

**Институт геомеханики и освоения недр
Национальной академии наук Кыргызской Республики
Жалал-Абадский государственный университет
им. Б. Осмонова**

Диссертационный совет Д 25.21.643

На правах рукописи

УДК 622.7.09

Абдиев Арстанбек Раимбекович

**ОЦЕНКА ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОРОДНЫХ
МАССИВОВ СТРУКТУРНО-НЕОДНОРОДНЫХ РУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Специальность: 25.00.20 – геомеханика, разрушение пород взрывом, рудничная
аэрогазодинамика и горная теплофизика

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени доктора технических наук

Бишкек-2022

Работа выполнена на кафедре Физических процессов горного производства Кыргызско-Российского Славянского Университета имени первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина

Научный консультант: **Кожогулов Камчибек Чонмурунович**
доктор технических наук, профессор, академик НАН КР, директор Института геомеханики и освоения недр НАН КР.

Официальные оппоненты: **Рассказов Игорь Юрьевич**
доктор технических наук, член-корреспондент РАН, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровский Федеральный исследовательский центр ДВО РАН (г. Хабаровск, Россия);

Турсбеков Серик Вахитович
доктор технических наук, и.о. профессора кафедры Маркшейдерского дела и геодезии Казахского национального исследовательского технического университета им. К. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан);

Баймахан Рысбек Баймаханулы
доктор технических наук, профессор кафедры Информатики и прикладной математики Казахского национального женского педагогического университета (г. Алматы, Казахстан).

Ведущая организация: Институт горного дела им. Д.А. Кунаева Национального Центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан, г. Алматы, 050000, пр. Абая 191.

Защита диссертации состоится «28» ноября 2022 года в 14 ⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 25.21.643 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора (кандидата) технических наук при Институте геомеханики и освоения недр Национальной академии наук Кыргызской Республики и Жалал-Абадском государственном университете по адресу: 720055, г. Бишкек, ул. Медерова, 98, конференц-зал. Идентификационный код онлайн трансляции защиты диссертации: https://vc.vak.kg/b/d_2-hmf-vbw-rjf.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках Института геомеханики и освоения недр Национальной академии наук Кыргызской Республики (720055, г. Бишкек, ул. Медерова, 98) и ЖалалАбадского государственного университета (715600, г. ЖалалАбад, ул. Ленина, 57) и на сайте Института <https://igion.megaline.kg/> и сайте НАК КР <http://vak.kg/>.

Автореферат разослан 27 октября 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.ф.-м.н, доцент



Исаева Г.С.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Увеличение масштабов горного производства в мире сопряжено с необходимостью учета геомеханического состояния породных массивов: структурных особенностей; физико-механических свойств пород, слагающих массив; естественного напряженно-деформированного состояния; удароопасности пород и участков, при безопасной разработке месторождений полезных ископаемых.

Затрагиваемый практикой горных работ круг проблем и задач для освоения месторождений полезных ископаемых, с целью обеспечения безопасности и эффективности недропользования, должен начинаться с учета сложности геологического строения. При этом наименее изученными являются массивы структурно-неоднородного строения.

Кроме того, одной из важных проблем в горно-геологической отрасли в Кыргызстане также является проблема обеспечения эффективного прогноза напряженно-деформированного состояния осваиваемого объекта. Прогноз должен быть многоуровневым и многопараметровым, основываться на достаточном количестве фактов и корректной их обработке. В настоящее время, при наличии эффективных разработок в области теоретических и практических вопросов оценки и прогнозирования, для решения этой проблемы традиционных подходов недостаточно, а оперативные и информативные способы оценки геомеханического состояния массивов структурно-неоднородных рудных месторождений до сих пор не разработаны. Требуется привлечение новых идей и новых методологий. В настоящей работе используется комплексный способ оценки одного из важных характеристик обрабатываемого месторождения – геомеханического состояния породного массива. Его своевременная оценка и прогнозирование необходимы для обеспечения устойчивой и безопасной работы предприятия.

Таким образом, с учетом данных обобщения важнейших достижений в области геомеханики, разработка оперативного и информативного комплексного способа оценки геомеханического состояния породных массивов структурно-неоднородных рудных месторождений, и обеспечения устойчивости горных выработок при ведении горных работ представляет собой актуальную и крупную научную и техническую проблему, и имеет важное народнохозяйственное значение. Решению ее и посвящена диссертационная работа.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ КРСУ им. Первого Президента РФ Б.Н. Ельцина по темам: 1. «Геомеханическое обеспечение горных работ в условиях высокогорья» (№ госрегистрации КР-01, 2000–2009 гг.); 2. «Разработка методических

положений по учету тектонических напряжений при ведении горных работ в условиях Тянь-Шаня» (№ госрегистрации КР-01, 2010–2018 гг.).

Целью диссертационной работы является создание научных основ и разработка способов оценки и контроля геомеханического состояния нетронутых массивов и при ведении горных работ в структурно-неоднородных рудных месторождениях для повышения их эффективности и безопасности освоения.

Для реализации поставленной цели в диссертационной работе определены следующие основные задачи:

1. Установление особенностей напряженно-деформированного состояния массивов структурно-неоднородных рудных месторождений.
2. Определение взаимосвязи свойств и напряженно-деформированного состояния массивов структурно-неоднородных рудных месторождений.
3. Разработка способа прогнозирования напряженно-деформированного состояния в структурно-неоднородных массивах.
4. Разработка геомеханической модели напряженно-деформированного состояния структурно-неоднородных массивов рудных месторождений.
5. Установление зоны локальных концентраций напряженно-деформированного состояния участков структурно-неоднородных массивов, которые могут быть потенциальными очагами проявления горных ударов.
6. Обоснование и разработка комплексного способа оценки геомеханического состояния структурно-неоднородных массивов месторождений.
7. Разработка способа определения и контроля устойчивости структурно-неоднородного массива незакрепленной горной выработки.
8. Создание способа крепления горных выработок в условиях неустойчивых пород структурно-неоднородных массивов.

Научная новизна работы состоит в следующем:

1. Выявлены основные черты напряженно-деформированного состояния массивов структурно-неоднородных рудных месторождений, **включающиеся** в установлении взаимосвязи свойств и напряженно-деформированного состояния массивов структурно-неоднородных рудных месторождений.
2. Разработан способ прогнозирования напряженно-деформированного состояния в структурно-неоднородных массивах, **включающийся** в том, что с целью получения информации о состоянии массива как в плане, так и на глубину, для проектирования и планирования горных работ, - учитываются геологические характеристики структурно-неоднородной среды, разрывы сплошности, степень ослабления прочности массива, рельеф поверхности.
3. Разработана геомеханическая модель напряженно-деформированного состояния структурно-неоднородных массивов рудных месторождений,

закключающаяся в том, что, с целью получения параметров локальных природных зон концентраций напряженно-деформированного состояния структурно-неоднородных массивов, являющихся очагами проявления горных ударов, - учитываются структурно-механические особенности месторождения, иерархия и параметры тектонических нарушений, и природные локальные концентраторы напряжений вокруг них.

4. Установлены зоны природных концентраций напряжений в структурно-неоднородных массивах на базе изучения структурного строения, направления тектонических нарушений, удароопасности пород, действующих и остаточных напряжений, являющихся потенциальными очагами горных ударов.

5. Обоснован и разработан комплексный способ оценки геомеханического состояния массивов структурно-неоднородных рудных месторождений, **закключающийся** в том, что, учитываются совокупность показателей характеризующих уровень развития геомеханических процессов деформирования, перераспределения напряжений и разрушения протекающих в геологической истории месторождения: структурно-механические особенности; наличие тектонических разломов и их иерархия; рельеф; физико-механические свойства пород, слагающих массив; естественное напряженно-деформированное состояние; конфигурация и размер подземных выработок; ожидаемая форма проявления негативного геомеханического процесса; экологические требования (Патент №2238 КР, МПК E21C 39/00. Способ оценки геомеханического состояния породного массива высокогорных месторождений. – 2020 г.).

6. Разработан способ определения и контроля устойчивости структурно-неоднородных массивов вокруг горных выработок, **закключающийся** в том, что, с целью повышения устойчивости породного массива незакрепленной горной выработки учитываются три категории устойчивости: «массив устойчив», «массив устойчив, но с небольшим запасом» и «массив не устойчив» по графикам распределения акустических модулей в вертикальной и горизонтальной плоскостях в зонах «пониженных», «естественных» и «повышенных» напряжений построенных через измерения скоростей продольных и поперечных волн ультразвуковым способом (Патент №2150 КР, МПК E21C 39/00. Способ определения и контроля устойчивости породного массива незакрепленной горной выработки. – 2019 г.).

7. Разработан способ крепления горных выработок в условиях неустойчивых пород структурно-неоднородных массивов под воздействием напряжений, **закключающийся** в том, что с целью обеспечения безопасности горного производства и снижения расходов на крепление горных выработок, – на основе моделирования напряженно-деформированного состояния структурно-неоднородного породного массива и степени ее устойчивости, разрабатывается паспорт крепления и предложен новый подход к обоснованию

эффективной конструкции крепи путем сопоставления затрат, включающий динамическое моделирование.

Практическая значимость полученных результатов. Результаты диссертационной работы используются в практике проектирования ОсОО «Азиярудпроект», вошли в разделы «Геомеханика», «Проведение горных выработок», «Крепление горных выработок», «Проведение капитальных, подготовительных и очистных работ» проектов геологоразведочных работ и разработки рудных месторождений Кыргызстана, в практику ведения буровзрывных работ ОсОО «Взрывпром компани», вошли в разделы «Характеристики пород», «Параметры буровзрывных работ» и «Основные показатели буровзрывных работ» паспортов буровзрывных работ при разработке месторождений, в монографии, научные статьи, учебники и учебные пособия используемых в процессе обучения студентов Кыргызско-Российского Славянского университета им. Б.Н. Ельцина, Кыргызского государственного университета геологии, горного дела и освоения природных ресурсов им. акад. У. Асаналиева по дисциплинам «Геомеханика», «Геомеханические процессы в породных массивах», «Геомеханическое обеспечение горных работ», «Физика горных пород», «Управление состоянием массива горных пород», а также при выполнении студентами курсовых и дипломных проектов. Документы, подтверждающие практическое применение и акты внедрения, имеются.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Установленные взаимосвязи свойств и напряженно-деформированного состояния структурно-неоднородных массивов месторождений, позволяют определять не только зависимости упругих характеристик от давления и глубины, но и объясняют картину распределения абсолютных и относительных напряжений в массиве вокруг горных выработок.

2. Для прогнозирования напряженно-деформированного состояния структурно-неоднородных массивов рудных месторождений, необходимо построить прогнозные карты месторождений и тектонические модели структуры месторождений.

3. Разработанная геомеханическая модель напряженно-деформированного состояния структурно-неоднородных массивов рудных месторождений, заключающаяся в построении иерархии и параметров тектонических нарушений, имеющих в массиве месторождения, и учитывающая структурно-механические особенности месторождения.

4. Особенности формирования поля напряжений вокруг выработки в структурно-неоднородных массивах месторождения при ведении горных работ, главным образом определяются направлениями действия высоких горизонтальных тектонических напряжений, параметрами рельефа, анизотропией свойств массива, пространственно-геометрическими параметрами

выработки и интенсивностью развития горных работ.

5. Зоны естественных напряжений вокруг проведенной незакрепленной горной выработки в структурно-неоднородных массивах месторождений, зависят от степени напряженности и устойчивости породного массива вокруг нее, от характера распределения акустического модуля для определения зон напряжений по глубине породного массива.

6. Зональное распределение напряжений в плане и в разрезе: наличие высоких горизонтальных тектонических полей напряжений; распределение напряжений в хребтах гор выше их оснований; под основанием хребтов, находящихся в зоне их влияния; в зоне, не подвергающейся влиянию гор; условия устойчивости массивов вокруг горных выработок, являются научной основой крепления горных выработок в условиях неустойчивых пород структурно-неоднородных массивов.

Личный вклад соискателя заключается в: выполнении личных исследований напряженно-деформированного состояния массивов структурно-неоднородных рудных месторождений; обосновании метода многопараметрового контроля свойств и напряженного состояния пород структурно-неоднородных рудных месторождений; разработке способа прогнозирования естественного напряженно-деформированного состояния в структурно-неоднородных массивах; разработке способа оценки геомеханического состояния породного массива месторождений; разработке способа определения и контроля устойчивости породного массива незакрепленной горной выработки; разработке технологии крепления горных выработок в условиях неустойчивых пород структурно-неоднородных массивов.

Апробация результатов исследования: Результаты исследований были доложены и обсуждены на: международной научной конференции посвященной памяти акад. М.Я. Леонова «Современные проблемы механики сплошной среды» (г. Бишкек, 2012 г.); Международной научной конференции посвященной 20-летию Естественно-технического факультета Кыргызско-Российского Славянского университета (г. Бишкек, 2015 г.); международной научно-практической конференции «Техническая безопасность: наука и практика» (г. Бишкек, 2015 г.); международном симпозиуме «Прогноз и предупреждение тектонических горных ударов землетрясений» (г. Бишкек, 2016 г.); международной научной конференции посвященной 80-летию профессора Рудаева Я.И. (г. Бишкек, 2016 г.); Ukrainian School of Mining Engineering – 2020 (E3S Web of Conferences, USME, 2020); Materials Science Forum «Actual Challenges in Materials Science and Processing Technologies II» (Швейцария, 2021 г.); международной научной конференции посвященной 90-летию академика НАН КР И.Т. Айтматова и 60-летию ИГ и ОН НАН КР (г. Бишкек, 2021 г.).

Результаты и основные положения диссертационной работы докладывались

и обсуждались ежегодно на научно-технических советах, семинарах и конференциях с международным участием, на заседаниях кафедр: «Физических процессов горного производства» КРСУ, «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» и «Открытые горные работы и взрывное дело» КГГУ им. акад. У. Асаналиева. Диссертационная работа в завершённом виде доложена и одобрена на расширенном заседании кафедры «Физические процессы горного производства» КРСУ.

