

## ГЕОЛОГИЯ GEOLOGY

УДК 622.02.112

**Кожогулов Камчибек Чонмурунович,**  
*доктор технических наук, профессор, академик НАН КР,  
Институт геомеханики и освоения недр НАН КР*

**Кожогулов Камчибек Чонмурунович,**  
*техника илимдеринин доктору, профессор, КРнын УИАнын академиги, КРнын  
УИАнын Геомеханика жана жер казынасын өздөштүрүү институту*  
**Kozhogulov Kamchibek Chonmurunovich,**  
*Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the NAS of the KR, Institute of Geo-  
mechanics and Subsoil Development of the NAS of the KR*

**Абдиев Арстанбек Раимбекович,**  
*кандидат технических наук, доцент,  
Кыргызский государственный университет геологии, горного дела и освоения  
природных ресурсов имени академика У. Асаналиева*

**Абдиев Арстанбек Раимбекович,**  
*техника илимдеринин кандидаты, доцент,  
Академик У. Асаналиев атындагы Кыргыз мамлекеттик геология, тоо-кен иштери  
жана жаратылыш ресурстарын иштетүү университети*  
**Abdiev Arstanbek Raimbekovich,**  
*candidate of technical sciences, associate professor,  
Kyrgyz State University of Geology, Mining and Development of Natural Resources named  
after Academician U. Asanaliiev*

### НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОРОДНЫХ МАССИВОВ СТРУКТУРНО-НЕОДОНОРОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КЫРГЫЗСТАНА

**Аннотация.** В статье рассматриваются породные массивы структурно-неоднородных рудных месторождений Кыргызстана. Приведены данные проведенных многолетних натуральных экспериментальных исследований и приведены результаты оценки напряженно-деформированного состояния рассматриваемых породных массивов.

**Ключевые слова:** структурная неоднородность, свойства пород, рудные месторождения, напряженно-деформированное состояние

### КЫРГЫЗСТАНДАГЫ СТРУКТУРАЛЫК БИР ТЕКТҮҮ ЭМЕС РУДА КЕНДЕРДИН ЧЫҢАЛУУ-ДЕФОРМАЦИЯЛАНГАН АБАЛЫ

**Аннотация.** Макалада Кыргызстандагы структуралык бир тектүү эмес рудалык кендердин тоо тектүү массивдери каралат. Узак мөөнөттөгү жүргүзүлгөн табигый эксперименталдык изилдөөлөрдүн маалыматтары жана каралып жаткан тоо тектеринин чыңалуу-деформациялык абалына баа берүүнүн натыйжалары келтирилген.

**Негизги сөздөр:** структуралык ар түрдүүлүк, тектердин касиеттери, руда кендери, чыңалуу-деформацияланган абалы

## STRESS-STRAIN STATE OF ROCKS OF STRUCTURALLY HETEROGENEOUS DEPOSITS IN KYRGYZSTAN

**Abstract.** Laboratory tests are widely used in the study of the stress state of an array. However, these tests are not enough, and at the research stage the authors propose a method for multi-parameter control of the properties and stress-strain state of rocks.

**Keywords:** structural heterogeneity, rock properties, ore deposits, stress-strain state

Проблема повышения безопасности и эффективности разработки структурно-неоднородных рудных месторождений занимает важное место в дальнейшем развитии горнодобывающей промышленности Кыргызстана. Неизбежность горного давления при подземных горных работах, особенно на глубоких горизонтах, с развитием очистного пространства, сложностью геологической структуры и высокой тектонической напряженностью структурно-неоднородных породных массивов рудных месторождений, приводит к внезапному разрушению участков разрабатываемых породных массивов, горным и горно-тектоническим ударам.

Прогнозирование характера и масштаба опасных динамических явлений, представляющих угрозу жизни производственникам и основную причину снижения горного производства, до настоящего времени является трудноразрешимой задачей, а проблема предотвращения горных и горно-тектонических ударов приобретает особую актуальность.

Для эффективного управления горным давлением необходимо применение методов и средств оценки и контроля геомеханического состояния породного массива, в полной мере учитывающих напряженно-деформированное состояние, свойств пород, геодинамику и условий отработки месторождений. Это позволяет научно обосновать комплекс мероприятий по предотвращению опасных проявлений горного давления при планировании и ведении горных работ в условиях структурно-неоднородных рудных месторождений. Таким образом, для прогнозирования опасных геодинамических явлений необходимы

достоверные сведения о геомеханическом состоянии разрабатываемого месторождения, в первую очередь о параметрах и характере его напряженно-деформированного состояния.

### ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рудниках Кыргызстана максимальная глубина разработки, в настоящее время, составляет 800 м, а ряд рудников в перспективе намечено отрабатывать до глубины 900–1000 м и более (рудники Хайдарканского ртутного, Кадамджайского сурьмяного и других комбинатов). В Кыргызстане, на руднике Улуу-Тоо Хайдарканского ртутного комбината, глубокие горизонты уже вскрыты двумя стволами: Глубокой и Центральной. Глубина стволов соответственно 685 м и 860 м. В последние годы, в связи с увеличением глубины разработки и усложнением геологических условий, на рудных месторождениях Кыргызстана стало заметно возрастать горное давление, а в ряде случаев имели место отдельные проявления горных ударов. Проявления горного давления на рудниках Хайдаркана, Кадамжая, Мамкала, Кумтора, Сарыджаза происходили в виде массовых обрушений пород кровли и целиков, разрушений сопряжений выработок от взаимного влияния выработок, выработок, расположенных в зонах влияния очистных работ и сдвижений горных пород. К примеру, произошедшие обрушения и завалы подземных выработок на сопряжении с 5-ой перегрузочной камерой на горизонте 3821 м на расстоянии 610–620 метров от устья ствола на руднике Кумтор в июне 2009 г. привели к остановке строительства подземной части

рудника. На протяжении работы рудника, происходили другие, несколько, от крупных аварий до катастроф в виде обрушения бортов и на карьере рудника.

Задачами исследований авторов были: оценка напряженно-деформированного состояния породных массивов структурно-неоднородных рудных месторождений Кыргызстана на базе проведенных многолетних натурных экспериментальных исследований; выявленных закономерностей изменения напряжений с глубиной; установления влияния свойств пород, на напряженное состояние; обследования выработок в структурно-неоднородных породных массивах в условиях их напряженного состояния.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Результаты анализа экспериментальных данных и расчетов.

Статистическая обработка экспериментального материала по естественным напряжениям в структурно-неоднородных породных массивах рудных месторождений Кыргызстана позволила получить уравнения регрессии, характеризующие изменение средних значений главных нормальных напряжений с глубиной [1–5]:

– для крепких пород с модулем упругости от  $(5–6) \cdot 10^4$  до  $(10–11) \cdot 10^4$  МПа:

$$\sigma_x + \sigma_y = 9,5 + 2,78\gamma H, \text{ МПа} \quad (1)$$

$$\sigma_x = 5,0 + 2,78\gamma H, \text{ МПа} \quad (2)$$

$$\sigma_y = 4,5 + 1,12\gamma H, \text{ МПа} \quad (3)$$

– для массивов средней прочности с модулем упругости пород от  $(2\pm 3) \cdot 10^4$  МПа:

$$\sigma_x + \sigma_y = 5,0 + 2,14\gamma H, \text{ МПа} \quad (4)$$

$$\sigma_x = 3,0 + 1,14\gamma H, \text{ МПа} \quad (5)$$

$$\sigma_x = 2,0 + \gamma H, \text{ МПа} \quad (6)$$

где  $\gamma$  – объемный вес породы:  $2,7 \cdot 10^{-2}$  МПа/м;  $H$  – глубина от дневной поверхности, м. Вертикальные напряжения  $\sigma_y$  приблизительно соответствуют  $\gamma H$ .

Из приведенных формул (1–6) видно, что полученные значения, оказались более низкими, чем у Н.Хаста, но выше, чем по гидростатическому закону.

С целью выявления основных закономерностей распределения полей напряжений в массиве пород был проведен

комплекс экспериментальных работ и обобщение результатов проведенных исследований. Так, измерениями методом разгрузки (ВНИМИ) на Кадамжайском руднике на горизонте 930 м установлено, что в южном крыле складки максимальное главное напряжение составляет 35,1 МПа и направлено в субмеридиональном направлении (азимут  $156^\circ$ ). На юго-западном периклинальном замыкании складки величина максимального главного напряжения равна 40,1 МПа, а его ориентация субширотная (азимут  $282^\circ$ ). Это связано с изменением симметрии осей напряжений в процессе формирования тектонических структур месторождения. Наибольшая переориентация напряжений при формировании складок соответствует периклинальным замыканиям. Несмотря на противоположное направление действия максимальных главных напряжений относительно стран света, оба они ориентированы вкрест простирания крупных сколовых разломов взбросо-сдвигового характера, находящихся в районе измерений. Более высокое значение абсолютной величины напряжения на юго-западном замыкании обусловлено меньшим расстоянием до тектонического нарушения. Следовательно, различие между величинами напряжений связано не только с глубиной, о чем свидетельствует сравнение результатов измерений на разных участках [1–5].

