

# MUHANDISLIK

## & IQTISODIYOT

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,  
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

2026-YIL

IYUL/7-SON, I-QISM



Milliy nashrlar

OAK: <https://oak.uz/pages/4802>

05.00.00 - Texnika fanlari

08.00.00 - Iqtisodiyot fanlar



ISSN: 3060-463X



# **muhandislik** **& iqtisodiyot**

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,  
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Elektron nashr, 2026-yil, iyul.

## **Bosh muharrir:**

**Zokirova Nodira Kalandarovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, DSc, professor

## **Bosh muharrir o'rinbosari:**

**Shakarov Zafar G'afforovich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori, PhD, dotsent

## **Tahrir hay'ati:**

**Abduraxmanov Kalendar Xodjayevich**, O'z FA akademigi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Sharipov Kongratbay Avezimbetovich**, texnika fanlari doktori, professor

**Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Abduraxmanova Gulnora Kalandarovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Shaumarov Said Sanatovich**, texnika fanlari doktori, professor

**Turayev Bahodir Xatamovich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Nasimov Dilmurod Abdulloyevich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Allayeva Gulchexra Jalgasovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Arabov Nurali Uralovich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Maxmudov Odiljon Xolmirzayevich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Xamrayeva Sayyora Nasimovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Bobonazarova Jamila Xolmurodovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Irmatova Aziza Baxromovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Bo'taboyev Mahammadjon To'ychiyevich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Shamshiyeva Nargizaxon Nosirxuja kizi**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor,

**Xolmuxamedov Muhsinjon Murodullayevich**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Xodjayeva Nodiraxon Abdurashidovna**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Amanov Otabek Amankulovich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

**Toxirov Jaloliddin Ochil o'g'li**, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Qurbonov Samandar Pulatovich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Zikriyoyev Aziz Sadulloyevich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Tabayev Azamat Zaripbayevich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Sxay Lana Aleksandrovna**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

**Ismoilova Gulnora Fayzullayevna**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Djumaniyazov Umrbek Ilxamovich**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Kasimova Nargiza Sabitdjanovna**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Kalanova Moxigul Baxritdinovna**, dotsent

**Ashurzoda Luiza Muxtarovna**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Sharipov Sardor Begmaxmat o'g'li**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Tursunov Ulug'bek Sativoldiyevich**, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent

**Bauyetdinov Majit Janizaqovich**, Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti dotsenti, PhD

**Botirov Bozorbek Musurmon o'g'li**, Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Sultonov Shavkatjon Abdullayevich**, Kimyo fanlari doktori, (DSc)

**Jo'raeva Malohat Muhammadovna**, filologiya fanlari doktori (DSc), professor.

**Yusupov Maxamadamin Abduxamidovich**, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor

**Kalonova Moxigul Baxritdinovna**, iqtisodiyot fanlari nomzodi (PhD), dotsent

**Mirzayev Kulmamat Djanzakovich**, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor.

**Karimova Nilufar Sadirdin qizi**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Norboyev Odil Abrayevich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

**Nasimov Dilmurod Abdulloyevich**, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

**Mirzayev Kulmamat Djanzakovich**, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

**Karimova Nilufar Sadirdin qizi**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Pardaev Umidjon Uralovich**, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

**Xolmirzayev Ulug'bek Abdulazizovich**, Iqtisodiyot fanlari doktori (DSc)

# muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,  
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

- 05.01.00 – Axborot texnologiyalari, boshqaruv va kompyuter grafikasi  
05.01.01 – Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi. Audio va video texnologiyalari  
05.01.02 – Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash  
05.01.03 – Informatikaning nazariy asoslari  
05.01.04 – Hisoblash mashinalari, majmualari va kompyuter tarmoqlarining matematik va dasturiy ta'minoti  
05.01.05 – Axborotlarni himoyalash usullari va tizimlari. Axborot xavfsizligi  
05.01.06 – Hisoblash texnikasi va boshqaruv tizimlarining elementlari va qurilmalari  
05.01.07 – Matematik modellashtirish  
05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt  
05.02.00 – Mashinasozlik va mashinashunoslik  
05.02.08 – Yer usti majmualari va uchish apparatlari  
05.03.02 – Metrologiya va metrologiya ta'minoti  
05.04.01 – Telekommunikatsiya va kompyuter tizimlari, telekommunikatsiya tarmoqlari va qurilmalari. Axborotlarni taqsimlash  
05.05.03 – Yorug'lik texnikasi. Maxsus yoritish texnologiyasi  
05.05.05 – Issiqlik texnikasining nazariy asoslari  
05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari  
05.06.01 – To'qimachilik va yengil sanoat ishlab chiqarishlari materialshunosligi  
05.08.03 – Temir yo'l transportini ishlatish  
05.08.06 – "G'ildirakli va gusenisali mashinalar va ularni ishlatish" (texnika fanlari)  
05.09.01 – Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar  
05.09.04 – Suv ta'minoti. Kanalizatsiya. Suv havzalarini muhofazalovchi qurilish tizimlari  
10.00.06 – Qiyosiy adabiyotshunoslik, chog'ishtirma tilshunoslik va tarjimashunoslik  
10.00.04 – Yevropa, Amerika va Avstraliya xalqlari tili va adabiyoti  
08.00.01 – Iqtisodiyot nazariyasi  
08.00.02 – Makroiqtisodiyot  
08.00.03 – Sanoat iqtisodiyoti  
08.00.04 – Qishloq xo'jaligi iqtisodiyoti  
08.00.05 – Xizmat ko'rsatish tarmoqlari iqtisodiyoti  
08.00.06 – Ekonometrika va statistika  
08.00.07 – Moliya, pul muomalasi va kredit  
08.00.08 – Buxgalteriya hisobi, iqtisodiy tahlil va audit  
08.00.09 – Jahon iqtisodiyoti  
08.00.10 – Demografiya. Mehnat iqtisodiyoti  
08.00.11 – Marketing  
08.00.12 – Mintaqaviy iqtisodiyot  
08.00.13 – Menejment  
08.00.14 – Iqtisodiyotda axborot tizimlari va texnologiyalari  
08.00.15 – Tadbirkorlik va kichik biznes iqtisodiyoti  
08.00.16 – Raqamli iqtisodiyot va xalqaro raqamli integratsiya  
08.00.17 – Turizm va mehmonxona faoliyati

