

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ
РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

**EXPERIMENT RESEARCH OF INFLUENCE OF DYNAMIC LOADING
ON PROCESS OF CRACK FORMATION AT BOOTH OF LITHOIDAL BLOCKS**

T. Grebeniuk, K. Tkachuk

National technical university of Ukraine «KPI»

vul. Borshchahivka, 115/3, 03056, Kyiv, Ukraine. E-mail: t.grebeniuk@mail.ru

The process of cracking-off of stone blocks is initiator an appendix to the walls of cylinder shpuriv of the static or dynamic loadings. Undertaken experimental studies and worked out methodology of creation of the dynamic loading on the contour of opening. In quality experimental material plates are chosen from organic glass. The experimental design of process of crack formation gave an opportunity to define time of action and middle speed of distribution of dynamic indignations on the plane of plate.

Key words: dynamic loading, borehole, crack formation.

REFERENCES

- 1.Savyn, H.N. (1968) *Raspredelenye napryazhenyy okolo otverstyy*. – Kyiv, Naukova dumka – 887 p.
- 2.*Experimentalnaya methodika yssledovaniya deformatsyy y napryazhenyy spravochnoe posobyе* – Kyiv, Naukova dumka, 1981– 583 p.
- 3.Tkachuk. K.K. *Zastosuvannya kontsentratoriv ruynuvannya pry vyumanni vuhil'nykh tsilykiv* / K.K. Tkachuk, S.M. Stovpnyk, T.V. Hrebenyuk // Visnyk NTUU «KPI». Seriya «Hirnytstvo».-2011.- issue 20. – pp. 94–99.
- 4.Rumyantsev S.A. (2003) *Dynamyka perekhodnykh protsessov y samosynkhronyzatsyya vybratsyonnykh mashyn*. Ekaterynburh URORAN – 135 p.

Стаття надійшла 08.10.2013.

УДК 622.235

**ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ И ВРЕМЕНИ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ПОВЕРХНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПРОЧНОСТНЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД**

В. Д. Кулинич

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина. E-mail: tehm@kdu.edu.ua

Показано изменение свойств горной породы с использованием поверхностно-активных веществ как одного из способов управления процессом разрушения. Рассмотрено влияние поверхностно-активных веществ на прочностные характеристики горных пород. Подобрана оптимальная концентрация водного раствора поверхностно-активных веществ. Экспериментально установлено время, необходимое для насыщения породы растворами поверхностно-активных веществ. В соответствии с исследованиями показано, что специально подобранные концентрации растворов поверхностно-активных веществ и время их воздействия могут существенно влиять на свойства горных пород.

Ключевые слова: поверхностно-активные вещества, разрушение, концентрация, время воздействия, статическая нагрузка.

ВПЛИВ КОНЦЕНТРАЦІЇ ТА ЧАСУ ДІЇ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН НА МІЦНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СКЕЛЬНИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД

В. Д. Кулинич

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна. E-mail: tehm@kdu.edu.ua.

Показано зміну властивостей гірських порід з використанням поверхнево-активних речовин як одного із способів керування процесом руйнування. Розглянуто вплив поверхнево-активних речовин на характеристики міцності гірських порід. Підібрана оптимальна концентрація водяного розчину поверхнево-активних речовин. Згідно з дослідженнями, показано, що спеціально підібрані концентрації розчинів поверхнево-активних речовин і час їх дії можуть суттєво впливати на властивості гірських порід.

Ключові слова: поверхнево-активні речовини, руйнування, концентрація, час дії, статичне навантаження.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Перспективным средством повышения трещинообразования и, следовательно, разрушения горных пород является использование поверхностно-активных веществ (ПАВ), действие которых основано на адсорбционном понижении поверхностной энергии тел (эффект Ребиндера) [1]. Поверхностно-активные вещества давно и успешно используются в самых различных областях промышленного производства [2]. Однако, не смотря на очевидную эффективность их применения, широкого распространения в горной практике они не получили из-за слабой разработанности теоретической и методической основ.

Насыщение пород активными растворами определяется величиной и характером пористости пород, их начальной влажностью, типом ПАВ и концентрацией его растворов, напряженным состоянием массива и др. [3, 4].

Проникновение в породу ПАВ способствует процессу развития микротрещин и изменению их параметров [5], что снижает величину скорости упругой волны в горной породе. Также необходимо отметить, что на изменение скорости упругой волны оказывают влияние два противоположно действующих фактора. С одной стороны, за счет вытеснения газов из пор жидкостью повышается плотность породы, что приводит к росту скорости волны, с другой стороны, – увеличение степени трещиноватости породы под действием ПАВ приводит к уменьшению скорости волны. Для карьеров Кременчугского региона характерны магматические породы такие, как гранит и лабрадорит. Поэтому актуальной задачей является исследование влияния концентрации и времени воздействия ПАВ на механические характеристики скальных горных пород.

Цель работы – выбор оптимального разбавления растворов ПАВ для исследования их влияния на прочность скальных горных пород во времени.

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Выбор эффективных растворов ПАВ в их оптимальной концентрации и определение времени насыщения породных массивов активными растворами является одной из основных задач изучения процесса изменения поверхностного натяжения.

Чтобы иметь возможность разрушать скальные породы с данным качеством, необходимо преодолеть когезионные силы, т.е. силы, обуславливающие целостность определенного объема твердого тела, или взаимного притяжения атомов и молекул внутри отдельных зерен горной породы. Кроме того, под действием внешних сил горная порода претерпевает объемное деформирование – упругое и пластическое деформирование. Ранее [6] было показано, что для перенесения молекул из глубины жидкости в ее поверхностный слой необходимо совершить работу по преодолению сил поверхностного натяжения, т.е. избыточной потенциальной энергии, которой обладают молекулы в поверхностном слое по сравнению с их потенциальной энергией внутри с последующим нахождением оптимального разупрочнения и оптимального разбавления ПАВ. Это даст возможность влиять на качество дробления при использовании энергии взрывного импульса.