Полнота отражений результатов исследований в публикациях:

Результаты исследований, отражающие основное содержание диссертационной работы, опубликованы в 31 научных трудах, в т.ч. в 2 монографиях, в 2 патентах на изобретение, в 3 свидетельствах на объект авторского права, в 24 научных статьях рекомендованных НАК КР, в том числе 6 статей в зарубежных научных изданиях индексируемых Web of Science и Scopus. Под грифом МО и Н КР опубликованы 4 учебника и учебных пособий в которых отражены основные положения и результаты исследований, внедрены в учебный процесс, в практику проектирования геологоразведочных работ и разработки месторождений, и ведения буровзрывных работ.

Структура и объем диссертации: Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, содержит 239 страниц текста, 46 рисунков, 22 таблицы, 4 приложения и список литературы из 163 наименований.

Автор выражает глубокую благодарность первому научному консультанту профессору, доктору технических наук Мамбетову Ш.А. за консультации при выполнении исследований и написании работы, искреннюю благодарность академику НАН КР К.Ч. Кожогулову, благодаря поддержке в проведении исследований в лабораториях ИГиОН НАН КР и ценным советам которого, представленная работа завершена, за обсуждение результатов и ценные советы, выражает признательность ректору КРСУ академику НАН КР Нифадьеву В.И. и ректору КГГУ им. акад. У. Асаналиева профессору Маралбаеву А.О., а также работникам ОсОО «Азиярудпроект» и ОсОО «Взрывпром компани» за заинтересованность и поддержку в проведении исследований, внедрения их результатов в учебный процесс и в практику проектирования разработки рудных месторождений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность проблемы, определены цель и задачи, а также научная новизна и основные положения диссертационной работы, выносимые на защиту.

В первой главе проанализирована изученность выбранной темы проведен обзор и анализ современных представлений о геомеханическом состоянии

породных массивов верхней части земной коры, существующих методов оценки геомеханического состояния породных массивов.

Приведены современные представления о геомеханическом состоянии верхней части земной коры, иерархия напряжений в породных массивах, структурно-механические особенности породного массива структурно-неоднородных рудных месторождений Кыргызстана и вопросы прогнозирования состояния их породных массивов, которые формируется под влиянием тектонических структур, морфогенетических и инженерно-геологических особенностей, структурных неоднородностей породных массивов и от взаимодействия последних с инженерными сооружениями. Выделены уровни напряжений, действующих в массивах: глобальный, региональный зональный, локальный, элементарный и точечный, составляющие определенную иерархию.

Существенный вклад в разработку и широкое внедрение современных методов и средств исследований, оценки и контроля геомеханического состояния породного массива внесли видные ученые СНГ: Марков Г.А. (1955), Ямщиков В.С. (1969), Турчанинов И.А. (1970), Влох Н.П. (1973), Курленя М.В. (1973), Айтиалиев Ш.М. (1974), Ракишев Б.Р. (1979), Мамбетов Ш.А. (1984), Чабдарова Ю.И. (1984), Айтматов И.Т. (1985), Буктуков Н.С. (1986), Кожогулов К.Ч. (1992), Тажибаев К.Т. (1993), Жумабаев Б. (1993), Никольская О.В. (2000), Баймахан Р. (2003), Усенов К.Ж. (2003), Рассказова И.Ю. (2006), Шамганова Л.С. (2007), Алибаев А.П. (2009), Усманов С.Ф. (2009), Турсбеков С.В. (2015) и др.

В настоящее время применяются различные методы: математические методы моделирования; расчетные методы оценки состояния обнажений вблизи горных выработок различной конфигурации, которые не позволяют раскрыть поле распределенных напряжений в породном массиве; физические методы моделирования, которые малооперативны; экспериментальные методы, позволяющие изучать состояние массива в натурных условиях, в том числе механические методы изучения массива, которые отличаются высокой трудоемкостью и невозможностью повторных измерений в изучаемой точке; геоакустические методы: ультразвуковые, сейсмические, акустические. Однако, ни один отдельно взятый метод не позволяет раскрыть поле распределения напряжений в породном массиве и оценить оперативно и достоверно геомеханическое состояние массива структурно-неоднородных рудных месторождений.

Исследуются Тянь-Шаньские структуры и их влияние на структурно-неоднородное строение месторождений. Анализ показал, что современная тектоника Тянь-Шаня представляет собой остаточные деформации литосферы, созданные интенсивными горизонтальными геодинамическими напряжениями, принимают участия множество тектонических структур. Градиент скорости

горизонтальных движений в 10 раз и более превышает аналогичное значение для вертикальной составляющей.

Однозначное соответствие направлений деформации земной коры средних за новейшее время сейсмическим полям, современным движениям и полям измеренных напряжений в породных массивах свидетельствует об унаследовании современными деформациями новейших движений земной коры, что в свою очередь, делает возможным привлечение результатов исследований новейших движений земной коры для задач прогнозирования тектонических полей напряжений в породном массиве.

Итак, модель геомеханического состояния земной коры Тянь-Шаня сложная и источником напряжений в массивах является не только гравитационные силы. Ориентировка тензора напряжений в пространстве зависит от многих факторов (наличия разгрузки, остаточных напряжений и др.), но главным образом от направленности естественных напряжений, созданных неотектоническими силами.

Таким образом, установлен факт влияния Тянь-Шаньских структур, отражающих главные направления горизонтальных тектонических напряжений в плане, на структурно-неоднородное строение рудных месторождений, т.е. существования взаимосвязи между складчатыми и разрывными нарушениями, причем «высшие формы» тектонических структур в породном массиве Тянь-Шаня по отношению к «низшим» – месторождения, являются определяющими, и структурная неоднородность массива в полной мере проявляется в масштабе участка ведения горных работ [Мамбетов Ш.А., Абдиев А.Р., Изабаев К.Д., Раимжанов А.А. Структурно-механические особенности породного массива Тянь-Шаня и вопросы прогнозирования состояния породного массива месторождений// Вестник КРСУ, т.15, №9. – Бишкек. – 2015. – С.195]. Проблема оценки и прогнозирования геомеханического состояния породных массивов требует привлечения комплексных исследований: структурных особенностей массива с привлечением структурных методов; физико-механических свойств пород, слагающих массив с привлечением лабораторных и натурных методов; естественного напряженно-деформированного состояния с привлечением аналитических расчетных и экспериментальных геоакустических методов.

В результате комплексного анализа сформулированы цель и задачи исследований.

Во второй главе приведен разработанный способ контроля свойств и прогнозирования напряженно-деформированного состояния структурно-неоднородных массивов месторождений.

Обоснован метод многопараметрового контроля свойств и напряженного состояния пород структурно-неоднородных месторождений, заключающийся в

определении зависимости упругих характеристик от давления и глубины, в установлении картины распределения абсолютных и относительных напряжений на конкретном участке земной коры и в массиве вокруг горных выработок, по параметрам акустического модуля на основе количественного учета влияния анизотропии A через скорости упругих волн v_p , v_s . Анализ экспериментальных данных по зависимости скоростей упругих волн от давления показывает, что по величине приращения скоростей можно оценить характер распределения напряжений в массиве. Чтобы проследить эти закономерности на конкретных породах и использовать в натурных экспериментах, в работе выбраны породы с изотропной и анизотропной симметрией.

Испытаниями на одноосное сжатие с одновременным прозвучиванием установлен характер зависимости $v_p = f(\sigma)$ (рис. 1).

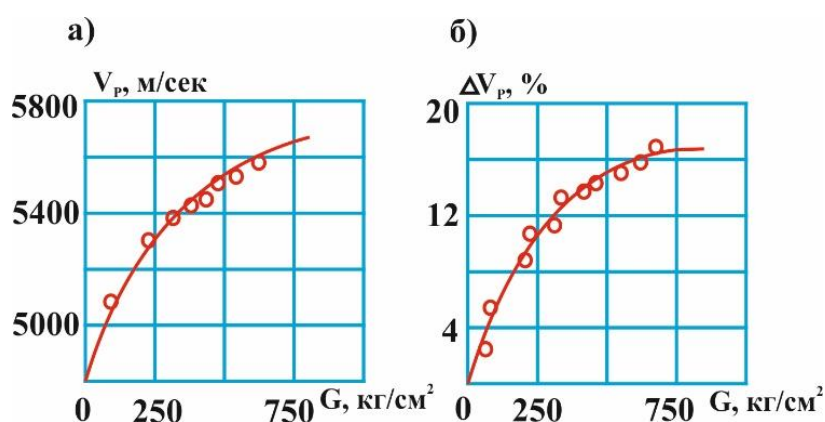


Рисунок 1. Зависимость скорости продольной волны (а) и ее приращений (б) от давления для окварцованных джаспероидов [Abdiev A.R., Mambetova R.Sh., Abdiev A.A., Abdiev Sh.A. *Studying a correlation between characteristics of rock and their conditions* // MMD. – 2020 г. – 14(3). – С.93]

В изотропных породах основной прирост скорости наблюдается в направлении действия сжимающей нагрузки. Общий прирост скорости в этом направлении достигает 30%, а на отдельных образцах при увеличении нагрузки от нуля до разрушающей – до 35%. Приращение скорости более чем в четыре раза превышает естественную изменчивость свойств исследуемых пород (см. рис. 1 б).

При испытании образцов из слоистых известняков установлено, что кривая изменения скорости с давлением $v_{p\parallel} = f(p)$ при нагружении параллельно слоистости расположена значительно выше кривой $v_{p\perp} = f(p)$ при нагружении поперек слоистости (рис. 2). В лабораторных условиях, наблюдается заметное уменьшение коэффициентов анизотропии слоистых известняков и слюдяно-кварцевых сланцев с ростом давления (рис. 3), причем значительная часть

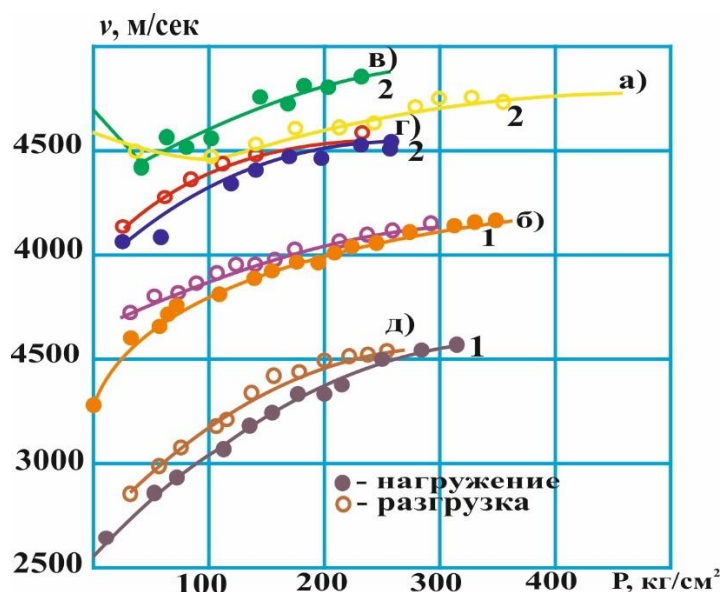


Рисунок 2. Вариации скорости волн колебания вдоль направления распространения при нагрузке и разгрузке: 1 – для слоистых известняков: а – вдоль слоев, б – поперек слоев; 2 – для слюдяно-кварцевых сланцев: в – по падению, г – вдоль слоев, д – поперек слоев [Abdiev A.R., Mambetova R.Sh., Abdiev A.A., Abdiev Sh.A. *Studying a correlation between characteristics of rock and their conditions.* – 2020 г. – С.94]

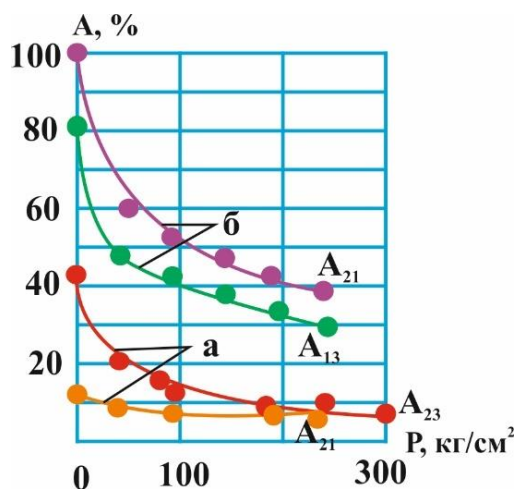


Рисунок 3. Корреляция коэффициентов анизотропии с ростом давления: а – слоистых известняков; б – слюдяно-кварцевых сланцев [Abdiev A.R., Mambetova R.Sh., Abdiev A.A., Abdiev Sh.A. *Studying a correlation between characteristics of rock and their conditions.* – 2020 г. – С.94]

изменений приходится на давления, составляющие 20-30% от разрушающих, далее изменение идет медленно. Коэффициент анизотропии слоистых известняков при давлениях, составляющих ~ 50% от разрушающих, уменьшается в среднем от 40-50 до 7-12%, для слюдяно-кварцевых сланцев соответственно – от 80-100 до 30-40%. Испытания на одноосное сжатие производились и при различной ориентировке нагрузки относительно слоев (рис.4). Аналогичные

измерения проведены и для других исследуемых пород. Установлено, что для сланцев и слоистых известняков структурно-неоднородного месторождения Хайдаркан характерна расчетная схема анизотропии с трансверсально-изотропной упругой симметрией. В этом случае плоскость напластования является плоскостью изотропии. Для расчета упругих характеристик такой среды необходимо знание скоростей v_p и v_s , измеренных в двух ортогональных плоскостях.