Экспериментальный участок на горизонте 960 м находился на глубине 240 м, что на 90–140 м (за счет рельефа местности) меньше, чем на горизонте 930 м. Несмотря на то, что глубина от поверхности на горизонте 960 м меньше только в 1,4–1,5 раза, значения вертикальных напряжений оказались в 2,2–2,6 раза, а горизонтальных – в 1,6–2,0 раза ниже, по сравнению с горизонтом 930 м.

Такое значительное различие не может быть объяснено изменением гравитационных напряжений, а связано с тектоническими напряжениями, действующими на данных участках месторождения. На горизонте 960 м экспериментальный участок расположен на северном фланге известнякового ядра складки в районе Северного взброса, сместитель которого заполнен рудным материалом в виде джаспероидно-кварцевой

брекчии. Как было показано выше, разрывные нарушения данного типа являются сформировавшимися разломами, не способствующими образованию зон с высокой концентрацией напряжений. На горизонте 930 м измерения проведены вблизи крупных сколовых взбросо-сдвиговых разломов с амплитудами перемещения более 100 м. Формирование этих разломов происходило на более позднем этапе и продолжается в настоящее время, что способствует образованию зон повышенной концентрации напряжений в прилегающих блоках массива.

Следовательно, различия в напряжениях на участках месторождения обусловлены в основном тектоническими составляющими полного тензора напряжений за счет разного влияния разрывных нарушений. Величины главных максимальных напряжений существенно зависят не только от глубины, но и от местоположения участка массива относительно тектонически активных разрывных нарушений. Так, в Южном штреке (горизонт 930 м) на глубине 330 м от поверхности измеренные главные напряжения составляют 35,1 МПа, а в районе ствола шахты “Новая” на глубине 460 м – 18,6 МПа, то есть почти в два раза меньше. Это связано с тем, что экспериментальный участок в Южном штреке находится на расстоянии 25 м от крупного тектонического нарушения и тектоническая составляющая напряжений за счет его влияния достигает 17,1 МПа, а участок ствола шахты “Новая” удален от нарушения (Диагональный разлом) на расстояние 690 м, в результате чего его влияние на напряженное состояние практически не проявляется. Характерной особенностью максимальных главных напряжений является их ориентация вкрест простирания разломов, а углы отклонения от горизонтали не превышают 30–40°. Максимум тектонической составляющей напряжений находится в непосредственной близости от разлома и составляет 22 МПа. По мере удаления от тектонического нарушения на расстояние до 200 м напряжения снижаются в 2 раза, а на расстоянии 800 м составляют всего 1 МПа, то есть влияние разлома становится незначительным. Аналогичный характер

распределения напряжений установлен и в результате ультразвуковых измерений [2,5].

Чонкойское месторождение расположено в центральной части Карачатырского антиклинария и состоит из ряда субпараллельных крупных антиклинальных и синклинальных складок. На месторождении выделено три рудоносные зоны, сложенные в основном кварц-карбонатными породами. Рудоносные зоны примерно параллельны друг другу, азимут простирания 270–310°, угол падения на север в пределах 50–70°. Строение Южной зоны сравнительно однородно, а Северная зона характеризуется многочисленными апофизами и крупным флексурным изгибом. Нами были проведены сравнительные измерения напряжений на экспериментальных участках, расположенных на одном горизонте в Южной и Северной зонах. Исследуемые участки массива находились на одной глубине (Н=160 м), однако напряжения на них отличаются в несколько раз. Так, в Южной зоне вертикальные напряжения равны 4,2 МПа, а горизонтальные – 7,4–9,6 МПа или 1,7–2,2 Н. 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 раз больше, чем в Южной зоне. Превышение напряжений свидетельствует о значительной величине тектонических сил, вызвавших образование складок и флексур. Максимальные напряжения, как и на других месторождениях, направлены в субмеридиональном направлении.

