кўрсаткичларини геометризациялаш методикасини назарий асослаш»га бағишланган бўлиб, кончилик ишлари ривожини самарали режалаш ва «аклли» рудникларни лойиҳалаш учун бошланғич маълумотлар ишончилигини оширишга қаратилган тадқиқотлар бажарилган.

Диссертацион тадқиқотларда тоғ жинсларининг механик хоссалари лаборатория ва конларда бевосита Халқаро стандартларга мос равишда ўрганилиб, кон массиви тўғрисидаги маълумотларнинг ишончилигини оширилишига эришилган.

Кондаги махсус дастур асосида ташкил этилган тажриба тоғ жинсларининг хоссаларини массивнинг ўзида аниқлашнинг энг маъқул усули ҳисобланади.

Айтиш керакки, «тескари ҳисоб» йўли билан аниқланган тоғ жинсларининг механик хоссалари функционал кўрсаткичлар бўлиб, геомеханиканинг тескари масаласини ечиш орқали кон лаҳимларида тоғ жинсларининг устуворлигини прогнозлаш масаласини ечиш мумкинлиги кўрсатиб берилган.

Диссертацияда муайян кон шароитида тоғ жинсларининг мустаҳкамлик ва деформацион хоссалари тадқиқ қилинган. Ўлчаш натижаларини математик ишлаб чиқиш орқали тоғ жинсларининг мустаҳкамлиги  $\sigma$ , динамик эластиклик модули  $E_t$  ва эластик тўлқинларни тоғ жинсида тарқалиш тезлиги  $V_p$  орасида статистик боғлиқлик мавжудлиги топилган бўлиб,

$$\sigma = f(V_p) \text{ ва } E_t = f(V_p), \quad (12)$$

улар тоғ жинслари хоссаларини массив шароитида аниқлашда қўлланилган.

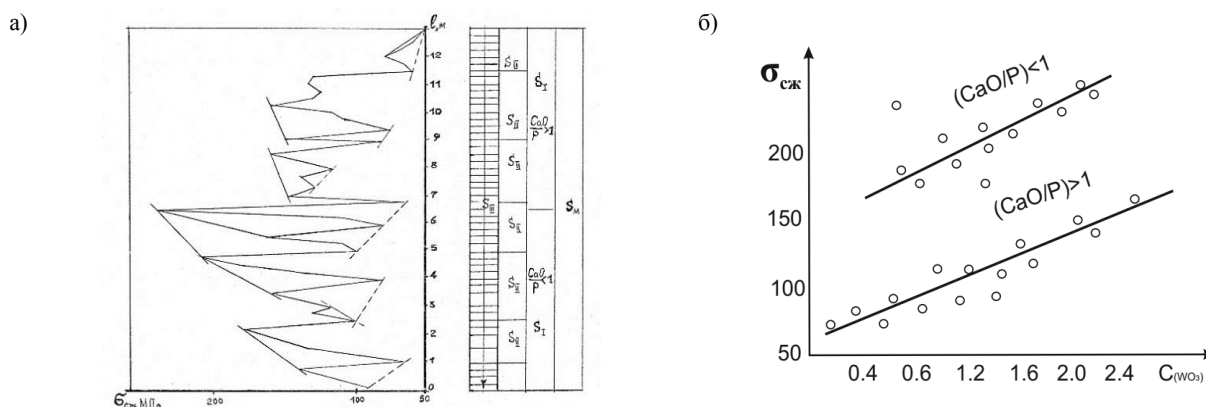
Тоғ жинслари массивининг ўзига хос хоссалари ихтиёрий нуқта учун замон ва макон ўлчамидаги функция воситасида ифодаланиши мумкин ва бу функция

$$F = f(x, y, z, t), \quad (13)$$

чексизлик, узлуксизлик, бир қийматлилиқ ва равонлик (ЧУБР) шартларини қониқтиради.

Методик нуқтаи назардан руда конларини ер ости усулида қазиб олиш шароитида экспериментал бурғилаш натижасида тоғ жинсини сиқилишига бўлган мустаҳкамлиги  $\sigma_{сж}$  ни геометризациялаш алоҳида аҳамият касб этади.

$\sigma_{сж}$  нинг ўзгарувчанлик графиги асосида экспериментал бурғиқудуқ ўқ чизиғи ва синовдан ўтган намуналарнинг минерал таркиби бўйича қурилган структуравий модельда уч хил структура ажратилган бўлиб, (2-чизма) кон структуравий заифлашув коэффициентини инобатга олган ҳолда, массив учун  $\sigma_{сж}$  ни ҳисоблаб топишда фойдаланилган.



**2-чизма. а) Тоғ жинслари намунасини сиқишга бўлган чекли мустаҳкамлигини ( $\sigma_{сж}$ ) аниқлаш (экспериментал бурғиқудук) натижалари асосида тузилган структуравий модел. б)  $\sigma_{сж}$  ва тоғ жинси минерал таркиби орасидаги боғлиқлик**

Тоғ жинси мустаҳкамлигининг чекли қийматига структуравий унсурларнинг, шу жумладан, минерал таркибининг жамланган таъсири тенг бўлади

$$K_{стр} = f_1 f_2 f_3, \quad (14)$$

бу ерда  $f_1$  – минерал таркибининг таъсир функцияси:

$$f_1 = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_n}, \quad (15)$$

$f_2$  – микроструктуравий унсурларнинг таъсир функцияси:

$$f_2 = P_1 \frac{\bar{\sigma}}{\sigma_{max}} \left( f_1 f_2 = \frac{\bar{\sigma}}{\sigma_m} \right), \quad (16)$$

$f_3$  – макроструктуравий унсурларнинг таъсир функцияси:

$$f_3 = \eta_c P(\delta) f_{ГТ}, \quad (17)$$

бу ерда  $\eta_c$  – тоғ жинси намунасида инобатга олинмаган макродарзликларга тўғри келадиган парчаланиш сиртидаги ишқаланишнинг йиғилган таъсирини камайиш коэффициенти;

$P(\delta)$  – макродарзликлар йўналишининг таъсир коэффициенти;

$f_{ГТ}$  – дарзликлар зичлигининг таъсир функцияси.

$\eta_c$  – коэффициенти кон массивида ўтказилган тажриба натижасида топилади:

$$\eta_c = \frac{K_{стр}}{P_1(\delta) P_2(\delta) f_{ГТ}}. \quad (18)$$

Кўрилган ҳолат учун  $\eta_c = 0,73$  лиги аниқланган.

Демак,

$$K_{стр} = 0,73 P_1(\delta) P_2(\delta) f_{ГТ} \quad (19)$$

қиймати ҳар бир намуна олинган интервал учун аниқланади.

Тоғ жинсининг массивдаги мустаҳкамлиги қуйидагича ифодаланади:

$$\sigma_m = K_{стр} \sigma_{обр}. \quad (20)$$

$K_{стр}$  шунингдек, Н.Г.Кузнецов усули билан ҳам аниқланиши мумкин. Бу усул векторли диаграммалар ва тоғ жинсининг мустаҳкамлик паспортидан фойдаланишга асосланган (3-чизма).

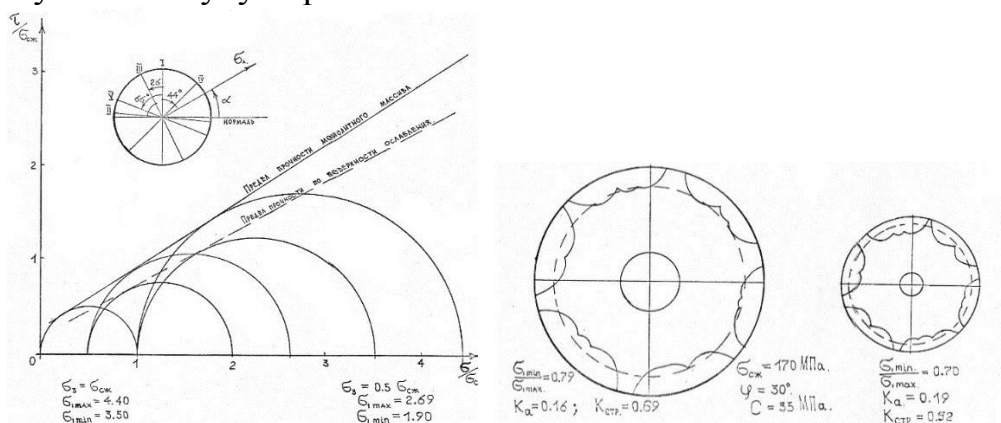
Диссертацион тадқиқотларда ечиладиган кончилик масалаларининг мақсад ва шароитидан келиб чиқиб,  $K_{стр}$  аниқлашнинг ҳар хил усуллари тоғ жинсларининг мустаҳкамлик кўрсаткичларини геометризациялаш масаласини ечиш даражасида кўриб чиқилган.

Таклиф қилинган усул қониқарли натижа берганлиги шахтада ўтказилган тажрибалар натижаси билан тасдиқланган бўлиб, Н.Г.Кузнецов усули математик нуқтаи назардан қатъийроқдир.

Аниқланган  $K_{стр}(x,y,z)$  рақамли модель кон массиви шароитида унинг ўзгарувчанлигининг математик стандарти билан биргаликда  $K_{стр}$  нинг изочизиклар планини тузиш имконини беради.

Изочизиклар кесими  $h_k = 1,5 \sigma_{K_{стр}}$  га тенг қилиб олиниши қониқарли кон геометрияси талабларига жавоб берадиган қониқарли аниқлик эканлиги амалда тасдиқланган.

Тоғ жинслари мустаҳкамлик кўрсаткичини геометризациялаш оқибатида  $K_{стр}$  нинг фазовий жойлашуви тасвирланиб, намунадан аниқланган кўрсаткич қийматидан унинг массивдаги қийматига ўтиш имконияти тегишли руда майдони участкаси учун яратилган.



**3-чизма. Кон массивининг умумлашган мустаҳкамлик паспорти ва векторли диаграммалари ўзаро кесишган битта (а) ва бешта (б) заифлаштирувчи теккисликлар таъсирида**

Диссертацион тадқиқотнинг олтинчи бобида «Тоғ жинслари массивида содир бўладиган геомеханик жараёнларни математик моделлаштириш» тадқиқот объекти «Тоғ жинслари массиви» мураккаб геологик тизим сифатида қаралиб, геометризациялашда ҳар доим бир қатор ҳолат ва хоссалардан абстракциялашишга тўғри келишлиги кўрсатиб ўтилган.

Бундай тизимларнинг асосини қазиладиган кон массивининг объектли ориентирланган моделлаштириш принципида қурилган рақамли моделлар ташкил қилади.

Тизим объекти параметрлари тўғрисидаги информация хос моделларда яширинган. Тоғ жинслари массиви бу ўзгарувчан параметрларга эга бўлган динамик тизимдир.

Фазовий ҳолат  $\Phi$  ва оператор  $T$  динамик тизимнинг математик моделини ташкил этади. Тоғ жинслари массиви ҳолатини математик ифодалаш учун юқорида қайд этилган параметрлар етарли эмас, қўшимча тавсифлар керак бўлади.



бу ерда  $P=f(x,y,z,t)$  – геохимик майдон кўрсаткичи,  $f(x,p)$  – моделнинг конуниятли ташкил этувчиси,  $\varphi(x,p)$  – моделнинг тасодифий ташкил этувчиси.

«Тоғ жинслари массиви» тизимининг математик моделини тузиш усуллари детерминистик ёндашувни ва эвристик ўзаро ташкиллаштириш принципини қўллашни тақазо этади.

Биринчи ҳолатда биз апроксимациялайдиган кўп ўлчамли тенглама коэффицентларини энг кичик квадратлар усули бўйича полиномларни учта синфидан фойдаланиб аниқлаймиз.  $\{x^k\}(K = \overline{0, m})$  функциянинг чизиқли комбинациясини ўз ичига олган  $m$  тартибгача бўлган кўпҳад; гармоник қаторлар; экспоненциал функциялар бўлиши мумкин.

Одатда энг кичик квадратлар принципини қўллаб орттирмалар квадрати суммасини минималлаштириш орқали кўп ўлчамли тенгламалар коэффицентлари аниқланади

$$\Phi(\bar{a}) = \sum_{i=0}^n [p(\bar{x}_i) - f(\bar{x}_i, \bar{a})]^2 \rightarrow \min, \quad (23)$$

ва улар қолдиқ дисперсия  $\sigma_v^2$  дейилади.  $\sigma_v^2$  нинг аниқланган қиймати моделнинг априор белгиланган аниқлиги  $\sigma_a^2$  билан таққосланади

$$F = \frac{\sigma_v^2}{\sigma_a^2}; \sigma_v^2 > \sigma_a^2, \quad (24)$$

$F$  нинг қийматини Фишер тақсимооти квантили  $F_p$  билан таққослаб, модел аниқлиги талабга жавоб бериши ёки бермаслиги баҳоланади. Эвристик ўзаро ташкилийлик принципининг энг муҳимларидан бири бу регуляризация усули. Мазкур усул оптимал мураккабликка эга бўлган моделни танлаш имконини беради. Агарда бошланғич берилган информацияни икки қисмга бўлиб, ўргатувчи (60%) ва назорат қилувчи (40%) ҳамда полином ёки тенглама кўринишидаги моделни ўргатувчи нуқталар кетма-кетлигида курсак, ҳосил бўлган қолдиқ орттирма квадратнинг йиғиндиси қўйидагича ифодаланади

$$\delta_K^2 = \frac{1}{K} \sum_{i=0}^k [P_K(\bar{x}_i) - \hat{f}_K(\bar{x}_i, \bar{a})]^2. \quad (25)$$

Назорат тўпламининг  $K$  нуқтасида ҳисобланган ҳар хил даражали апроксимациялайдиган полином ўсиш тартиби бўйича оптимал даражага мос минимумга эга бўлади.

Регуляризация усули аргументларни гуруҳлаб ҳисобга олиш методи алгоритмларида кенг қўлланилади. Бундан ташқари мазкур процедура ўзаро танлаш ва бўсағавий критериялар асосида гипотезаларни генерализациялаш (моделларни тузиш) ва уларни селекциялаш (танлаш)ни ўз ичига олади.

Шунинг учун ҳам ўзаро ташкиллаштириш принципи негизида кон-геометрик моделлаштириш масалаларини ечишга мўлжалланган аргументларни гуруҳлаб ҳисобга олиш усулининг алгоритмлари қайта ишланиб адаптация қилинди.