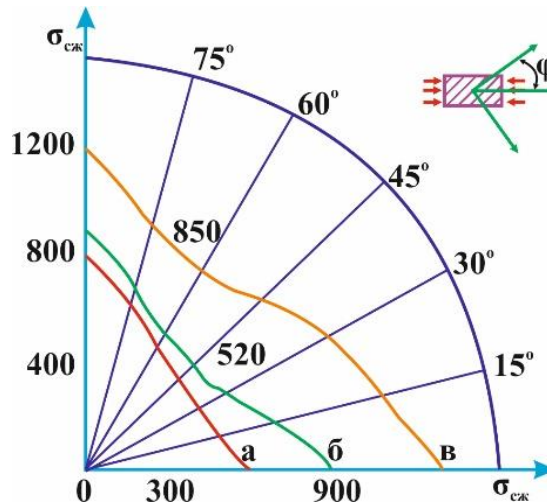


Рисунок 4. Зависимость предела прочности пород от угла наклона слоев при одноосном сжатии: а – слоистые известняки; б – джаспероиды; в – слюдяно-кварцевые сланцы [Abdiev A.R., Mambetova R.Sh., Abdiev A.A., Abdiev Sh.A. *Studying a correlation between characteristics of rock and their conditions.* – 2020 г. – С.95]

В результате лабораторных испытаний на одноосное сжатие с одновременным прозвучиванием установлено, что:

- на скорость продольных волн существенно влияет давление. При увеличении нагрузки от нуля до 50% от разрушающих скорость $v_p^\perp = f(p)$
- для исследуемых пород увеличивается на 25-35%, $v_p^\parallel = f(p)$ на 7-15%. Между скоростью продольных волн и сжимающим напряжением связь нелинейная;
- кривая изменения продольной волны вдоль слоев лежит выше кривой изменения скорости поперек слоев, т. е. породам свойственна анизотропия скоростей упругих колебаний и под давлением;
- степень изменения $v(p)$ при нагружениях, различным образом ориентированных к слоистости, неодинакова и зависит от текстурных особенностей среды; уменьшение анизотропии наблюдается при нагружениях вкрест слоистости, при нагружениях по слоистости анизотропия возрастает;
- коэффициенты анизотропии скоростей продольных волн в лабораторных условиях заметно уменьшаются с ростом давления. Значительная часть изменений приходится на давления, составляющие 20-30% от разрушающих.

Таким образом, проведенные исследования позволили определить не только зависимости упругих характеристик от давления и глубины, но и объяснить картину распределения абсолютных и относительных напряжений в массиве вокруг горных выработок. Полученные для слоистых известняков $A=1.45$, для углистых сланцев $A=1.20$, является существенным и необходимым условием для учета напряженного состояния [Мамбетов Ш.А., Кожогулов К.Ч., Абдиев А.Р. *Взаимосвязь свойств и состояния пород структурно-неоднородных месторождений полезных ископаемых//Современные проблемы механики, №43(1). Бишкек. – 2021 г. – С.15*].

Для обеспечения безопасной и эффективной разработки месторождений и эксплуатации инженерных сооружений обоснован и разработан способ прогнозирования напряженно-деформированного состояния в структурно-неоднородных массивах, заключающийся в построении прогнозной карты месторождения и тектонической модели структуры месторождения, отличающийся в установлении закономерностей взаимосвязи структурных форм и естественного напряженно-деформированного состояния массивов – с целью получения начальных граничных условий, установления зоны локальных концентраций напряжений структурно-неоднородных массивов, являющихся очагами проявления горных ударов.

Обоснованы и разработаны модели тектонических структур (рис.5) и напряженно-деформированного состояния породного массива Хайдарканского месторождения (рис.6), заключающиеся в построении иерархии и параметров тектонических нарушений, имеющих в массиве месторождения, на которых погоризонтно и по участкам даны величины и направления действия напряжений, а также приведены локальные зоны концентрации напряжений в природных концентраторах напряжений.

Разработан способ оценки геомеханического состояния породного массива, заключающийся в установлении закономерностей взаимосвязи структурных особенностей, свойств пород слагающих массив и напряженно-деформированного состояния массивов – с целью использования в качестве начальных граничных условий, повышения надежности прогнозирования напряженно-деформированного состояния породного массива и точности оценки геомеханического состояния породного массива структурно-неоднородных рудных месторождений [Пат. №2238 Кыргызская Республика, E21C 39/00. *Способ оценки геомеханического состояния породного массива высокогорных месторождений [Текст]: /А.Р. Абдиев, Р.Ш. Мамбетова, А.А. Абдиев и др.; Бишкек. КРСУ. – №22200020.1; заявл.20.03.20; опубл. 15.01.21, Бюл. №1/1 – 17 с.: ил.*]. Разработана модель напряженно-деформированного состояния структурно-неоднородного массива рудного месторождения Хайдаркан, включающая в себя: тектоническую схему месторождения с

направлениями действия максимальных сжимающих сил, на основе определения по складкам различных порядков и по сопряженным системам трещин скалывания, а также по данным натурных измерений в различные годы и на

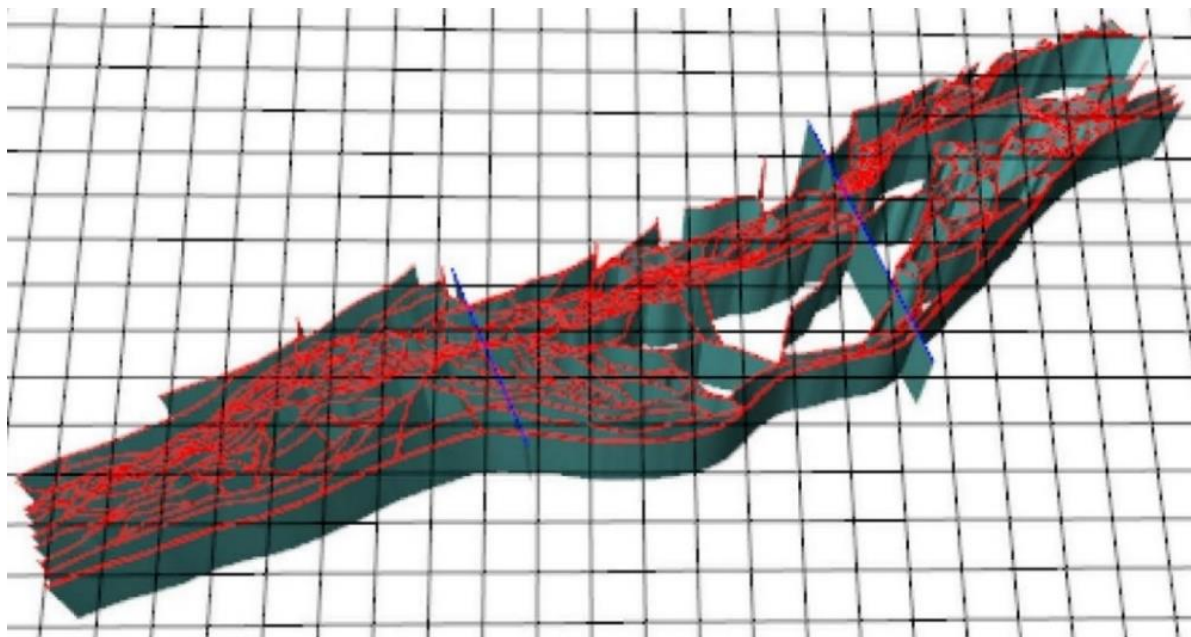


Рисунок 5. Скрин фрагмента 3D модели тектонических структур месторождения Хайдаркан

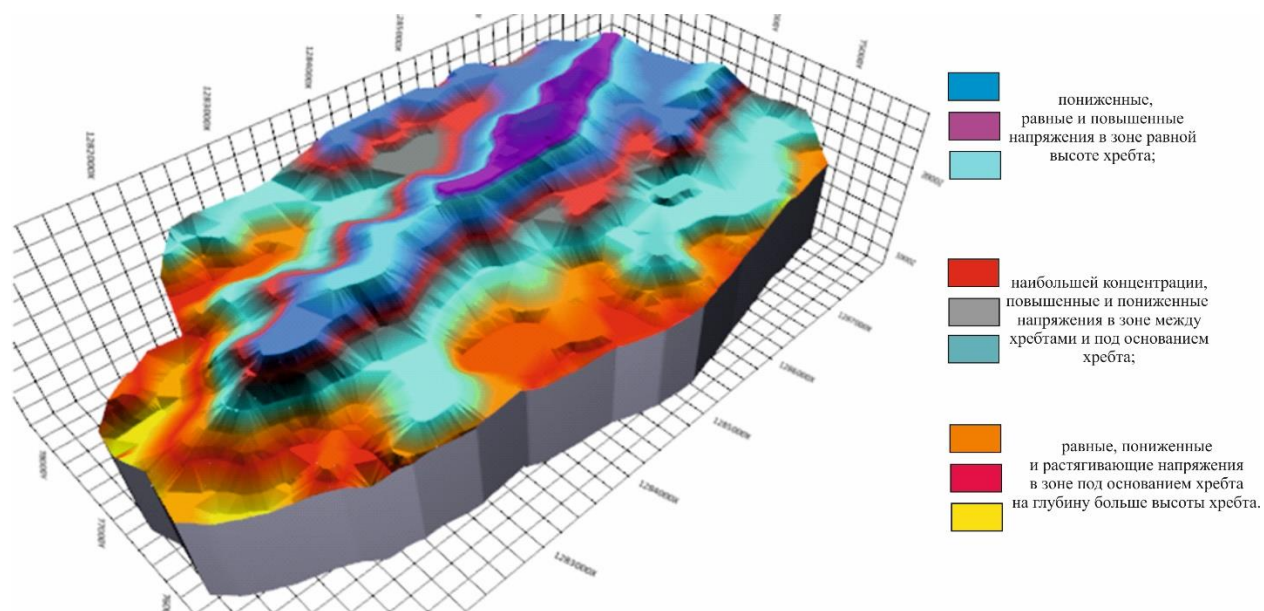


Рисунок 6. Скрин фрагмента 3D модели напряженно-деформированного состояния породного массива месторождения Хайдаркан разных глубинах; изменения вертикальных и горизонтальных напряжений с глубиной; глубину и ширину влияния сил рельефа (рис.7).

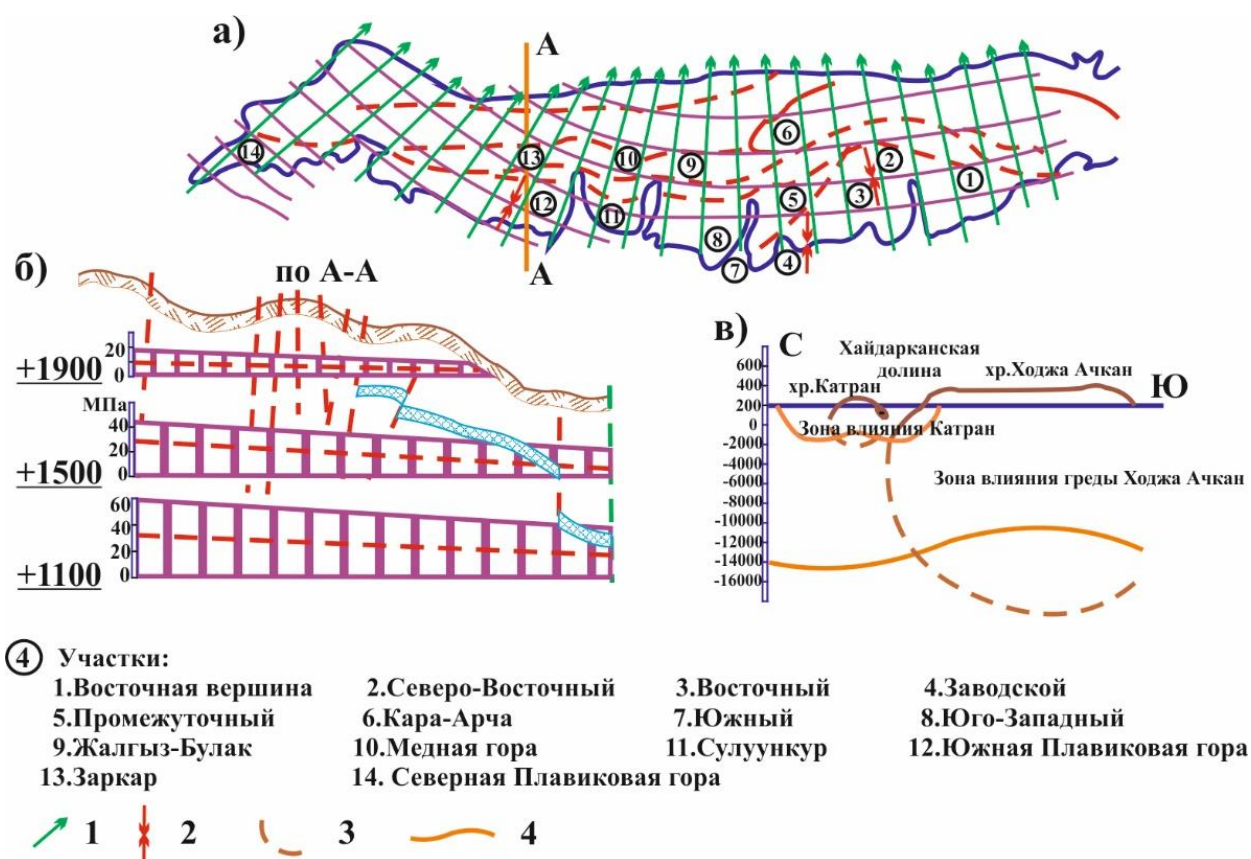


Рисунок 7. Геомеханическая модель структурно-неоднородного массива рудного месторождения Хайдаркан: а – карта в плане на тектонической схеме месторождения; б – характерный разрез с эпюрой напряжений на различных глубинах; в – изолинии распределения напряжений, показывающие влияние гор с глубиной; 1 – направления действия главных тектонических напряжений; 2 – направления действия главных напряжений в точках экспериментальных измерений механическими методами; 3 – контур влияния рельефа на вертикальные напряжения; 4 – контуры влияния рельефа на горизонтальные напряжения

В третьей главе представлены результаты исследований взаимосвязи свойств и напряженно-деформированного состояния структурно-неоднородных массивов месторождений, согласно разработанному автором способу. Исследованы свойства анизотропных пород и их связи с напряженно-деформированным состоянием массивов. Перед исследованиями упругих, прочностных и деформационных свойств анизотропных пород автором исследований предварительно были определены число и направление главных осей анизотропии породы. Измерения скорости распространения поперечной волны v_s проводились с помощью поляризованных датчиков сдвигового типа. Этот метод был дополнен тем, что вступление поперечной волны определялось, ориентируясь на величину амплитуды: амплитуда S – волны в 2-3 раза больше амплитуды P – волны, поэтому значение времени прихода поперечной S – волны измерялось при минимальном усилении. Во-вторых, вступление поперечной волны характеризуется резкой переменной фазы волны, и, в-третьих, исходя из

ориентировочного соотношения для горных пород $v_s/v_p \approx 0,5-0,6$. Другие методы, в случае выраженно-анизотропных и неоднородных сред, не всегда дают удовлетворительные результаты. Поляризованные сдвиговые датчики позволили измерять v_s в объеме образца. Исследование разновидности пород при сжатии имеют линейную зависимость между напряжениями и деформациями при нагрузках 5-70% от предела прочности. Величины модуля упругости колеблются от 0,44 до $14,5 \cdot 10^4$ Мпа, а коэффициент Пуассона – от 0,170 до 0,289. Соотношение $\sigma_{сд}/\sigma_p$ для исследованных пород колеблется от 4 до 13, что указывает, согласно объединенной теории Давиденкова-Фридмана (1946), главным образом, на хрупко-пластическое деформирование, что подтверждается величинами коэффициентов хрупкости.