Статистическая обработка и обобщение результатов экспериментальных исследований проводились и на Хайдарканском месторождении. Для прогнозирования распределения напряжений в массиве с увеличением глубины до 400 м были привлечены данные по измерению напряжений, полученные на Хайдарканском месторождении и нами [1–5]. Их сравнения с расчетными по гипотезе А.П. Динника, что вертикальные напряжения, измеренные непосредственно в массиве, соответствуют расчетным и практически равны давлению веса вышележащих пород до дневной поверхности. Величины горизонтальных напряжений превышают расчётные в 3–4 раза.



В результате статистического анализа экспериментальных данных и расчетов установлено, что вертикальные напряжения, измеренные на разных глубинах, соответствуют расчетным и практически равны давлению веса вышележащих пород. Величины горизонтальных напряжений, определенных экспериментально в 3–4 раза превышают напряжения, рассчитанные по гипотезе А.Н. Динника, однако в 2–3 раза меньше, чем рассчитанные по зависимостям Н.Хаста в направлении, близком к меридиональному. В склоне выше уровня долины горизонтальное напряжение вдоль простирания хребта Катран минимально, а напряжение, действующее вкрест простирания хребта, повышено в 4 раза и превышает вертикальное. В нижележащем массиве под подножьем хребта на глубинах до 400 м 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.

Особенностью напряженного состояния массива пород на Хайдарканском месторождении является повышенное боковое давление, направленное субмеридионально вкрест простирания основных складчатых и разрывных структур. На участках массива в непосредственной близости от тектонических трещин образуются зоны повышенных и пониженных напряжений, значительно отличающихся от средних

значений. Максимальная концентрация напряжений достигает  $2\div 3\gamma H$ . Аналогичное распределение исходных полей напряжений в массиве установлено на Терексайском и Чаувайском месторождениях

Реконструкция ориентировки главных напряжений по способу оценки геомеханического состояния породных массивов высокогорных месторождений [6] дала результаты, согласующиеся с данными, полученными методом разгрузки.

#### Результаты исследований свойств пород

Результаты исследований [7–10] подтверждают явно выраженную тенденцию роста скорости с увеличением прочности пород. Так, породы типа мрамора, известняка Чатбазара, отличающиеся наиболее высокой однородностью, изотропностью, имеют довольно высокую корреляцию скорость-прочность ( $r = 0,86$ ). Коэффициент прочностной анизотропии для этих пород, определенный по величинам  $K = \sigma_{\perp}/\sigma_{\parallel}$ , близок к 1. Породам месторождения Улуу-Тоо (эффузивы, листвениты, сланцы, серпентиниты) характерна значительная неоднородность и анизотропия и, как следствие, коэффициент корреляции в этом случае низкий ( $r = 0,64$ ). Для анизотропных пород величины прочностных характеристик зависят как от направлений приложения нагрузки, так и от направлений осей упругой симметрии.

Увеличение коэффициента упругой анизотропии сопровождается увеличением прочностной анизотропии, а уменьшение величины упругой анизотропии приводит к увеличению прочности на одноосное сжатие (табл. 1).

Таблица 1.

#### Взаимосвязь упругой анизотропии с прочностными характеристиками

Порода	Скорость волн, м/сек		Коэффициент анизотропии скорости упругих волн, %	Пределы прочности на сжатие,		Коэффициент прочностной анизотропии, %, $K = \frac{\sigma_{max}\sigma_{min}}{\sigma_{min}}$
	$V_{P\parallel}$	$V_{P\perp}$		$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	
Базальт	4610	4410	4,5	1070	940	13,9
Мраморизованные	5460	5100	6,8	865	830	4,1
Хлоритовый сланец	7120	6400	11,3	3140	2400	30,8
Джаспероиды	4760	4050	17,0	1290	850	51,9
Слоистые известняки	4740	3280	44,6	805	610	32,0
Сланцы углистые	5105	2715	87,5	1400	830	68,6
Слюдяно-кварцевые сланцы	5100	2550	100,0	880	525	68,1

На скорость продольных волн существенно влияет давление. При увеличении нагрузки от нуля до 50% от разрушающих скорость  $V_P^{\perp}$  (p) для исследуемых пород

увеличивается на 25–35%,  $V_P^{\perp}$ (p) на 7–15%. Между скоростью продольных волн и сжимающим напряжением связь нелинейная (табл.2).