Диссертацияда биринчи мартаба геомеханик жараёнларни ифодалайдиган математик моделларни идентификациялаш усуллари етарлича ўрганилмаганлиги эътироф қилинган. Мураккаб реал объектларнинг моделларини баҳолашда идентификациялашни самарали қўллаш муаммоси сақланиб қолинмоқда.

Тадқиқотда тоғ жинслари массивида содир бўладиган геомеханик жараёнларни бошқариш тизимини синтез қилиш алгоритми таклиф қилинган

бўлиб, у қўлланилган ва таклиф этилган моделларни адекват эканлигини регуляр идентификациялаш амалиётидан фойдаланиб бир хил баҳолаш имконини беради.

Диссертациянинг еттинчи боби «Полиметалл рудаларни ер ости усулида қазиб олишда тоғ жинслари массивида содир бўладиган геомеханик жараёнларни прогнозлаш»ни маркшейдерлик мониторинги тадқиқотларнинг якуний босқичига бағишланган.

Замонавий шароитлар тоғ жинслари массиви кўрсаткичларини прогнозлаш методикасига янги талабларни қўяди. У тоғ жинслари массивидаги барча прогнозланадиган кўрсаткичлар орасидаги алоқаларни инобатга олишни ва баҳолашни тақазо этади. Мазкур талаблар доирасида геомеханик жараёнларни прогнозларининг мантиқий кетма-кетлигини белгилаб берувчи алгоритм таклиф этилган.

Прогнозлаш усуллари формаллашган, эвристик ва комплекс бўлиши мумкин.

Формаллашган усулларга экстраполяцион, регрессион усуллар, аргументларни гуруҳлаб ҳисоб олиш усули ва факторли таҳлил ҳамда бошқалар киради.

Прогнозлар қисқа муддатли, ўрта муддатли ва узоқ муддатли бўлиши мумкин. Прогнозлашнинг аниқлиги агарда максимал муддатдаги хатолик  $\pm 10\%$  дан ошмаса, етарли ҳисобланади.

Диссертацион тадқиқотларда геомеханик жараёнларни прогнозлаш учун биринчи маротаба энг кичик квадратлар ва аргументларни гуруҳлаб ҳисобга олиш усуллари қўлланилган.

Аргументларни гуруҳлаб ҳисобга олиш усули сунъий интеллект ва ўзаро ташкиллаштириш назарияси турларига киради.

Прогнознинг аниқлиги унинг хатолиги билан белгиланади. Хатолик бу тадқиқ қилинаётган кўрсаткичнинг прогнозланган ва ҳақиқий қийматлари орасидаги фарқга тенг.

Амалда прогнозланаётган қиймат аниқ бўлмаган шароитда прогнозлаш аниқлигини баҳолашга тўғри келади.

Прогноз муддатининг узоқлигига боғлиқ бўлган функциянинг қиймати биргаликдаги эвристик ва стохастик хатоликларни топиш учун керак бўлади

$$\mu(l) = \sqrt{1 + \frac{1}{l_0} + \frac{(2l+l_0-1)^2}{l_0^2-1}}, \quad (26)$$

бу ерда  $l$  – прогноз масофаси,  $l_0$  берилган динамик қатор узунлиги. Агарда абсолют хатоликлар устма-уст тушишини ҳисобга олсак, мунтазам ва стохастик хатоликларни инобатга олган ҳолда прогнозланаётган кўрсаткичларнинг баҳосидаги умумий хатолик тенг бўлади

$$\mu_{\text{общ}} = \Delta + \sqrt{l + \frac{l}{l_0} + \frac{(2l+l_0-l)^2}{l_0^2+1}} tm, \quad (27)$$

бу ерда  $\Delta$  прогнозлашнинг абсолют хатолиги  $\Delta = |A_i - P_i|$  кўрсаткичнинг ҳақиқий қиймати  $A_i$  билан прогноздан топилган  $P_i$  қиймати орасидаги айирма;  $m$ -прогнознинг ўрта квадратик хатолиги

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{n}}, \quad (28)$$

бу ерда  $n$  – кўрсаткичлар сони,  $t$  – ишончли эҳтимоллик коэффициентини.

Прогнознинг ўхшамаслик коэффициентини прогноз сифатининг ўлчами орқали баҳоланади

$$V = \frac{\sqrt{\sum (P_i - A_i)^2}}{\sqrt{\sum A_i^2}}. \quad (29)$$

Амалиёт масалаларини ечишда прогнознинг қийматлилик кўрсаткичи нафақат унинг ишончилиги балки фойдалилиги ҳамдир.

Диссертацион тадқиқотларда геомеханиканинг тескари масаласини ечишга уриниб кўринган, яъни тайёрлов ва қазиб олиш кон лаҳимларида содир бўладиган тоғ жинсларининг парчаланиб қулаб тушиши параметрларига қараб кон лаҳимлари устиворлигининг геомеханик кўрсаткичларини геометризациялаш негизида баҳолаш масаласи ечилган.

Мазкур статистик усул кон лаҳимларида содир бўлган қулаш параметрлари эҳтимолини таҳлил қилишга асосланган бўлиб, геомеханиканинг ясси масаласини кўллаб, қулаш зонаси ўлчамлари аниқланган. Бунда қулаб тушган зона нафақат локал мустаҳкамлик шароити бузилган ва Кулон-Мор тенгсизлиги билан ифодаланган нуқталар балки массивнинг у жойга яқин бўлган нуқталарини ҳам ўз ичига олади

$$f = \sigma_n \sigma_1 + \sigma_2 (1 + \sin \varphi) (1 - \sin \varphi), \quad (30)$$

бу ерда  $\sigma_n$ ,  $\varphi$  – тоғ жинсининг массивдаги бир ўкли сиқилишга бўлган чекли мустаҳкамлик кўрсаткичи ва ички ишқаланиш бурчаги,  $\sigma_1$  ва  $\sigma_2$  – массивнинг қаралаётган нуқтадаги бош кучланишлари.

Тоғ жинсларининг кон лаҳимларидаги қулашинининг статистик параметрлари қийматларидан фойдаланиб, таклиф этилган усул негизида ҳар хил кон-геологик ва чуқурлик шароитлари учун кон лаҳимларини мустаҳкамлаш параметрлари таклиф қилинган.

Ишлаб чиқирилган метод руда қазиб олинadиган кон лаҳимлари устуворлигини прогнозлаш учун полиметалл кони мисолида батафсил ишлаб чиқилган.

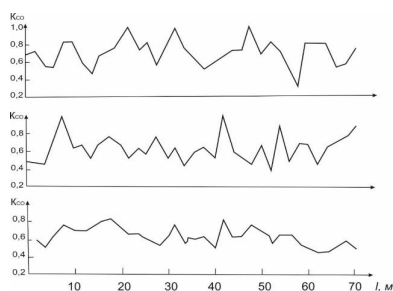
Тоғ жинси массивнинг ихтиёрий нуқтасида устуворлик мавжуд бўлади агарда  $f[\sigma(x,y,z)] > 0$  шarti бажарилса. Потенгликнинг чап томонида мустаҳкамлик параметрлари ва массивдаги кучланиш комбинацияси ифодаланган.

Агарда кон массивининг бирор бир ( $\Omega$ ) қисмида устуворлик бузилган бўлиб, кучланишнинг қайта тақсимланиши туфайли тоғ жинсининг қулаши содир бўлган бўлса, бу зонадаги қулаб тушган тоғ жинсининг ҳажми  $V_\Omega$  маълум бир чеклов орқали ифодаланиши мумкин:

$$X_\Omega = \frac{1}{V_\Omega} X(x, y, z) dx dy dz \leq 0. \quad (31)$$

Дарзликли муайян массивнинг геомеханик параметрлари фазовий ўзгарувчанлигини тадқиқ қилиш учун батафсил маълумотни ҳар хил параллел чизиклар бўйлаб тузилган структуравий заифлашув коэффициентининг массивдаги қиймати  $K_{стр} = \aleph$  бериши мумкин (4-чизма). Айтиш лозимки,

статистик ёндашувнинг бу хилма-хилликни ифодалаш учун зарурлиги  $\sigma_{\Pi}(x, y, z)$ ,  $\aleph(x, y, z)$ . функциянинг мураккаблигидан келиб чиқади. Массив фазовий хилма-хиллигининг статистик модели етарлича мослашувчан ва маъқул бўлган ҳолда ишлаб чиқилишини барча ўхшаш масалалар ечими талаб қилади.



**4-чизма.  $\sigma_{\text{сж}}$  ни**

**геометризациялаш натижасида  
олинган кон лаҳими бўйлаб  
структуравий заифлашув  
коэффициентининг ўзгарувчан-  
лик графиги**

Мазкур талабларни массивнинг маълум бир берилган доирасидаги  $S_{\Gamma}$  геомеханик кўрсаткичларнинг биргаликда намаён бўладиган қийматларига асосланган модел қониқтириши мумкин. Шундай модел тоғ жинслари механикасида биринчи маротаба қўлланилмоқда ва у массивнинг одатий геомеханик параметрлари бўлмиш ўрта қиймат  $\bar{S}_{\Gamma}$  ва дисперсия  $D_S$ , дан ташқари функционал характеристика  $\xi$  масофада жойлашган массив нуқталаридаги  $S_{\Gamma}$ , қийматининг ўзаро алоқадорлигини ифодаловчи корреляцион функция  $K_s(\xi)$

ни ўз ичига олади. Агарда  $\xi=0$  бўлса,  $K_s(0) = D_S$  бўлади.  $K_s(\xi)$  ни экспериментал маълумотлар орқали баҳолаш учун  $S_{\Gamma}$  нинг қийматини маълум бир ишончли берилиши, масалан мазкур танланган доирани кесиб ўтадиган тўғри чизиқлар бўйлаб олинган маълумотлар етарли бўлади. Бунинг учун  $\bar{S}_{\Gamma}$ ,  $D_S$ , нинг баҳосидан

$$\bar{S}_{\Gamma} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N S_{\Gamma}(X_k); \quad D_S = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (S_{\Gamma}(X_k) - \bar{S}_{\Gamma})^2 \quad (32)$$

Ташқари корреляцион функция

$K_s(\xi_m)$ ,  $\xi_m = m\Delta x$ , кўрилиши зарур бўлади.

$$K_s(\xi_m) = \frac{1}{N-m} \sum_{k=1}^{N-m} (S_{\Gamma}(X_k) - \bar{S}_{\Gamma})(S_{\Gamma}(X_{k+m}) - \bar{S}_{\Gamma}), \quad (33)$$

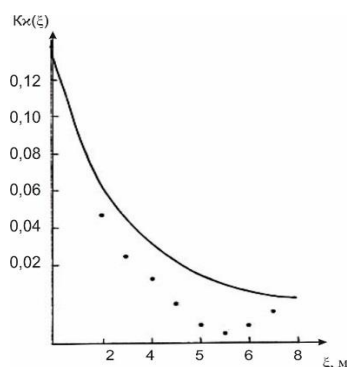
$m$  нинг қийматлари,  $0 \leq m \leq m_{\max} \approx N/3$  бўлганга қадар.  $K_s(0) = D_S$ ,  $K_s(\xi_m)$ ,  $m > 0$  мазкур қийматлар аналитик ифодада аппроксимацияланади ва ундан массивнинг маълум бир доирасида  $S_{\Gamma}$  параметрлари қийматининг фазовий ўзгарувчанлигини ҳисоблашда фойдаланилади (5-чизма).

$\chi(x)$  нинг учта кетма-кетлики бўйича функциянинг қиймати  $K_{\chi}(\xi)$  ҳисобланган геомеханик характеристикаларнинг ўзгарувчанлиги бўйича экспериментал материал ва руда қазиб олинadиган кон лаҳими шипидан қулаб тушган тоғ жинслари  $\chi_f(x)$  ни баҳоси бўлмиш  $K_{\chi}(\xi_i)$  учта графикдан топилган ўрталатма қиймат корреляция коэффициенти апроксимацияси тенг бўлади

$$K_{\chi}(\xi) = (\chi v_{\chi})^2 e^{-\alpha_{\chi} |\xi|}, \quad (34)$$

Қаерда ўзгарувчанлик коэффициенти  $v_{\chi} = 0,182$ , ва  $e^{-\alpha_{\chi} x} = 0,35 \text{ м}^{-1}$ , кузатилган қиймат  $\chi(x) \approx 3 \div 4 \text{ м га мос}$ . Массивдаги бирон бир тўғри чизиқ бўйлаб  $\sigma_{\Pi}(x)$  ни қиймат ўзгаришини тахминан қуйидагича тасаввур қилиш мумкин.





**5-чизма. Корреляцион функция қийматини баҳоси ва унинг аппроксимацияси**

$$\sigma_{\pi}(x) = \sigma_{\pi^*}(x) \chi(x), \quad (35)$$
бу ерда  $\sigma_{\pi^*}(x)$  тоғ жинсининг намунадаги мустақкамлиги,  $\chi(x)$  структуравий заифлашув коэффициентини.

Корреляцион функциянинг ҳисоб учун якуний кўриниши бўлади

$$K_{\sigma_{\pi}}(\xi) = \bar{\sigma}_{\pi}^2 (v_{\chi}^2 e^{-\alpha_{\chi} |\xi|} + v_*^2 e^{-\alpha_* |\xi|}). \quad (36)$$

Массивнинг  $S'$  ҳудудида қирқим контури бўйлаб ва унга нормал бўйича жой бузилган зонага тегишли бўлади

агарда қуйидаги шарт бажарилса

$$f_{u,v}(S') = \frac{1}{U,V} \int_{s-\frac{u}{2}}^{s+\frac{u}{2}} f(S', l) ds' dt \leq 0, \quad (37)$$

бу ерда,  $(S', t)$  ортогонал координаталар тизими шундайки, кон лаҳими контурини ифодалашда  $t=0$ . Демак, контур нуктасининг яқинида, қаерда ушбу шарт бажарилган бўлса  $l \geq u$  ва  $h \geq \vartheta$  ўлчамдаги бузилган зона ҳосил бўлади ва унинг максимал қийматлари  $f(S', t)$  ва  $f_{u,v}(S')$  аниқ бўлганда ҳисоблаб топилиши мумкин.

Нолинчи сатҳдан пастда бўлган тасодифий функциянинг пайдо бўлиш сони участка контурлари сонига мос тасодифий ўлчам бузилган зонанинг тасодифий сони  $N_{e,h}(U, V)$ га мос бўлади.

$$f_{u,v}(S') \leq 0. \quad (38)$$

Рудани казиб олиш жойидаги камераларнинг устуворлигини баҳолашда кулаб тушган барча тоғ жинсларининг ҳажмини аниқловчи бузилган зонанинг чекли юзаси меъёрланади. Шунинг учун ҳам бузилиш зонасининг кутилаётган сони ҳисоблаб топилади  $\bar{N}[S \geq W]$ ,  $W$  бузилган зона юзасининг белгиланган қиймати.

