

**8D07202 – Тау-кен ісі мамандығы бойынша философия докторы (PhD)
дәрежесін алу үшін диссертацияға
АҢДАТПА**

САЛКЫНОВ АРНАТ ТУРСЫНБЕКУЛЫ

**«ГЕОЛОГИЯЛЫҚ БҰЗЫЛУ АЙМАҚТАРЫНДА ҚАЛҒАН
ҚОРЛАРДЫ ИГЕРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ГЕОМЕХАНИКАЛЫҚ
НЕГІЗДЕМЕСІ»**

Диссертациялық жұмыс геологиялық бұзылу аймақтарында орналасқан және әртүрлі геологиялық, геомеханикалық және технологиялық себептерге байланысты бұрын өндірілмей қалған кен қорларын қауіпсіз әрі тиімді игерудің геомеханикалық негіздерін әзірлеуге арналған.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі қазіргі кезеңде минералдық-шикізат базасын толықтырудың қиындауы, кен орындарының терең қабаттарға ауысуы және қолданыстағы кен орындарындағы қорларды барынша толық игеру қажеттілігімен анықталады. Қазақстан Республикасында тау-кен өнеркәсібі ұлттық экономиканың стратегиялық салаларының бірі болып табылады. Соңғы жылдары геологиялық барлау жұмыстарының көлемі ұлғайып, пайдалы қазбаларды өндіруге бағытталған инвестициялар көлемі тұрақты түрде өсуде. Сонымен қатар кен орындарының басым бөлігі ұзақ уақыт бойы игеріліп келе жатқандықтан, өндірілетін қорлардың құрылымы өзгеріп, күрделі тау-геологиялық жағдайларда орналасқан қорлардың үлесі артып келеді.

Геологиялық бұзылу аймақтарында орналасқан кен қорларын игеру кезінде тау жыныстары массивінің кернеулі-деформациялық күйі күрделі өзгерістерге ұшырайды. Тау-кен қазбаларын жүргізу нәтижесінде табиғи тепе-теңдік бұзылып, тау жыныстарының деформациялануы, жарықшақтануы, опырылуы және тау қысымының қайта бөлінуі сияқты геомеханикалық процестер дамиды. Мұндай жағдайлар өндірістік қауіпсіздік деңгейінің төмендеуіне, кен жоғалымының артуына және кеннің құнарсыздануына алып келеді. Сондықтан геологиялық бұзылу аймақтарында орналасқан кен қорларын игерудің ғылыми негізделген технологияларын әзірлеу тау-кен ғылымының маңызды бағыттарының бірі болып табылады.

Диссертациялық зерттеу Жезқазған кен орны жағдайында орындалды. Зерттеу нысаны ретінде құлама бұрышы 20–35° болатын көлбеу кен денелері алынды. Зерттеу пәні – камералы-бағаналы қазу жүйесінің құрылымдық

элементтері мен параметрлерінің тау жыныстары массивінің кернеулі-деформациялық күйіне әсерін зерттеу болып табылады.

Жұмыстың мақсаты – құлама бұрышы $20\text{--}35^\circ$ болатын кен денелерін игеру кезіндегі тау жыныстары массивінің кернеулі-деформациялық күйінің камерааралық кентіректер мен кен шоғыры параметрлеріне байланысты өзгеру заңдылықтарын анықтау және олардың негізінде геологиялық бұзылу аймақтарында қалған кен қорларын қауіпсіз әрі тиімді игерудің технологиялық шешімдерін әзірлеу.

Қойылған мақсатқа сәйкес келесі міндеттер шешілді:

- кен орнының геологиялық, тектоникалық және геомеханикалық ерекшеліктерін зерттеу;
- тау жыныстарының беріктік қасиеттері мен олардың тереңдікке байланысты өзгеру заңдылықтарын анықтау;
- терең қабаттардағы тау қысымының әсерін сандық модельдеу;
- камералы-бағаналы қазу жүйесінің параметрлерін жетілдіру;
- зерттеу нәтижелерін өндірістік жағдайларда сынақтан өткізу және өндіріске енгізу.