Ma'lumot uchun, OAK  
Rayosatining 2024-yil 28-avgustdagi 360/5-son qarori bilan "Dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxati"ga texnika va iqtisodiyot fanlari bo'yicha "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali ro'yxatga kiritilgan.

**Muassis:** "Tadbirkor va ishbilarmon" MChJ

**Hamkorlarimiz:**

1. Toshkent shahridagi G.V.Plexanov nomidagi Rossiya iqtisodiyot universiteti
2. Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti
3. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti
4. Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
5. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
6. Toshkent davlat transport universiteti
7. Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
8. Toshkent kimyo-texnologiya universiteti
9. Jizzax politexnika instituti



# MUNDARIJA

MILLIY Gvardiya tizimida harbiy xizmatchilarni kiyim-kechak bilan ta'minlash tizimining nazariy asoslari .....	10
<b>Omonov Usmonqul Raxmonqul o'g'li</b>	
FOND BOZORLARIGA XORIJIY KAPITALNI JALB QILISH: ZAMONAVIY YONDASHUVLAR VA RIVOJLANISH IMKONIYATLARI .....	17
<b>Yusupova Jamila Karamatdinovna</b>	
AXBOROT KOMMUNIKATSIYA XIZMATLARINING TASHKLIY-HUQUQIY VA ILMIY NAZARIY MASALALARI .....	21
<b>Rajaboyev Shahboz Shodi o'g'li</b>	
PUL MABLAG'LARI HISOBINI MOLIYAVIY HISOBOTNING XALQARO STANDARTLARIGA O'TKAZISHNING DOLZARB MASALALARI .....	26
<b>Eshonqulov Akmal Qudratovich</b>	
XORAZM VILOYATINING IJOBIY IMIJINI OSHIRISHDA HUDUDIY MARKETING STRATEGIYALARINI ISHLAB CHIQUISH .....	34
<b>Ibadullayev Dilshad Ibragimovich</b>	
OROL BO'YI MINTAQASIDA QISHLOQ XO'JALIGI VA TURIZMNI YASHIL MOLIYALASHTIRISH VA INVESTITSIYA MEXANIZMLARI: BARQAROR RIVOJLANISH ISTIQBOLLARI .....	40
<b>Akramova Feruza</b>	
ATMOSFERA HAVOSI MONITORINGIDA IOT SENSORLARI O'LCHASH NATIJALARINING METROLOGIK ISHONCHLILIGINI BAHOLASH VA OSHIRISH METODOLOGIYASINI TAKOMILLASHTIRISH .....	52
<b>Sobirov Anvarjon, Melibayev Maxmudjan</b>	
BANK VA KREDIT MUASSASALARINING RIVOJLANISH TENDENSIYALARINI TREND MODELLARI YORDAMIDA TAHLIL QILISH VA PROGNOZLASH USULLARI .....	59
<b>Nazarov Elbek</b>	
"O'ZBEKISTON MILLIY ELEKTR TARMOQLARI" AJ ENERGETIKA TIZIMINING HUDUDIY RIVOJLANISH YO'NALISHLARI .....	66
<b>Xakimjanova Surayyo Xabibullayevna</b>	
ЧИСЛЕННАЯ ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ ЗОН КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ В МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ВЛИЯНИИ ПРОЦЕССОВ ДОБЫЧИ В УСЛОВИЯХ РУДНИКА «КЫЗЫЛ-АЛМА» .....	70
<b>Салямова Клара, Меликулов Абдусаттар, Уралбаев Абдукахар, Бакиров Гайрат, Зухритдинов Давронбек</b>	



# ЧИСЛЕННАЯ ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ ЗОН КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ В МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ВЛИЯНИИ ПРОЦЕССОВ ДОБЫЧИ В УСЛОВИЯХ РУДНИКА «КЫЗЫЛ-АЛМА»

## Салямова Клара Джаббаровна

Ведущий научный сотрудник Ин-та механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз  
д-р техн. наук, проф.