Кўрилаётган контур қисмида ҳеч бўлмаса биттагина бузилиш зонасида  $S \geq W$  бўлган кулаш содир бўлишининг эҳтимолий  $P_{-}^S(W)$  баҳоси қуйидаги нотенгликдан аниқланади:

$$\bar{N}_s(W) \geq P_{-}^S(W). \quad (39)$$

$W(0,05) < \bar{N}_s(W_{\text{доп}}) < 0.2$  чегараси учун  $\bar{N}_s(W_p)$  нинг ҳисобланган қиймати асосий параметрлари ўзлаштирадиган кон лаҳмининг ҳолатини прогнозлаш имконини яратади.

Диссертацияда полиметалл конларни ер ости усулида казиб олишдаги тайёрловчи ва рудани казиш лаҳмларининг устуворлигини қабул қилинган модел негизида баҳолаш ва прогнозлашни муайян кон шароитида бўлажак ҳисобларда қўлланадиган параметрлари келтирилган.

Геомеханик жараёнларни автоматик прогнозлаш тизими (ГЖАПТ) ягона инфор­мацион база билан операциялар бажаради ва маълумотлар базаси тизимини бошқариш, юритиш ва унга ёндошишнинг самарали усулларини ўз ичига олади. Натижада геолого-маркшейдерлик амалиёт учун инфор­мацион

технологиялар ва математик усулларни кенг қўлланишнинг принципиал янги имкониятларини очиб беради.

Геомеханик жараёнларни прогнозлашни автоматик тизимининг асосий функцияси прогноз харита сўровига биноан автоматлаштирилган режимда маълумотлар базасидан керакли информацияни олишдир.

Бу прогноз дастурларни махсус танлаш йўли билан модулларни динамик шакллантириш асосида амалга оширилади. натижада прогнозлаш усулларини адаптация ва модификациялаш ҳамда прогноз кўрсаткичларининг антқлигини баҳолашни осонлаштиради, шунингдек уларни маркшейдерия амалиётида қўллаш қулай бўлади.

## ХУЛОСА

«Полиметалли конларни ер ости усулида қазиб олишдаги тоғ жинслари массивида содир бўладиган геомеханик жараёнларни маркшейдерлик мониторингини кон-геометрик асослари» деб номланган мавзусида техника фанлари доктори (DcS) диссертацияси бўйича ўтказилган тадқиқотлар натижасида назарий ва амалий аҳамиятга эга бўлган қуйидаги хулосалар тақдим этилади.

1. Орогендан платформага ўтишда тоғ жинслари массивини силташсимон деформацияланишининг умумий назарияси негизида полиметалл конлар жойлашган худудларни геодинамик районлаштириш усули такомиллаштирилиб, тектоник узилмалар даражаси (I-IV) рангларда аниқланган ва тадқиқотларини ўтказиш методикаси таклиф қилинган.

2. Махсус геодинамик мониторинг алгоритми ишлаб чиқилиб, тоғ жинслари массиви тўғрисидаги информацияни ишончли ва тезкор олиш, техноген таъсир остида бўладиган ўзгаришларни прогноз қилиш ҳамда полиметалли конларни самарали ва бехатар ўзлаштиришда ер қаъри геодинамикасидан фойдаланишга эришилади.

3. Тадқиқот объекти - тоғ жинслари массиви структуравий унсурлар орасида тўхтовсиз энергия алмашуви туфайли механик тартибсиз ҳолатда бўлиши аниқланган ва дарзликлар, тектоник узилма ҳамда блокли тузилмалар тоғ жинслари кулаши оқибати сифатида тоғ жинслари массивининг борлиқлик аломати тадқиқ қилиш имконини беради.

4. Тоғ жинсларининг дарзликлари массивда ташқи кучлар, ички кучланиш ва механик хоссалар таъсирида содир бўладиган ўзгаришларни ўзида мужассамлаган бўлиб, жипслашган тоғ жинслари блокларидан иборат хилма-хил сиртларни ташкил этади. Тоғ жинсларида камида учта эндоген дарзликлар тизими мавжуд бўлиб, уларнинг чизиқли, юзали, ҳажимли жадаллилиги ва дарзликлар панжараси массивда хилма-хилликни шакллантириши ва унинг массив хоссаларини баҳолашда қўл келиши таклиф қилинган.

5. Магматик, чўкинди ва метоморфик тоғ жинсларини тавсифловчи қат-катли, сланцланган, полосали ва флюидал текстуралар тоғ жинслари физик-механик хоссаларининг тўрт хил анизотропиясини индукциялайди, дарзликлар жадаллиги анизотропиясининг тензорли- эҳтимолий модели

тоғ жинсларида дарзликларнинг ихтиёрий тизими мавжуд бўлганда массивни блокланганлигини баҳолаш имконини беради.

6. Кон массивининг геомеханик кўрсаткичлари билан тоғ жинсларининг механик хоссалари ўртасида янги аналитик боғлиқлик бўлиб, улар орасидаги корреляцион ифодалар массив ҳолати ва уларда содир бўладиган геомеханик жараёнларни баҳолашга ёрдам беради.

7. Оригинал, истиқболли ва амалиётга йўналтирилган ёндашувли, бўлакли-узлуксиз функция тўпламига тузилган, чекли элементда аниқланган, массивдаги тектоник кучланиш бош векторининг йўналишини белгилаш имконини яратадиган, аналитик усулда тоғ жинслари массивининг кучланиш-деформацияланиш ҳолатини баҳолаш учун «Аралаш муҳит механикаси» нинг чекли унсурлар усули таклиф қилинган.

8. Таянч элементларнинг мустаҳкамлик захираси 1,5 дан 3,0 гача, кон босими зонаси 27-30м ва камера шипининг бўш майдони йўл қўйилган ўлчамда бўлганда тоғ жинслари массивидаги кучланиш-деформацияланиш рудани қазиб олиш камерасида қолдирилган цекикларни қазиб олиш мумкинлигини кафолатлайди.

9. Тоғ жинсларининг мустаҳкамлик характеристикаларини кўп факторли геометризациялаш асосланган бўлиб, тоғ жинслари структуравий заифлашув коэффицентининг фазовий жойлашувини тасвирлаш ва мустаҳкамликни намунадаги қийматидан массивдаги қийматига ўтиш ( $\sigma_m = K_{стр} \cdot \sigma_{обр}$ ) ҳамда руда майдонининг ихтиёрий нуктасида рақамли кўринишда аниқлаш имконини яратадиган «изомустаҳкамлик» чизиқлари планини тузиш зарурлиги таклиф этилган.

10. Геомеханик жараёнларни маркшейдерлик мониторинги ва математик моделлаштиришни информацион таъминлайдиган «Тоғ жинслари массиви» маълумотлар базасини бошқариш тизимини реляцион моделлардан фойдаланишга асосланган «MASS-GP» автоматлаштирилган информацион-кидирув тизими таклиф қилинган.

11. Илк маротаба полиметалли конлар шароитида олинган экспериментал маълумотларга мос аниқликдаги интеграл моделларда ифодаланган «Тоғ жинслари массиви» динамик тизимининг математик моделини баҳолаш учун регуляр идентификациялаш принципи қўлланилган.

12. Кон лаҳимларини эксплуатацияси даврида содир бўлган тоғ жинсларининг қулашларини эҳтимолий статистик таҳлиliga асосланган геомеханиканинг тескари масаласини ечиш орқали тоғ жинслари мустаҳкамлик кўрсаткичларини геометризациялаш негизида кон лаҳимларининг устиворлигини прогнозлаш механизми ишлаб чиқилган.

13. Тоғ жинслари массивида содир бўладиган геомеханик жараёнларни баҳолаш ва прогнозлаш учун аниқланган қонуниятлар асосида қуйидагилардан иборат комплекс ёндашув таклиф қилинган.

– тоғ жинслари массивининг геомеханик кўрсаткичлари ва уларни аниқлаш хатоликларининг тасвирлаш ва прогнозлашга таъсир қилувчи алоқадор омиллар мажмуи таъсирининг тадқиқи;

– гуруҳий ҳисобга олиш, энг кичик квадратлар каби математик усуллардан фойдаланиб, геомеханик жараёнларни прогнозлашни автоматлаштириш.

14. Прогнозни мантиқий кетма-кетликда ишлаб чиқиш ва эксперт баҳолашни таъминлайдиган, кўп факторли математик моделлаштириш негизида, геомеханик жараёнларни прогнозлашнинг илмий-техник алгоритми тақдим этилган («Олмалик кон-металлургия комбинати» АЖ нинг 2020 йил 22 декабрдаги 63-479-сон маълумотномаси).

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА  
DSc.22/30.12.2019. Т.98.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ  
ПРИ АЛМАЛЫКСКОМ ФИЛИАЛЕ НАЦИОНАЛЬНОГО  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА «МИСИС» В ГОРОДЕ АЛМАЛЫК**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. ИСЛАМА КАРИМОВА**

**САЙИДКОСИМОВ САЙИДЖАББОР САЙИДКОСИМ УГЛИ**

**ГОРНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАРКШЕЙДЕРСКОГО МОНИТОРИНГА  
ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ В МАССИВЕ ГОРНЫХ  
ПОРОД ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**04.00.09 – Маркшейдерия;**

**04.00.17- Физические процессы горного производства (технические науки)**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации доктора технических наук (DSc)**

**Тема докторской диссертации зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №B2020.3 DSc/T368.**

Докторская диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета ([www.misis.uz](http://www.misis.uz)) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

<b>Научный консультант:</b>	<b>Раимжанов Бахадиржан</b> доктор технических наук, профессор
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Нурпеисова Маржан Байсановна</b> доктор технических наук, профессор <b>Гусев Владимир Николаевич</b> доктор технических наук, профессор <b>Тальгамер Борис Леонидович</b> доктор технических наук, профессор
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Навийский государственный горный институт</b>

Защита диссертации состоится «13» января 2021 г. в 13<sup>00</sup> часов на заседании разового научного совета на основе Научного совета DSc.22/30.12.2019. Т.98.01 (Адрес: 110101, г. Алмалык, ул. Амира Темура 56. Зал заседаний Филиала Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» в городе Алмалык. Тел.: (70) 614-22-57; e-mail: [afnitumis@mail.ru](mailto:afnitumis@mail.ru)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Филиала Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» в городе Алмалык (зарегистрирован за № 20-02-Д). Адрес: 110101, г. Алмалык, ул. Амира Темура 56. Тел.: (70) 614-22-57.

Автореферат диссертации разослан «29» декабря 2020 года.  
(реестр протокола рассылки № 2 от «29» декабря 2020 года).



**Ф.Я.Умаров**  
Председатель Разового научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

  
**Г.С.Нутфуллаев**  
Ученый секретарь Разового научного совета по присуждению ученых степеней, к.т.н., доцент

  
**Ш.Ш. Заиров**  
Председатель Разового научного семинара при Разовом научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире современное развитие горнодобывающей отрасли непосредственно связано с разработкой сложно-структурных месторождений полезных ископаемых (МПИ) на больших глубинах (1000-4000м) в условиях геодинамического и геомеханического риска. Особенно при добыче МПИ подземным способом на больших глубинах (1000-1500м) проблема повышения безопасности и эффективности подземной разработки полиметаллических рудных месторождений занимает важное место в дальнейшем развитии горнодобывающей промышленности. В настоящее время в мире создаются условия для рационального использования и безопасного ведения горных работ путем теоретического обоснования доверительной оценки рисков промышленной безопасности в пространстве и во времени на основе прогнозирования в априори геомеханических процессов, происходящих в массиве горных работ при подземной разработке полиметаллических руд. Практика ведения горных работ в рудных месторождениях имеют более чем 100 летнюю историю. Однако многие важные вопросы в настоящее время далеки от разрешения, что обусловлено сложным характером напряженно-деформированного состояния (НДС) разрабатываемых залежей МПИ, в формировании которых участвуют многочисленные трудно учитываемые природные и техногенные факторы. В связи с этим управление горным давлением с применением методов и средств оценки и контроля геомеханического состояния массива горных пород, в полной мере учитывающих особенности геодинамики и условий отработки месторождений в пределах конкретных рудных полей является важной научно-технической проблемой, которая до сих пор не решена и в настоящее время ее решение имеет важное значение.

На сегодняшний день во всем мире горные работы на рудниках ведутся в условиях с недостаточной изученностью геомеханического и геодинамического состояния массива горных пород, отсутствия комплексных методов оценки состояния горного массива, без полного учета особенностей, отрицательно влияющих на технико-экономические показатели разработки месторождения, в виде проявлений горного давления в различных формах. Одним из решений данной проблемы является разработка методов прогнозирования геомеханических процессов и оценка напряженно-деформированного состояния массива горных пород в сейсмостектонически активных зонах, учитывающих многообразие и сложность геомеханических условий ведения горных работ. В этом направлении следует продолжить научно-исследовательские работы.

В республике ведется ряд научно-исследовательских работ по освоению новых месторождений и достигнуты определенные успехи в области внедрения соответствующих научно-обоснованных мероприятий. В стратегии

действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан<sup>1</sup> За годы независимости создана правовая основа развития новой техники и технологии при освоении месторождений полезных ископаемых по рациональному и безопасному освоению месторождений полезных ископаемых и имеет важное научно-практическое значение.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-1442 от 15 декабря 2010 г. «О приоритетах развития промышленности Республики Узбекистан в 2011-2015 годах», Указах №УП-4707 от 4 марта 2015 г. «О программе мер по обеспечению структурных преобразований, модернизаций и диверсификации производства в 2015-2019 гг.» и №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики VII. «Науки о земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка минерального сырья)».

**Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации<sup>2</sup>.** Научные исследования, направленные на разработку методов прогнозирования геомеханических процессов, ведутся в научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе в: University of Nevada; University of Utah (США); Seoul Nation University of Science and technology (Южная Корея); Australian Institute of Mine Surveyors (AIMS) (Австралия); Xinjiang Institute of Engineering (Китайская народная республика); Университете Антверпена (Ruca, Бельгия); Национальном исследовательском технологическом университете (МИСиС); Казахском национальном техническом университете; Санкт-Петербургском горном университете; Уральском государственном горном университете; Южно-Российском государственном политехническом университете и др.

