

УДК 622.02

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ,
ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ, ИЗМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ
ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЕТАСАМОТИТА И ГРАНИТА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ
СВЧ ВОЛНАМИ**

Тажибаев К.Т., Акматалиева М.С.

Институт геомеханики и освоения недр Национальной академии наук
Кыргызской Республики

Приводятся результаты исследования физико-механических свойств и влияния физического поля на энергоемкость измельчения рудной породы метасоматита и гранита. Установлено, что воздействие СВЧ волн приводит к формированию значительных термомеханических напряжений в минералах пород, а также к формированию и изменению остаточных напряжений, что в свою очередь обуславливает изменение энергоемкости измельчения, прочностных и деформационных характеристик горных пород.

Ключевые слова: горная порода, метасоматит, гранит, прочность, напряжение, энергоемкость, измельчение, СВЧ волны.

**МЕТАСАМОТИТТИН ЖАНА ГРАНИТТИН АКУСТИКАЛЫК,
ДЕФОРМАЦИЯЛЫК КАСИЕТТЕРИН, МАЙДАЛООДОГУ ЭНЕРГИЯ
САРПТООНУН ӨТӨ ЖОГОРКУ ЖЫШТЫКТАГЫ ТОЛКУНДАРДЫН
ТААСИРИНЕН ӨЗГӨРҮШҮН ИЗИЛДӨӨНҮН НАТЫЙЖАЛАРЫ**

Тажибаев К.Т., Акматалиева М.С.

Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Геомеханика
жана жер казынасын өздөштүрүү институту

Шыралжын алтын кениндеги метасоматит рудасынын жана гранит тоо-тегинин физика-механикалык касиеттерин жана тоо-тектерин майдалоонун энергосыйымдуулугунун физикалык талаанын таасиринен өзгөрүшүн изилдөөлөрдүн жыйынтыгы берилген. Тоо тектер минералдарында СВЧ толкундарынын таасири бир топ өлчөмдө термомеханикалык чыңалуулардын пайда болушуна алып келет,

ошондой эле калдыктуу чыңалуунун түзүлүшүнө, өзгөрүшүнө да алып келет, бул өз кезегинде тоо тектеринин деформациялык жана бышыктык мүнөздөмөлөрүнүн, майдалоонун энергосыйымдуулугунун өзгөрүшүн шарттайт.

Баштапкы сөздөр: тоо-тектери, метасоматит, гранит, бышыктык, чыңалуу, энергосыйымдуулук, майдалоо, СВЧ толкундары.

THE RESULTS OF THE STUDY OF ACOUSTIC, DEFORMATION PROPERTIES, CHANGES IN THE ENERGY CONSUMPTION OF CRUSHING GRANITE AND METASAMOTITE UNDER THE INFLUENCE OF SUPER HIGH FREQUENCY WAVES

Tazhibaev K.T., Akmatalieva M.S.

Institute of Geomechanics and Subsoil Development of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic

The results of the study of physical and mechanical properties and the influence of the physical field on the energy intensity of grinding the ore rock of metasomatite and granite are presented. It has been established that the impact of microwave waves leads to the formation of significant thermomechanical stresses in the minerals of rocks, as well as to the formation and change of residual stresses, which in turn causes a change in the energy intensity of grinding, strength and deformation characteristics of rocks.

Keywords: rock, metasomatite, granite, strength, stress, energy consumption, grinding, super high frequency waves.

Введение. В ближайшей перспективе в республике будут интенсивно осваиваться крупные, средние и малые месторождения рудных полезных ископаемых. Предстоит дальнейшее освоение запасов золота и ряда других рудных месторождений, расположенных в горных регионах. При освоении месторождений полезных ископаемых для обеспечения безопасности и эффективности горного производства требуются данные о механических свойствах, а также напряженного состояния горных пород. Поэтому необходимо проводить детальные исследования механических свойств и действующих, а также и остаточных напряжений горных пород месторождений, расположенных в сейсмоактивных горных регионах Кыргызстана. В связи с этим в

настоящее время проблема геомеханического обеспечения безопасной и рациональной разработки рудных месторождений полезных ископаемых, расположенных в горных регионах Кыргызстана актуальна для Республики [5].

Методы исследований. Золоторудное месторождение Шыралджын расположен в Бакай-Атинском районе Таласской области. Руда в этом месторождении относится к окисленному типу гематитовых золотосодержащих руд, является высоко кремниевой, высоко железистой и умеренно кальциевой с присутствием марганца и меди. Для определения физико-механических свойств горных пород и руд Шыралджын в лабораторию были представлены монолитные блоки горных пород, отобранные из горных выработок. Определение акустических, плотностных, деформационных и прочностных свойств горных пород месторождения Шыралджын, проводилось по стандартным методам. В таблице 1 представлены результаты определения физико-механических свойств горных пород метасоматита и гранита Шыралджынского месторождения.