Таблица 2

**Средние значения скоростей упругих волн и коэффициентов анизотропии скоростей продольных волн для исследуемых пород**

Порода	Скорость продольных волн, м/сек			Скорость продольных волн, м/сек			Коэффициент анизотропии скоростей продольных волн, %			Коэффициент анизотропии скоростей поперечных волн, %		
	$V_{Px}$	$V_{Py}$	$V_{Pz}$	$V_{Sx}$	$V_{Sy}$	$V_{Sz}$	$A_{yx}^P$	$A_{yz}^P$	$A_{xz}^P$	$A_{yx}^S$	$A_{yz}^S$	$A_{xz}^S$
<b>Слюдяно-кварцевые сланцы</b>	5130	4370	2540	2880	2500	1540	17,5	102,4	72,2	15,6	88,0	63,3
Амфиболиты	6000	5630	5080	2970	3010	2650	6,6	18,3	10,9	5,5	12,4	13,5
Слоистые известняки	4610	-	3190	2460	-	1930	-	45,0	-	-	23,4	-
Джаспероиды окварцованные	4770	-	3930	2400	-	2180	-	21,0	-	-	11,1	-
Сланцы кремненные	5060	5000	4450	2940	2800	1980	1,2	13,7	12,3	5,0	48,4	41,4
Мраморизованные известняки	5450	5380	5100	3160	3280	3190	1,3	6,8	5,4	3,6	1,0	2,8

Для исследуемых пород с учетом расчетной схемы анизотропии и при использовании формул для расчета упругих характеристик анизотропных пород с ортотропной, трансверсально-изотропной симметрией определены упругие характеристики (табл. 3).

Таблица 3

**Упругие характеристики исследуемых анизотропных и изотропных пород**

Порода	Упругие характеристики								
	$E_x \cdot 10^5, \text{кг/см}^2$	$E_y \cdot 10^5, \text{кг/см}^2$	$E_z \cdot 10^5, \text{кг/см}^2$	$G_x \cdot 10^5, \text{кг/см}^2$	$G_y \cdot 10^5, \text{кг/см}^2$	$G_z \cdot 10^5, \text{кг/см}^2$	$\mu_{xy}$	$\mu_{yz}$	$\mu_{zx}$
<b>Слюдяно-кварцевые сланцы</b>	5,77	4,99	1,41	2,24	2,02	0,63	0,27	0,26	0,22
Амфиболиты	7,48	6,61	5,35	2,55	2,64	2,04	0,33	0,30	0,31
Слоистые известняки	4,80	-	2,26	-	-	0,96	0,27	-	0,29
Джаспероиды окварцованные	4,35	-	3,13	1,41	-	1,29	0,33	-	0,26
Сланцы	6,71	-	5,22	-	-	1,43	0,26	-	0,28
Сланцы кремненные	5,80	6,19	4,48	2,34	2,12	1,06	0,26	0,21	0,32
Мраморизованные известняки	7,00	6,76	6,2	2,62	2,83	2,67	0,24	0,21	0,17
Джаспероиды	5,58	5,56	5,60	-	-	-	0,21	0,20	0,22

Как видно из таблиц 2 и 3, исследуемым породам свойственна существенная анизотропия скоростей упругих волн, изменяющихся в широких пределах: от 5–10 до 80–100%. Упругие характеристики, измеренные по различным направлениям относительно осей симметрии, также существенно различаются.

Модули упругости, определенные в направлении напластования  $E_p$ ,  $G_p$ ,  $\mu_1$  больше их значений, определенных вкрест напластования  $E_\perp$ ,  $G_\perp$ ,  $\mu_\perp$ , то есть имеют место соотношения  $E_1 > E_\perp$ ,  $G_1 > G_\perp$ ,  $\mu_1 > \mu_\perp$ .

Сравнивая таблицы 2 и 3, нетрудно проследить, что изменение скорости продольной волны в  $n^2$  раз относительно упомянутых выше элементов залегания отвечает изменению модуля упругости и модуля сдвига  $n^2$  раз в соответствующих направлениях. Иными словами, чем больше степень анизотропии, тем значительнее различие упругих параметров, определенных по этим направлениям.