Зерттеу барысында әдебиеттерге талдау жасау, өндірістік бақылау, геомеханикалық мониторинг, математикалық статистика және сандық модельдеу әдістері пайдаланылды. Геомеханикалық процестерді зерттеу PRESS 3D URAL және FIDESIS бағдарламалық кешендерінің көмегімен жүзеге асырылды.

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде құлама бұрышы $20\text{--}35^\circ$ болатын көлбеу кен денелерін игеру кезінде камерааралық кентіректер мен тазалау камераларының параметрлері мен тау жыныстары массивінің кернеулі-деформациялық күйі арасында сызықтық тәуелділік бар екендігі анықталды. Сандық модельдеу нәтижелері камерааралық кентіректердің төменгі бөлігінің пішінін өзгерту арқылы кентірек түбінде тіреуіш кертпе қалыптастыру ең жоғары созылу және сығылу кернеулерін төмендетуге мүмкіндік беретіндігін көрсетті. Бұл өз кезегінде кентіректің жүк көтергіштік қабілетін арттырып, оның орнықтылығын қамтамасыз етеді.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы төмендегідей нәтижелермен сипатталады:

- камерааралық кентіректердің жаңа пішіні ұсынылды;
- құлама бұрышы $20\text{--}35^\circ$ болатын кен денелерін камералы-бағаналы жүйемен игерудің жетілдірілген технологиясы әзірленді;
- камерааралық кентіректердің көтергіштік қабілетін арттырудың геомеханикалық заңдылықтары анықталды;
- байыту фабрикасының қалдықтары негізінде жарықшақталған тау жыныстарын бекітуге арналған жаңа бүрікпобетондық қоспа жасалды;

– геологиялық бұзылу аймақтарында қалған қорларды игерудің қауіпсіз параметрлері негізделді.

Қорғауға ұсынылатын негізгі ғылыми қағидалар:

1. Құлама бұрышы $20\text{--}35^\circ$ болатын кен денелерін игеру кезінде камерааралық кентіректердің параметрлері мен тау жыныстары массивінің кернеулі-деформациялық күйі арасында сызықтық тәуелділік бар.
2. Камерааралық кентіректердің пішінін өзгерту максималды шоғырланған кернеулердің төмендеуіне және олардың орнықтылығының артуына алып келеді.
3. Кентіректің төменгі бөлігінде тіреуіш кертпе қалыптастыру кен қорларын қауіпсіз өндіруге және кен жоғалымын 3 %-дан асырмауға мүмкіндік береді.

Зерттеудің практикалық маңыздылығы ұсынылған технологиялық шешімдердің нақты өндірістік жағдайда енгізілуімен расталады. Өзірленген технология Жезқазған кенорнында өндіріске енгізіліп, оның тиімділігі өндірістік сынақтар барысында дәлелденді. Сонымен қатар зерттеу нәтижелері Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің оқу үдерісіне енгізілді.

Диссертациялық жұмыс нәтижелері «Қазақмыс Корпорациясы» ЖШС техникалық кеңесінде және Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігі Өнеркәсіптік қауіпсіздік комитетінің жұмыс топтарында баяндалып, оң бағаланды. Камерааралық кентіректердің орнықтылығын арттыруға арналған технологиялық шешімдер Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігі Өнеркәсіптік қауіпсіздік комитетінің жұмыс тобының шешімімен өндіріске енгізуге ұсынылды.

Зерттеу барысында өндірістік қалдықтарды қайта пайдалану арқылы жаңа бүрікпелі бетондық ерітінді әзірленді. Бұл шешім тау-кен қазбаларының орнықтылығын арттырып қана қоймай, өндірістік қалдықтарды қайта өңдеуге мүмкіндік береді және Қазақстан Республикасының «Жасыл Қазақстан» саясатының мақсаттарына сәйкес келеді.

Диссертация нәтижелері бойынша 3 мақала Scopus халықаралық дерекқорына енгізілген журналдарда, 1 мақала ҚР ҒЖБМ ұсынған ғылыми басылымда, 3 баяндама халықаралық ғылыми-практикалық конференциялар материалдарында жарияланған және 1 авторлық құқық куәлігі алынған.