При использовании методики определения динамических упругих характеристик пород по формулам теории упругости для изотропных тел получаются значительные ошибки при расчете, если они применяются для слоисто-неоднородных пород. В связи с этим проведены теоретические исследования по определению упругих характеристик анизотропных пород через их акустические свойства. Используя обобщенный закон Гука, выраженный через физические постоянные, детерминантные уравнения движения упругих волн в средах и выражение упругих постоянных C_{ik} через физические E_{ik} и G_{ik} , получены количественные зависимости, по которым, зная параметры упругих волн v_s , v_p и плотность пород ρ , можно определить упругие характеристики анизотропных пород.

Для безграничной ортотропной среды с тремя взаимно перпендикулярными осями упругой симметрии для ромбической симметрии (рис.8 а) получены зависимости:

$$E_x = \frac{v_{Px}^2 \cdot \rho (1 - \mu_{xy}\mu_{yx} - \mu_{yz}\mu_{zy} - \mu_{zx}\mu_{xz} - 2\mu_{xy}\mu_{yz}\mu_{zx})}{g(1 - \mu_{yz}\mu_{zy})};$$

$$E_y = \frac{v_{Py}^2 \cdot \rho (1 - \mu_{xy}\mu_{yx} - \mu_{yz}\mu_{zy} - \mu_{zx}\mu_{xz} - 2\mu_{xy}\mu_{yz}\mu_{zx})}{g(1 - \mu_{zx}\mu_{xz})};$$

$$E_z = \frac{v_{Pz}^2 \cdot \rho (1 - \mu_{xy}\mu_{yx} - \mu_{yz}\mu_{zy} - \mu_{zx}\mu_{xz} - 2\mu_{xy}\mu_{yz}\mu_{zx})}{g(1 - \mu_{xy}\mu_{yx})}.$$

Модули сдвига вдоль главных направлений:

$$G_{xy} = \frac{v_{Sxy}^2 \cdot \rho}{g}; \quad G_{yz} = \frac{v_{Syz}^2 \cdot \rho}{g}; \quad G_{zx} = \frac{v_{Szx}^2 \cdot \rho}{g},$$

где E_x, E_y, E_z – модули упругости по главным направлениям; G_{xy}, G_{yz}, G_{zx} – модули сдвига в главных плоскостях сдвига; $\mu_{xy}, \mu_{yz}, \mu_{zx}, \mu_{yx}, \mu_{zy}, \mu_{xz}$ – коэффициенты Пуассона для соответствующих

плоскостей симметрии. Их значения могут быть получены по скорости продольных и поперечных волн, измеренных в соответствующих направлениях; ρ – плотность пород; g – ускорение силы тяжести.

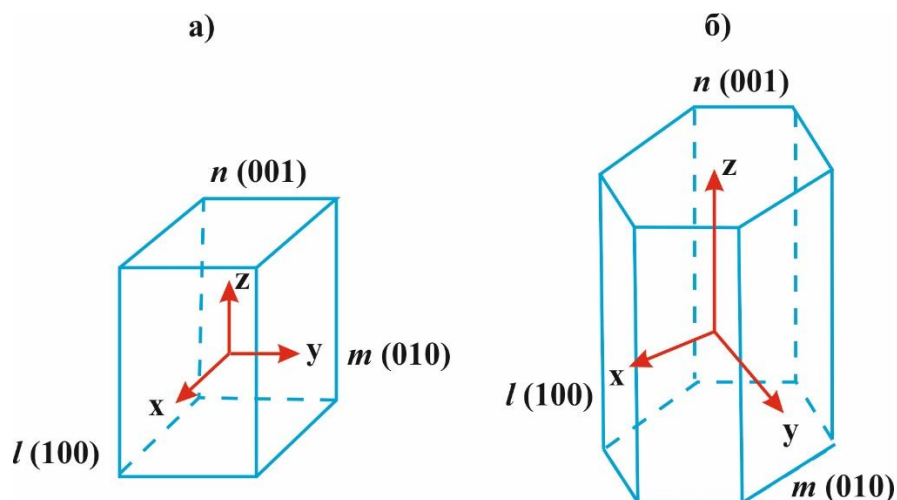


Рисунок 8. Ромбическая (а) и гексогональная (б) симметричные геометрические фигуры [Abdiev A.R., Mambetova R.Sh., Abdiev A.A., Abdiev Sh.A. *Studying a correlation between characteristics of rock and their conditions.* – 2020 г. – С.90]

Для полной характеристики ортотропного массива необходимо еще знать значения коэффициентов Пуассона по разным осям упругой симметрии, которые можно определять по разным скоростям продольных и поперечных волн, измеренных вдоль направлений анизотропии:

$$\mu_{xy} = \frac{\nu_{Px}^2 - 2\nu_{Sxy}^2}{2(\nu_{Px}^2 - 2\nu_{Sxy}^2)}; \quad \mu_{yz} = \frac{\nu_{Py}^2 - 2\nu_{Syz}^2}{2(\nu_{Py}^2 - 2\nu_{Syz}^2)}; \quad \mu_{zx} = \frac{\nu_{Pz}^2 - 2\nu_{Szx}^2}{2(\nu_{Pz}^2 - 2\nu_{Szx}^2)}.$$

Остальные три коэффициента Пуассона – $\mu_{xy}, \mu_{yz}, \mu_{zx}$ – являются независимыми. Таким образом, динамические упругие характеристики анизотропной породы с ортотропной упругой симметрией следует определять по полученным зависимостям, через величины скоростей продольных и поперечных волн вдоль главных направлений осей упругой симметрии и значения скоростей поперечных волн под углом 45° к главным направлениям.

Для анизотропных пород с трансверсально-изотропной упругой симметрией для гексагональной симметрии (рис.8 б) получены следующие зависимости:

$$E_1 = \frac{\nu_{Px}^2 \cdot \rho}{g} \cdot \frac{(1 - \mu_1) \cdot (1 - \mu_1 - 2\mu_2^2)}{1 - \mu_2^2};$$

$$E_2 = \frac{\nu^2 P_z \cdot \rho}{g} \cdot \frac{(1 - \mu_1 - 2\mu_2^2)}{(1 - \mu_1)};$$

$$G_2 = \frac{\nu^2 S_{xz} \cdot \rho}{g}.$$

где E_1 – модуль упругости для направлений в плоскости изотропии; E_2 – модуль упругости для направлений, перпендикулярных к плоскости изотропии; G_2 – модуль сдвига для плоскостей, перпендикулярных к плоскости изотропии; μ – коэффициент Пуассона, характеризующий деформацию в плоскости изотропии при действии силы той же плоскости; μ_1 – коэффициент Пуассона, характеризующий деформацию в плоскости изотропии при растяжении в направлении, перпендикулярной ей; μ_2 – коэффициент Пуассона, характеризующий деформацию в плоскости, перпендикулярной к плоскости изотропии.

Вышеприведенные зависимости позволяют определить величины модулей упругости, сдвига и коэффициента Пуассона анизотропных пород с ортотропной и трансверсально-изотропной симметрией по скоростям упругих волн, определенных в двух главных направлениях: по напластованию и вкрест ему. Для этого необходимо знать величины скоростей упругих волн (ν_s, ν_p) вдоль главных осей упругой симметрии.

Используя вышеприведенную методику и количественные зависимости, были определены акустические и упругие характеристики массива и образцов пород месторождений Хайдаркан и Терексай. По результатам установлено, что исследуемым породам свойственна существенная анизотропия скоростей упругих волн, изменяющихся в широких пределах: от 5-10% до 80-100%. Упругие характеристики, определенные по различным направлениям относительно осей симметрии, также существенно различаются. Модули упругости, определенные в направлении напластования E'', μ'', G'' больше их значений, определенных вкрест напластования $E^\perp, \mu^\perp, G^\perp$, то есть имеют место соотношение $E'' > E^\perp, \mu'' > \mu^\perp, G'' > G^\perp$. Сравнивая результаты полученных акустических и упругих характеристик массива и образцов пород месторождений Хайдаркан и Терексай, нетрудно проследить, что изменение скорости продольной волны в n^2 раз относительно упомянутых выше элементов залегания, отвечает изменению модуля упругости и модуля сдвига в n^2 раз в соответствующих направлениях. Иначе говоря, чем больше степень анизотропии, тем значительнее различие упругих параметров, определенных по этим направлениям.

Из сравнения акустических и упругих характеристик, определенных на образцах и в массиве, следует, что их значения, в значительной мере, зависят от напряженного состояния. Среднее арифметическое значение скорости продольной волны в массиве $\tilde{\nu}_p$ может служить сравнительной

характеристикой среднего значения напряжений, действующих в массиве. Коэффициент анизотропии скорости продольной волны в массиве может: уменьшаться – в слоистых известняках, амфиболитах; менять знак на обратный – в джаспероидах; появляться – в мраморизованных известняках. Иными словами, коэффициент анизотропии скоростей упругих волн является одним из факторов напряженного состояния.

Изучено влияние влажности на характеристики анизотропных пород. Вода оказывает двойное влияние на механические свойства горных пород. С одной стороны, насыщение породы водой может привести к изменению механических свойств цементирующего состава и снижению прочности породы (глины и глинистые породы). С другой стороны, повышение давления воды в порах и трещинах горной породы приводит к перераспределению внутренних напряжений и в конечном итоге к снижению прочности $\sigma_{сж}$, и переходу от пластического характера деформирования к хрупкому. Влажность оказывает существенное влияние на величину скоростей продольных волн и коэффициента анизотропии скоростей продольных волн слоистых известняков. Коэффициент скоростной анизотропии при полном влагонасыщении уменьшился от 1.45 до 1.20. Это, по-видимому, можно объяснить более интенсивным увеличением скорости продольной волны с влажностью вкrest слоя по сравнению с изменением скорости продольной волны вдоль слоя, что связано с текстурными изменениями при увлажнении.

Проведены детальные исследования крепости пород вблизи нарушений, которые показали наличие определенных закономерностей в характере ее изменения. По мере приближения к сместителю происходит постепенное уменьшение прочности пород, достигающей минимальных значений в непосредственной близости от сместителя. Происходит локализация зон с минимальными значениями крепости в непосредственной близости от сместителя и ориентировка зон с ориентировкой нарушений. То есть, конфигурация зон крепости аналогичны конфигурациям зон трещиноватости: в обоих случаях изолинии показателя располагаются параллельно следу нарушения. Вблизи трещин происходит резкое изменение концентраций напряжений, причем напряжения, направленные в горизонтальном направлении, меняют свой знак на противоположный и по величине выше вертикальных.

Анализ результатов измерений по совокупности факторов (превышение максимальных вертикальных напряжений γ_H , отсутствие растягивающих напряжений вблизи контура кровли) позволяет измеренные напряжения считать тектоническими.

Массивы горных пород Хайдарканского месторождения разбиты трещинами, часто на отдельных участках они полностью раздроблены и местами перемяты. В районе месторождения развиты восемь основных систем трещин,

которые выделены относительно элементов залегания пластов.

Трещины систем VI, VII, VIII генетически связаны с разрывными нарушениями и встречаются, главным образом, в непосредственной близости от них, что свидетельствует о влиянии разломов на развитие мелких трещин. С удалением от разрывного нарушения удельная трещиноватость пород уменьшается.

Выделены вблизи нарушений участки пород с различной степенью изменения их свойств, а также установлены закономерности в их пространственном распределении и выбраны количественные показатели, что дает возможность прогноза по этим показателям встречи разрывного нарушения, а значит прогноза проявлений негативных геомеханических процессов [Мамбетов Ш.А., Абдиев А.Р., Мамбетов А.Ш. *Горные работы в условиях Тянь-Шаня.* – Бишкек. – КРСУ. – 2013 г. – С.97].

Установлены зоны локальных повышенных природных концентраций напряжений в зонах влияния тектонических нарушений с разрывом и без разрыва сплошности (рис.9), которые выше гравитационной составляющей от веса налегающего столба пород в 4-5 раз, а их краевые части потенциально удароопасны и являются очагами проявления горных ударов даже при отсутствии пород склонных к горным ударам и уровня напряжений в породном массиве, при котором возможно хрупкое разрушение пород, а также глубина расположения которых меньше, чем критическая по удароопасности глубина 700 м установленная в работе Ялымова Р.Н. (1997 г.).

