

УДК 622.02.112

Кожоголов Камчибек Чонмурунович,

д.т.н., профессор, академик НАН КР

Институт геомеханики и освоения недр НАН КР

Кожоголов Камчибек Чонмурунович,

т.и.д., профессор, КРнын УИАнын академиги

КРнын УИАнын Геомеханика жана эсер казынасын өздөштүрүү институту

Kozhogulov Kamchibek Chonmurunovich,

doctor of technical sciences, professor,

academician of the NAS of the KR,

Institute of Geomechanics and Subsoil Development of the NAS of the KR

Абдиев Арстанбек Раимбекович,

к.т.н., доцент,

Кыргызский государственный университет геологии,

горного дела и освоения природных ресурсов им. академика У. Асаналиева

Абдиев Арстанбек Раимбекович,

т.и.к., доцент,

академик У. Асаналиев ат. 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. Asanaliev

ПРИРОДНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В СТРУКТУРНО-НЕОДНОРОДНЫХ МАССИВАХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КЫРГЫЗСТАНА

Аннотация. В статье рассматриваются породные массивы структурно-неоднородных рудных месторождений Кыргызстана. Обобщены данные проведенных многолетних натурных экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния породных массивов и приведены результаты диагностики локальных зон природных концентраций напряжений.

Ключевые слова: структурная неоднородность, тектонические нарушения, концентрация напряжений, диагностика .

КЫРГЫЗСТАНДАГЫ СТРУКТУРАЛЫК БИР ТЕКТҮҮ ЭМЕС РУДА КЕНДЕРДИН МАССИВДЕРИНДЕ ТАБИГЫЙ ЧЫҢАЛУУЛАРДЫН КОНЦЕНТРАЦИЯСЫ

Аннотация. Макалада Кыргызстандагы структуралык жактан бир тектүү эмес рудалык кендердин тоо тектеринин массивдери каралган. Тоо тектеринин чыңалуу-деформациялык абалына узак мөөнөттүү эксперименталдык изилдөөлөрдүн маалыматтары жалпыланган жана табигый чыңалуу концентрацияларынын жергиликтүү зоналарын диагностикалоонун натыйжалары келтирилген.

Негизги сөздөр: структуралык ар түрдүүлүк, тектоникалык бузулуулар, чыңалуунун концентрациясы, диагностика.

NATURAL STRESS CONCENTRATION IN STRUCTURALLY HETEROGENEOUS MASSIVES OF ORE DEPOSITS IN KYRGYZSTAN

Abstract. The article deals with rock massifs of structurally heterogeneous ore deposits in Kyrgyzstan. The data of long-term full-scale experimental studies of the stress-strain state of rock masses are summarized and the results of diagnostics of local zones of natural stress concentrations are presented.

Keywords: structural heterogeneity, tectonic disturbances, stress concentration, diagnostics

Задачи исследования

Величины и направления действий естественных напряжений на отдельных участках структурно-неоднородных массивов рудных месторождений Кыргызстана не одинаковы. Это в большей степени обуславливается природными факторами и, в первую очередь, сложной структурной неоднородностью массива, связанным с наличием многочисленных тектонических нарушений. Активизация тектонических нарушений и, как следствие, изменение уровня и направленности напряжений в породном массиве в зонах их влияния, в свою очередь, связана как с региональными изменениями напряженности массива, так и с перераспределением напряжений от техногенного воздействия горных работ на тектонические нарушения. Таким образом, правильное и своевременное решение широкого круга задач, связанных с оценкой уровня и направленности напряжений в местах расположения тектонических нарушений необходимо для безопасного ведения горных работ.

В настоящее время исследованию напряжений вблизи тектонических нарушений уделяется большое внимание [1-7]. Повышенный интерес многих авторов к этому вопросу обусловлен тем, что тектонические нарушения являются одним из наиболее неблагоприятных факторов с точки зрения управления геомеханическим состоянием породного массива, а учет особенностей распределения напряжений у тектонического нарушения имеет важное практическое значение.

Для структурно-неоднородных рудных месторождений Кыргызстана с интенсивной тектонической нарушенностью, невыдержанным оруденением и резкой изменчивостью физико-механических свойств руд и вмещающих пород в настоящее время наиболее перспективным является выделение напряженных зон по геологическим признакам. Вместе с тем использование методики расчета напряжений в породном массиве, созданной на основании геомеханической модели, удовлетворительно описывающей реальную горно-геологическую

и горнотехническую обстановку, позволяет получить количественную оценку напряжений в окрестности тектонических нарушений. Применение способа оценки геомеханического состояния породного массива [8] осложненных наличием тектонических нарушений позволяет учесть совокупное влияние широкого диапазона горно-геологических и горнотехнических факторов, что зачастую является затруднительным при инструментальных исследованиях или субъективной оценки.