E-mail: [klara\\_51@mail.ru](mailto:klara_51@mail.ru)

## Меликулов Абдусаттар Джаббарович

Заместитель генерального директора ООО «Спецуправление № 75»  
канд. техн. наук, доцент

E-mail: [konchilk@mail.ru](mailto:konchilk@mail.ru)

## Уралбаев Абдукахар Джаппарович

Ведущий инженер производственного контроля АРУ АО «Алмалыкский ГМК»

E-mail: [Абдукахар\\_дж@mail.ru](mailto:Абдукахар_дж@mail.ru)

## Бакиров Гайрат Холикбердиевич

Доцент кафедры «Горное дело» Алмалыкского государственного технического ин-та  
PhD, доцент,

E-mail: [gayratbakirov3004@gmail.com](mailto:gayratbakirov3004@gmail.com)

## Зухритдинов Давронбек Хусниддин угли

Докторант кафедры «Горное дело»

Ташкентский государственный технический университет

E-mail: [zuxritdinovdavronbek@gmail.com](mailto:zuxritdinovdavronbek@gmail.com)

**Аннотация:** В статье представлены результаты комплексных исследований, направленных на оценку напряжённо-деформированного состояния массива горных пород в условиях рудника «Кызыл-Алма» при ведении очистных работ на горизонте +985 м центрального участка месторождения. Актуальность исследования обусловлена необходимостью обеспечения устойчивости горных выработок и повышения безопасности ведения подземных горных работ в условиях изменяющегося напряжённого состояния массива после извлечения рудных тел. На основе методов численного геомеханического моделирования изучены закономерности перераспределения природных и техногенных напряжений в породном массиве после отработки рудных тел небольших размеров. Выполнен анализ влияния образующихся выработанных пространств на изменение полей напряжений, формирование зон их концентрации и областей разгрузки (релаксации) в прилегающих породах. Установлены характерные участки максимального проявления сжимающих и растягивающих напряжений, которые могут оказывать существенное влияние на устойчивость горных выработок. Полученные результаты могут быть использованы при прогнозировании геомеханического состояния массива, выборе рациональных параметров системы разработки, а также при разработке мероприятий по управлению горным давлением и обеспечению безопасной эксплуатации подземного рудника.

**Ключевые слова:** горные выработки, геомеханика, перераспределение напряжений, численное моделирование, концентрация напряжений, напряжённое состояние, горным давления, тектонических нарушений, опорное давление, релаксационные зоны.

**Annotatsiya:** Maqolada "Qizil-Oлма" koni markaziy uchastkasining +985 m gorizontida qazib olish ishlari olib borilayotgan sharoitda tog' jinslari massivining kuchlanish-deformatsiyalanish holatini baholashga qaratilgan kompleks tadqiqotlar



natijalari keltirilgan. Tadqiqotning dolzarbligi ruda tanalari qazib olingandan keyin massivning o'zgaruvchan kuchlanish holati sharoitida kon lahimlari barqarorligini ta'minlash hamda yer osti kon ishlarini xavfsiz olib borish zarurati bilan izohlanadi. Sonli geomekanik modellashtirish usullari asosida kichik o'lchamli ruda tanalari qazib olingandan so'ng tog' jinslari massivida tabiiy va texnogen kuchlanishlarning qayta taqsimlanish qonuniyatlari o'rganildi. Hosil bo'lgan qazib olingan bo'shliqlarning kuchlanish maydonlarining o'zgarishiga, kuchlanishlar konsentratsiyasi zonalari hamda ularga tutash jinslarda yuklanishning kamayishi (relaksatsiya) hududlarining shakllanishiga ta'siri tahlil qilindi. Kon lahimlari barqarorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin bo'lgan siqilish va cho'zilish kuchlanishlarining maksimal namoyon bo'ladigan xarakterli uchastkalari aniqlandi. Olingan natijalardan tog' jinslari massivining geomekanik holatini prognoz qilishda, qazib olish tizimining oqilona parametrlarini tanlashda, shuningdek, kon bosimini boshqarish va yer osti rudnigini xavfsiz ekspluatatsiya qilish bo'yicha chora-tadbirlarni ishlab chiqishda foydalanish mumkin.

**Kalit so'zlar:** kon lahimlari, geomekanika, kuchlanishlarning qayta taqsimlanishi, sonli modellashtirish, kuchlanishlar konsentratsiyasi, kuchlanish holati, kon bosimi, tektonik buzilishlar, tayanch bosimi, relaksatsiya zonalari.