В четвертой главе приведены результаты исследований особенностей распространения полей напряжений в структурно-неоднородных массивах. Основные черты напряженно-деформированного состояния породных массивов структурно-неоднородных месторождений, проявляются в факторах оказывающих непосредственное влияние на распределение естественных напряжений в массиве: последовательность развития геологических событий и основных этапов формирования структуры месторождений, действия современных тектонических сил напряжений; присущая месторождениям структурная неоднородность их массивов и особенности физико-механических свойств пород слагающих их; влияние пространственно-геометрических параметров рельефа, где расположено месторождение; действия остаточных напряжений.

Результаты анализа и обобщения показали, что условия происхождения структурно-неоднородных месторождений Кыргызстана тесно связано со структурно-тектонической деятельностью всего региона и проходило многоэтапно. Последний этап развития структур складчатой зоны Хайдарканского месторождения соответствует новейшему циклу тектогенеза, а механизм – обусловлен горизонтальным сжатием, ориентированным

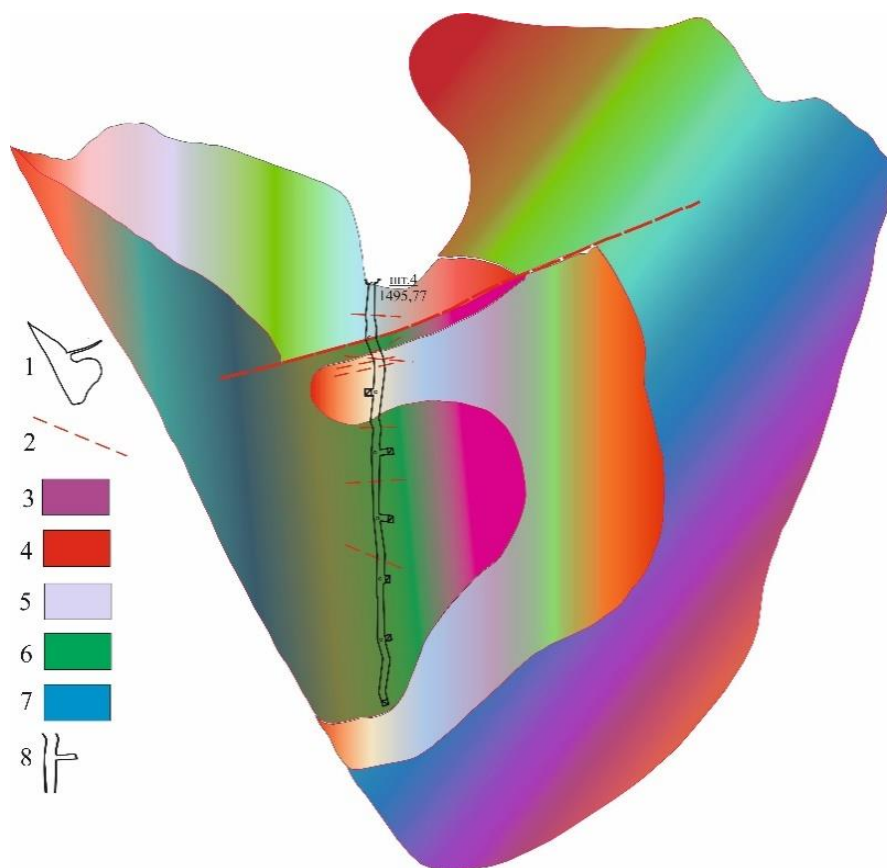


Рисунок 9. Скрин фрагмента 3D модели структурных неоднородностей и локальных природных зон концентрации напряжений на месторождении Хайдаркан: 1 – флексура; 2 – разрывное нарушение; 3 – зоны наибольшей концентрации сжимающих напряжений; 4 – зоны повышенных сжимающих напряжений; 5 – зоны равных напряжений; 6 – зоны пониженных напряжений; 7 – зоны растягивающих напряжений; 8 – штольня гор.+1496 м.

меридионально, в основном вкрест простирания основных складчатых структур. Развитие антиклинальных структур месторождения сочеталось образованием крупных крутопадающих взбросов, расположенных параллельно относительно осевых плоскостей складок (Кара-Арчинский, Центральный, Долинный). В целом, месторождение осложнено многочисленными разрывными структурами – надвиги, взбросы и взбросо-сдвиги, расчленившие породный массив месторождения на отдельные блоки.

Особенностью напряженного состояния породного массива месторождения является повышенное боковое давление, направленное субмеридионально вкрест простирания основных складчатых и разрывных структур. На участках массива в непосредственной близости от тектонических трещин образуются зоны: наибольшей концентрации напряжений; повышенных и пониженных напряжений; равных напряжений, значительно отличающихся от средних значений. Максимальная концентрация напряжений достигает $2\div 3\gamma H$. Аналогичные зоны установлены в породных массивах на других рудных

месторождениях [Кожогулов, К.Ч., Абдиев А.Р. Напряженно-деформированное состояние породных массивов структурно-неоднородных месторождений Кыргызстана//Известия НАН КР. – Бишкек. – №1. – 2022. – С.14].

По авторскому способу проведена реконструкция полей напряжений и оценка напряженно-деформированного состояния с учетом тектонических структур. В результате исследования установлена главенствующая роль горизонтальных напряжений – в породном массиве действуют высокие горизонтальные тектонические напряжения с зональными распределениями по направлению действия и являются источником формирования высоких концентраций напряжений. Величины естественных напряжений определяются по формуле $\sigma = \sigma_{\gamma H} + \sigma_T + \sigma_P + \sigma_{OCT}$ и достигают величин в 3-4 раза выше напряжений, рассчитанных по гипотезе А.Н. Динника (1926). Установлено, что по Хайдарканскому месторождению максимальные главные напряжения ориентированы на север с азимутом простираения от 332^0 до 20^0 и углом падения – от 5^0 до 15^0 почти перпендикулярно к оси основной антиклинальной складки. Об этом свидетельствуют данные натурных измерений и обследования состояния капитальных, подготовительных и очистных горных выработок на рудниках месторождений Хайдаркан, Кадамжай, Чаувай, Улу-Тоо, Терексай [Мамбетов Ш.А., Кожогулов К.Ч., Абдиев А.Р. Использование закономерностей распределения напряжений в оценке удароопасности пород и участков рудных месторождений структурно-неоднородного строения//Горный журнал. – Бишкек. – 2021. – №2. – С.57].

Пространственная неоднородность структур обуславливает в отдельных локальных зонах значительное отклонение величин напряжений от их средних значений, обуславливает сложное напряженное состояние массива пород, которое неоднородно и зависит от тектонических структур участков месторождений, особенно в зонах влияния взбросов.

Для выявления основных закономерностей распределения полей напряжений в породном массиве были проведены сравнения результатов измерений на разных участках и их обобщения показали, что различие между величинами напряжений связано не только с глубиной. Продолжающееся в настоящее время развитие тектонических нарушений новейшего цикла тектогенеза образуют локальные зоны концентрации природных напряжений вблизи этих нарушений.

Следовательно, различия в напряжениях на участках месторождения обусловлены в основном тектоническими составляющими полного тензора напряжений за счет разного влияния тектонических нарушений. Величины главных максимальных напряжений существенно зависят не только от глубины, но и от местоположения участка массива относительно тектонически активных нарушений с разрывом и без разрыва сплошности.

Чонкойское месторождение расположено в центральной части Карачатырского антиклинария и состоит из ряда субпараллельных крупных антиклинальных и синклинальных складок. Строение Южной зоны сравнительно однородно, а Северная зона характеризуется многочисленными апофизами и крупным флексурным изгибом. В Южной зоне измеренные вертикальные напряжения равны 4,2 МПа, а горизонтальные – 7,4-9,6 МПа или 1,7-2,2γН. В Северной зоне в районе флексурного изгиба вертикальные напряжения равны 21,3 МПа, а горизонтальные – 19,2-21,7 МПа, что, соответственно, в 5 и 2,2-2,6 раза больше, чем в Южной зоне. Максимальные напряжения, как и на других месторождениях, направлены в субмеридиональном направлении, а их высокие значения свидетельствуют о значительной величине тектонических сил, вызвавших образование складок и флексур [Кожоголов, К.Ч., Абдиев А.Р. Напряженно-деформированное состояние породных массивов структурно-неоднородных месторождений Кыргызстана. – Бишкек, 2022. – С.13].

Статистическая обработка и обобщение результатов экспериментальных исследований проведенных в массиве месторождения Хайдаркан под подножьем хребта на глубинах до 400 м на показали, что в нижележащем массиве значения минимальных напряжений, действующих в широтном направлении, повышены в 2-3,4 раза за счет влияния гор, обрамляющих котловину на востоке, то есть, анизотропия горизонтальных напряжений выражена в меньшей степени [Кожоголов, К.Ч., Абдиев А.Р. Напряженно-деформированное состояние породных массивов структурно-неоднородных месторождений Кыргызстана. – Бишкек, 2022. – С.13].

Таким образом, геомеханическое состояние структурно-неоднородных рудных месторождений непосредственно связано с горизонтальным сжатием и деформированием земной коры в данном регионе. Субширотная ориентировка большинства мегаскладок соответствует субмеридиональному направлению главного сжатия. Данному условию ориентировки главных нормальных напряжений соответствуют и результаты непосредственных натурных измерений напряжений различными методами.

В пятой главе приведены результаты исследований геомеханического состояния структурно-неоднородных месторождений при ведении горных работ.

Обоснован и разработан способ определения и контроля устойчивости породного массива незакрепленной горной выработки, включающий: бурение в породном массиве из горной выработки трех шпуров по схеме прямоугольного треугольника, образующие трехмерное пространство (рис.10); с помощью излучающего и приемного преобразователей участок породного массива расположенный последовательно между параллельными шпурами прозвучивают ультразвуковыми сигналами по их глубине; производят измерение

характеристик принятых сигналов, в качестве характеристик принятых сигналов производят измерение скоростей продольных v_p и поперечных v_s волн вертикальной и горизонтальной плоскостях, одновременно измеряют скорости волн в вертикальной (L_{2-3}) и горизонтальной (L_{3-4}) плоскостях; по результатам измерений строят график распределения акустических модулей в вертикальной плоскости M_a^v и в горизонтальной плоскости M_a^h (табл.1) [Мамбетов Ш.А., Абдиев А.Р., Мамбетов А.Ш. и др. Пат. №2150 Кыргызская Республика, МПК E21C 39/00. Способ определения и контроля устойчивости породного массива незакрепленной горной выработки. – Бишкек. КРСУ. – №20180093.1; заявл.05.11.18; опубл. 31.05.19, Бюл. №5 – 13 с.: ил.].

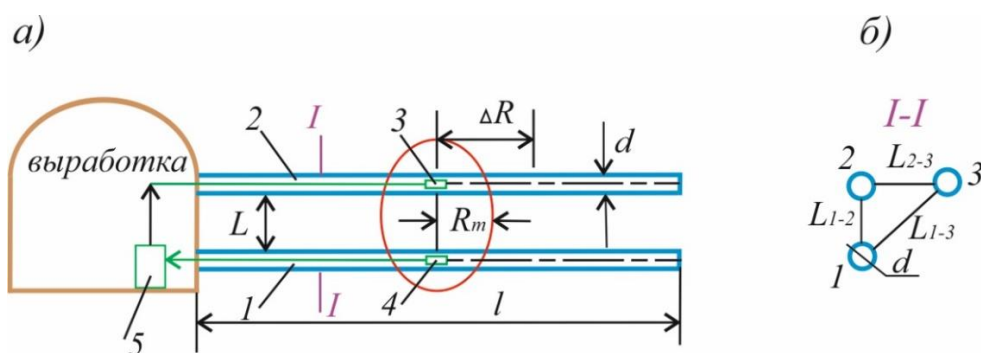


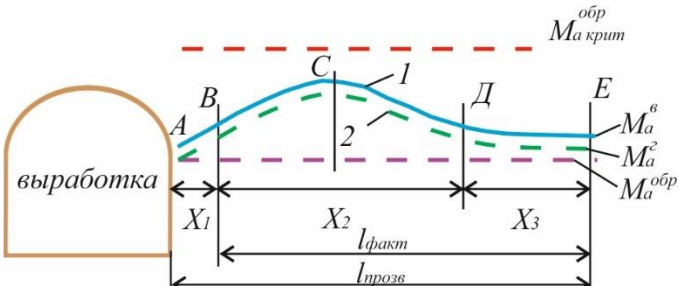
Рисунок 10. Схема реализации способа (а); поперечный разрез (б)

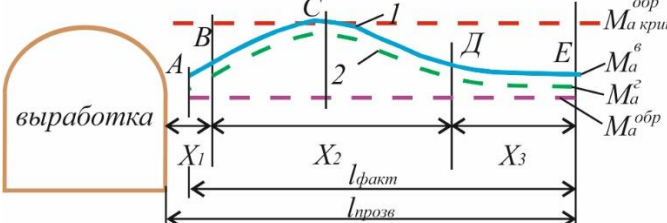
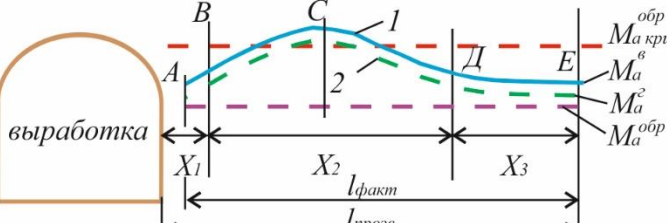
В табл.1 приведены зависимости определения степени напряженности и устойчивости породного массива вокруг незакрепленной выработки от распределения акустического модуля в функции от расстояния l вдоль шпура от контура выработки по графикам распределения акустических модулей в вертикальной плоскости M_a^v и в горизонтальной плоскости M_a^h от контура выработки вглубь породного массива.

Предлагаемый способ базируется на следующих общеизвестных физических принципах. Прохождение любой подземной выработки в породном массиве всегда предполагает выемку определенного объема горных пород, что приводит перераспределению естественного поля напряжений и к изменению первичного напряженного состояния породного массива вокруг выработки. Как следствие, вокруг выработки образуется локальное вторичное поле напряжений. Это поле, которое изменяется по мере удаления от контура выработки, зависит от уровня и характера первичных естественных напряжений, физико-механических свойств и структурных особенностей горных пород, в которых пройдена выработка, геометрии и объема последней, а также рельефа земной поверхности местности.