В результате исследований, выполненные в области повышения эффективности и безопасности разработки месторождений полезных ископаемых подземным способом (University of Nevada (США), Seoul Nation University of Science and technology (Южная Корея), Санкт-Петербургский горный университет). Отмечены заметные результаты полученные по исследованиям геомеханики горного массива (Australian Institute of Mine Surveyors (AIMS) (Австралия), Казахский национальный технический университет). Достигнуты эффективные результаты по совершенствованию маркшейдерского обеспечения горных работ (Xinjiang Institute of Engineering

---

<sup>1</sup> Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годы/Сб. Законодательных документов РУз.- 2017, - №6.

<sup>2</sup> Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации выполнен на основе <http://www.elibrary.ru>, <http://scopus.com>, <http://www.orsid.org>, <http://www.scival.com>, <http://www.scholar.google.com>, <http://www.researchgate.net> и других источников.



(Китайская народная республика), Национальный исследовательский технологический университеты (МИСиС) и ГУП «O'zGEORANGMETLITI».

В мире известен ряд исследований по следующим приоритетным направлениям. В том числе рациональное использование месторождений полезных ископаемых и безопасное ведение горных работ; прогнозирование геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород; геометризация показателей горного массива, результаты которых способствуют совершенствованию проектирования и эффективности ведения горных работ.

**Степень изученности проблемы.** Значительный вклад в развитие горной геомеханики внесли ученые: Агошков М.И., Айтматов И.Т., Баклашов И.В., Картозия Б.А., Барон Л.И., Батугин С.А., Батугина И.М., Борщ-Компониец В.И., Гзовский М.А., Ержанов Ж.С., Иофис М.А., Кузнецов Г.Н., Курления М.В., Ломтадзе В.Д., Марков Г.А., Машанов А.Ж., Мюллер Л., Мустафин М.Г., Петухов И.И., Протосеня А.Г., Рассказов И.Ю., Рахимов В.Р., Рац М.В., Ржевский В.В., Тальгамер Б.Л., Турчанинов И.А., Шабаров А.П., Шейнин В.И.; в развитии маркшейдерского дела, геометрии недр: Букринский В.А., Соболевский П.К., Вилесов Г.И., Гордеев В.А., Гусев В.Н., Ивахненко А.Г., Калиниченко В.М., Руденко В.В., Ушаков И.А., Такранов Р.А., Протопопов И.И., Нурпеисова М.Б., Низаметдинов Ф.К., Рыжов П.А., Atkinson A.C., Elving G., Holk E., Tajdus A., Zeffefer A.N., Poisel R., Roth W. и др.

Несмотря на многочисленные исследования в этом направлении до сих пор эффективная добыча руд подземным способом и совершенствование прогнозирования геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород следует продолжить.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена работа.** Диссертационные исследования выполнены в соответствии с тематическим планом Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова по теме: ИТД-5-010 «Исследование природы и закономерностей формирования очагов техногенных катастроф (горных ударов) на золотодобывающих рудниках»; в рамках плана научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова и Государственного предприятия Навоийский горно-металлургический комбинат на темы: 49/11 «Исследование природы и закономерностей формирования очагов техногенных катастроф (горных ударов) на золотодобывающем руднике Зармитан» (2016-2018 г.г.), 37/11 «Исследование напряженно-деформированного состояния и процесса сдвижения подрабатываемого массива на месторождении Чармитан с применением инструментально-аналитических методов и компьютерного моделирования» (2016-2018 г.г.); х/д НИР №6/10-02-3128, заключенный с Акционерным обществом Алмалыкский горно-металлургический комбинат на тему: «Исследование природы и закономерностей формирования очагов горных ударов на месторождении «Кызылалма» (2016-2018); плана научно-

исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова на тему: «Научные основы маркшейдерского обеспечения рациональной, комплексной, безопасной разработки МПИ и охраны недр» (2015-2020 г.г.).

**Целью исследований** является разработка методов повышения эффективности и безопасности подземной разработки полиметаллических месторождений путем теоретического обоснования и практического внедрения маркшейдерского мониторинга геомеханических процессов на основе многофакторной геометризации свойств и состояния массива горных пород в различных горно-технологических условиях.

**Задачи исследований:**

продолжение исследований по геодинамическому районированию регионов залегания месторождений полиметаллических руд Узбекистана и оценка блочно-структурного строения территорий рудных полей;

проведение горно-геометрического анализа структурной неоднородности массива и трещиноватости горных пород;

исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород;

разработка методов многофакторной геометризации характеристик геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород;

разработка реального алгоритма горно-геометрического и математического моделирования процессов, составляющих систему «Массив горных пород»;

проведение экспериментальных испытаний методов прогнозирования геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород при подземной разработке полиметаллических месторождений на предприятиях горной промышленности.

**Объектом исследований** является массив горных пород при подземной разработке полиметаллических месторождений.

**Предметом исследований** являются геомеханические процессы, происходящие в массиве горных пород при подземной разработке полиметаллических руд.

**Методами исследований** являются комплексные методы, включающие обобщение научной теории и практики в области использования маркшейдерского мониторинга геомеханических процессов, натурные измерения в условиях действующих рудников, методы горно-геометрического анализа, математической статистики, многофакторной геометризации, математического моделирования с применением методов конечных элементов (МКЭ), наименьших квадратов (МНК) и группового учета аргументов (МГУА), опытно-производственные эксперименты, а также технико-экономические расчеты.

**Научная новизна исследований** заключается в следующем:

доказано, что рудные поля полиметаллических месторождений состоят из блочных структур различных рангов (II-IV), сформированные в условиях всестороннего сжатия и характеризующиеся максимальными

горизонтальными тектоническими напряжениями от 10 МПа до 30 МПа, действующими по направлениям 300° СЗ и 120° ЮВ;

доказано, что рудные и породные массивы полиметаллических месторождений характеризуются тремя интенсивными системами тектонической трещиноватости, которые определяют неоднородность структуры строения горного массива и анизотропию свойств горных пород;

доказано, что прочностные и деформационные свойства горных пород полиметаллических месторождений носят изменчивый характер и в направлении простираения (напластования) хрупкость породы больше, а разрушение породы происходит легко отрывом, чем сжатием;

установлено, что цифровизация деятельности горных предприятий возможна на базе достоверной информации о месторождении и геометризации геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород путем выявления отображения закономерностей пространственного размещения форм, свойств, состояния и процессов в недрах земли;

разработана принципиальная новая система создания и управления базами данных геомеханических показателей массива горных пород, позволяющая интенсифицировать сбор и оценку результатов измерений, наблюдений, аналитических вычислений, обобщений, математической обработки, адаптации, идентификации, формализации, цифровизации и автоматизации процессов, отображения и использования по принципу геоинформационных систем (ГИС);

разработан новый механизм автоматизированного прогнозирования устойчивости подготовительных и очистных горных выработок, а также возможности отработки рудных целиков, оставленных в очистных камерах на базе системно-динамического моделирования геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород при подземной разработке полиметаллических руд, способствующий развитию методов и моделей маркшейдерского мониторинга как инструмента, служащего в перспективе созданию «умных» горных предприятий.

**Практические результаты исследований** включают в себя следующее:

разработан картографо-топографический метод выделения тектонических блоков для интегральной оценки контрастных геолого-тектонических структур и определены факторы, влияющие на закономерности формирования естественных полей напряжений в массиве полиметаллических месторождений, где руды залегают в пределах блоков III ранга, а массив горных пород находится в границах блоков IV ранга;

определены количественные и качественные характеристики трещиноватости породного и рудного массивов с учетом генетической и геометрической взаимосвязи макро- и микроструктурных моделей горных пород. Причем, доказано, что трещины, разломы и блочные строения - это способ существования горного массива при больших необратимых деформациях, а структура разрушения характеризует состояние породного массива;

определены надежные средние значения прочностных и деформационных показателей горных пород, их доверительные интервалы, законы распределения, корреляционные модели, применяемые в расчетах величин НДС и устойчивости пород горного массива;

разработана реляционная база данных и информационно-поисковая система «Массив горных пород», позволяющие получать достоверную информацию о геомеханических процессах для прогнозных моделей устойчивости массива горных пород;

разработан метод регулярной идентификации класса моделей, сопоставимых по точности с исходными данными при описании сложных реальных динамических объектов как геомеханические процессы и системы «Массив горных пород»;

разработана аналитическая корреляционная функция геомеханических показателей горного массива, позволяющая оценить интенсивность обрушения пород в горных выработках вероятно-статистическими методами, на базе которой предложена методика прогнозирования устойчивости подготовительных и очистных горных выработок с использованием результатов многофакторной геометризации геомеханических показателей горного массива и метода группового учета аргументов (МГУА).

**Достоверность результатов исследований** доказана объемом промышленных экспериментов, удовлетворительной сходимостью и количественным подтверждением основной идеи работы создания научной и методической основы достоверной оценки и прогноза геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород в пространстве и во времени, а также положительными результатами рационального и безопасного недропользования при подземном способе разработки полиметаллических руд.

**Научная и практическая значимость результатов исследований.**

**Научная значимость результатов исследований** определяется разработанной методологией теоретического и практического познания маркшейдерского мониторинга геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород, методами многофакторной геометризации (оценки, отображения и прогнозирования) свойств и состояния горного массива, их изученности и изменчивости в пространстве и во времени.

**Практическая значимость результатов исследований** заключается в реализации принципов маркшейдерского мониторинга как системы регулируемых наблюдений за развитием геомеханических процессов и явлений в системе «Массив горных пород» и контроля факторов, обуславливающих их формирование и развитие реализуемых по заданной программе с целью своевременной диагностики для горного массива, разработки и проведения мероприятий по предупреждению опасных ситуаций, связанных с геомеханическими явлениями и процессами.

**Внедрение результатов исследований.** На основе проведенных исследований по горно-геометрическому обоснованию маркшейдерского

мониторинга геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород при подземной разработке полиметаллических месторождений:

разработанные методические рекомендации, нормативные документы, внедрены в практику проектирования, строительства, реконструкции и эксплуатации горных предприятий по добыче полиметаллических месторождений, в текущем и перспективном планировании развития и безопасного ведения горных работ на подземных рудниках Зармитанской золоторудной зоны Навоийского горно-металлургического комбината (справка Навоийского горно-металлургического комбината №02-05-05/10732 от 13.10.2020 г.). В результате улучшена информационная обеспеченность проектирования горных пород и достоверность проектных решений;

на подземных рудниках Зармитанской золоторудной зоны Навоийского горно-металлургического комбината улучшены условия планирования и безопасного ведения горных работ, совершенствовано их маркшейдерское обеспечение (справка Навоийского горно-металлургического комбината №02-05-05/10732 от 13.10.2020 г.). В результате достигнута эффективность планирования развития горных работ, соблюдения условий безопасного ведения и совершенствовано маркшейдерское обеспечения горных работ;

учебник «Геоинформационные системы в маркшейдерии» (Сертификат № 522-222 от 6.10.2020г.) для научно-практических предложений и рекомендаций по системному подходу к применению геоинформационных систем, учебное пособие «Горная геометрия» (Сертификат № 522-218 от 6.10.2020г) для представления о планах маркшейдерских работ и работах по маркшейдерской съемке, общие сведения об инструментах, используемых в них. Это позволит подготовить высококвалифицированные кадры, способные применять геоинформационные системы для маркшейдерской работы в горнодобывающей отрасли.

**Апробация результатов исследований.** Апробация результатов данного исследования проведена на 12 республиканских и 18 международных научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследований.** По теме диссертации опубликованы всего 49 научных работ, из них 4 монографии, в научных изданиях, рекомендованных для издания основных научных результатов диссертаций Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, изданы 11 статей, в том числе 7 из которых в республиканских и 4 в зарубежных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Структура диссертации состоит из введения, семи глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 218 страниц и приложений - 117 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обосновываются актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Обзор современного состояния основных проблем горной геомеханики при подземной разработке полиметаллических месторождений»** анализированы основные тенденции разработки полезных ископаемых подземным способом, выполнен анализ геомеханических факторов, определяющих устойчивость горных выработок и процессов в массиве горных пород при ведении горных работ с точки зрения реализации требований рационального и безопасного недропользования.

Районы разработки месторождений полиметаллических руд расположены в зонах с интенсивными тектоническими движениями и современными процессами сейсмотектоники.

Одновременное воздействие гравитационного, тектонического и сейсмического напряжений на массив горных пород составляет первую особенность проявления горного давления на рассматриваемых рудниках.

Следующая особенность - это зависимость интенсивности обрушений и стреляний пород от ориентировки горных выработок в плане.

Для того чтобы теоретически строго и однозначно решить задачу о геометризации геомеханических параметров необходимо, по существу, разработать специальную методику получения информации, её переработки и интерпретации.

Республика Узбекистан занимает 0,3% территории земной суши и располагает достаточным минерально-сырьевым потенциалом по многим видам рудных месторождений. На территории страны открыто более 1720 месторождений полезных ископаемых, из них 136 месторождений полиметаллических руд.

Основные направления концепции развития промышленности республики до 2035 года <sup>3</sup> предполагает освоение как традиционных, так и новых источников минерального сырья с целью полного обеспечения потребности внутреннего и внешнего рынков республики в продукциях отрасли.

Создание производственного кластера на базе Учкулачского полиметаллического месторождения позволит наладить производство таких металлов как свинец, висмут, цинк и др. Подобный кластер на базе Койташского полиметаллического месторождения послужит выпуску металлов как вольфрамовый концентрат, паравольфрамат аммония, медно-

---

<sup>3</sup> <https://uzbekiston2035.uz/wp-content/uploads/2019/05>.

молибденовый шлам, а также специальные сплавы молибдена, ванадия, урана и никеля.

В горно-металлургической отрасли в целом предусматривается увеличение номенклатуры и объемов производственной продукции в 2,5 раза.

Во второй главе диссертации **«Геодинамическое районирование природных полей напряжений в регионе разработки полиметаллических месторождений»** рассмотрены вопросы совершенствования методики геодинамического районирования и оценки блоковых структур горного массива. Выявлено, что динамическое проявление горного давления – это результат взаимодействия двух процессов: современного тектонофизического и технологического, создаваемого инженерной деятельностью при отработке месторождений. В связи с этим возникла методологическая проблема необходимости изучения естественного поля напряжений массива горных пород при эксплуатации горных предприятий.

Построены карта блоковых структур первого ранга для территории переходной зоны Западного Узбекистана в масштабе 1:2000000 и карта блоковых структур для указанной территории II ранга в масштабе 1:1000000.

Карта блоков третьего ранга на территории рудных месторождений построена по топографической карте масштаба 1:100000. Выявлено наличие разломов широтного простирания надвигового характера. Внутри этих разломов определены разломы IV ранга по топографической карте масштаба 1:25 000.