**Abstract:** The article presents the results of comprehensive studies aimed at assessing the stress-strain state of the rock mass under the conditions of the Kyzyl-Alma mine during stoping operations at the +985 m level of the central section of the deposit. The relevance of the study is determined by the necessity to ensure the stability of underground excavations and improve the safety of underground mining operations under conditions of changing stress states of the rock mass following ore extraction. Based on numerical geomechanical modeling methods, the patterns of redistribution of natural and mining-induced stresses in the rock mass after the extraction of small-sized ore bodies were investigated. An analysis was conducted on the influence of the resulting mined-out spaces on changes in stress fields, the formation of stress concentration zones, and relaxation areas in the surrounding rocks. The characteristic zones of maximum compressive and tensile stress manifestations, which may significantly affect the stability of underground excavations, were identified. The obtained results can be applied for predicting the geomechanical condition of the rock mass, selecting rational mining system parameters, and developing measures for ground pressure management and ensuring the safe operation of underground mines.

**Keywords:** Mine workings, geomechanics, stress redistribution, numerical modeling, stress concentration, stress state, rock pressure, tectonic disturbances, abutment pressure, relaxation zones.

## ВВЕДЕНИЕ

Существующие в пределах месторождения «Кызыл-Алма» геологические разломы дополнительно усложняют геодинамические условия месторождения. Серия Карабагских разломов северо-восточного простирания, расположенная в северной части, а также разломы Туячаул и Гушсай на юге и разлом Кызылалмасай на севере оказывают существенное влияние на непрерывное и безопасное ведение горных работ на месторождении. Геологические разломы и размеры рудных тел в пределах месторождения характеризуются различными параметрами. Разлом Кызылалмасай, расположенный в центральной части месторождения, имеет мощность до 200–250 м и протяжённость до 1000–1200 м. Рудное тело, расположенное в центральной части месторождения, характеризуется относительно простой морфологией. Его мощность изменяется от 40–50 м до 200–250 м, а протяжённость достигает 1200 м. Расстояние от верхней границы рудного тела до земной поверхности составляет 300–450 м, глубина от земной поверхности до нижней границы рудного тела достигает 800 м, угол падения рудного тела составляет 50–70°.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ

Вопросы оценки напряжённо-деформированного состояния массива горных пород, обеспечения устойчивости подземных выработок и совершенствования геотехнологий широко освещены в научной литературе. Исследования показывают, что эффективность и безопасность разработки месторождений в значительной степени определяются геомеханическими условиями массива, особенностями перераспределения напряжений и выбором рациональных параметров систем разработки.

Значительный вклад в развитие теоретических основ геомеханического обеспечения горных работ внесли А.Д. Меликулов и соавторы [1; 8; 16]. В их работах рассмотрены геомеханические факторы повышения эффективности геотехнологий, закономерности формирования напряжённого состояния массива, а также принципы обеспечения долговременной устойчивости и безопасности подземных горных выработок в условиях проявления тектонических процессов. Авторы подчёркивают необходимость комплексного учёта природных и техногенных факторов при проектировании горных работ.

Особенности разработки месторождения «Кызыл-Алма» исследованы в работах Т.Г. Акбарова и Ж.Д. Уразова [2], где обоснованы технологические решения по отработке рудных тел системой



горизонтальных слоёв с закладкой выработанного пространства. Состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы золоторудных месторождений Узбекистана рассмотрены Х.А. Акбаровым [3], что позволяет определить геолого-технические особенности освоения подобных объектов.

Исследования напряжённого состояния горных пород на основе натуральных измерений представлены в работе Ф.М. Ариповой и соавторов [4], результаты которой послужили основой для последующего развития методов оценки напряжённо-деформированного состояния массива. Вопросы влияния сейсмотектонических процессов на устойчивость горных массивов и оценку геодинамической опасности рассмотрены Т.У. Артиковым и соавторами [5].

Современные подходы к обеспечению устойчивости горных выработок получили дальнейшее развитие в исследованиях А.Е. Балека и соавторов [6], где обоснован выбор оптимальной последовательности отработки рудных залежей в условиях высоких напряжений и пониженной прочности массива. Совершенствованию конструкций крепи и повышению устойчивости подземных выработок посвящена работа С.В. Балова и соавторов [7].

Отдельное направление исследований связано с совершенствованием методов крепления и управлением напряжённым состоянием массива в условиях шахты «Кызыл-Алма». В работах Г.Х. Бакирова и соавторов рассмотрены вопросы расчёта параметров арочной крепи, выбора конструкций крепления, распределения напряжений вокруг выработанного пространства, управления состоянием массива в зонах опорного давления и оценки работы металлических рамных крепей [9; 11; 12; 14; 15]. Полученные результаты имеют важное практическое значение для повышения устойчивости подземных выработок.

В последние годы широкое распространение получили методы численного моделирования геомеханических процессов. Так, И.Ю. Сохибов и соавторы [13] выполнили анализ расчётов горного давления в условиях месторождения «Кызыл-Алма» с использованием программного комплекса Examine 2D, подтвердив высокую эффективность метода конечных элементов при прогнозировании напряжённо-деформированного состояния массива. Исследования Yu G.N. и соавторов [10] также свидетельствуют о высокой эффективности современных методов компьютерного моделирования при обеспечении устойчивости подземных выработок в сейсмотектонически активных районах.