#### **Результаты обследования подземных горных выработок**

Обследование [1–5, 11–13] незакрепленных вертикальных, капитальных и одиночных подготовительных выработок показало, что разрушение пород в стенках выработок происходит на участках, простирающиеся которых близко к направлению действия высоких горизонтальных тектонических напряжений. А в горизонтальных выработках разрушения происходят в кровле и почве.

В очистных выработках обследовано состояние более 200 действующих и отработанных камер с различным сроком существования. При обследовании измерялись фактические размеры камер и междукамерных целиков, слоистость, трещиноватость, обводненность, глубина разработки, площадь и объем обрушений, а также ориентировка тектонических на данном участке. Зафиксировано 22 случая одиночных обрушений кровли камер. Пролеты камер в местах обрушений различны и колеблются от 6 до 50–55 метров. Камеры расположены на различных глубинах – от 20 до 300 м. Площади обрушенных пород в камерах различны: от 6 до 500 м<sup>2</sup>, а мощность составляет от 0,2 до 3,0–4,0 м. Обрушенная порода размещается на почвах камер навалом, очень редко

они занимают всю площадь камер. Большая часть обрушений произошло после отработки камер.

Анализ результатов обследования показывает, что критическое состояние пород при определенной ориентировке выработки в первую очередь достигается в кровле и почве выработки от напряжений сжатия. При расположении выработки в направлении, близком к перпендикулярному направлению вектора наибольших тектонических напряжений в массиве, напряжения в зонах концентрации на контуре выработки могут в 2–3 раза превысить напряжения в породном массиве нетронутым горными работами.

Влияние тектонических напряжений наблюдается во всех элементах горных выработок: капитальных, подготовительных и очистных. Формы проявления потери устойчивости пород различны: от скола до отслоения плит. В условиях, слабо напряженных тектоническими силами массивов, преобладающей формой нарушения устойчивости выработок является скол по поверхности структурных неоднородностей и вывал структурных блоков, в то время как сами структурные блоки не разрушаются. В условиях сильно напряженных тектоническими силами массивов, преобладающее значение имеет раздавливание самих структурных блоков. Типичной формой нарушения устойчивости при этом является отслоение плит, параллельных контуру выработок из зон наиболее высоких сжимающих напряжений. Поэтому важной особенностью деформирования пород вокруг выработок в условиях действия тектонических сил является их зависимость от направления выработок. В зависимости от направления продольной оси выработки относительно вектора тектонических напряжений концентрация напряжений, а следовательно, и развитие деформаций, и разрушение пород существенно различны. Отсюда следует, что, изменяя ориентировку продольной оси выработки относительно направления вектора можно достигать изменения проявления тектонических напряжений на контур выработки. Способы уменьшения влияния тектонических напряжений на устойчивость различных выработок разнообразны, и они разрабатываются с учетом величины и направления вектора тектонических напряжений.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Напряженно-деформированное состояние породного массива структурно-неоднородных рудных месторождений Кыргызстана является продуктом всего процесса образования геологических структур. Поэтому в соответствии с геологической структурой рассматриваемого месторождения можно разграничить зоны с одинаковым поведением в движении и постоянным в пространстве напряженным состоянием.

2. Современная тектоника месторождений представляет собой остаточные деформации, созданные интенсивными горизонтальными геодинамическими напряжениями.

3. Естественное поле напряжений в породном массиве структурно-неоднородных рудных месторождений Кыргызстана характеризуется неоднородностью, обусловленной структурными и тектоническими особенностями региона, совместным действием гравитационных и тектонических сил и параметров рельефа. Пространственная неравномерность распределения напряжений обусловлена неоднородностью распределения физико-механических свойств в массиве, трещиноватостью и общим сложным геологическим строением месторождений.

4. В породном массиве структурно-неоднородных рудных месторождений Кыргызстана действуют горизонтальные тектонические силы, порождающие высокие горизонтальные тектонические напряжения с зональным распределением по направлению действия, которые в свою очередь, являются источником формирования высоких

концентраций напряжений вблизи горной выработки, особенно при размещении ее поперек этим силовым полям.

5. Наличие высоких горизонтальных тектонических напряжений, взаимосвязь складчатых и разрывных структур месторождений, влияние параметров рельефа месторасположения месторождений указывают на то, что всестороннее изучение и выявление закономерностей изменения напряжений с глубиной, установления влияния свойств пород, в том числе степени влияния повышенного бокового давления и слабых боковых пород на напряженное состояние представляется наиболее перспективным путем к разработке методов оценки удароопасности пород и участков месторождений.