В диссертации предложен алгоритм геодинамического мониторинга при эксплуатации полиметаллических месторождений.

Конечный результат геодинамического мониторинга – это своевременное обоснование управления состоянием техноприродной системы (ТПС) и принятие решений по предотвращению опасных геодинамических явлений на горнодобывающих предприятиях.

Геодинамический мониторинг как система периодических наблюдений элементов среды является единственным источником информации для оценки напряженнодеформированного состояния (НДС) массива горных пород.

При деформировании пород наблюдаются упругие, упруго-вязкие, упруго-вязко-пластические деформации и разрушение пород.

Установлены классы влияния геомеханических процессов на состояние горных выработок вне зоны влияния очистных работ: устойчивые, средней устойчивости и неустойчивые, где в породах происходят упруго-вязкие деформации и смещения на контуре выработки изменяются до 50 мм, от 50 до 200 мм и превышают 200 мм, соответственно.

Третья глава диссертации **«Исследование неоднородностей в структуре и свойствах массива горных пород»** посвящена оценке природы структурной неоднородности, трещиноватости и анизотропии свойств массива горных пород, а также моделированию средней блочности пород горного массива.

Породный массив, таким образом, находится в механически неравновесном состоянии и непрерывно получает и диссипирует

механическую энергию. Обмен энергией между структурными элементами породного массива определяет его состояние, особенно в случае расчленения его на блоки. В этом главная специфическая особенность объектов геомеханики.

Породные массивы несут в себе следы разрушения на разных масштабных уровнях. Трещины, разломы и блочное строение не просто следы разрушения, а способ существования горного массива при больших необратимых деформациях, значит структура разрушения есть характеристика состояния породного массива.

Различие показателей свойств горных пород, обусловленное проявлением влияния неоднородностей разных порядков, называют масштабным эффектом. Это прослеживается и при испытаниях образцов пород различных размеров.

Существенное значение имеет коэффициент структурного ослабления, представляющий собой отношение сцепления по контактам естественных трещин к сцеплению в монолитной породе, который наглядно иллюстрирует влияние трещиноватости на прочностные характеристики массива пород.

Трещиноватость горных пород носит следы всех изменений, происходящих в массиве под воздействием внешних сил, внутренних напряжений и свойств пород. Поэтому в диссертации изучение трещиноватости рассматривается как часть комплекса исследований строения и механических свойств массива.

В горных породах любого происхождения существует не менее трех систем трещин эндогенного происхождения. Эти системы трещин формируют в массиве параллелепипеды прямоугольной формы.

Методы изучения трещиноватости горных пород нашли адресное применение в диссертационных исследованиях. Например, в оценке анизотропии свойств горных пород. Горные породы, обладающие различными свойствами в разных направлениях, являются анизотропными.

С точки зрения геомеханики важное значение приобретает степень и характер проявления анизотропии трещин и их значимость в пределах горного массива.

Установлено наличие пространственной связи трещиноватости горных пород с тектоническими структурами и мелкоамплитудными разрывными нарушениями. Особенности межтрещинных участков и линейные показатели систем трещин дополняют более полную картину модели.

В разрезе наших исследований наибольший интерес представляют интенсивность трещиноватости и блочность пород горного массива.

Размеры, форма блоков отдельности и их положение в пространстве определяется по данным ориентировки и интенсивности систем трещин.

Геометрия распределения блоков отдельности - это необходимая основа вероятностной модели массива горных пород.

В работе получена карта и решетка трещиноватости. На фоне структурно-тетонического плана даны сводная точечная диаграмма и изолинии средней плотности трещиноватости. Наличие такого графика позволяет определить



градиент изменения блочности на единицу глубины и экстраполировать эти данные на проектируемые горизонты горных работ.

В IV главе диссертации «**Методологические аспекты оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород**» приведены результаты исследований условий формирования естественного напряженного состояния, натурные и аналитические методы изучения НДС на базе теории «Механика сплошной среды» и особенности проявления НДС при разработке рудных целиков.

Естественное напряженное состояние массива горных пород — это напряженное состояние, возникшее в горном массиве под воздействием совокупности внутренних и внешних факторов в земной коре с начала ее формирования и на протяжении всего геологического времени развития (рис. 1).

Наиболее значимыми факторами, сформировавшими естественные поля напряжений, являются гравитационные, гидростатические и тектонические усилия.

Тектонические напряжения на некоторой глубине от поверхности Земли имеют следующий вид:

$$\sigma_x = \psi_2 T; \sigma_y = \psi_1 T; \sigma_z = T, \quad (1)$$

где  $T$  - вектор тектонических напряжений;

$\psi_1, \psi_2$  – коэффициенты бокового распора в поле тектонических напряжений по вертикали и по горизонтали при горизонтальном направлении  $T$ .

Значения  $\psi_1$  и  $\psi_2$  могут быть оценены из анализа деформирования реальных тел, которые описываются реологическими моделями.

Вследствие запаздывания деформаций по отношению к вызвавшим их напряжениям значения коэффициента бокового распора на глубине может быть выражена:

$$\theta \leq \psi_1; \vartheta \leq \psi_2 \leq 1, \quad (2)$$

где  $\theta$  – период релаксации;  $\vartheta$  – величина остаточной деформации.

Действующие напряжения в массиве горных пород определяются тензометрическими и геофизическими способами.

Метод щелевой разгрузки основан на оценке деформаций массива после нарушения его сплошности.

Методом щелевой разгрузки выполнена оценка геомеханического состояния разрабатываемых рудников Зармитан и Кызылалма.

Полученные значения горизонтальных напряжений по



**Рис.1. Геологические и геодинамические условия формирования напряженного состояния массива горных пород**

сравнению с вертикальными отличаются соответственно на 1,38 и 1,54.

Для моделирования физических процессов, характеризующих напряженно-деформированное состояние массива горных пород, в диссертационных исследованиях использован метод конечных элементов (МКЭ), как оригинальный, перспективный и практичный.

Основная идея в решении задачи о напряженном состоянии горного массива полиметаллических месторождений методом конечных элементов состоит в аппроксимации перемещения пород в дискретной модели, строящейся на множестве кусочно-непрерывных функций, определенных на конечном числе.

Сравнение экспериментальных исследований с использованием МКЭ позволило установить направление главного вектора тектонических напряжений ( $\sigma_t$ ) в массиве.

$$\sigma_t = \frac{2 \sigma_{tk}}{1+v+(1-v) \cos 2\theta}, \quad (3)$$

где  $\sigma_{tk}$  - нормальные тектонические напряжения в квершлагае;  $\theta$  – угол между главным вектором тектонического напряжения и вектором напряжений, направленные по оси выработок [квершлаг (гк) и штрек (гш)].

$$\varphi = \arcsin \frac{\delta - \cos 2\beta}{\sin 2\beta}, \quad (4)$$

Если выражение

$$\frac{1-v}{1+v} \sqrt{1 - 2\delta \cdot \cos 2\beta + \delta^2}, \quad (5)$$

обозначить через А, то значение  $\theta$  выразится

$$\theta = \frac{1}{2} \left( \arcsin \frac{1-\beta}{A} - \varphi \right). \quad (6)$$

где  $v$  – коэффициент Пуассона,  $\beta$  – угол между осями выработок.

Обозначив  $\delta = \sigma_{tш}/\sigma_{tk}$  как коэффициент осевых напряжений получаем

$$\delta = \frac{1+v+(1-v) \cos 2(\beta+\theta)}{1+v+(1-v) \cos 2\theta} \quad (7)$$

Осевые напряжения в нетронутом массиве, определенные аналитически и рассчитанные МКЭ, совпадают в пределах среднеквадратических отклонений.

В исследованиях НДС выемке целиков, ширина пролета камер 6 м, модуль упругости  $E=4 \cdot 10^4$  МПа, жесткость целиков принимается одинаковой и определяется по формуле

$$C = \alpha^T E, \quad (8)$$

где  $\alpha^T$  – коэффициент удельной трещиноватости целиков.

Нагрузка от веса пород основной кровли на погонный метр ее толщины равна

$$P = \gamma H = 2,7 \cdot 10^4 \text{ МПа}. \quad (9)$$

Коэффициент упругости, определяющий реакцию верхней контактирующей связи, равен

$$E_1 = \beta E = 10^{-2} E, \quad (10)$$

где  $\beta$  – коэффициент, зависящий от степени раскрытия трещин расслоения по всей балке.

Области появления растягивающих напряжений  $\sigma_p$  играет важную роль при оценке устойчивости целиков: в центре пролета  $\sigma_p=11$  МПа, и перед последними пролетами  $\sigma_p=5.0$  МПа.

Сжимающее напряжение на контакте с опорами вычислено по формуле и составляет

$$\sigma_0 = \alpha^T E \omega = \frac{4 \cdot 10^5 \omega}{100 H_0} = 4 \cdot 10^2 \frac{\omega}{H_0}, \text{ МПа.} \quad (11)$$

где  $H_0$  – глубина опорной точки,  $\omega$  – показатель прогиба между целиками.

При погашении группы целиков распределение нагрузок по системе оставшихся целиков в блоке происходит неравномерно. Большую часть (70-80 %) принимают целики, расположенные на расстоянии 15 м, а остальная часть приходится на целики, расположенные в 20-50 м от границы обнажения кровли. Следовательно, обработка оставленных целиков становится возможной и безопасной.

В пятой главе диссертации «**Теоретическое обоснование методики геометризации геомеханических характеристик массива горных пород**» приведены исследования по повышению достоверности исходной информации для проектирования «умных» рудников и эффективного планирования развития горных работ.

С целью обеспечения достоверности информации в работе исследованы механические свойства горных пород в лабораторных и натуральных условиях в соответствии с международным стандартом.

Специальный эксперимент, проведенный в шахте оказался наиболее практическим способом определения механических свойств пород в массиве, организованный по определенной программе. Следует подчеркнуть, что показатели механических свойств, получаемые "обратным расчётом", являются функциональными характеристиками, позволяющими путем решения обратных задач геомеханики прогнозировать устойчивость пород в горных выработках.

В диссертации были выполнены исследования прочностных и деформационных свойств горных пород. В результате математической обработки полученных данных определены статистические зависимости между прочностью пород  $\sigma$ , динамическим модулем упругости  $E_t$  и скоростью прохождения упругих волн  $V_p$

$$\sigma = f(V_p) \text{ и } E_t = f(V_p), \quad (12)$$

которые использованы для оценки прочностных и упругих показателей в условиях горного массива.

Характерные свойства массива горных пород могут быть выражены для любой точки функцией координат и времени

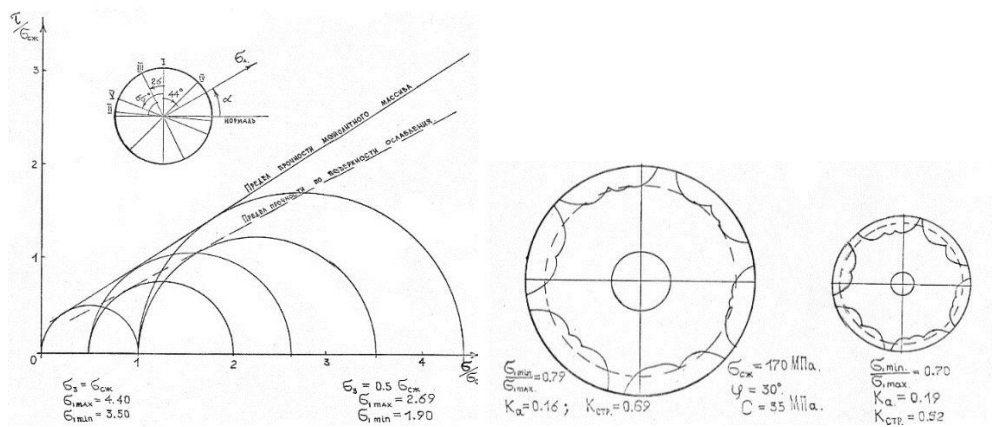
$$F=f(x,y,z,t), \quad (13)$$

удовлетворяющая условиям конечности, однозначности, непрерывности и плавности (КОНП).

В методическом отношении несомненный интерес представляет попытка геометризации показателя прочности  $\sigma_{сж}$  по данным экспериментального бурения для условий разработки рудных месторождений.



$K_{стр}$  может быть также оценен по методике, предложенной Н.Г.Кузнецовым, которая основана на использовании векторных диаграмм и паспорта прочности пород (рис.3).



**Рис. 3. Обобщенный паспорт и векторная диаграмма прочности массива при одной (а) и пяти (б) взаимопересекающихся плоскостях ослабления**

В диссертационных исследованиях подробно рассмотрены методы расчета  $K_{стр}$  в зависимости от условий и целей решаемых горнотехнических задач в рамках решения задачи геометризации прочностных показателей.

Предложенная методика дает удовлетворительные результаты, что подтверждается шахтными экспериментами, а определение  $K_{стр}$  по методике Г.Н. Кузнецова является более строгим.

Получены цифровая модель  $K_{стр}(x,y,z)$  для условий горного массива и стандарт его изменчивости  $\sigma_{K_{стр}}$ , которые позволили построить план изолиний  $K_{стр}$  при сечении горизонталей, достоверность которого проверена экспериментально и не превышает величину стандарта коэффициента структурного ослабления

$$h_k = 1,5\sigma_{K_{стр}}$$

В результате геометризации прочностных характеристик выявлено пространственное размещение  $K_{стр}$  горных пород, позволяющее переходить от значений прочности в образце к прочности массива в пространстве участка рудного тела при прочих равных условиях.

В шестой главе «**Математическое моделирование геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород (МГП)**» рассматривается объект исследования, как сложная геологическая система, при геометризации которого всегда приходится абстрагироваться от ряда свойств и состояний МГП.

Основу таких систем составляет цифровая модель разрабатываемого массива, построенная по принципам объектно-ориентированного моделирования. Информация о параметрах объектов системы инкапсулирована в соответствующие модели.

Массив горных пород – это динамическая система с изменяющимися параметрами. Фазовое пространство  $\Phi$  и оператор  $T$  составляют математическую модель динамической системы.

Для математического описания строения массива горных пород, находящегося в движении, наряду с вышеизложенными показателями слагающих его, необходимы дополнительные характеристики своего ряда параметров.

Для управления динамическими системами предложен вариант создания базы данных МГП.

Процесс проектирования БД начинают с построения концептуальной модели (КМ). Версия КМ, обеспечиваемая СУБД, называется логической моделью (ЛМ). Логическая модель БД для системы МГП состоит из набора модулей программного комплекса с их логической взаимосвязью.