Алынған нәтижелердің дәйектілігі мен сенімділігі өндірістік жағдайда жүргізілген зерттеулердің жеткілікті көлемімен, математикалық өңдеумен, сандық модельдеу нәтижелерімен және өндірістік енгізу актілерімен расталады. Зерттеу «Қазақмыс Корпорациясы» үшін орындалған

№AGR.2022.0039.02.03 ғылыми-зерттеу жұмысы аясында жүзеге асырылып, оның нәтижелері 2020–2023 жылдардағы ғылыми есептерге енгізілді.

Осылайша, диссертациялық жұмыста геологиялық бұзылу аймақтарында қалған қорларды игерудің жаңа технологиялық шешімдері ғылыми негізделіп, олардың өнеркәсіптік қауіпсіздік пен кен өндіру тиімділігін арттырудағы жоғары тиімділігі дәлелденді.

АННОТАЦИЯ

**диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по
специальности: 8D07202 – «Горного дело».**

САЛКЫНОВ АРНАТ ТУРСЫНБЕКУЛЫ

«ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ ЗАПАСОВ, ОСТАВШИХСЯ В ЗОНАХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ»

Диссертационная работа посвящена разработке геомеханических основ безопасной и эффективной отработки запасов руды, оставшихся в зонах геологических нарушений вследствие различных геологических, геомеханических и технологических факторов.

Актуальность исследования обусловлена усложнением воспроизводства минерально-сырьевой базы, переходом горных работ на более глубокие горизонты и необходимостью более полного извлечения запасов на действующих месторождениях. Горнодобывающая промышленность является одной из стратегически важных отраслей экономики Республики Казахстан. В последние годы наблюдается устойчивый рост объемов геологоразведочных работ и инвестиций, направляемых на освоение месторождений полезных ископаемых. Вместе с тем длительная эксплуатация месторождений приводит к изменению структуры запасов, вследствие чего возрастает доля трудноизвлекаемых запасов, расположенных в сложных горно-геологических условиях.

При разработке запасов, расположенных в зонах геологических нарушений, напряженно-деформированное состояние массива горных пород существенно изменяется. Проведение горных выработок нарушает естественное равновесие массива, вызывая деформации, трещинообразование, обрушения и перераспределение горного давления. Указанные процессы приводят к снижению уровня промышленной безопасности, увеличению потерь руды и ее разубоживанию. В связи с этим разработка научно обоснованных технологий освоения запасов, расположенных в зонах геологических нарушений, является одной из актуальных задач современной горной науки.

Исследования выполнены применительно к условиям Жезказганского месторождения. Объектом исследования являются наклонные рудные тела с углом падения от 20 до 35°. Предметом исследования являются структурные

элементы и параметры камерно-столбовой системы разработки, оказывающие влияние на напряженно-деформированное состояние массива горных пород.

Целью работы является установление закономерностей изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород в зависимости от параметров междукammerных целиков и рудных залежей при разработке рудных тел с углом падения $20\text{--}35^\circ$, а также разработка технологических решений для безопасной и эффективной отработки запасов, оставшихся в зонах геологических нарушений.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- исследованы геологические, тектонические и геомеханические особенности месторождения;
- определены закономерности изменения прочностных свойств горных пород с глубиной;
- выполнено численное моделирование влияния горного давления на глубоких горизонтах;
- усовершенствованы параметры камерно-столбовой системы разработки;
- проведена производственная апробация и внедрение результатов исследования.

В процессе исследования использованы методы анализа научной литературы, производственных наблюдений, геомеханического мониторинга, математической статистики и численного моделирования. Исследование геомеханических процессов выполнено с использованием программных комплексов PRESS 3D URAL и FIDESIS.