Проведённый анализ литературы показывает, что существующие исследования подробно раскрывают отдельные аспекты геомеханического состояния массива, совершенствования крепи и технологий разработки месторождений. Вместе с тем вопросы комплексной оценки перераспределения напряжений после отработки рудных тел небольших размеров в условиях центрального участка рудника «Кызыл-Алма» с использованием современных методов численного моделирования требуют дальнейшего исследования, что и определяет актуальность настоящей работы.

## МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Достижения многих отраслей промышленности неразрывно связаны с широким внедрением компьютерных технологий. В настоящее время ведутся интенсивные исследования и разрабатываются различные программные комплексы, предназначенные для анализа параметров геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород при ведении горных работ. К таким параметрам относятся напряжённо-деформированное состояние массива, смещения отдельных участков массива, развитие процессов деформирования горных пород вокруг горных выработок во времени, укрепление нарушенными породами, их взаимодействие и влияние на напряжённое состояние и смещение горных пород, а также воздействие горнотехнических работ на состояние массива [3].

Основным требованием при решении подобных задач является широкое применение компьютерных технологий и современных программных систем, позволяющих решать весьма сложные плоские и пространственные задачи горного давления с использованием метода конечных элементов, новых теорий устойчивости и усовершенствованных алгоритмов.

Вместе с тем существующие программные разработки сталкиваются с рядом существенных трудностей, связанных с вероятностным характером и недостаточной достоверностью исходных данных, необходимостью учёта сложной иерархической и неоднородной структуры массива, технологических особенностей строительства и эксплуатации шахт, а также их изменений во времени и пространстве [1].

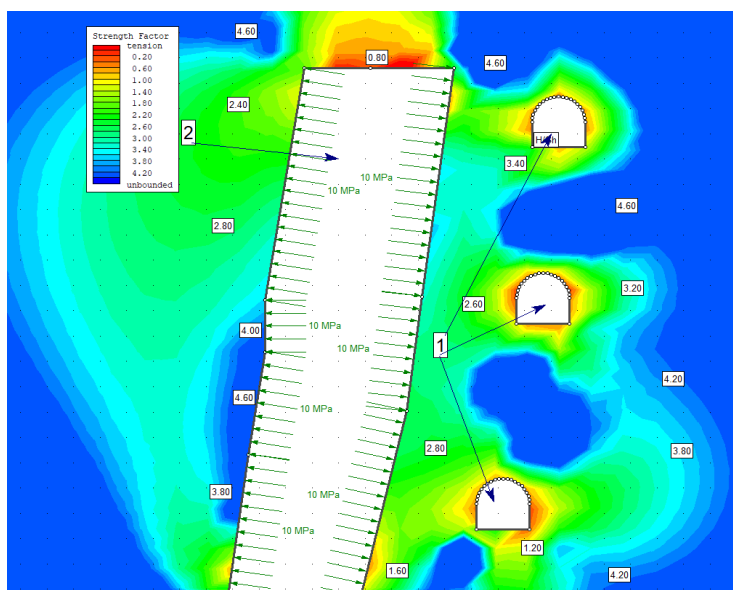
## АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ

В связи с этим построение реальных расчётных схем без применения специальных методов расчёта становится практически невозможным. Реализация таких расчётов осуществляется исключительно



с использованием компьютерных технологий. Среди указанных методов расчёта в первую очередь следует выделить метод конечных элементов (МКЭ) [2].

В процессе завершения горных работ на подэтажах горизонта +865, расположенного в рудном теле 10В месторождения «Кызыл-Алма», направления распределения напряжений  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  и  $\tau_m$  в окружающем массиве горных пород представлены на рисунке 1 (Рисунок 1).



**Рисунок 1. Перераспределение напряжений  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  и  $\tau_m$  в окружающем массиве горных пород после отработки рудного тела 10В месторождения «Кызыл-Алма»: 1 – подэтажные штреки; 2 – выработанное пространство после отработки рудного тела**

В массивах горных пород с высокой степенью деформации существует вероятность возникновения разрушений. Предварительное прогнозирование зон возможного разрушения в массиве горных пород, окружающем очистной блок, а также реализация соответствующих мероприятий позволяют обеспечить безопасное и непрерывное ведение горных работ.

С использованием программного комплекса CONSCIENCE (Examine 2D) установлено, что объём зоны разрушения вокруг очистного блока является относительно незначительным.

После построения геометрической модели необходимо задать начальные и граничные условия. При моделировании напряжённо-деформированного состояния (НДС) массивов горных пород, имеющих трещиноватость, их природная неоднородность принимается в виде массивов со следующими тремя типами трещиноватости:

- массив с параллельно ориентированными трещинами значительной протяжённости;
- массив с ярко выраженной блочной структурой;
- массив с системой трещин, имеющих неупорядоченное (хаотическое) направление.