Современные СУБД основываются на использовании модели данных (МД), позволяющих описывать объекты предметных областей и взаимосвязи между ними. Существуют три основные МД и их комбинации, на которых основываются СУБД: реляционные, иерархические и сетевые. Для системы "Массив горных пород" наиболее приемлемой является реляционная модель данных.

Информационно-поисковая система (ИПС) «MASS –GP» разработана в виде программной системы, состоящей из нескольких программных модулей (компонентов) и имеет многоуровневую структуру.

Система "Массив горных пород" структурно состоит из двух главных модулей предназначенные для формирования, редактирования, поиска и выдачи информации, характеризующие рудное тело (R-TEL) и вмещающие породы («V-POR»).

Автоматизированная информационно-поисковая система ориентирована на использование под управлением операционной системы «MASS-GP».

В диссертации обосновано использование математического моделирования в исследованиях геомеханических процессов. Различают предметное и знаковое моделирование. Главный вид знакового моделирования-математическое моделирование, осуществляемое средствами языка математики и логики.

Предложен метод построения математической модели системы «Массив горных пород» с использованием методов наименьших квадратов (детерминистический способ) и метода группового учета аргументов (принцип эвристической самоорганизации).

В практике геометризации массива горных пород наиболее часто встречается ситуация, когда в размещении показателя присутствует определенная доля закономерной составляющей и отмечается взаимосвязь данного показателя с другими показателями массива горных пород. Такая комбинация приводит к математической модели пространственно-факторного геохимического поля и системы таких полей:

$$\begin{aligned} P_1 &= F[\bar{f}_1(\bar{x}, \bar{p}) + \varphi_1(\bar{x}, \bar{p})] \\ P_2 &= F[\bar{f}_2(\bar{x}, \bar{p}) + \varphi_2(\bar{x}, \bar{p})] \end{aligned} \quad (21)$$

$$P_m = F[\bar{f}_m(\bar{x}, \bar{p}) + \varphi_m(\bar{x}, \bar{p})].$$

Основными статистическими характеристиками системы (21) являются: вектор математических ожиданий  $\|mp_i(\bar{x})\|$ , матричная корреляционная функция  $\|K_{P_{ij}}(\bar{x}, \bar{x}')\|$  и корреляционная матрица

$$K_{P_{ij}}(\bar{x}, \bar{x}') = M[P_i(x) - mp_i(x)(P_j(\bar{x}') - mP_j(\bar{x}'))], \quad (22)$$

где  $P=f(x,y,z,t)$  - показатель геохимического поля,  $f(x,p)$  – закономерная составляющая модели,  $\varphi(x,p)$  – случайная составляющая модели.

Способы построения математических моделей системы «массив горных пород» предусматривает детерминистический подход и принципы эвристической самоорганизации. В первом случае мы имеем дело с определением коэффициентов аппроксимирующего многомерного уравнения по МНК тремя классами полиномов: многочленом порядка до  $m$ , включающего в себя линейные комбинации функций  $\{x^k\}(K = \overline{0, m})$ ; гармоническими рядами, экспоненциальными функциями.

Чаще всего для определения коэффициентов многомерного уравнения по МНК минимизируют сумму квадратов отклонений

$$\Phi(\bar{a}) = \sum_{i=0}^n [p(\bar{x}_i) - f(\bar{x}_i, \bar{a})]^2 \rightarrow \min, \quad (23)$$

которую называют дисперсией «остатков»  $\sigma_v^2$ . Полученное значение  $\sigma_v^2$  сравнивают с априорно заданной точностью  $\sigma_a^2$  модели

$$F = \frac{\sigma_v^2}{\sigma_a^2}; \sigma_v^2 > \sigma_a^2, \quad (24)$$

а величину  $F$  — с квантилем  $F_p$  распределения Фишера, что позволяет установить факт: является ли точность модели удовлетворительной.

Важнейшим из принципов эвристической самоорганизации является прием регуляризации, позволяющий выбирать математическую модель (уравнение) оптимальной сложности. Если исходную информацию разбить на две части — обучающую и контрольную (в пропорции примерно 60 и 40% соответственно) и построение модели в виде некоторого уравнения (полинома) вести только на точках обучающей последовательности, то сумма квадратов отклонений остатков выразится выражением

$$\delta_K^2 = \frac{1}{K} \sum_{i=0}^k [P_K(\bar{x}_i) - \hat{f}_K(\bar{x}_i, \bar{a})]^2. \quad (25)$$

Вычисленная на  $K$  точках контрольной совокупности для разных степеней аппроксимирующего полинома в порядке их возрастания, будет иметь минимум, соответствующий оптимальной степени полинома.

Прием регуляризации нашел широкое применение в алгоритмах метода группового учета аргументов (МГУА). Помимо регуляризации процедура включает в себя генерирование гипотез (построение моделей) и их селекцию (отбор) на основе пороговых критериев и самоотбора. Поэтому на основе принципов самоорганизации были доработаны и адаптированы различные алгоритмы МГУА применительно к решению задач горно-геометрического моделирования.

В диссертации впервые обращено внимание на то, что методы идентификации математических моделей, описывающих геомеханические

процессы, остаются недостаточно изученными. Сохраняется проблема их эффективного применения при оценке моделей сложных реальных объектов.

Предложенный алгоритм синтеза систем управления геомеханическими процессами в массиве горных пород с использованием процедур регулярной идентификации будет однозначно оценивать адекватность предложенных и примененных математических моделей.

Седьмая глава **«Прогнозирование геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород при подземной разработке полиметаллических руд»** посвящена исследованиям по маркшейдерскому мониторингу в завершающем этапе.

Современные условия выдвигают новые требования к методике прогнозирования показателей массива горных пород. Она должна учитывать и оценивать все возможные взаимосвязи между прогнозируемым показателем и системой «Массив горных пород».

В рамках реализации этих требований предложен новый алгоритм прогнозирования геомеханических процессов и логической последовательности разработки прогнозов.

Методы прогнозов подразделяются на формализованные, эвристические и комплексные.

К формализованным методам относят экстраполяционные и регрессивные методы, МГУА, факторный анализ и др.

Прогнозы подразделяются на краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные. При этом точность прогнозирования считается приемлемой, если ошибка для предельного упреждения находится в пределах до  $\pm 10\%$ .

В диссертационных исследованиях для прогнозирования геомеханических процессов впервые использованы методы наименьших квадратов и группового учета аргументов МГУА.

Метод группового учета аргументов относится к методам искусственного интеллекта и теории самоорганизации.

О точности прогноза принято судить по величине погрешности прогноза - разностью между прогнозируемым и фактическим значением исследуемой переменной.

В практической деятельности проблема точности прогноза часто решается, когда истинное значение случайной величины неизвестно.

Для определения совместной эвристической и стохастической погрешностей определяется значение функции, зависящей от дальности прогноза

$$\mu(l) = \sqrt{1 + \frac{1}{l_0} + \frac{(2l+l_0-1)^2}{l_0^2-1}}, \quad (26)$$

где  $l$  — расстояние прогноза;  $l_0$  — длина исходного динамического ряда.

Если иметь в виду, что абсолютные погрешности накладываются, то с учетом систематических и стохастических ошибок общие погрешности в оценке прогнозируемого показателя выражается таким образом:



$$\mu_{\text{общ}} = \Delta + \sqrt{l + \frac{l}{l_0} + \frac{(2l+l_0-l)^2}{l_0^2+1}} tm, \quad (27)$$

где  $t$  – уровень доверительной вероятности  $\Delta$  – абсолютная погрешность прогнозирования,  $\Delta = |P_i - A_i|$  определяется как разность истинного значения показателя  $P_i$  и прогнозного  $A_i$ ;  $m$  – среднеквадратическая погрешность прогноза,

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum \delta^2}{n}}, \quad (28)$$

где  $n$  – число показателей

Коэффициент несоответствия характеризует меру качества прогноза

$$V = \frac{\sqrt{\sum (P_i - A_i)^2}}{\sqrt{\sum A_i^2}} \quad (29)$$

Показателем ценности прогноза является не только его достоверность, но и полезность при решении производственных задач.

В диссертации сделана попытка решения обратной задачи геомеханики, т.е. по данным разрушений горных пород, происходящих в подготовительных и очистных горных выработках, прогнозировать их устойчивость с учетом результатов геометризации прочностных показателей горного массива.

В основе предложенной статистической методики оценки устойчивости обнажений горных пород в горных выработках лежит учет параметров нарушенных зон, образующихся в окрестности выработки с определенной вероятностью. Рассматривая плоскую задачу геомеханики, определяются размеры зоны разрушения в сечении выработки. При этом допускается, что каждая зона разрушения включает в себя не только точки, в которых нарушено локальное условие прочности, описываемое неравенством Кулона-Мора, но и близлежащие соседние точки массива

$$f = \sigma_n \sigma_1 + \sigma_2 (1 + \sin \varphi) (1 - \sin \varphi), \quad (30)$$

где  $\sigma_n$ ,  $\varphi$  – предел прочности на одноосное сжатие и угол внутреннего трения пород в массиве, а  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  – главные напряжения в рассматриваемой точке массива.

Используя значения статистических параметров разрушений на базе предложенной методики, рекомендован оптимальный способ поддержания горных выработок в различных горно-геологических условиях.

Рассмотрены более подробно аналитические аспекты разработанной методики прогнозирования устойчивости применительно к очистным выработкам в условиях разработки полиметаллических месторождений.

Устойчивость породы в каждой точке массива будет сохраняться, если выполняется условие  $f[\sigma(x, y, z)] > 0$ , в левую часть которого входят комбинации прочностных параметров и напряжений пород в массиве.

Если в какой-то области  $\Omega$  горного массива условие прочности нарушено и произошло разрушение вследствие перераспределения напряжений, то размер зоны обрушения объемом  $V_\Omega$  характеризуется некоторым критерием

$$\chi_\Omega = \frac{1}{V_\Omega} \int_{V_\Omega} \chi(x, y, z) dx dy dz \leq 0. \quad (31)$$

Применение данного критерия имеет ряд затруднений, поэтому предлагается вероятностно-статистический подход к решению задачи, основанный на оценке вероятностей образования вывалов заданных размеров на базе количественного учета неоднородностей свойств горного массива по данным геометризации геомеханических показателей  $S_{\Gamma}(K_{\Gamma}, K_{\text{стр}}, \sigma_{\Pi})$ .

Статистическая модель основана на рассмотрении совокупности значений геомеханического показателя  $S_{\Gamma}$  в данной области массива как реализация стационарной случайной изотропной функции.

Наиболее подробную информацию для исследования пространственной изменчивости геомеханических параметров трещиноватого реального массива задают значения коэффициента структурного ослабления пород  $K_{\text{стр}} = \aleph$  в массиве вдоль различных профилей (рис.4). Следует подчеркнуть, что необходимость статистического подхода к описанию этой неоднородности вызывается сложной функцией  $\sigma_{\Pi}(x, y, z), \aleph(x, y, z)$ . Для всех подобных задач требуется разработка приемлемой и достаточно гибкой статистической модели пространственной неоднородности массива.

Этим требованиям удовлетворяет модель, основанная на рассмотрении совокупности значений геомеханического показателя  $S_{\Gamma}$  в данной области массива. Такая модель, впервые использованная в механике горных пород, предполагает задание, кроме обычных числовых характеристик значений геомеханических параметров в массиве, среднего значения  $\bar{S}_{\Gamma}$  и дисперсии  $D_S$ , а также функциональной характеристики — корреляционной функции  $K_S(\xi)$ , показывающей взаимосвязь значений  $S_{\Gamma}$  в точках массива, расположенных на расстоянии  $\xi$ , одна от другой, причем  $K_S(0) = D_S$ . При оценке значений  $K_S(\xi)$ , по имеющимся экспериментальным данным достаточно знать значения  $S_{\Gamma}$  в некоторых представительных их наборах, например, вдоль прямых, пересекающих указанную область (рис.4). Для этого кроме оценок величин  $\bar{S}_{\Gamma}, D_S$ ,

$$\bar{S}_{\Gamma} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N S_{\Gamma}(X_k); \quad D_S = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (S_{\Gamma}(X_k) - \bar{S}_{\Gamma})^2 \quad (32)$$

вычисляют оценки

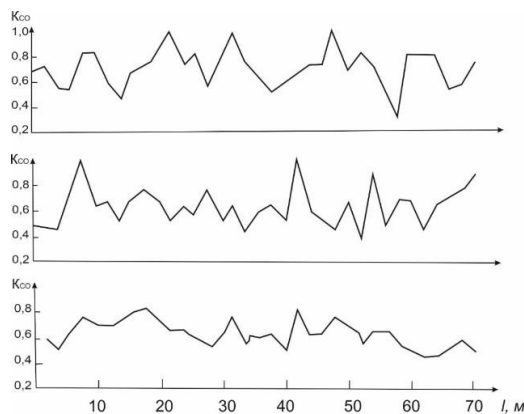
$$K_S(\xi_m), \xi_m = m\Delta x, \\ K_S(\xi_m) = \frac{1}{N-m} \sum_{k=1}^{N-m} (S_{\Gamma}(X_k) - \bar{S}_{\Gamma})(S_{\Gamma}(X_{k+m}) - \bar{S}_{\Gamma}), \quad (33)$$

для набора значений  $m, 0 \leq m \leq m_{\text{max}} \approx N/3$ . Полученные оценки  $K_S(0) = D_S, K_S(\xi_m), m > 0$  аппроксимируют аналитическим выражением, которое используют в расчетах как количественная характеристика пространственной изменчивости значений параметра  $S_{\Gamma}$  в данной области массива (рис. 5).

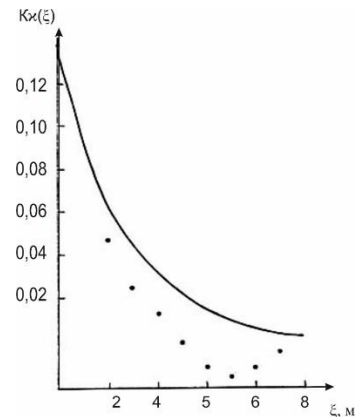
По всем трем последовательностям  $\chi(x)$  вычислены оценки  $K_{\chi}(\xi_i)$  значений функций  $K_{\chi}(\xi)$ . Имеющийся экспериментальный материал об изменчивости геомеханических характеристик и размеров обрушений в кровле очистных выработок достаточны для использования осредненных по всем трем графикам  $\chi_f(x)$  оценок  $K_{\chi}(\xi_i)$  вместе с их аппроксимацией по формуле

$$K_{\chi}(\xi) = (\chi v_{\chi})^2 e^{-\alpha_{\chi} |\xi|}, \quad (34)$$

в которой коэффициент изменчивости  $v_x = 0,182$ , а значение  $e^{-\alpha x} = 0,35 \text{ м}^{-1}$ , что соответствует визуально наблюдаемому изменению  $\chi(x)$  равному  $\approx 3 \div 4$  М.