Установлено наличие линейной зависимости между параметрами междукammerных целиков, очистных камер и напряженно-деформированным состоянием массива горных пород при разработке наклонных рудных тел с углом падения $20\text{--}35^\circ$. Результаты численного моделирования показали, что изменение формы нижней части междукammerного целика с формированием опорной выемки позволяет снизить максимальные растягивающие и сжимающие напряжения. Это способствует увеличению несущей способности и устойчивости междукammerных целиков.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

- предложена новая форма междукammerного целика;
- разработана усовершенствованная технология разработки наклонных рудных тел с углом падения $20\text{--}35^\circ$ камерно-столбовой системой;
- установлены геомеханические закономерности повышения несущей способности междукammerных целиков;

- разработан новый состав торкрет-бетонной смеси на основе отходов обогатительной фабрики для закрепления трещиноватых пород;
- обоснованы безопасные параметры отработки запасов в зонах геологических нарушений.

На защиту выносятся следующие научные положения:

1. Между параметрами междокамерных целиков и напряженно-деформированным состоянием массива горных пород существует линейная зависимость при разработке рудных тел с углом падения 20–35°.
2. Изменение формы междокамерных целиков приводит к снижению максимальных концентраций напряжений и повышению их устойчивости.
3. Формирование опорной выемки в нижней части целика обеспечивает безопасную отработку запасов и позволяет ограничить потери руды уровнем не более 3 %.

Практическая значимость исследования подтверждается внедрением разработанных технологических решений в производственных условиях. Разработанная технология внедрена на Жезказганском месторождении и доказала свою эффективность в ходе производственных испытаний. Кроме того, результаты исследования внедрены в учебный процесс Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова.

Основные результаты диссертационной работы были рассмотрены и одобрены на техническом совете ТОО «Корпорация Казахмыс», а также на заседаниях рабочих групп Комитета промышленной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан. Разработанные технологические решения по повышению устойчивости междокамерных целиков рекомендованы к промышленному внедрению.

В ходе исследования разработан новый состав торкрет-бетонного раствора на основе переработки промышленных отходов. Данное решение позволяет не только повысить устойчивость горных выработок, но и обеспечить повторное использование отходов производства в соответствии с принципами экологической политики Республики Казахстан «Зеленый Казахстан».

По результатам диссертационного исследования опубликованы 3 статьи в международных журналах, индексируемых в базе данных Scopus, 1 статья в научном издании, рекомендованном Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК, 3 доклада в материалах международных научно-практических конференций, а также получено 1 свидетельство о государственной регистрации объекта авторского права.

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждаются достаточным объемом производственных исследований,

математической обработкой данных, результатами численного моделирования и актами внедрения в производство. Исследование выполнено в рамках научно-исследовательской работы № AGR.2022.0039.02.03 для ТОО «Корпорация Казахмыс», а его результаты включены в научно-технические отчеты за 2020–2023 годы.

Таким образом, в диссертационной работе научно обоснованы новые технологические решения по отработке запасов, расположенных в зонах геологических нарушений, и доказана их высокая эффективность в обеспечении промышленной безопасности и повышении эффективности горных работ.

ABSTRACT

PhD Dissertation in the Specialty: 8D07202 – Mining.

SALKYNOV ARNAT TURSYNBEKULY

GEOMECHANICAL SUBSTANTIATION OF THE TECHNOLOGY OF DEVELOPING RESERVES REMAINING IN THE ZONES OF GEOLOGICAL DISTURBANCES

The dissertation is devoted to the development of geomechanical principles for the safe and efficient extraction of ore reserves remaining within geological disturbance zones due to various geological, geomechanical, and technological factors.

The relevance of the research is determined by the increasing complexity of replenishing the mineral resource base, the transition of mining operations to deeper horizons, and the necessity for more complete extraction of reserves from operating deposits. The mining industry is one of the strategically important sectors of the economy of the Republic of Kazakhstan. In recent years, the volume of geological exploration activities and investments directed toward the development of mineral resources has steadily increased. At the same time, long-term exploitation of deposits has led to changes in the structure of mineral reserves, resulting in a growing proportion of difficult-to-extract reserves located under complex mining and geological conditions.

The extraction of reserves located within geological disturbance zones is accompanied by significant changes in the stress-strain state of the rock mass. Mining operations disturb the natural equilibrium of the rock mass, causing deformation, fracturing, rock failure, and redistribution of mining-induced stresses. These processes result in reduced industrial safety, increased ore losses, and higher ore dilution. Therefore, the development of scientifically substantiated technologies for mining reserves located within geological disturbance zones is one of the most important challenges in modern mining science.