При моделировании механических свойств массива горных пород на основе метода конечных элементов (МКЭ) требуется определение его прочностных и деформационных параметров. Указанные параметры определяются на основе усовершенствованного варианта основной методики критерия прочности Хука–Брауна (Ноек–Brown).

Для массива с системой параллельно ориентированных трещин упругие характеристики рассчитываются на основе следующих зависимостей. При этом отдельно рассматривается состояние открытых (несомкнутых) трещин.

Модуль упругости массива в вертикальном направлении:

$$E_v = \frac{E}{1 + \sum_{i=1}^n \mu_1 (1 - \sin^4 \theta_1)} \quad (1)$$

Модуль упругости массива в горизонтальном направлении:

$$E_v = \frac{E}{1 + \sum_{i=1}^n \mu_1 (1 - \cos^4 \theta_1)} \quad (2)$$

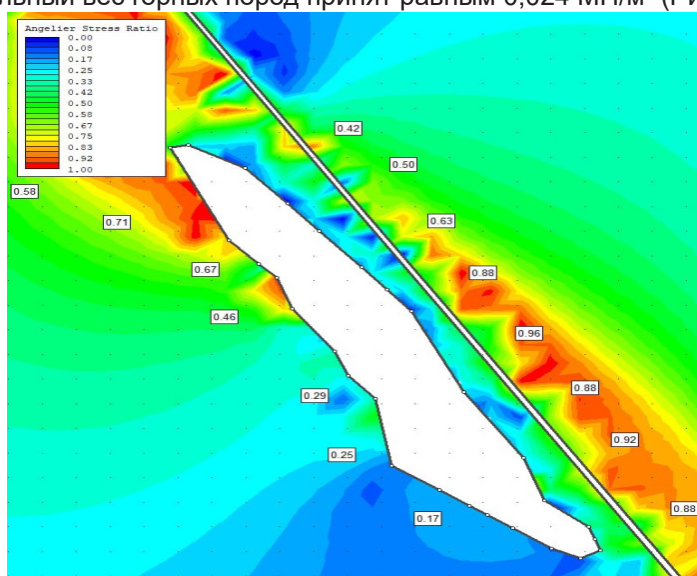
Коэффициент Пуассона:

$$v_1 = v + \sum_{i=1}^n \mu_i \cos^4 \theta_1 \sin^4 \theta_1 \quad (3)$$

где:  $\mu_i$  – геометрическая характеристика  $i$ -й системы трещин, отражающая ориентацию; плотность и особенности пространственного расположения трещин;  $\theta_1$  – угол внутреннего трения сыпучего материала;  $E$  и  $v$  – соответственно модуль упругости и коэффициент Пуассона пород, слагающих массив горных пород.

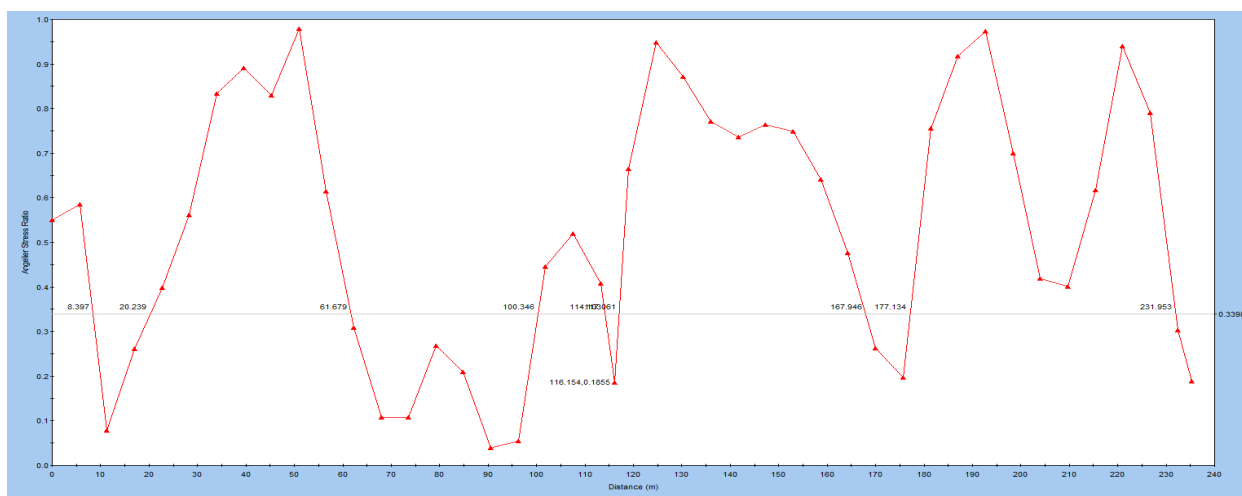
Результаты моделирования напряжённого состояния массива горных пород по горизонтальным напряжениям после отработки двух рудных тел небольших размеров, расположенных на горизонте +985 м центрального участка рудника «Кызыл-Алма», представлены на рисунке 2.