**Рис.4. График изменения значений коэффициента структурного ослабления вдоль выработки, полученный на основе геометризации  $\sigma_{сж}$**



**Рис. 5. Оценка значения корреляционной функции и их аппроксимация**

Изменение значений  $\sigma_{\Pi}(x)$  вдоль некоторой прямой в массиве можно приближенно представить в виде произведения

$$\sigma_{\Pi}(x) = \sigma_{\Pi}^*(x) \chi(x), \quad (35)$$

сомножители которого соответственно задают значения прочности пород в образце  $\sigma_{\Pi}^*(x)$  и локальные значения коэффициента структурного ослабления.

Окончательно принятый расчетный вид корреляционной функции запишется

$$K_{\sigma_{\Pi}}(\xi) = \bar{\sigma}_{\Pi}^2 (v_{\chi}^2 e^{-\alpha_{\chi} |\xi|} + v_*^2 e^{-\alpha_* |\xi|}). \quad (36)$$

Область массива  $S'$  по контуру сечения и по нормали к нему относится к нарушенной зоне, если выполняется критерий

$$f_{u,v}(S') = \frac{1}{U,V} \int_{s-\frac{u}{2}}^{s+\frac{u}{2}} f(S', l) ds' dt \leq 0, \quad (37)$$

где ортогональная система координат  $(S', t)$  такова, что при описании контура выработки  $t = 0$ . Следовательно, вблизи точки контура, где выполнено это условие, образуется нарушенная зона с размерами  $l \geq u$  и  $h \geq \vartheta$ , максимальные значения которых могут быть вычислены при заданных значениях  $f(S', t)$  и  $f_{u,v}(S')$ .

Случайное число  $N_{e,h}(U, V)$  нарушенных зон со случайными их размерами соответствуют числу участков контура, где количество выбросов случайной функции ниже нулевого уровня

$$f_{u,v}(S') \leq 0. \quad (38)$$

При оценке устойчивости очистных камер нормируется предельная площадь нарушенной зоны, которая определяет объем и вес возможных вывалов. Поэтому вычисляют ожидаемое число  $\bar{N}\{S \geq W\}$  нарушенных зон,

площадь  $S$  которых превышает заданную величину площади  $W$  зоны разрушения.

Оценку вероятности  $P^S(W)$  появления на рассматриваемой части контура хотя бы одной зоны разрушения, у которой  $S \geq W$  производят исходя из неравенства

$$\bar{N}_s(W) \geq P^S(W) \quad (39)$$

Для области возможных расчетных значений  $W$   $(0,05) < \bar{N}_s(W_{\text{доп}}) < 0.2$  вычислены значения  $\bar{N}_s(W_p)$ , позволяющие прогнозировать характер изменения состояния камер при изменении их основных параметров.

В диссертации приведены параметры зависимостей, принимаемые в расчетах, проводимые для условий конкретных месторождений, а также на основе принятой модели предложены методы оценки и прогноза устойчивости подготовительных и очистных выработок при подземной разработке полиметаллических месторождений.

Система автоматизированного прогнозирования геомеханических процессов (САПП) оперирует единой информационной базой и содержит эффективные способы доступа, управления и ведения систем баз данных и открывает принципиально новые возможности широкого внедрения математических методов и информационных технологий в практику геолого-маркшейдерских работ.

Основной функцией САПП является получение по запросу прогнозной карты в автоматизированном режиме и требуемых данных из автоматизированного банка данных. Прогноз может быть выполнен на основе динамического формирования управляющей программы прогнозного модуля путём выборки последовательности и соответствующих подпрограмм. Это позволяет относительно просто модифицировать и адаптировать прогнозные методы, а также оценить точность прогнозных показателей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации доктора технических наук (DSc) на тему «Горно-геометрические основы маркшейдерского мониторинга геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород при подземной разработке полиметаллических месторождений» получены следующие заключения, имеющие теоретическую и практическую значимость:

1. Совершенствована методика геодинамического районирования регионов залегания полиметаллических месторождений на базе общей теории толчкообразного деформирования массива горных пород применительно к условиям переходной зоны от орогена к платформе, где тектонические разломы классифицированы по (I-IV) рангам.

2. Разработан алгоритм специального геодинамического мониторинга, позволяющий получать надёжную и оперативную информацию о состоянии массива горных пород, прогноза его изменения в результате техногенного воздействия и сформулировать дальнейшее использование геодинамики недр

для эффективного и безопасного освоения полиметаллических месторождений.

3. Установлено, что породный массив, как объект исследования, находится в механически неравномерном состоянии, непрерывно получающего диссипирующую энергию между структурными элементами, а трещины, разломы и блочное строение, как следы разрушения, являются способом существования горного массива.

4. Определено, что трещиноватость горных пород носит следы всех изменений, происходящих в массиве под воздействием внешних сил, внутренних напряжений и свойств пород, которые формируют поверхности неоднородных порядков, состоящих из примыкающих друг к другу блоков горных пород. В горных породах существуют минимум три системы трещин эндогенного происхождения, с линейной, площадной и объёмной интенсивностью, а также решётной трещиноватости, формирующие неоднородности массива горных пород, представляющие интерес при оценке их прочностных и деформационных свойств.

5. Доказано, что слоистые, сланцеватые, полосчатые и флюидалные текстуры, характеризующие виды магматических, осадочных и метаморфических пород, индуцируют четыре порядка анизотропии физико-механических свойств данных пород, а тензорно-вероятностные модели анизотропии интенсивности трещиноватости совместно со своим среднеквадратическим значением позволяют оценить блочность массива горных пород при развитии в нем любого количества систем трещин.

6. Установлены аналитические зависимости между геомеханическими показателями горного массива и физико-механическими свойствами горных пород, а использование корреляционных зависимостей между ними позволяет без существенной потери точности помогают оценить состояние массива горных пород и геомеханических процессов, происходящих в них.

7. Разработан метод конечных элементов механики сплошной среды для оценки НДС массива горных пород аналитическим способом, являющийся оригинальным, перспективным и практически направленным подходом, строящийся на множестве кусочно-непрерывных функций, определенных на конечном элементе и позволяющий установить направление главного вектора тектонических напряжений в массиве.

8. Выполнена экспериментальная выемка целиков, оставленных в очистных камерах при разработке шеелитовых месторождений камерно-столбовой системой, путем контроля НДС массива горных пород с запасом прочности (от 1,5 до 3,0), поддерживаемых элементов, зоной опорного давления впереди очистной камеры (27÷30) м с допустимой площадью обнажения кровли.

9. Обосновано использование методики многофакторной геометризации прочностных характеристик, позволяющей отобразить пространственное размещение коэффициента структурного ослабления горных пород и переходить от значений прочности в образце к прочности массива в любой точке исследуемого участка при прочих равных условиях ( $\sigma_m = K_{стр} \cdot \sigma_{обр}$ ),

размещение которого в пределах рудного поля может быть представлено в виде плана изопрочности.

10. Разработана автоматизированная информационно-поисковая система «MASS-GP», основанная на использовании реляционных моделей проектирования и создания системы управления базами данных «Массива горных пород», информационно обеспечивающих математическое моделирование и маркшейдерский мониторинг геомеханических процессов.

11. Разработан принцип регулярной идентификации математической модели динамической системы «Массив горных пород», описанный интегральной моделью, сопоставимой по точности с данными натуральных экспериментов, проведенных в условиях конкретных рудников по добыче полиметаллических руд.

12. Исследовано влияние различных факторов на основные показатели устойчивости горных пород в очистных и подготовительных выработках, результаты которых позволили разработать механизм прогнозирования устойчивости очистных и подготовительных горных выработок на базе геометризации прочностных показателей горных пород методом решения обратной задачи геомеханики, основанной на вероятностно-статистическом анализе вывалообразования в горных выработках в период их эксплуатации.

13. На основе выявленных закономерностей разработан комплексный подход к оценке и прогнозированию геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород:

- исследовано влияние множества взаимосвязанных факторов на величину геомеханических показателей горного массива и погрешности их определения, отображения и прогноза;

- автоматизировано прогнозирование геомеханических процессов с использованием математических методов наименьших квадратов и методов группового учета аргументов.

14. Предложен алгоритм научно-технического прогнозирования геомеханических процессов на базе их многофакторного математического моделирования, обеспечивающие логическую последовательность разработки и экспертной оценки прогноза (справка АО «Алмалыкского горно-металлургического комбината» №63-479 от 22 декабря 2020 г.).

**ONE-OFF SCIENTIFIC COUNCIL ON THE BASIS OF SCIENTIFIC  
COUNCIL DSc.22/30.12.2019. T.98.01 ON AWARDING  
SCIENTIFIC DEGREES AT THE ALMALKYK BRANCH OF THE  
NATIONAL RESEARCH TECHNOLOGICAL UNIVERSITY «MISIS»  
TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY NAMED ISLAM  
KARIMOV**

**SAYYIDKOSIMOV SAYYIDJABBOR**

**MINING AND GEOMETRIC BASIS OF MINE SURVEYING MONITORING OF  
GEOMECHANICAL PROCESSES OCCURRING IN THE MASS OF ROCKS DURING  
UNDERGROUND POLYMETALLIC DEPOSITS**

**04.00.09 – Mine surveying  
04.00.17- Physical processes in mining (technical sciences)**

**DISSERTATION ABSTRACT  
FOR THE DOCTOR OF SCIENCES (DSc) OF TECHNICAL SCIENCES**

**Almalyk – 2020**

**The theme of dissertation doctor of sciences (DSc) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under №B2020.3 DSc/T368.**

The dissertation has been carried out at the Tashkent State Technical University.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian and English (resume) on the webpage of the Scientific Council ([www.misis.uz](http://www.misis.uz)) and on the website of «ZiyoNet» information-educational portal ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Scientific Consultant:**

**Raimjanov Bakhadirjan**

Doctor of Technical Sciences, professor

**Official opponents:**

**Nurpeisova Marzhan Baysanovna**

Doctor of Technical Sciences, Professor

**Gusev Vladimir Nikolaevich**

Doctor of Technical Sciences, Professor

**Talgamer Boris Leonidovich**

Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher

**Leading organization:**

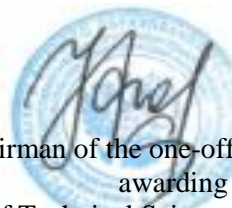
**Navoi State Mining Institute**

The defence of the dissertation will be held on 13 January 2021 at 13<sup>00</sup> at the meeting single of the Scientific council of scientific degrees DSc.22/30.12.2019.T.98.01 (Address: 110101, Almalyk, Amir Temur St. 56. Meeting room of the National Research Technological University «MISIS» Almalyk branch. Tel.: (70) 614-22-57; e-mail: [afnitumisis@mail.ru](mailto:afnitumisis@mail.ru)

The thesis can be found in the Information Resource Center of the National Research Technological University «MISIS» Almalyk branch (registered under No. 20-02-D). Address: 110101, Almalyk, st. Amir Temur 56. Tel.: (70) 614-22-57.

**The abstract of the dissertation is distributed on 29 December 2020.**

Protocol at the register No 2 dated 29 December 2020).



**F.Ya. Umarov**

Chairman of the one-off Scientific council for  
awarding the scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

A blue ink signature.

**G.S. Nutfullaev**

Scientific secretary of the one-off Scientific Council for awarding  
the scientific degrees, PhD, Associate Professor

A blue ink signature.

**Sh.Sh. Zairov**

Chairman of the one-off scientific seminar under one-off Scientific  
Council for awarding the scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor



## **INTRODUCTION (abstract of doctoral dissertation (DSc))**

**The aim of the research** is to develop methods to improve the efficiency and safety of underground mining of polymetallic deposits through theoretical justification and practical implementation of mine surveying monitoring of geomechanical processes based on multifactor geometrization of the properties and state of the rock mass in various mining and technological conditions.

### **Research objectives:**

the duration of studies on the geodynamic zoning of the regions of occurrence of polymetallic ore deposits in Uzbekistan and the assessment of the block-structural structure of the territories of ore fields;

carrying out geometrical analysis of the structural heterogeneity of the massif and rock fracturing;

study of the stress-strain state (SSS) of the rock mass;

development of methods for multi-factor geometrization of the characteristics of geomechanical processes occurring in the rock mass;

development of a real algorithm for geometrical and mathematical modeling of the processes that make up the "Massif of rocks" system;

experimental testing of methods for predicting geomechanical processes occurring in a rock mass during underground mining of polymetallic deposits at mining enterprises.

**The research object** is a rock mass in the underground mining of polymetallic deposits.

### **The scientific novelty of the research follows:**

It is substantiated that ore fields of polymetallic deposits consist of block structures of various ranks (II-IV), formed in conditions of all-round compression and characterized by maximum horizontal tectonic stresses from 10 MPa to 30 MPa, acting in the directions of 300 ° NW and 120 ° SE;

it is substantiated that ore and rock massifs of polymetallic deposits are characterized by three intense systems of tectonic fracturing, which predetermine the heterogeneity of the structure of the rock mass and the anisotropy of the properties of rocks;

it is proved that the strength and deformation properties of rocks of polymetallic deposits are variable in nature and in the direction of strike (bedding) the fragility of the rock is greater, and the destruction of the rock occurs more easily by separation than by compression;

it was found that the digitalization of the activities of mining enterprises is possible on the basis of reliable information about the deposit and the geometrization of geomechanical processes occurring in the rock mass by revealing the mapping of patterns of spatial distribution of forms, properties, state and processes in the bowels of the earth;

a fundamentally new system for the creation and management of databases of geomechanical indicators of a rock mass has been developed, which makes it possible to intensify the collection and assessment of the results of measurements, observations, analytical calculations, generalizations, mathematical processing,

adaptation, identification, formalization, digitalization and automation of processes, display and use according to the principle of geographic information systems (GIS); a new mechanism has been developed for automated forecasting of the stability of preparatory and treatment mine workings, as well as the possibility of working out ore pillars left in treatment chambers on the basis of system-dynamic modeling of geomechanical processes occurring in the rock mass during underground mining of polymetallic ores, contributing to the development of methods and models of mine surveying monitoring as a tool serving in the future to create "smart" mining enterprises.