Результаты анализа практики ведения горных работ

Практический опыт ведения горных работ на структурно-неоднородных месторождениях Кыргызстана показывает, что элементы залегания тектонических нарушений представлены большим разнообразием [1,2,6,7], с азимутами простирания от 0° до 360° и углами падения от 10° до 90° . Еще большим разнообразием отличается их морфология. Наиболее характерны в этом отношении швы нарушений. Горными работами вскрываются самые разнообразные разрывные нарушения, представленные как одиночной плоскостью сместителя, так и основной плоскостью с несколькими плоскостями оперяющих разрывных дислокаций. При этом швы могут быть: а) плотно сжатыми (защемленными) без заполнителя; б) заполненными глинками трения, сланцами, кальцитом, брекчированными породами; в) раскрытыми без заполнителя, порой представляющие собой зияющие трещины. Ширина швов изменяется от нескольких миллиметров до 0,5 метра. Кроме того, встречаются нарушения, обладающие значительной зоной дробления шириной до 5, а в отдельных случаях и более метров, в пределах которой породы представлены дезинтегрированными обломками, скрепленными мягким заполнителем типа глины. Часто вскрываются нарушения, у которых зона дробления отсутствует.

Тектонические нарушения месторождений представлены тремя основными типами классификации ВНИМИ [9,10] по характеру распределения напряжений у плоскости сместителя как наиболее универсальный и определяющий фактор.

Тектонические нарушения I-го типа характеризуются тем, что непосредственно к плоскости сместителя с обеих сторон примыкает зона повышенных напряжений. По мере удаления от плоскости сместителя концентрация напряжений постепенно снижается до фонового уровня напряжений в массиве. Геологическими признаками данного типа нарушений являются: плотные крепкие породы в обоих крыльях тектонического нарушения. Шов нарушения сухой, узкий, защемленный до 5 см. Зона дробления отсутствует. В рудной залежи вблизи плоскости сместителя наблюдается наличие крепкой видоизмененной разновидности руд, возможно также уменьшение мощности рудного тела до непромышленной.

Тектонические нарушения II-го типа отличаются наличием зоны разгрузки непосредственно у сместителя. За зоной разгрузки в обоих крыльях располагаются переходные зоны, уровень напряжений в пределах которых постепенно повышается. Далее следуют зоны повышенных концентраций напряжений. Геологическими признаками нарушений данного типа являются: в зоне разгрузки – развитая зона дробления шириной 2 м и более. Зона дробления представлена дезинтегрированными несвязанными обломками пород или обломками, скрепленными мягким пластичным заполнителем (глиной, сланцами и т.д.). Возможно наличие выветрелых пород, интенсивно разбитых трещинами. Мощность шва составляет 10 и более см. При этом встречаются случаи, когда шов нарушения раскрыт. Часто наблюдается обводненность шва, затяг пород по плоскости нарушения. В рудной залежи зона разгрузки характеризуется также появлением слабой пластичной разновид-

ности руды. В переходных зонах возможно наличие повышенной трещиноватости. В зонах повышенных напряжений породы более плотные и крепкие.

Тектонические нарушения III-го типа отличаются тем, что в одном из крыльев сместителя зона повышенных напряжений, примыкает к плоскости сместителя с последующим снижением уровня напряжений, в другом крыле вблизи шва нарушения располагается зона разгрузки, а повышенные напряжения сконцентрированы на некотором удалении от шва. Такое сочетание, как правило, наблюдается при значительных амплитудах смещения сместителя, когда свита пород с более прочными и упругими характеристиками оказывается приподнятой или опущенной на уровень свиты пород с меньшей прочностью и большей пластичностью. То есть тектоническое нарушение в этом случае представляет собой одновременно контакт разнопрочных разномодульных пород. Следует отметить, что наиболее распространенными являются тектонические нарушения I-го и II-го типов [10]. Поэтому оценку влияния тектонических нарушений на природную концентрацию напряжений в структурно-неоднородных массивах рудных месторождений Кыргызстана, основанную на зональной и поэтапной оценке [8,11], целесообразно осуществить для данных типов.

Результаты анализа исследования природных концентраций напряжений

В процессе проводившихся на Хайдарканском рудном поле, геологических работ изучались в основном геологическое строение и тектоника по стадиям образования главных рудных и сопутствующих минералов, однако, локальным проявлениям новейшей тектоники – зонам динамического влияния их, не уделялось достаточного внимания.

Результаты исследований авторов данной статьи показывают, что в зонах актив-

ных нарушений новейшей тектоники образуются локальные зоны (рис.1) природных концентраций действующих напряжений [1,2,12,13] и остаточных напряжений [3].