The research was carried out under the conditions of the Zhezkazgan deposit. The object of the study is represented by inclined ore bodies with dip angles ranging

from 20° to 35°. The subject of the research is the influence of structural elements and parameters of the room-and-pillar mining system on the stress-strain state of the surrounding rock mass.

The main objective of the dissertation is to determine the regularities governing changes in the stress-strain state of the rock mass depending on the parameters of inter-chamber pillars and ore blocks during the extraction of inclined ore bodies with dip angles of 20–35°, and on this basis to develop technological solutions for the safe and efficient mining of reserves remaining within geological disturbance zones.

To achieve this objective, the following tasks were completed:

- investigation of the geological, tectonic, and geomechanical characteristics of the deposit;
- determination of the variation patterns of rock strength properties with depth;
- numerical simulation of mining pressure effects at deep horizons;
- improvement of the parameters of the room-and-pillar mining system;
- industrial testing and implementation of the obtained research results.

The research methodology included scientific literature analysis, field observations, geomechanical monitoring, mathematical statistics, and numerical modeling techniques. Geomechanical processes were investigated using the PRESS 3D URAL and FIDESIS software packages.

The results demonstrated that a linear relationship exists between the parameters of inter-chamber pillars, mining chambers, and the stress-strain state of the rock mass during the extraction of inclined ore bodies with dip angles ranging from 20° to 35°. Numerical modeling showed that modifying the lower part of an inter-chamber pillar by creating a supporting notch reduces maximum tensile and compressive stresses. As a result, the load-bearing capacity and stability of the pillars are significantly improved.

The scientific novelty of the research is reflected in the following achievements:

- a new geometry of inter-chamber pillars has been proposed;

- an improved room-and-pillar mining technology for inclined ore bodies with dip angles of 20–35° has been developed;
- geomechanical regularities governing the enhancement of pillar load-bearing capacity have been established;
- a new shotcrete mixture based on processing plant waste has been developed for strengthening fractured rock masses;
- safe mining parameters for reserves located within geological disturbance zones have been substantiated.

The following scientific provisions are submitted for defense:

1. A linear relationship exists between the parameters of inter-chamber pillars and the stress-strain state of the rock mass during the extraction of ore bodies with dip angles of 20–35°.
2. Modification of pillar geometry reduces maximum stress concentrations and increases pillar stability.
3. The formation of a supporting notch in the lower part of the pillar ensures safe extraction of ore reserves and limits ore losses to no more than 3%.

The practical significance of the research is confirmed by the implementation of the developed technological solutions under industrial conditions. The proposed technology has been implemented at the Zhezkazgan deposit and has demonstrated its effectiveness through industrial testing. Furthermore, the research results have been incorporated into the educational process of Abylkas Saginov Karaganda Technical University.

The main results of the dissertation were presented and positively evaluated by the Technical Council of Kazakhmys Corporation LLP and by the working groups of the Industrial Safety Committee of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan. The developed technological solutions aimed at increasing the stability of inter-chamber pillars were recommended for industrial implementation.

During the course of the research, a new shotcrete composition based on the reuse of industrial waste was developed. This solution not only improves the stability of underground excavations but also contributes to waste recycling and supports the environmental objectives of Kazakhstan's "Green Kazakhstan" policy.

The results of the dissertation have been published in three papers in Scopus-indexed international journals, one paper in a journal recommended by the Committee for Quality Assurance in Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan, three papers in international scientific conference proceedings, and one copyright registration certificate has been obtained. [OBJ]

The reliability and validity of the obtained results are confirmed by the substantial volume of field investigations, mathematical processing of data, numerical modeling results, and successful implementation in industrial practice. The research was carried out within the framework of Research Project No. AGR.2022.0039.02.03 for Kazakhmys Corporation LLP, and its results were included in scientific and technical reports for 2020–2023.

Thus, the dissertation scientifically substantiates new technological solutions for the extraction of reserves located within geological disturbance zones and demonstrates their high efficiency in improving industrial safety and enhancing mining performance.