**Implementation of the research results.** Based on the studies carried out on the mining-geometric substantiation of mine surveying monitoring of geomechanical processes occurring in the rock mass during the underground development of polymetallic deposits:

developed guidelines, regulatory documents, introduced into the practice of design, construction, reconstruction and operation of mining enterprises for the extraction of polymetallic deposits, in the current and future development planning and the safe conduct of mining operations in the underground mines of the Zarmitan gold zone of the Navoi Mining and Metallurgical Plant (certificate of the Navoi Mining and Metallurgical Plant No. 02-05-05/10732 dated October 13, 2020). As a result, the information security of rock design and the reliability of design solutions have been improved;

at the underground mines of the Zarmitan gold zone of the Navoi Mining and Metallurgical Combine, the conditions for planning and safe mining operations have been improved, their surveying support has been improved (certificate of the Navoi Mining and Metallurgical Combine No. 02-05-05/10732 of 13.10.2020). As a result, the effectiveness of planning the development of mining operations, compliance with the conditions of safe conduct was achieved and the mine surveying support of mining operations was improved;

the obtained results were also introduced into the educational process of the Department of Mine Surveying and Geodesy of the Tashkent State Technical University.

**The structure and scope of the dissertation work.** The dissertation consists of an introduction, seven chapters, one conclusion, a bibliography and appendix. The volume of the research work is 218 pages and the annexes are 117 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть, part I)**

1. Рахимов В.Р., Саййидкосимов С.С. Давление горных пород в некоторых рудниках Средней Азии. – Ташкент, «Фан», 1989. – 180 с.
2. Акбаров Х.А. Саййидкосимов С.С. Полиметаллические рудные поля Тянь-Шаня. Глава V. Факторы локализации оруденения, методика их изучения и количественной оценки. С.114 – 199. Геолого-структурные условия размещения и прогнозирование оруденения на полиметаллических рудных полях Тянь-Шаня. – Ташкент, ТашГТУ. 2006. – 364 с.
3. Sayyidkosimov S.S., Kazakov A.N., Khakberdiev M.R. Modelling of geomechanical processes in the conditions of underground mining of ore deposits. Traditions and innovations of resource-saving technologies in mineral mining and procesing. Multi-authored monograph.-Petrosani, Romania: Universitas publishing, 2019. – p.170 – 194.
4. Саййидкосимов С.С. Закономерности формирования геомеханических процессов при разработке золоторудных месторождений. Под общей редакцией проф. Б.Р. Раимжанова. – Ташкент, ТИХТ, 2020. – 167 с.
5. Саййидкосимов С.С., Бойирзаев Б.Ж. Опративные методы определения квалиметрических показателей при добыче угля // Вестник ТашГТУ. – Ташкент, 2010. – №4. – С. 87-90.
6. Саййидкосимов С.С., Очилов Ш.А. Оценка и прогноз сложности участков месторождений горно – геометрическими методами // Вестник ТашГТУ. – Ташкент, 2011. – № 3-4. – С. 159 – 165 (05.00.00; №16).
7. Саййидкосимов С.С. Совершенствование нормативно-методической базы маркшейдерской службы горных предприятий // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2015.– №1.– С. 72 – 78 (05.00.00; №7).
8. Саййидкосимов С.С. Проблемы и пути инновационного развития горно-металлургической отрасли // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2015.– №1. – С. 138 – 142 (05.00.00; №7).
9. Саййидкосимов С.С. Инновационные направления в проектировании горнодобывающих предприятий // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2015. – №3. – С.142 – 148 (05.00.00; №7).
10. Саййидкосимов С.С. Маркшейдерское обеспечение производства горных работ в условиях оптимизации структуры управления горнодобывающих предприятий // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2015. – №3. – С.124 – 129 (05.00.00; №7).
11. Саййидкосимов С.С., Наимова Р.Ш. Обоснование высоты уступа путем управления ценностями ресурсов недр в условиях открытой разработки золоторудных месторождений // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2015. – №4. – С.34-38.
12. Саййидкосимов С.С., Мурзайкин И.Я. Определение смещений гидротехнических сооружений и скальных блоков на тектонических разломах

// Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: 2016. – №4. – С.251 – 261 (05.00.00; №29).

13. Саййидкосимов С.С., Казаков А.Н. Прогнозирование устойчивости подготовительных горных выработок при подземном способе разработки глубоких горизонтов месторождения Зармитанской золоторудной зоны // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: 2016. – №4. – С.С.261–269 (05.00.00; №29).

14. Саййидкосимов С.С., Казаков А.Н., Хакбердиев М.Р. Модели полей тектонических напряжений в массиве горных пород в условиях подземной разработки золоторудных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: 2017. – №1. – С.23 – 38 (05.00.00; №29).

15. Саййидкосимов С.С., Низамова А.Т., Рахимов Ш.Ш. Реконструкция и модернизация маркшейдерско-геодезического обоснования на территории горнопромышленных районов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: 2018. – №S27. – С. 80 – 87 (05.00.00; №29).

## **II бўлим (II часть, part II)**

16. Саййидкосимов С.С., Рахимов Ш.Ш. Программа обеспечения совершенствования методов создания 3D моделей объектов открытых работ на базе наземного лазерного сканирования // Свидетельство об официальной регистрации программы для электронных-вычислительных машин №DGU05705 от 10.10.2018 г. Зарегистрирована в гос. реестре программ для электронно-вычислительных машин Республики Узбекистан 10.10.2018.

17. Саййидкосимов С.С. Оценка устойчивости подрабатываемых бортов карьера при комбинированной разработке золоторудных месторождений в районах со сложными сейсмо - тектоническими условиями // Сборник научных трудов «Инновационные направления в проектировании горнодобывающих предприятий» – Санкт – Петербург, 2017. – С.269 – 283.

18. Саййидкосимов С.С., Kazakov A.N. Forecast of the probability of shock hazard in conditions of underground development of Zarmitan gold deposit zones. Geomechanics and geodynamics of rock masses. Geomechanics and Geodynamiks of Rock Masses-Selected Papers from European Rock Mechanics Symposium Eurock 2018, 22 – 26 may S. – Peterburg Russian Federation. P.499 – 504.

19. Рахимов В.Р., Саййидкосимов С.С. и др. Статистическое описание неоднородности прочностных свойств трещиноватых массивов скальных пород // Известия вузов. Горный журнал. – Свердловск – 1991. – №6. – С. 1 –

20. Саййидкосимов С.С. Комплексная оценка механических свойств горных пород // Материалы научно-теор. и техн. конференции «Истиклол-4». – Навоий, 1995. – С.105 – 107.

21. Саййидкосимов С.С., Туякбоев Т. Математическая модель структурно-технологического соотношения потерь и засорения руды // Материалы научно-теор. и техн. конференции «Истиклол-4» – Навоий, 1995. – С.107 – 119.

22. Саййидкосимов С.С. Анизотропия свойств массива горных пород // Материалы научно-теор. и техн. конференции «Истиклол-4» – Навоий, 1996. – С.14 – 15.
23. Саййидкосимов С.С., Кутумова Г.С. Некоторые вопросы формализации при решении задач геомеханики методами горной геометрии // Материалы научно-теор. и техн. конференции «Истиклол-4». – Навоий, 1996. – С.15 – 16.
24. Саййидкосимов С.С., Мингбаев Д.И. Модель совместного деформирования пород налегающей толщи и целиков в очистных камерах // Материалы научно-теор. и техн. конференции «Истиклол-4». – Навоий, 1996.– С.52 – 53.
25. Саййидкосимов С.С. О мерах по улучшения геолого-маркшейдерского обеспечения повышение полноты и качества извлечения запасов руд // Материалы межд. конф. «Условия формирования, закономерности размещения и прогнозирования месторождений полезных ископаемых». – Ташкент, 2006. – С.330 – 333.
26. Саййидкосимов С.С. Статистические модели анизотропии геомеханических свойств горных пород // Материалы межд. конф. «Условия формирования, закономерности размещения и прогнозирования месторождений полезных ископаемых». – Ташкент, 2006.– С.333 – 336.
27. Саййидкосимов С.С., Акбаров Х.А., Никифоров Н.А. Структурно-морфологические типы рудных тел // Материалы межд. конф. «Условия формирования, закономерности размещения и прогнозирования месторождений полезных ископаемых». – Ташкент, 2006. – С.190 – 194.
28. Sayyidkosimov S.S., Akbarov H.A., Mirusmonov M. Structures of ore deposit is in Central Asia. Second international conference on the Geology of the Tetchy (Januari, 2007, South Valley University-Aswan).– Giza, Egypt, 2007. p.50 – 54.
29. Sayyidkosimov S.S., Akbarov H.A., Mirusmonov M. Inpakt of mining and metallurgical industries activity on the environment in republic of Uzbekistan. Second international conference on the Geology of the Tetchy (Januari, 2007, South Valley University-Aswan). – Giza, Egypt, 2007. – p.55 – 63.
30. Sayyidkosimov S.S., U. Nosirov, R. F. Mirzaliev R.M. Estimation of environment and ecological measures conditions at natural bowels using in mining and ore areas of the Republik of Uzbekistan // Proceedings of the international scientific technical conference «Ecology problems in mineral Raw – material branch». Bulgaria, Varna, 2011. – p. 88 – 95.
31. Саййидкосимов С.С., Мингбаев Д.И., Очиллов Ш.А. Методы математического моделирования некоторых характеристик массивов горных пород скарнево-шеелитовых месторождений // Материалы XII-международной конференции «Ресурсопроизводящие малоотходные и природоохранные технологии освоения недр Заиджан». – Иран, 2013. – Том II. – С. 779 – 781.
32. Саййидкосимов С.С. Проблемы обеспечения промышленной безопасности в угольной, рудной и нерудной отрасли Республики

Узбекистан// Материалы юбилейной международной практической конференции «Белые ночи-2013». – С. – Петербург, 2013. – часть I. – С. – 222 – 226.

33. Саййидкосимов С.С., Табаков-Ботько, Юнусов О.Н. Проблемы экологической и промышленной безопасности при интенсивном недропользовании // Сборник научных статей Республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы рационального недропользования». – Ташкент, 2013. – С 11 – 15.

34. Саййидкосимов С.С. Горно-геометрические модели прогнозирования геомеханических процессов при подземной разработке руд цветных металлов // Сборник научных статей Республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы рационального недропользования». – Ташкент, 2013. – С. 69 – 72.

35. Саййидкосимов С.С. Правовое регулирование геолого-маркшейдерского обеспечения рационального недропользования // Материалы Республиканской научно – технической конференции «Проблема развития и инновационные направления геологических наук в Узбекистане». – Ташкент, 2013. – С.– 39 – 45.

36. Саййидкосимов С.С. Интеграция науки и производства в области недропользования один из путей интенсификации инновационного развития // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2013. – №4. – С. 89 – 91 (05.00.00; №7).

37. Саййидкосимов С.С. Правовые нормы маркшейдерского обеспечения рационального использования и охраны недр // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2014.– №3. – С 80–84 (05.00.00; №7).

38. Саййидкосимов С.С. О роли экологической и промышленной безопасности при выборе приоритетов развития горнодобывающей отрасли // Сборник научных статей международной научно-технической конференции «Проблемы и пути инновационного развития горно-металлургической отрасли». –Ташкент, 2014. – С. 45 – 54.

39. Саййидкосимов С.С. Обоснование необходимости маркшейдерского обеспечения промышленной безопасности недропользования в Узбекистане // Сборник научных статей международной научно-технической конференции «Проблемы и пути инновационного развития горно-металлургической отрасли». – Ташкент, 2014. – С. 118 – 123.

40. Саййидкосимов С.С. Анализ современного состояния маркшейдерской нормативно-методической базы недропользования в Узбекистане и неотложные задачи по ее совершенствованию // Сборник научных статей международной научно-технической конференции «Проблемы и пути инновационного развития горно-металлургической отрасли». – Ташкент, 2014. – С. 160 – 167.

41. Саййидкосимов С.С. Formation and prospects of higher surveing education in Uzbekistan (Пути становления и перспективы развития высшей школы маркшейдерского образования в Узбекистане) // Сборник докладов Международной конференции «Современные технологии и развитие

политехнического образования».– Владивосток, ФГАОУ ВПО «ДВФУ», 2015. – С.234 – 238.

42. Саййидкосимов С.С. Инновации в маркшейдерском обеспечении открыто-подземной (комбинированной) разработки золоторудных месторождений // Труды Международного форума маркшейдеров «Инновационные технологии в маркшейдерии и геодезии». – Алматы, 2015. – С.38 – 43.

43. Саййидкосимов С.С. Surveing education in Uzbekistan: Current status and prospects // Proceeding of 2015 internation Academic Forum for Mine surveying in China. – Beyjing, 2015. – P.33 – 35.

44. Саййидкосимов С.С. Обоснование геометрической модели прочности пород горного массива месторождений руд цветных металлов // Материалы Республиканской научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития». –Навои, 15 – 16 ноября, 2016. – С.67 – 69.

45. Саййидкосимов С.С., Носиров У.Ф., Умаров Ф.Я., Казаков А.Н. Mine-surveying monitoring geomechanical processes Descr Pit under development of complex gold mine seismotectonicative zones // Proceedings of the international conference on integrated innovative development of Zarafshan region: Achivements, challenges and prospects. – Navoi, 26 – 27 October, 2017. – P.93 – 98.

46. Саййидкосимов С.С. Substantiation of geomechanical conditions of recognition of purposes from cleaner chambers for repeated development of scarn-sheelite deposits // Proceedings of international conference on geo-spatial technologies and earth resources. – Hanoi, Vietnam, 5 – 6 October, 2017. – С. 367 – 372.

47. Саййидкосимов С.С., Рахимов Ш.Ш. Modern technologies of laser scanning of mountain massif at Kalmakyr quarry of «АММС» JSC // Сборник статей XVII конгресса Международного союза маркшейдеров. – Иркутск, 26 – 30 сентября 2019. – С.108 – 112.

48. Саййидкосимов С.С., Низамова А.Т. Assessment and forecast parameters of displacement of rocks and earth surface based on mathematical modeling // Сборник статей XVII конгресса Международного союза маркшейдеров. – Иркутск, 26 – 30 сентября 2019. – С.97 – 102.

49. Саййидкосимов С.С., Казаков А.Н., Хакбердиев М.Р. Analysis of methods and means of bump hazard prediction // Сборник статей XVII конгресса Международного союза маркшейдеров. – Иркутск, 26 – 30 сентября 2019. – С.102 – 108.