В процессе моделирования были приняты следующие механические характеристики рудного тела и вмещающих горных пород: объёмный вес горных пород  $\gamma = 0,022$  МН/м<sup>3</sup>; модуль Юнга для рудного тела  $E = 4900$  МПа, для вмещающих горных пород  $E = 5200$  МПа; коэффициент Пуассона руды – 0,26; удельный вес горных пород принят равным 0,024 МН/м<sup>3</sup> (Рисунок 2).



**Рисунок 2. Особенности формирования зон опорного давления и релаксации в массиве горных пород вблизи горной выработки после отработки рудных тел на горизонте +985 м рудника «Кызыл-Алма»: 1 – рудное тело 10-Б; 2 – транспортный штрек**

На рисунке 3 представлен график распределения горизонтальных напряжений  $\sigma_x$  вдоль транспортного штрека. Диапазон изменения горизонтальных напряжений представлен в виде коэффициента от 0 до 1, согласно которому он выражается зависимостью  $(0-1)\gamma H$ , где:  $\gamma$  – объёмный вес горных пород, залегающих выше рудного тела, кг/м<sup>3</sup>;  $H$  – расстояние до земной поверхности, м (Рисунок 3).



**Рисунок 3. График распределения напряжений, характеризующий формирование зон опорного давления**



## и релаксации в массиве горных пород вдоль горной выработки

На приведённом графике установлено возникновение локальной концентрации напряжений вблизи контура горной выработки и фронта очистных работ, в отдельных точках наблюдаются их максимальные значения. В результате установлено следующее: в интервалах 34–59 м, 122–162 м и 181–227 м относительно начальной координаты наблюдается резкое увеличение напряжений до 90 МПа, что свидетельствует о формировании в данных участках зон опорного давления. В то же время значения напряжений до 25 МПа отмечены в интервалах 12–24 м, 66–99 м и 160–180 м относительно начальной координаты, что указывает на формирование в этих участках частично разгруженных (разгрузочных) или релаксированных зон массива.

## ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Результаты моделирования напряжённого состояния в районе образующегося выработанного пространства при ведении горных работ на горизонте +985 м центрального участка рудника «Кызыл-Алма», а также в области транспортного штрека данного горизонта, показывают наличие следующих основных закономерностей перераспределения горизонтальных напряжений в массиве горных пород:

На боковой границе выработанного пространства со стороны расположения горной выработки, а также вблизи боковых стенок полевого штрека формируются зоны концентрации горизонтальных сжимающих напряжений. Данное явление объясняется перераспределением нагрузки под влиянием выработанного пространства и возникновением дополнительного поля сжатия в опорных частях массива.

В левой боковой части кровли горной выработки наблюдается увеличение вторичных главных напряжений. Повышение интенсивности напряжений в данных зонах оказывает непосредственное влияние на устойчивость конструктивных элементов и может приводить к формированию геомеханически неблагоприятных участков.

В угловой части, примыкающей к висячему боку рудного тела выработанного пространства, фиксируются максимальные значения тангенциальных напряжений (рисунок 2). Данный участок является локальным очагом концентрации напряжений и оценивается как зона с высокой вероятностью развития потенциальных деформационных процессов.

В кровле выработанного пространства зона воздействия растягивающих напряжений распространяется примерно до высоты 20–30 м. Это может создавать условия для развития трещинообразования и активизации системы трещин в вышележащих слоях.

Согласно результатам моделирования, величина растягивающих и сжимающих напряжений, формирующихся вблизи боковых стенок камеры, ниже соответствующих пределов прочности горных пород, что свидетельствует об относительно ограниченном риске резкого нарушения устойчивости на данных участках.

Использование установленных закономерностей формирования зон повышенных напряжений в дальнейшем позволит научно обоснованно разрабатывать геотехнологические схемы и оптимизировать параметры ведения горных работ при освоении участков, расположенных в пределах зон концентрации динамических проявлений.

Выявление и количественная оценка таких зон создают возможность заблаговременно прогнозировать напряжённо-деформированное состояние массива горных пород, определять потенциально опасные участки с повышенной вероятностью развития геомеханических и динамических явлений, а также учитывать особенности перераспределения напряжений при проектировании технологии отработки месторождения.

На основе полученных закономерностей могут быть обоснованы рациональные параметры систем разработки, последовательность и направление ведения очистных работ, размеры очистных пространств, параметры оставляемых целиков и мероприятия по управлению горным давлением. Кроме того, появляется возможность корректировки параметров крепления, схем поддержания горных выработок и мер по обеспечению устойчивости массива в условиях повышенной концентрации напряжений.

Применение данного подхода позволит повысить безопасность ведения горных работ, снизить вероятность возникновения динамических проявлений горного давления, обеспечить устойчивое состояние горных выработок и повысить эффективность освоения месторождения в сложных геомеханических условиях.