Таблица 1- Результаты определения акустических и деформационных характеристик горных пород месторождения Шыралджын

Название горной породы	Скор. прод. волны, м/с	Скор. поп. волны, м/с	Коеф. Пуасс.	Модуль упруг., $E \cdot 10^4$ МПа	Модуль объемн. упруг., $K \cdot 10^4$, МПа	Модуль сдвига, $G \cdot 10^4$, МПа	Акустич. жестк., $A \cdot 10^6$ $\frac{кг}{сек \cdot м^2}$
гранит	3435,5	1889,3	0,22	1,85	1,08	0,75	9,06
	3438,8	1886,3	0,22	1,85	1,08	0,76	9,07
	3437,2	1888,3	0,22	1,84	1,08	0,75	9,07
	3433,9	1886,8	0,22	1,84	1,07	0,75	9,06
	3435,5	1886,8	0,22	1,84	1,07	0,75	9,06
Ср.знач.	3436,18	1887,5	0,22	1,84	1,08	0,75	9,06
Ср.кв.	1,45	1,04					
Коеф.вар	0,04	0,05					
	3265,7	1629,2	0,19	1,86	1,03	0,77	9,14
	3263,9	1636,1	0,20	1,85	1,03	0,77	9,13

метасоматит	3252,9	1634,7	0,20	1,84	1,02	0,76	9,10
	3251,1	1636,5	0,20	1,83	1,02	0,76	9,10
	3238,4	1638,4	0,20	1,82	1,01	0,75	9,06
Ср.знач.	3254,4	1634,9					
Ср.кв.	8,32	2,424					
Коэф.вар	0,25	0,14					

Результаты исследований и обсуждение. Результаты выполненных экспериментальных работ по определению физико-механических свойств горных пород Шыралджынского месторождения позволяют отметить следующее. По объемному весу (плотности) горные породы месторождения Шыралджын относятся к плотным породам: среднее значение плотности

гранита 2,64; среднее значение плотности метасоматита 2,8 г/см³.

Среднее значение скорости продольной ультразвуковой волны для гранита составила 3436,2 м/с, а поперечной -1887,5 м/с; для метасоматита среднее значение скорости продольной ультразвуковой волны составила 3254,4 м/с, поперечной - 1635 м/с. По деформационным характеристикам средние значения модуля упругости, объемной упругости, сдвига для метасоматита составили $1,82 \cdot 10^4$ МПа; $1,02 \cdot 10^4$ МПа; $0,76 \cdot 10^4$ МПа и гранита $-1,84 \cdot 10^4$ МПа; $1,08 \cdot 10^4$ МПа; $0,75 \cdot 10^4$ МПа соответственно. Средние значения прочности цилиндрических образцов при одноосном сжатии для гранитов Шыралджынского месторождения находятся в пределах от 66 до 158 МПа, для метасоматитов от 65 до 110 МПа, при этом наиболее низкие значения прочности гранитов и метасоматитов были обусловлены трещинами в образцах. Граниты и метасоматиты разрушались при больших нагрузках, характер разрушения некоторых образцов – динамический.

Далее исследовались, влияние СВЧ - волн на энергоемкость измельчения гранита и метасоматита золоторудного месторождения Шыралджын. Установлено, что одним из эффективных способов разупрочнения крепких горных пород является воздействие мощных электромагнитных излучений с высокими частотами (СВЧ) облучения [4].

При этом на наш взгляд решающее значение имеет время воздействия СВЧ волн. Комплексная задача при измельчении руд - это снижение энергоемкости измельчения руд и увеличение выхода полезных компонентов, металлов при их извлечении из руд и минералов. Недостатки известных способов измельчения руд состоит в том, что в них не предусмотрено точное определение оптимальной продолжительности воздействия на руду СВЧ волнами. Наши исследования показали, что длительные воздействия СВЧ волн могут привести, наоборот, к увеличению прочности (к упрочнению), а недостаточно продолжительное воздействие волн - к не существенным структурным изменениям, в результате чего не обеспечивается разупрочнение и уменьшение энергоемкости измельчения руд. По предложенному нашему способу измельчения руд и минералов [3] сущность, которой заключается в предварительном облучении руды СВЧ волнами в течение оптимального времени, устанавливаемого опытным путем. При этом выполняются следующие работы: вначале отбирают пробу руды, из которого изготавливают навески по 25 штук для каждого режима СВЧ воздействия. В одном опыте измельчается по 5 кусков руды свободно падающим грузом по известной методике определения коэффициента крепости по толчению [1]. Длительность облучения изменялось от 1 мин. до 9 мин. через каждый 2 мин. В микроволновых печах имеется магнетрон, который сконструирован таким образом, чтобы можно было использовать энергию, содержащуюся в микроволнах. Электричество, проводимое магнетрону, используется для генерации микроволновой энергии. Микроволны проникают в зону воздействия через отверстия внутри печи и не могут проникать через металлические стенки печи. Нами использован уровень мощности – 800 Вт.