Как показывают проведенные экспериментальные исследования, в наибольшей степени к изменениям поврежденности и степени анизотропии исследуемых участков, а значит, и их напряженно-деформированного состояния чувствительны скорости продольных и поперечных волн ультразвуковых

Таблица 1 – Определение степени напряженности и устойчивости породного массива вокруг незакрепленной выработки

№ п/п	Распределение и величины акустических модулей M_a^B и $M_a^Г$ в породном массиве вокруг горной выработки	Характер и величины акустических модулей M_a^B и $M_a^Г$, Дж/м ³	Напряженное состояние вокруг выработки	Категория устойчивости
1	Зоны повышенных акустических модулей M_a^B и $M_a^Г$ расположены в краевом участке выработки.	 <p>X_1 – зона пониженных M_a X_2 – зона повышенных M_a X_3 – зона естественных M_a</p>	<p>Вертикальные напряжения в области опорного давления близки к напряжениям естественным. Максимальные напряжения ниже предела прочности. Горизонтальные напряжения не превышают вертикальных.</p>	<p>Породный массив вокруг выработки устойчив $(1,25 < A_k < 1,45$ $2,50 < A_n < 2,80)$</p>
2	Величины акустических модулей M_a^B и $M_a^Г$ по сечению выработки намного меньше величины акустического модуля при критических нагрузках $M_{a \text{ крит}}^{\text{обр}}$: $M_a^{\text{обр}} \leq \tilde{M}_a^B$ и $\tilde{M}_a^Г \leq M_{a \text{ крит}}^{\text{обр}}$			
3	Величина прозвучиваемой области массива близка к диаметру выработки: $L_{\text{прозв}} = \frac{l_{\text{прозв}}}{l_{\text{факт}}} = 0,8 \div 0,9$			
4	В зоне опорного давления величина акустического модуля в горизонтальной плоскости $\tilde{M}_a^Г$ не превышает величину акустического модуля в вертикальной плоскости \tilde{M}_a^B : $A = \frac{\tilde{M}_a^Г}{\tilde{M}_a^B} < 1,0$			
1	Зоны повышенных акустических модулей M_a^B и $M_a^Г$ перемещаются в сторону контура выработки.		<p>Происходит перераспределение напряжений. Величина максимальных вертикальных напряжений близка</p>	<p>Породный массив вокруг выработки устойчив, но с небольшим запасом</p>
2	Величины акустических модулей M_a^B и $M_a^Г$ в повышенной зоне достигают величины акустического модуля в образце при			

№ п/п	Распределение и величины акустических модулей M_a^B и $M_a^Г$ в породном массиве вокруг горной выработки	Характер и величины акустических модулей M_a^B и $M_a^Г$, Дж/м ³	Напряженное состояние вокруг выработки	Категория устойчивости
	критических нагрузках $M_{a \text{ крит}}^{\text{обр}}$: \tilde{M}_a^B и $\tilde{M}_a^Г \leq M_{a \text{ крит}}^{\text{обр}}$	 <p>X_1 – зона пониженных M_a X_2 – зона повышенных M_a X_1 – зона естественных M_a</p>	пределу прочности. Горизонтальные напряжения достигают, а местами выше вертикальных напряжений.	прочности ($1,10 < A_k < 1,25$ $2,25 < A_n < 2,50$)
3	Размеры нарушенной зоны X_1 превышают обычные, вызванные буровзрывными работами: $0,5 \div 0,6 < L_{\text{прозв}} < 0,8 \div 0,9$			
4	Величина акустического модуля в горизонтальной плоскости $\tilde{M}_a^Г$ достигает, а местами превышает величину акустического модуля в вертикальной плоскости \tilde{M}_a^B : $A = \frac{\tilde{M}_a^Г}{\tilde{M}_a^B} \geq 1,0$			
1	Зоны повышенных акустических модулей M_a^B и $M_a^Г$ находятся ближе к контуру выработки.	 <p>X_1 – зона пониженных M_a X_2 – зона повышенных M_a X_1 – зона естественных M_a</p>	Зона максимальных напряжений занимает значительную площадь. Величина максимальных напряжений превышает величину напряжений по сечению выработки. Горизонтальные напряжения равны или больше вертикальных напряжений.	Породный массив вокруг выработки неустойчивый ($A_k < 1,05$ $A_n < 2,10$)
2	Величины акустических модулей M_a^B и $M_a^Г$ в повышенной зоне больше или равны величине акустического модуля при критических нагрузках $M_{a \text{ крит}}^{\text{обр}}$: \tilde{M}_a^B и $\tilde{M}_a^Г \geq M_{a \text{ крит}}^{\text{обр}}$			
3	Размеры непроизводимой зоны области значительны: $L_{\text{прозв}} \geq 0,5 \div 0,6$			
4	Величина акустического модуля в горизонтальной плоскости $\tilde{M}_a^Г$ в повышенной зоне больше величины акустического модуля в вертикальной плоскости \tilde{M}_a^B : $\tilde{M}_a^Г \geq \tilde{M}_a^B$			

сигналов при условии, что они излучаются одним источником (излучающим акустическим преобразователем) и на них не влияют другие факторы, кроме связанных с действующими напряжениями, поврежденностью и анизотропией горных пород.

Таким образом, авторский способ позволяет качественно определить состояние породного массива вокруг незакрепленной выработки по трем категориям устойчивости в зависимости от степени напряженности породного массива.

Натурные наблюдения в условиях опорного целика в течение 3-х лет показали, что максимум акустического модуля отклоняется от первоначального вертикального направления на $\pm 45^\circ$. Одновременно снижается значение M_a^e и растет M_a^z , т. е. качественно картина изменения модуля соответствует механизму разрушения пород (рис.11) [Абдиев А.Р., Мамбетова Р.Ш., Абдиев А.А., Абдиев Ш.А. Контроль геомеханического состояния породного массива вблизи обнажений//Недропользование XXI век. – М. – №4(87). – 2020. – С.39].

Определена еще одна особенность, связанная с возникновением анизотропии акустических модулей в горизонтальном и вертикальном направлениях. С увеличением горного давления в зонах концентрации напряжений происходят изменения в величинах M_a^e и M_a^z . Так, в целике, при интенсивных очистных работах вблизи него, произошло снижение M_a^e и повышение значения M_a^z (рис.12). Установлено, что в период приостановки очистных работ в значении Ma^F произошло незначительное снижение, а в последующем, когда на нижнем горизонте проводились работы по посадке кровли, значения акустического модуля M_a^z стало больше M_a^e , что привело к разрушению целика на пятом году наблюдения. Аналогичные данные получены в результате и других геоакустических измерений в массиве [Абдиев А.Р., Мамбетова Р.Ш., Абдиев А.А., Абдиев Ш.А. Контроль геомеханического состояния породного массива вблизи обнажений. – М., 2020. – С.39].

Установлено, что при первоначальном распределении напряжений с зонами концентрации в краевых участках обнажений изменение горного давления приводит к образованию зон концентрации в ненарушенных участках обнажений вглубь массива (рис.13).

Многолетние геоакустические измерения позволили проследить за изменением распределения акустического модуля M_a , а, следовательно, и напряжений по сечению обнажений, от стадии их оформления и до разрушения. При этом были выявлены следующие особенности распределения акустического модуля: при увеличении горного давления на массив акустический модуль M_a^e в зоне концентрации увеличивается, со снятием

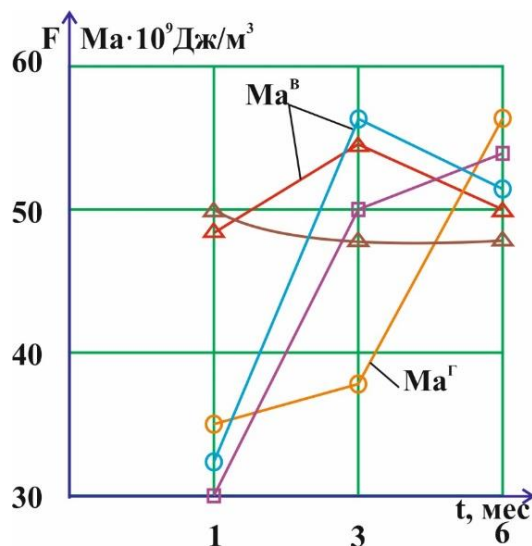


Рисунок 11. Снижение M_a^e и повышение M_a^z в массиве на расстоянии 60 (о), 100(□) и 200(Δ) см от обнажений

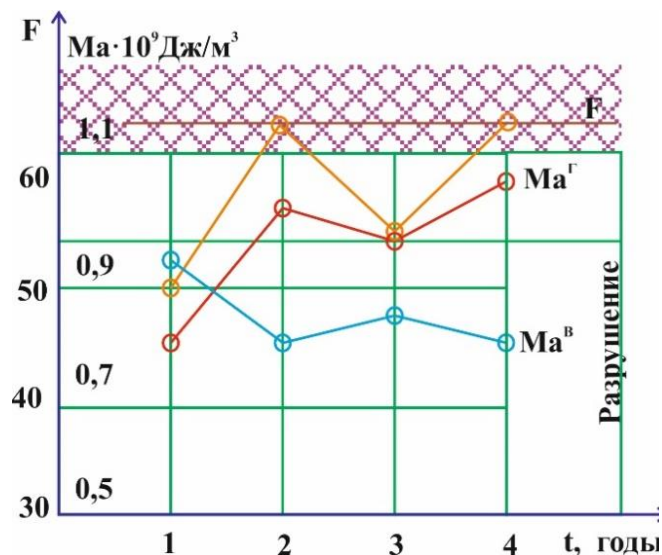


Рисунок 12. Изменение акустических модулей M_a^e , M_a^z и параметра F в зоне аккумуляции напряжений на расстоянии 100 см от обнажений

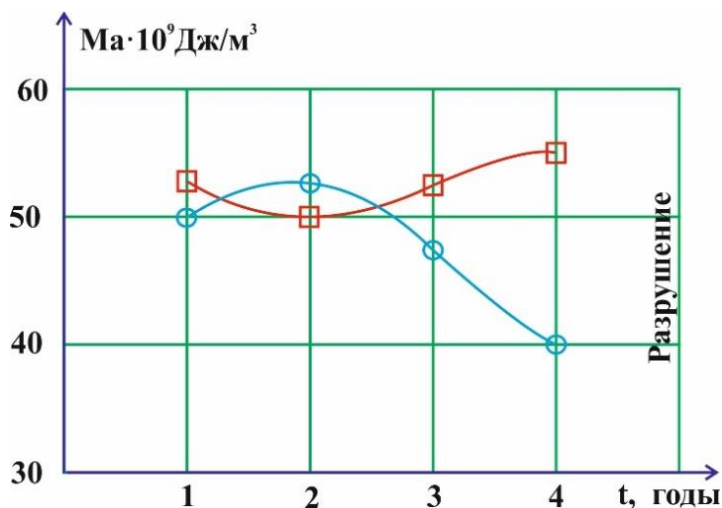


Рисунок 13. Снижение зоны концентрации напряжений в центр целика на расстоянии 60(о) и 170(□) см от обнажений

давления – уменьшается; одновременно происходит рост M_a^z , причем её значение может повысить значение M_a^e ; снижение M_a^e в зоне концентрации приводит к росту M_a^z в соседних участках обнажений, т. е. зоны концентрации напряжений смещаются.

Установленные факты снижения акустического модуля в вертикальном направлении, одновременного роста в горизонтальном, а также смещение зоны повышенных акустических модулей, являются проявлениями процесса разрушения пород вблизи обнажений в зонах концентрации напряжений. Возникновение анизотропии акустических модулей объясняется

взаимодействием участков пород, начинающих разрушаться. Взаимное увеличение объема вертикальных нагрузок на нарушенные участки создает условия для возникновения высоких горизонтальных напряжений в зонах концентрации, которые, как следует из результатов исследований, могут повысить вертикальную составляющую, действующую в данный момент в этой зоне. Следовательно, критическое состояние породного массива вокруг незакрепленной горной выработки качественно оценивается следующими акустическими параметрами: понижением или повышением M_a^e ; увеличением M_a^z и возникновением анизотропии акустических модулей M_a^e и M_a^z ; смещением зон повышенных акустических модулей по сечению выработок. Эти факты позволяют перейти к оценке состояния породного массива вокруг незакрепленной выработки по результатам геоакустических измерений.

Оценкой характера распределения напряжений породного массива вблизи горных выработок в анизотропных массивах установлено, что характер распределения напряжений в породном массиве вокруг выработки определяется характером распределения акустического модуля: зонам ослабленных пород, повышенных и естественных напряжений соответствуют зоны пониженных, повышенных и естественных акустических модулей. Этот процесс иллюстрируется на примере контроля стенки штрека и опорного целика (рис.14) [Абдиев А.Р., Мамбетова Р.Ш., Абдиев А.А., Абдиев Ш.А. *Контроль геомеханического состояния породного массива вблизи обнажений*. – М., 2020. – С.40].

Оценку степени напряженности породного массива можно осуществить следующим образом. Если акустический модуль в массиве M_a , не превышает акустического модуля в образце $M_a^{обp}$, то можно считать, что его величина обусловлена влиянием трещиноватости и нарушенности породного массива, причем $M_a^e > M_a^z$ (рис.15, 1 зона). При значении акустического модуля в массиве в пределах $M_a^{обp} < M_a < M_{крит}^{обp}$ и $M_a^e \geq M_a^z$ – порода испытывает упругое деформирование (рис.15, зона 2). Дальнейшее увеличение напряжений сопровождается увеличением акустического модуля.