6. Неоднородность состава, структуры и свойств пород структурно-неоднородных рудных месторождений, разнообразие размеров и взаимного расположения горных выработок вызывают значительное непостоянство и сложность характера изменения напряженных состояний, и протекание процессов деформации.

7. Полученные результаты помогают определять не только зависимости упругих характеристик пород от давления и глубины, но и объясняют картину распределения абсолютных и относительных напряжений в массиве вблизи горных выработок.

8. В расчетах конструктивных параметров систем разработки и крепления выработок в условиях структурно-неоднородных породных массивах рудных месторождений Кыргызстана, необходимо учитывать геодинамический фон от напряженного состояния такого породного массива.

## Литература

1. *Кожогулов К.Ч.* Определение напряженного состояния крутопадающих рудных залежей Средней Азии при разработке их камерными системами (на примере Чон-Койского месторождения)/ дисс.к.т.наук: 01.02.07 – М., 1983. – 139 с.
2. *Мамбетов Ш.А.* Прогнозирование и контроль напряженно-деформированного состояния массива в высокогорных районах в динамике горных работ/ дисс.д.т.наук: 05.15.11 – Москва, 1983. – 412 с.
3. *Кожогулов К.Ч.* Геомеханическое обоснование эффективной разработки удароопасных крутопадающих рудных месторождений/ дисс.д.т.наук: 01.02.07 – Бишкек, 1992. – 391 с.
4. *Кожогулов К.Ч.* Проблемы геомеханики при освоении горных территорий/Горная наука в Кыргызстане в XX веке. – Бишкек, Илим, 2000. – 378 с.
5. *Мамбетов Ш.А.* Основы геомеханики. [Текст]: класс.учебник/Ш.А. Мамбетов, А.Р. Абдиев, Р.Ш. Мамбетова//, Бишкек, КРСУ, 2020. – 438 с.



6. Патент КР №2238. Способ оценки геомеханического состояния породного массива высокогорных месторождений. 2020 г.
7. *Abdiev A.R.* Studying a correlation between characteristics of rock and their conditions. [Текст]:/A.R. Abdiev, R.Sh. Mambetova, A.A. Abdiev, Sh.A. Abdiev//Mining of Mineral Deposits, 14(3), 2020 г. – с. 87-100. <https://doi.org/10.33271/mining14.03.087>
8. *Abdiev A.R.* Development of methods assessing the mine workings stability. [Текст]:/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 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020101040>
9. *Абдиев А.Р.* Развитие методов оценки геомеханического состояния породного массива вокруг горных выработок. [Текст]: /А.Р. Абдиев, Р.Ш. Мамбетова, А.А. Абдиев, Ш.А. Абдиев //Научные исследования в Кыргызской Республике <http://journal.vak.kg/category/god-2020/2-kvartal-god-2020/>
10. *Мамбетов Ш.А.* Взаимосвязь свойств и состояния пород структурно-неоднородных месторождений полезных ископаемых. [Текст]: /Ш.А. Мамбетов, К.Ч. Кожоголов, А.Р. Абдиев// Журнал «Современные проблемы механики» №43(1), Изд-во ИГиОН НАН КР, Бишкек, 2021. – с. 3–17.
11. *Matayev A.* Research into technology of fastening the mine workings in the conditions of unstable masses. [Текст]: /A. Matayev, A. Abdiev, A. Kydrashov, A. Musin, N. Khvatina, D. Kaumetova //Mining of Mineral Deposits, 15(3), 2021 г. – с.78-86. <https://doi.org/10.33271/mining15.03.078>
12. *Мамбетов Ш.А.* Контроль свойств и напряженно-деформированного состояния пород структурно-неоднородных месторождений полезных ископаемых. [Текст]: /Ш.А. Мамбетов, К.Ч. Кожоголов, А.Р. Абдиев// Журнал «Современные проблемы механики» №43(1), Изд-во ИГиОН НАН КР, Бишкек, 2021. – с. 35–49.
13. *Кожоголов К.Ч.* Основные черты геомеханического состояния структурно-неоднородных месторождений. [Текст]: /К.Ч. Кожоголов, Ш.А. Мамбетов, А.Р. Абдиев// Журнал «Современные проблемы механики» №44(2), Изд-во ИГиОН НАН КР, Бишкек, 2021. – с. 58–68.