Результаты этих исследований представлены на рисунках 1 и 2 и в таблице 2. В таблице 2 приводятся результаты определения удельной

энергоёмкости измельчения горных пород месторождения Шыралджын от времени воздействия СВЧ волн.

Таблица 2 - Результаты определения удельной энергоёмкости метасоматита и гранита месторождения Шыралджын.

Метасоматит, СВЧ облучение от 1 до 9 мин, мощность 800 ват, охлаждение в воде						
	исходн.	1минут	3 минут	5минут	7минут	9мину т
Уд.энерг. изм, Дж/см ³	153,1	118,1	73,4	59,1	44,3	52,1
	141,9	96,7	60,8	59,1	62,6	51,8
	142	60,8	76	50,6	50,6	52,8
	133	76	70,9	38	56	56
	142,5	66,5	81,8	50,6	53,2	53,4
сред.знач	142,5	83,6	72,6	51,5	53,4	53,2
ср. квадр откл	6,4	21,1	6,9	7,7	6,0	3,6
коэфф. вар, %	4,4	25,2	9,5	15,0	11,2	6,7
Гранит, СВЧ облучение от 1 до 9 мин, 800 ват, охлаждение в воде						
Уд.энерг. измельч., Дж/см ³						
	44,3	37,4	30,4	29,3	30,4	29,3
	40,9	36,8	35,5	29,6	29,4	30,4
	50,6	34,3	33,2	31,2	30,5	30,8
	46,2	33	35,4	29,3	30,2	31,4
	48,3	40,8	34,3	31,2	31,2	31,1
сред.знач.	46,1	36,4	33,7	30,1	30,3	30,6
ср. кв.отклон.	3,3	2,7	1,8	0,9	1,1	1,3
коэфф. вар, %	7,2	7,4	5,5	3,0	3,6	4,2

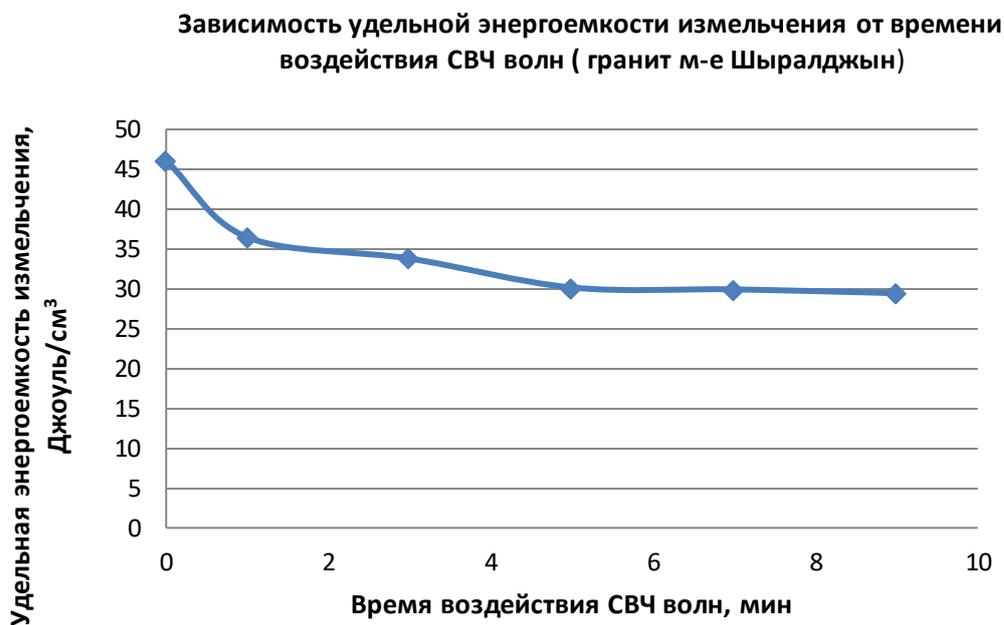


Рис. 1- График зависимости удельной энергоемкости измельчения от времени воздействия СВЧ волн, гранит, месторождение Шыралджын.