Источниками концентраций напряжений являются структурная неоднородность, исходное напряженное состояние, а также, теплота трения, выделяющаяся при тектонических подвижках. Вследствие динамических нагрузок в процессе перемещения крыльев тектонических нарушений происходит переход механической энергии в тепловую. При этом в зоне сместителя создается повышенная температура, под воздействием которой в той или иной степени изменяются свойства пород.

Температура, возникающая в зоне непосредственного контакта сместителя с крыльями нарушения при их перемещении под воздействием ударной волны, может достигать 2000°C и способна привести породы в зоне контакта со сместителем в полурасплавленное состояние [12]. После остывания в металле возникают остаточные напряжения как в пластической, так и в упругой зонах [3].

Для наиболее важных основных типов тектонических структур установлены коэффициенты концентрации деформаций (табл.1) в локальных зонах природных концентраций напряжений наиболее важных тектонических структур [13].

Установленные локальные зоны, напряжения в которых выше гравитационную составляющую от веса налегающего столба пород в 4-5 раз, а их краевые части потенциально удароопасны и могут приводить к горным ударам на глубинах меньших, чем установленные в работе [14] и методическими рекомендациями [15]. К примеру, горные удары происходили на месторождениях Кадамжай и Кумтор на незначительных глубинах, но в локальных зонах природной концентрации напряжений.

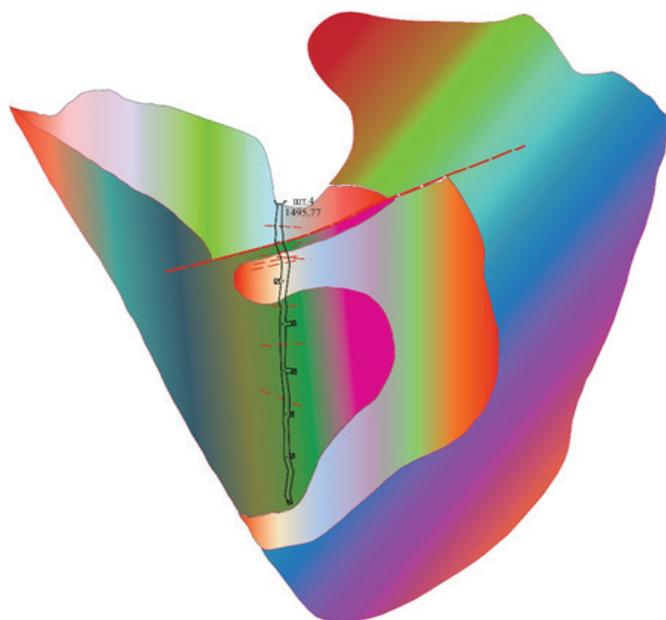


Рисунок 1. Цифровая модель локальных зон природной концентрации напряжений на горизонте 1496 м Хайдарканского месторождения

Установлено, что динамические проявления горного давления в горных выработках могут происходить при условиях [2]

$$0,4 \sigma_{\text{СЖ}} \leq \sigma_{\text{Д}} \leq 0,9 \sigma_{\text{СЖ}}$$

где, $\sigma_{\text{Д}}$ – величина действующих напряжений; $\sigma_{\text{СЖ}}$ – предел прочности пород при сжати.

Таблица 1 - Значения коэффициентов концентрации деформации для наиболее важных основных типов тектонических структур

Тип тектонической структуры	Расположения действия главных тектонических напряжений	Угол падения плоскости разрыва	Коэффициент концентрации	
			оседания	горизонт. деформации
Сброс	$\sigma_1^{\text{макс}}$ – вертикаль;	$10^0 - 30^0$	3,1	1,1
	$\sigma_2^{\text{пром}}$ – горизонт.	$30^0 - 60^0$	4,1	1,4
	$\sigma_3^{\text{мин}}$ – горизонт. ;	$60^0 - 90^0$	5,1	1,8
Взброс	$\sigma_1^{\text{макс}}$ – горизонт.	$10^0 - 30^0$	1,5	4,7
	$\sigma_2^{\text{пром}}$ – горизонт.	$30^0 - 60^0$	2,5	5,7
	$\sigma_3^{\text{мин}}$ – вертикаль;	$60^0 - 90^0$	3,5	6,7
Сдвиг	$\sigma_1^{\text{макс}}$ – горизонт.	$10^0 - 30^0$	1,7	4,2
	$\sigma_2^{\text{пром}}$ – вертикаль;	$30^0 - 60^0$	2,7	5,2
	$\sigma_3^{\text{мин}}$ – горизонт.	$60^0 - 90^0$	3,7	6,2

Заключение

На возникновение и формирование локальных зон природных концентраций напряжений в структурно-неоднородных массивах рудных месторождений значительное влияние оказывает неоднородность строения и тектоническая нарушенность пород-

ного массива, особенно наличие новейших активных подвижных тектонических нарушений. Своевременная, опережающая стадии проектирования и разработки месторождений, диагностика и оценка природных концентраций напряжений является актуальной проблемой безопасного освоения природных ресурсов.