Превышение $M_a \geq M_{крит}^{обp}$ и $M_a \leq M_a^{обp}$ будет свидетельствовать о сложном напряженном состоянии пород и о возможном существовании критических напряжений в этой области (рис.15, 3 зона). При оценке критического состояния пород в момент времени t_1 , возможно $M_a \geq M_a^{обp}$ и $M_a^e = M_a^z$ или $M_a^e \neq M_a^z$; если затем при t_2 происходит одновременное снижение M_a^e и рост M_a^z , т. е. $M_a^e \rightarrow M_a^{обp}$, а $M_a^z \rightarrow M_{крит}^{обp}$ – то начался процесс микроразрушения, если при t_3 $M_a^z > M_a^e$ – то стадия, предшествующая.

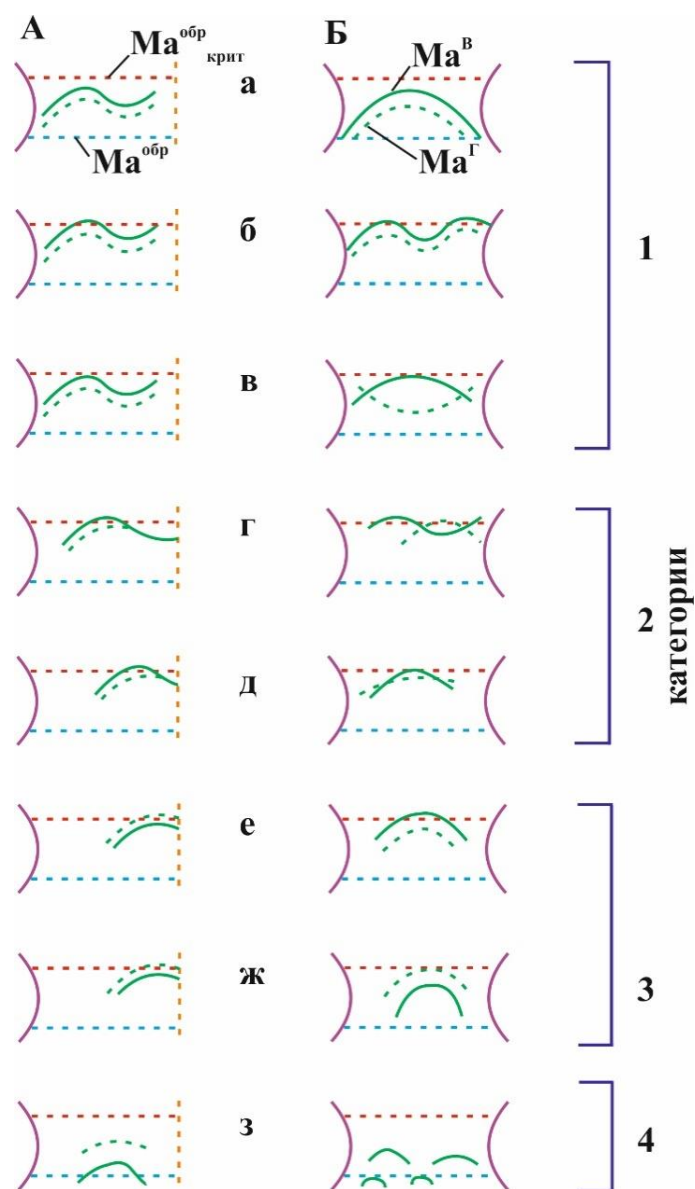


Рисунок 14. Распределение акустического модуля в массиве целика (Б) и выработки (А) с изменением горного давления от возникновения (а) до деструкции (з)

Разработан способ крепления горных выработок в условиях неустойчивых пород структурно-неоднородных массивов. Исследования для разработки способа крепления горных выработок в условиях неустойчивых пород структурно-неоднородных массивов базировались на определении устойчивости горных пород по простиранию массива, в котором будет проводиться выработка с рассмотрением возможности применения улучшенных типов крепей, с обоснованием применения эффективного типа крепления, повышающей технико-технологические, эксплуатационные и экономические показатели предприятия [Matayev, A. Abdiev A., Kydrashov, A., Musin, A., Khvatina, N., Kaumetova, D. Research into technology of fastening the mine workings in the conditions of unstable masses // MMD. – 2021. – 15(3). – С.78].

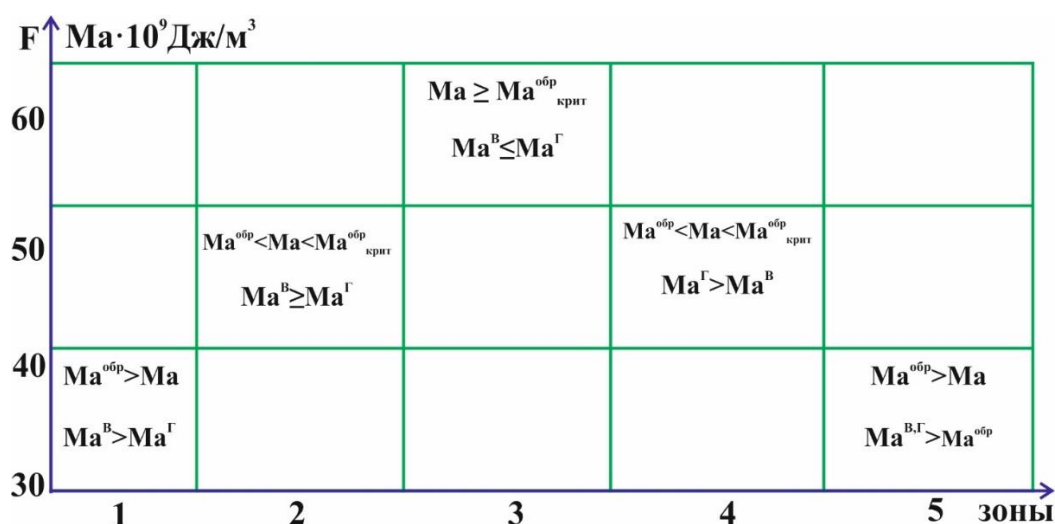


Рисунок 15. Зоны массива по степени напряженности от значений акустического модуля: 1 – разгруженная; 2 – упругого деформирования; 3 – критических напряжений; 4 – микроразрушений; 5 – разрушений

В зависимости от категорий устойчивости пород горизонтальных и наклонных горных выработок, предложен новый подход к обоснованию эффективного способа крепления путем сопоставления конструкций (табл.2) и затрат механизма крепления выработок в горно-геологических условиях неустойчивых пород структурно-неоднородных массивов.

Таблица 2 – Конструкции крепей рекомендуемые в зависимости от категории устойчивости горизонтальных и наклонных горных выработок

Категория устойчивости	Анкеры и металлическая сетка	Набрызг-бетон	Металлические рамы
массив устойчив	отсутствие крепи или локальные анкеры без металлической сетки		
массив устойчив, но с небольшим запасом	локальные в кровле	локальный кровле	—
	сплошные анкеры в кровле и боках, сетка в кровле сплошная	сплошной в кровле и боках	—
массив не устойчив	сплошные в кровле и боках	сплошной в кровле и боках	с межрамными стяжками
	сплошные в кровле и боках	сплошной в кровле и боках, и около забоя, сплошной	с межрамными стяжками и затяжкой

Определены эффективность, и перспективы правильного выбора конструкции крепи обеспечивающих снижение их материалоемкости и

стоимости, повышающие безопасность и производительность труда проходчиков. Применение анкерных болтов позволяет уменьшить затраты на крепление и поддержание до 75% и увеличить скорость проходки на 30%. Повышение скорости проходки может быть достигнуто за счет сокращения времени крепления, так как скважины для анкерной крепи бурятся и болты устанавливаются одновременно при обушивании забоя выработки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации даны научно обоснованные технические, технологические и экономические решения – по оценке геомеханического состояния породных массивов структурно-неоднородных рудных месторождений – имеющей важное хозяйственное значение для повышения эффективности и безопасности освоения структурно-неоднородных рудных месторождений. Внедрение результатов научно-исследовательской работы вносит значительный вклад в развитие научно-технического прогресса и экономики страны, существенно повышает промышленную и экологическую безопасность подземной добычи руды на структурно-неоднородных рудных месторождениях.

Наиболее существенные научные и практические результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

1. **Выявлены** основные черты напряженно-деформированного состояния массивов структурно неоднородных рудных месторождений, с учетом установленных взаимосвязей свойств и напряженно-деформированного состояния массивов рудных месторождений.

2. Лабораторными исследованиями горных пород на одноосное сжатие с одновременным прозвучиванием определены зависимости упругих характеристик от давления и глубины, **которые позволили** объяснить картину распределения напряжений в массиве вокруг горных выработок.

3. Разработан способ прогнозирования напряженно-деформированного состояния в структурно-неоднородных массивах, **закрывающийся** в построении прогнозной карты месторождения и тектонической модели ее структуры, учитывающей геологические характеристики структурно-неоднородной среды, разрывы сплошности, степень ослабления прочности массива, рельеф поверхности.

4. Разработана модель напряженно-деформированного состояния структурно-неоднородных массивов рудных месторождений, **в которой учитываются** структурно-механические особенности месторождения, иерархия и параметры тектонических нарушений, и природные локальные концентраторы напряжений вокруг них, которые могут быть потенциальными

очагами проявления горных ударов.

5. Обоснован и разработан комплексный способ оценки геомеханического состояния массивов структурно-неоднородных рудных месторождений, **закрывающийся** в том, что, учитываются совокупность показателей характеризующих уровень развития геомеханических процессов деформирования, перераспределения напряжений и разрушения протекающих в геологической истории месторождения: структурно-механические особенности; наличие тектонических разломов и их иерархия; рельеф; физико-механические свойства пород, слагающих массив; естественное напряженно-деформированное состояние; конфигурация и размер подземных выработок; ожидаемая форма проявления негативного геомеханического процесса; экологические требования. Получен патент КР № 2238, 2020 г.

6. Определены зависимости определения степени напряженности и устойчивости породного массива вокруг незакрепленной горной выработки от распределения акустического модуля в функции от расстояния вдоль шпура от контура выработки. При этом **выявлены** особенности распределения акустического модуля: при увеличении горного давления на массив акустический модуль в зоне концентрации увеличивается, со снятием давления – уменьшается.

7. Обоснован и разработан способ определения и контроля устойчивости структурно-неоднородных массивов вокруг горных выработок, **отличающийся** тем, что, с целью повышения устойчивости породного массива незакрепленной горной выработки учитываются три категории устойчивости: «массив устойчив», «массив устойчив, но с небольшим запасом» и «массив не устойчив» по графикам распределения акустических модулей в вертикальной и горизонтальной плоскостях в зонах «пониженных», «естественных» и «повышенных» напряжений построенных через измерения скоростей продольных и поперечных волн ультразвуковым способом. Получен патент КР № 2150, 2019 г.

8. Разработан способ крепления горных выработок в условиях неустойчивых пород структурно-неоднородных массивов под воздействием напряжений, **включающий**, динамическое моделирование с целью обеспечения безопасности горного производства и снижения расходов на крепление горных выработок, – на основе моделирования напряженно-деформированного состояния структурно-неоднородного породного массива и степени ее устойчивости, разрабатывается паспорт крепления и предложен новый подход к обоснованию эффективной конструкции крепи путем сопоставления затрат.

9. Результаты исследований внедрены в практику проектирования геологоразведочных работ и разработки рудных месторождений Кыргызстана

ОсОО «Азиярудпроект» (Акт внедрения научных результатов от 26.04.2022 г.), в практику ведения буровзрывных работ на месторождениях Кыргызстана ОсОО «Взрывпром компани» (Акт внедрения научных результатов от 18.01.2022 г.). В учебный процесс КРСУ им. первого Президента РФ Б.Н. Ельцина (Акт внедрения научных результатов от 29.03.2022 г.) и КГГУ им. акад. У. Асаналиева (Акт внедрения научных результатов от 12.04.2022 г.).

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Абдиев, А. Р.** Геомеханическое обеспечение горных работ в условиях высокогорья [Текст]: / Ш. А. Мамбетов, А. Р. Абдиев, А. Ш. Мамбетов // Инженер. – Бишкек, 2012. – № 3/4. – С. 29-36.
2. **Абдиев, А. Р.** Горные работы в условиях Тянь-Шаня [Текст]: моногр. / Ш. А. Мамбетов, А. Р. Абдиев, А. Ш. Мамбетов. – Бишкек: КРСУ, 2013. – 282 с.
3. **Абдиев, А. Р.** Структурно-механические особенности породного массива Тянь-Шаня и вопросы прогнозирования состояния породного массива месторождений [Текст]: / А. Р. Абдиев, Ш. А. Мамбетов, К. Д. Изабаев // Вестн. Кырг.-Рос. Славян. ун-т. – 2015. – Т.15, № 9. – С. 191-197.
4. **Абдиев, А. Р.** Природа и закономерности проявления негативных геомеханических факторов при ведении горных работ на высокогорных месторождениях [Текст]: / А. Р. Абдиев, К. Д. Изабаев, Ш. А. Мамбетов // Символ науки. – Уфа, 2016. – Т. 12, № 3(24). – С. 263-266.
5. **Абдиев, А. Р.** Тянь-Шаньские структуры и геомеханическое состояние породного массива высокогорных месторождений [Текст]: / А. Р. Абдиев, Ш. А. Мамбетов, А. Ш. Мамбетов // Материалы Междунар. симп. «Прогноз и предупреждение тектонических горных ударов землетрясений». – Бишкек, 2016. – С.74-87.
6. **Абдиев, А. Р.** Геомеханическое состояние породных массивов высокогорных месторождений [Текст]: / Ш. А. Мамбетов, А. Р. Абдиев // Вестн. Кырг.-Рос. Славян. ун-т. – 2017. – Т. 17, № 5. – С. 205-207.
7. **Абдиев, А. Р.** Оценка геомеханического состояния горных структур Тянь-Шаня для рационального ведения горных и горно-строительных работ [Текст]: / А. Р. Абдиев, Р. Ш. Мамбетова, Ш. А. Мамбетов // Горн. журн. – М., 2017. – № 4: Руда и металлы. – С. 23-28.
8. **Абдиев, А. Р.** Геомеханическое состояние породного массива Тянь-Шаня [Текст]: моногр. / Ш. А. Мамбетов, А. Р. Абдиев. – Бишкек: КРСУ, 2019. – 208 с.
9. Пат. № 2150 Кыргызская Республика, МПК E21C 39/00. Способ определения и контроля устойчивости породного массива незакрепленной горной выработки [Текст]: / [Ш. А. Мамбетов, А. Р. Абдиев, А. Ш. Мамбетов