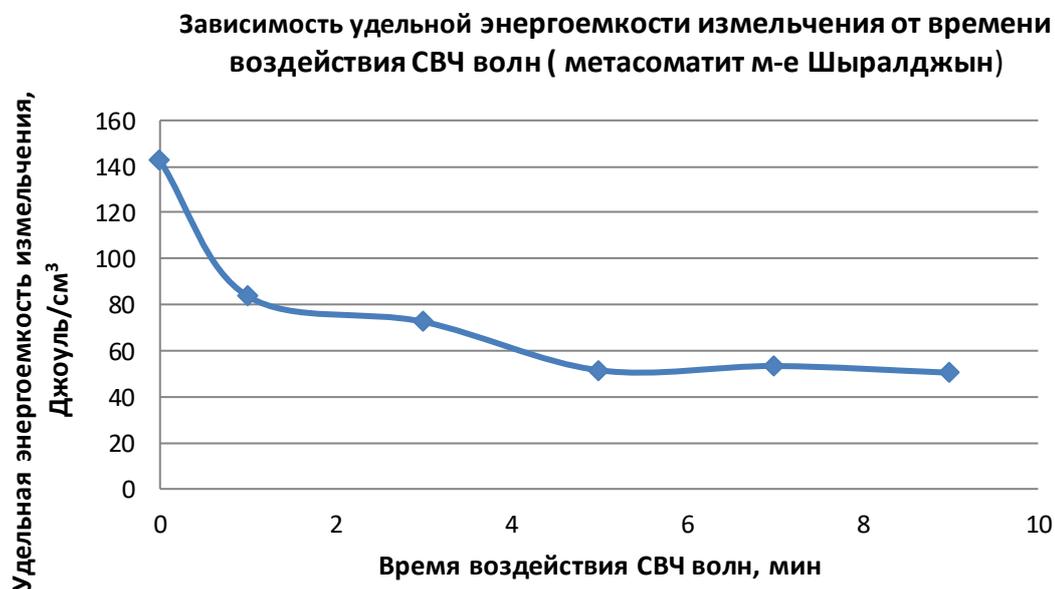


Рис. 2- График зависимости удельной энергоемкости измельчения от времени воздействия СВЧ волн, метасоматит, месторождение Шыралджын

Как видно из рисунка 1 и 2 с увеличением времени воздействия СВЧ волн в течении 1-ой и 3-х минут происходит постепенное снижение удельной энергоемкости измельчения. При воздействии в течении 5 минут

имеется минимум значения энергоемкости измельчения. По данным определения удельной энергоемкости измельчения навесок для исходного состояния и для разных величин длительности СВЧ воздействия, по данным графика устанавливают оптимальное значение продолжительности времени воздействия СВЧ волн, соответствующее минимальному значению удельной энергоемкости измельчения данной руды. И далее установленное оптимальное значение продолжительности времени воздействия СВЧ волн принимают для обработки всей руды данного типа и размера кусков, подлежащих к измельчению в производственных условиях.

Выводы

1. Результаты определений акустических и деформационных характеристик представленных горных пород Шыралджынского месторождения свидетельствуют о возможных динамических проявлениях горного давления в массиве горных пород сложенного гранитами и метасоматитами, что необходимо учитывать при дальнейших исследованиях и расчетах устойчивости обнажений горных выработок.
2. Воздействие СВЧ волн приводит к формированию значительных термомеханических напряжений в минералах пород, а также к формированию и изменению остаточных напряжений, что в свою очередь обуславливает изменение прочностных и деформационных характеристик.
3. Для исследованных горных пород, время СВЧ облучения 3-5 минут приводит к уменьшению до минимума, например, для метасоматита - в 2,5 раза, удельной энергоемкости измельчения, и по данным определения удельной энергоемкости измельчения навесок для исходного состояния и для разных величин длительности СВЧ воздействия, по данным графика

устанавливают оптимальное значение продолжительности времени воздействия СВЧ волн на руду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильницкая Е.И. и др. Свойства горных пород и методы их определения.- М.: "Недра", 1969. - 392 с.
2. Тажибаев К.Т., Акматалиева М.С. Основы поляризационно - акустического метода определения остаточных напряжений. Бишкек, «Алтын Принт», 2020. -203 с.;
3. Тажибаев К.Т., Султаналиева Р.М., Тажибаев Д.К., Акматалиева М.С. Способ измельчение руд и минералов // Патент на изобретение КР № 1503. -2012.
4. Абкин Е.Б. и др. Измельчение руд с применением электромагнитной энергии СВЧ. Обогащение руд (Ленинград),1986, №6, 2-5.
5. Тажибаев К.Т. Напряжения, процессы деформации и динамического разрушения горных пород., в 2-х томах. Т.2. –Бишкек: «Алтын Принт»,2016. -357 с.