**Список использованной литературы:**

1. Абдурахманов Х.Х. Меликулов А.Д., Саямова К.Д., Гасанова.Н.Ю., Бакиров Г.Х. Геомеханические факторы повышения эффективности геотехнологий с учетом их ресурсопродуктивности и ресурсосбережения в современных рыночных условиях // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. – 2020. – № 1-2 (66). – С. 193-199.
2. **Акбаров Т.Г., Уразов Ж.Д.** Отработка месторождения Кызылалма системой разработки горизонтальными слоями с закладкой выработанного пространства // **Горный вестник Узбекистана, 2011.** – № 3. – С. 39-42.
3. **Акбаров Х.А.** **Состояние, проблемы и пути расширения минерально-сырьевой базы золота Узбекистана** // **Горный вестник Узбекистана, 2014.** – № 3. – С. 47-56.
4. Арипова Ф.М., Каримов Н.Т., Иноятлов М.Ф., Тажидбаев А.А. Некоторые результаты измерений напряженного состояния горных пород в массиве // *Узбекский геологический журнал.* – 1975. – №3. – С. 59–61.
5. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Ибрагимов Т.Л., Мирзаев М.А. Модели макросейсмического поля землетрясений Центральной Азии и их влияние на результирующие оценки сейсмической опасности // *Геодинамика и тектонофизика.* – 2020. – Т. 11. – № 3. – С. 606-623. DOI: 10.5800/GT-2020-11-3-0494
6. Балек А.Е., Харисов Т.Ф., Авдеев А.Н., Харисова О.Д. Обоснование оптимального порядка отработки рудной залежи в условиях высоких напряжений и низкой прочности массива // *Известия вузов. Горный журнал.* – 2023. – № 3. – С. 55–65. DOI: 10.21440/0536-1028-2023-3-55-65
7. Балов С.В., Борщевский С.В., Капран Л.Н., Мельников С.А. Совершенствование элементов конструкции крепи, повышающих устойчивость горных выработок // *Известия ТулГУ. Науки о Земле.* – 2025. – Вып. 1. – С. 443-452.
8. Меликулов А. Д. и др. Статья. Геомеханические факторы повышения эффективности геотехнологий с учетом их ресурсопродуктивности и ресурсосбережения в современных рыночных условиях // *Журнал «Проблемы энерго-и ресурсосбережения.* – 2019. – №. 3. – С. 52-63.
9. Бакиров Г. Х. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ АРОЧНОЙ КРЕПИ ОТКАТОЧНОГО ШТРЕКА В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ «КЫЗЫЛ-АЛМА» // *Universum: технические науки.* – 2022. – №. 8-1 (101). – С. 62-66.
10. Yu G. N. et al. MAINTENANCE OF UNDERGROUND MINING DEVELOPMENTS IN SEISMIC-TECTONIC ACTIVE AREAS // *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences.* – 2022. – №. 5-6. – С. 26-36.
11. Bakirov G. et al. METALL ROMLI MUSTAHKAMLAGICH EGILUVCHAN QISMINING ISH SHAROITLARINI BAHOLASH VA UNING REJIMINI BOSHQARISH // *Sanoatda raqamli texnologiyalar/Цифровые технологии в промышленности.* – 2023. – Т. 1. – №. 1. – С. 64-70.
12. Бакиров Г. Х. и др. ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИИ И ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КРЕПИ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК // *IJODKOR O'QITUVCHI.* – 2023. – Т. 3. – №. 33. – С. 162-167.
13. Sohibov I. Y. et al. "QIZIL-OLMA" KONI SHAROITIDA KON LAHIMLARIDAGI KON BOSIMINI EXAMINE 2D KOMPYUTER DASTURIDA HISOBLASH ISHLARINING TAHLILI // *Finland International Scientific Journal of Education, Social Science & Humanities.* – 2023. – Т. 11. – №. 5. – С. 2414-2424.
14. Бакиров Г. Х. УПРАВЛЕНИЕ СОСТОЯНИЕМ МАССИВА В ЗОНАХ ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ СИСТЕМАХ С ОБРУШЕНИЕМ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД // *European Journal of Interdisciplinary Research and Development.* – 2022. – Т. 3. – С. 9-13.
15. Бакиров Г. Х. Распределение напряжений вокруг выработанного пространства // *Экономика и социум.* – 2021. – №. 12-1 (91). – С. 827-832.
16. Меликулов А. Д. и др. Факторы обеспечения длительной устойчивости и безопасности подземных горных выработок шахт и рудников в условиях проявления тектонических процессов // *Вопросы науки и образования.* – 2019. – №. 19 (66). – С. 7-17.

# **muhandislik** **& iqtisodiyot**

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,  
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

**Ingliz tili muharriri:** Feruz Hakimov

**Musahhih:** Zokir Alibekov

**Sahifalovchi va dizayner:** Abdurahmon Qurbonov

---

**2026. № 7**

---

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar ma'sul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelmasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

"Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali 26.06.2023-yildan  
O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi  
Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan  
№S-5669245 reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan.  
**Litsenziya raqami: №095310.**

**Manzilimiz: Toshkent shahri Yunusobod  
tumani 15-mavze 19-uy**





+998 93 718 40 07



<https://muhandislik-iqtisodiyot.uz/index.php/journal>



[t.me/yait\\_2100](https://t.me/yait_2100)