Литература

1. Жуков Н.А., Кожогулов К.Ч. Прогнозирование локальных концентратов естественных напряжений в массивах горных пород. [Текст]:/Н.А., Жуков, К.Ч. Кожогулов//, Бишкек, Илим, 1991 – С. 334-342.
2. Кожогулов К.Ч. Диагностика концентратов напряжений в массивах пород горно-складчатых областей. [Текст]:/К.Ч. Кожогулов//, Бишкек, Известия НАН КР, №2/3, 2003 – С. 63-69.
3. Тажибаев К.Т., Акматалиева М.С., Тажибаев Д.К. Закономерность распределения остаточных напряжений вокруг сварочного шва и активных тектонических разломов. [Текст]:/К.Т. Тажибаев, М.С. Акматалиева, Д.К. Тажибаев//, Бишкек, Известия КГГУ, №2(50), ч.2, 2019 – С. 44-49.
4. Сидоров Д.В., Потапчук М.И., Сидляр А.В., Курсакин Г.А. Оценка удароопасности при освоении глубоких горизонтов Николаевского месторождения. [Текст]:/Д.В. Сидоров, М.И. Потапчук, А.В. Сидляр, Г.А. Курсакин //, Записки Горного института. Т. 238, 2019 - с. 392-398 - DOI: 10.31897/PMI.2019.4.392
5. Рассказов И.Ю. Исследования удароопасности на подземных рудниках Дальнего востока и Забайкалья. [Текст]:/И.Ю. Рассказов//, Проблемы недропользования, №3, 2018 - с. 128-139 - DOI: 10.25635/2313-1586.2018.03.128
6. Кожогулов К.Ч., Абдиев А.Р. Напряженно-деформированное состояние породных массивов структурно-неоднородных месторождений Кыргызстана. [Текст]:/К.Ч. Кожогулов, А.Р. Абдиев//, Бишкек, Известия НАН КР, №1, 2022 – С. 10-18.
7. Мамбетов Ш.А., Кожогулов К.Ч., 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// Журнал «Современные проблемы механики» №43(1), Изд-во ИГиОН НАН КР, Бишкек, 2021. – с. 35-49.
8. Абдиев А.Р. Патент на изобретение «Способ оценки геомеханического состояния породного массива высокогорных месторождений». [Текст]: /А.Р. Абдиев, Р.Ш. Мамбетова, А.А. Абдиев, Ш.А. Абдиев //Кыргызпатент, Бишкек, 2020 г., №2238.
9. Шадрин М.А. Управление удароопасным состоянием тектонически нарушенных бокситовых залегающих. Дисс. канд. техн.наук, Санкт-Петербург, 1994. – 128 с.

10. *Шабаров А.Н., Сидоров Д.В.* Влияние тектонических нарушений на закономерности распределения напряжений в зонах опорного давления. [Текст]: /А.Н. Шабаров, Д.В. Сидоров //ГИАБ, ВНИМИ, 2003. – с. 237-239.

11. *Мамбетов Ш.А., Абдиев А.Р., Мамбетов А.Ш.* Зональная и поэтапная оценка породного массива Тянь-Шаня. [Текст]: /Ш.А. Мамбетов, А.Р. Абдиев, А.Ш. Мамбетова//Горный журнал, №10, Москва, 2002. – с. 57-62.

12. *Абдиев А.Р., Мамбетова Р.Ш., Абдиев А.А.* Изучение закономерностей изменения структуры и свойств горных пород в зоне тектонических нарушений. [Текст]: /А.Р. Абдиев, Р.Ш. Мамбетова, А.А. Абдиев// Сборник статей Международной научно-практической конференции «LXXIII Международных научных чтений (памяти А.Н. Колмогорова)»// Журнал «Европейский фонд инновационного развития», Изд-во «ЕФИР», Москва, 2020. – с. 111-114.

13. *Абдиев А.Р., Мамбетова Р.Ш., Абдиев А.А.* Изучение деформаций породных массивов высокогорных месторождений, прогноз и контроль их геомеханического состояния. [Текст]: /А.Р. Абдиев, Р.Ш. Мамбетова, А.А. Абдиев//Журнал «Тенденции развития науки и образования», №60, ч.8, Научно-издательский центр «LJornal», Самара, 2020. – с. 51-57.

14. *Ялымов Р.Г.* Оценка напряженного состояния и прогноз удароопасности массива пород Хайдарканского месторождения/ автореф.дисс.к.т.наук: 05.15.11 – Бишкек, 1997. – 18 с.

15. Методические рекомендации по оценке склонности рудных и нерудных месторождений к горным ударам. Утв. прик. от 23 мая 2013 года N 216.