- и др.]. – № 20180093.1; заявл.05.11.18; опубл. 31.05.19, Бюл. № 5. – 13 с.: ил.
10. А. с. №3844. Кыргызской Республики. Комплексное освоение месторождений минеральных ресурсов [Текст]: / А. Р. Абдиев, Ш. А. Мамбетов, Р. Ш. Мамбетова. – Бишкек. – Кыргызпатент, 2020. – 50 с.
11. А. с. № 3845. Кыргызской Республики. Основы геомеханики [Текст]: / А. Р. Абдиев, Ш. А. Мамбетов, Р. Ш. Мамбетова. – Бишкек, Кыргызпатент, 2020. – 50 с.
12. А. с. № 3855 Кыргызская Республика. Геомеханическое обеспечение горных и горно-строительных работ в условиях высокогорья [Текст]: / А. Р. Абдиев, Р. Ш. Мамбетова, А. А. Абдиев. – Бишкек, Кыргызпатент, 2020. – 11 с.
13. **Абдиев, А. Р.** Изучение деформаций породных массивов высокогорных месторождений, прогноз и контроль их геомеханического состояния [Текст]: /А. Р. Абдиев, Р. Ш. Мамбетова, А. А. Абдиев // Тенденции развития науки и образования. – Самара, 2020. – Ч. 8, № 60. – С. 51-57.
14. **Абдиев, А. Р.** Совершенствование технологии и организации геологического изучения эксплуатируемых сложноструктурных месторождений [Текст]: / А. Р. Абдиев, Р. Ш. Мамбетова, А. А. Абдиев // Тенденции развития науки и образования. – Самара, 2020. – Ч. 8, № 60. – С. 57-64.
15. **Абдиев, А. Р.** Актуальные вопросы контроля состояния породного массива вокруг горной выработки [Текст]: / А. Р. Абдиев, Р. Ш. Мамбетова, А. А. Абдиев, Ш. А. Абдиев // Недропользование XXI век. – М., 2020. – № 2а. – С. 82-91.
16. **Абдиев, А. Р.** Изучение закономерностей изменения структуры и свойств горных пород в зоне тектонических нарушений [Текст]: /А. Р. Абдиев, Р. Ш. Мамбетова, А. А. Абдиев // Сборник статей Междунар. науч.-практ. конф. «LXXIII Междунар. науч. чтений (памяти А.Н. Колмогорова)». – М., 2020. – С.111-114.
17. **Абдиев, А. Р.** Разработка способов прогнозирования геомеханических процессов в породных массивах [Текст]: /А. Р. Абдиев // Проблемы недропользования. – Екатеринбург, 2020. – Вып. 1. – С. 49-55. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // trud@igduran.ru. – Загл. с экрана.
18. **Абдиев, А. Р.** Прогнозирование и оценка геомеханических процессов в породных массивах месторождений [Текст]: / А. Р. Абдиев // Проблемы недропользования. – Екатеринбург, 2020. – Вып. 1. – С. 56-64. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // trud@igduran.ru. – Загл. с экрана.
19. **Абдиев, А. Р.** Контроль геомеханического состояния породного массива вблизи обнажений [Текст]: /А. Р. Абдиев, Р. Ш. Мамбетова, А. А. Абдиев [и др.] // Недропользование XXI век. – М., 2020. – № 4(87). – С.38-45.

20. **Abdiev, A. R.** Studying a correlation between characteristics of rock and their conditions [Text]: / A. R. Abdiev, R. Sh. Mambetova, A. A. Abdiev, Sh. A. Abdiev // Mining of Mineral Deposits. – 2020. – Vol. 14(3). – P. 87-100. – Режим доступа: <https://doi.org/10.33271/mining14.03.087>. – Загл. с экрана.
21. **Abdiev, A. R.** Development of methods assessing the mine workings stability [Электронный ресурс] /A. R. Abdiev, R. Sh. Mambetova, A. A. Abdiev, Sh. A. Abdiev // E3S Web of Conferences 201, 01040 (2020) Ukrainian School of Mining Engineering – 2020. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020101040>. – Загл. с экрана.
22. **Абдиев, А. Р.** Развитие методов оценки геомеханического состояния породного массива вокруг горных выработок [Текст]: / [А. Р. Абдиев, Р. Ш. Мамбетова, А. А. Абдиев и др.]. – Бишкек, Научные исследования в Кыргызской Республике. – Режим доступа: <http://journal.vak.kg/category/god-2020/2-kvartal-god-2020/>. – Загл. с экрана.
23. Пат. № 2238 Кыргызская Республика, E21C 39/00. Способ оценки геомеханического состояния породного массива высокогорных месторождений [Текст] / [А. Р. Абдиев, Р. Ш. Мамбетова, А. А. Абдиев и др.]. – Бишкек: КРСУ. – № 22200020.1; заявл.20.03.20; опубл. 15.01.21, Бюл. №1/1 – 17 с.: ил.
24. **Abdiev, A. R.** Substantiation into Parameters of Carbon Fuel Production Technology from Brown Coal [Text]: / O. Shustov, A. Pavlychenko, A. Abdiev // Materials Science Forum. – 2021. – (1045). – P. 90-101. – Режим доступа: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1045.90>. – Загл. с экрана.
25. **Abdiev, A. R.** Research into technology of fastening the mine workings in the conditions of unstable masses [Text]: / A. Matayev, A. Abdiev, A. Kydrashov [et al.] // MMD. –2021. – N 15(3). – P.78-86. – Режим доступа: <https://doi.org/10.33271/mining15.03.078>. – Загл. с экрана.
26. **Абдиев А. Р.** Контроль свойств и напряженно-деформированного состояния пород структурно-неоднородных месторождений полезных ископаемых [Текст]: / Ш. А. Мамбетов, К. Ч. Кожогулов, А. Р. Абдиев // Современные проблемы механики. – Бишкек, 2021. – № 43(1). – С. 35-49.
27. **Абдиев, А. Р.** Взаимосвязь свойств и состояния пород структурно-неоднородных месторождений полезных ископаемых [Текст]: / Ш. А. Мамбетов, К. Ч. Кожогулов, А. Р. Абдиев // Современные проблемы механики. – Бишкек, 2021. – № 43(1). – С. 3-17.
28. **Абдиев, А. Р.** Основные черты геомеханического состояния структурно-неоднородных месторождений [Текст]: / К. Ч. Кожогулов, Ш. А. Мамбетов, А. Р. Абдиев // Современные проблемы механики. – Бишкек, 2021. – № 2. – С. 58-68.
29. **Абдиев, А. Р.** Использование закономерностей формирования

удароопасных зон в разработке методов оценки удароопасности пород и участков рудных месторождений структурно-неоднородного строения [Текст]: / Ш. А. Мамбетов, К. Ч. Кожогулов, А. Р. Абдиев // Горн. журн. – Бишкек, 2021. – Т. 2(2). – С. 56-59.

30. **Абдиев, А. Р.** Напряженно-деформированное состояние породных массивов структурно-неоднородных месторождений Кыргызстана [Текст]: / К. Ч. Кожогулов, А. Р. Абдиев // Изв. Нац. АН Кырг. Респ. – 2022. – №1. – С.10-18.

31. **Abdiev, A. R.** Analysis of the regularities of basalt open-pit fissility for energy efficiency of ore preparation [Text]: / Y. Malanchuk, V. Moshynskyi, A.R. Abdiev [et al.] // Mining of Mineral Deposits. – 2022. – Vol. 16(1). – P. 68-76. – Режим доступа: <https://doi.org/10.33271/mining16.01.068>. – Загл. с экрана.

25.00.20 – геомеханика, тоо тектерин жардыруу менен талкалоо, тоо-кен аэрогазодинамикасы жана тоо тек жылуулук физикасы адистиктиги боюнча техника илимдеринин доктору илимий даражасын алуу үчүн Абдиев Арстанбек Раимбековичтин «Структуралык бир тектүү эмес рудалык кендердин тоо тектеринин геомеханикалык абалын баалоо» темадагы диссертациясынын

КЫСКАЧА КОРУТУНДУСУ

Негизги сөздөр: структуралык бир тектүү эместик, серпилгич мүнөздөмөлөр, чыңалуу-деформациялык абалы, геомеханикалык модели, акустикалык модулу, тоо басымы, туруктуулук, бекитүү.

Изилдөөнүн объектиси болуп рудалык кендердин структуралык бир тектүү эмес массивдери эсептелет.

Изилдөөнүн предмети болуп рудалык кендердин структуралык бир тектүү эмес массивдеринин өзгөчөлүктөрүн касиеттеринин жана чыңалуу-деформациялык абалынын өз ара байланышын эске алуу менен изилдөө болуп саналат.

Изилдөөнүн максаты илимий негиздерин түзүү жана тийбеген массивдердин геомеханикалык абалын баалоо жана контролдоо ыкмаларын иштеп чыгуу, ошондой эле структуралык бир тектүү эмес руда кендеринде тоо-кен иштерин жүргүзүүдө алардын натыйжалуулугун жана өздөштүрүү коопсуздугун жогорулатуу болуп саналат.

Изилдөөнүн ыкмалары: теориялык, лабораториялык, атайын (моделдөө, чыгымдарды экономикалык салыштыруу), эксперименталдык.

Алынган натыйжалар жана алардын жаңылыгы: касиеттери менен чыңалуу-деформация абалынын ортосундагы байланышты эске алуу менен структуралык бир тектүү эмес массивдердин өзгөчөлүктөрүн изилдөөгө жаңы ыкма иштелип чыккан; массивде чыңалуу таралышынын мыйзамдуулугун түшүндүрүү үчүн тектердин серпилгич мүнөздөмөлөрүнүн басымга жана тереңдикке көз карандылыгы аныкталган; массивдин чыңалуу-деформациялык абалынын модели иштелип чыккан; массивдин геомеханикалык абалын баалоо ыкмасы иштелип чыккан; кен казууларынын айланасындагы массивдердин туруктуулугун аныктоо жана контролдоо ыкмасы иштелип чыккан; туруксуз тоо тектеринин шарттарында кен казуу түтүктүн бекитүүнүн эффективдүү ыкмасы негизделди.

Колдонуу чөйрөсү: илимий жоболор, алынган натыйжалар жана иштелип чыккан ыкмалар теориялык жана практикалык мааниге ээ, ченемдик документтерде жана окуу-методикалык адабияттарда, долбоорлоо жана өндүрүш ишинде колдонулушу мүмкүн.

РЕЗЮМЕ

Диссертации Абдиева Арстанбека Раимбековича на тему: «Оценка геомеханического состояния породных массивов структурно-неоднородных рудных месторождений» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.20 – геомеханика, разрушение горных пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика

Ключевые слова: структурная неоднородность, упругие характеристики, напряженно-деформированное состояние, геомеханическая модель, акустический модуль, горное давление, устойчивость, крепление.

Объектом исследования диссертации является структурно-неоднородные массивы рудных месторождений.

Предметом исследования является изучение особенностей структурно-неоднородных массивов рудных месторождений с учетом взаимосвязи свойств и напряженно-деформированного состояния.

Целью исследования является создание научных основ и разработка способов оценки и контроля геомеханического состояния нетронутых массивов и при ведении горных работ в структурно-неоднородных рудных месторождениях для повышения их эффективности и безопасности освоения.

Методы исследования: теоретические, лабораторные, специальные (моделирование, экономическое сопоставление затрат), экспериментальные.

Полученные результаты и их новизна: разработан новый подход изучения особенностей структурно-неоднородных массивов с учетом взаимосвязи свойств и напряженно-деформированного состояния; определены зависимости упругих характеристик пород от давления и глубины; разработан способ прогнозирования напряженно-деформированного состояния массива; разработана модель напряженно-деформированного состояния массива; разработан способ оценки геомеханического состояния массивов; разработан способ определения и контроля устойчивости массивов вокруг выработок; обоснован эффективный способ крепления выработок в условиях неустойчивых пород.

Область применения: научные положения, полученные результаты и разработанные способы имеют теоретическое и практическое значение, могут найти применение в нормативной документации и учебно-методической литературе, в проектной и производственной деятельности.

RESUME

Dissertation of Abdiev Arstanbek Raimbekovich on the topic: "Assessment of the geomechanical state of rock massifs of structurally heterogeneous ore deposits" for the degree of doctor of technical sciences in specialties 25.00.20 - geomechanics, destruction of rocks by explosion, mining aerogas dynamics and rocks thermophysics

Key words: structural heterogeneity, elastic characteristics, stress-strain state, geomechanical model, acoustic modulus, rock pressure, stability, fastening.

The object of the research is the structurally heterogeneous arrays of ore deposits.

The subject of the research is the study of the features of structurally heterogeneous massifs of ore deposits, considering the relationship of properties and stress-strain state.

The goal of the research is the creation of scientific foundations and the development of methods for assessing and controlling the geomechanical state of untouched massifs and in the conduct of mining operations in structurally heterogeneous ore deposits in order to increase their efficiency and development safety.

Research methods: theoretical, laboratory, special (modeling, economic comparison of costs), experimental.

The obtained results and their novelty: a new approach has been developed for studying the features of structurally heterogeneous massifs, taking into account the relationship between properties and the stress-strain state; dependencies of elastic characteristics of rocks on pressure and depth are determined; developed a method for predicting the stress-strain state of the array; a model of the stress-strain state of the massif was developed; a method for assessing the geomechanical state of massifs was developed; a method was developed for determining and controlling the stability of massifs around workings; an effective method of fixing workings in conditions of unstable rocks is substantiated.

Scope: scientific provisions, the results obtained and the developed methods are of theoretical and practical importance, can be used in regulatory documentation and educational and methodological literature, in design and production activities.