Таким образом, исходя из вышесказанного, работа, необходимая для разрушения и дробления, состоит из двух компонент:

- работа, расходуемая на объемное деформирование породы;
- работа, расходуемая на образование новых поверхностей при раскрытии микро- и макротрещин.

Если работа упругого и пластического деформирования определяется как [1]

$$A_{\text{деф}} = k \cdot V, \quad (1)$$

где k – работа объемного деформирования единицы объема горной породы;
 V – объем горной породы,

то можно в первом приближении принять объем горной породы как объем микро- и макротрещин, которые будут менять площадь своей поверхности и, соответственно объем.

Далее можно считать, что работа образования новых поверхностей при раскрытии микро- и макротрещин пропорциональна ее увеличению, аналогично [1]:

$$A_n = \sigma \cdot \Delta s, \quad (2)$$

где σ – энергия образования единицы новой поверхности, тождественная энергии поверхностного натяжения; Δs – приращение поверхности, или площадь образовавшейся поверхности.

Тогда полная энергия разрушения горной породы при использовании ПАВ может быть описана уравнением Ребиндера [1], но с несколько другим смыслом:

$$A = A_{\text{деф}} + A_n = k \cdot V + \sigma \cdot \Delta s. \quad (3)$$

Применение ПАВ адсорбционно понижает прочность горных пород, т.е. понижается поверхностная энергия, в результате чего уменьшается работа на упругое и пластическое деформирование.

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

ПАВ с помощью капиллярных сил не только облегчают разрушение горных пород, но и стабилизируют твердое состояние породы, т.к. ПАВ, покрывая поверхность микро- и макротрещин снижают возможность их обратного смыкания, что и снижает прочность горных пород, а также способствует направленному расколу.

Для решения поставленной выше задачи были проведены соответствующие эксперименты.

В *первой серии* пять произвольно выбранных моделей из лабрадорита – эталонные образцы – разрушали статической нагрузкой, создаваемой испытательной машиной EDZ–100, и определяли предел прочности при одноосном сжатии. Результаты представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1 – Предел прочности эталонных образцов из лабрадорита

№ п/п	Предельная нагрузка при одноосном сжатии, кН	Предел прочности при одноосном сжатии, МПа	Среднее значение предела прочности при одноосном сжатии, МПа	Отклонение предела прочности образцов от среднего значения, %	Уточненный предел прочности, МПа
1	140	87,5	98,74	10,2	98,74
2	142	88,7		6,3	
3	158	98,75		11,4	
4	168	105,0		15	
5	182	113,75		0	

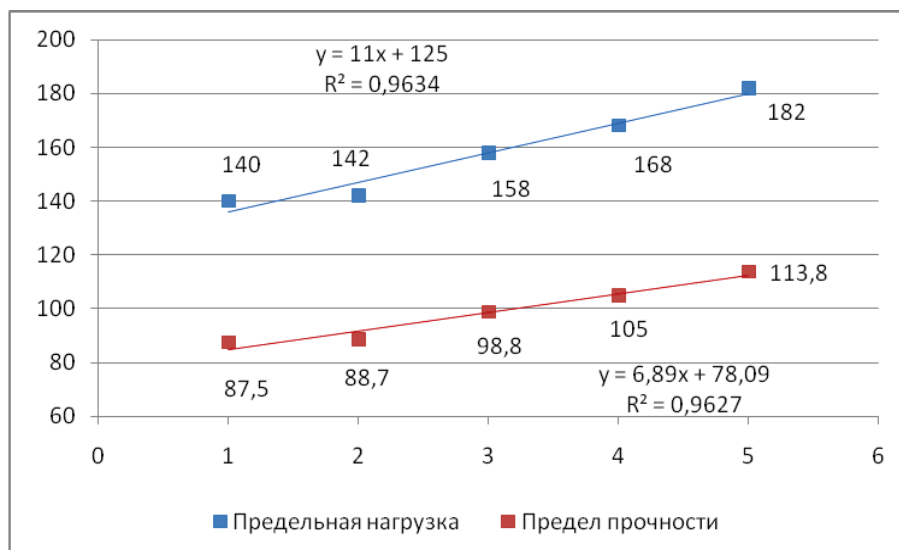


Рисунок 1 – Взаимосвязь предельной нагрузки и предела прочности при одноосном сжатии

Из полученных данных четко видно линейную зависимость вида $y=ax + b$ с достоверностью аппроксимации $R^2=0,96$. При этом коэффициент корреляции Пирсона составил $r=0,99$.

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

Во второй серии экспериментов изучали изменение прочностных характеристик горных пород под воздействием ПАВ различного разбавления (концентрации), для чего образцы помещали в водный раствор ПАВ состава – анионоактивные ПАВ 15–30 %, неионогенные ПАВ <5 % – и выдерживали в течение одного часа, после чего образцы нагружали статической нагрузкой до разрушения, определяя их предел прочности (табл. 2).

Таблица 2 – Предел прочности образцов из лабрадорита, помещенных на 1 час в раствор ПАВ различной концентрации

Разбавление (ПАВ:вода)	Плотность, г/см ³	Образцы	Предельная нагрузка при одноосном сжатии, кН	Предел прочности при одноосном сжатии, МПа	Среднее значение предела прочности при одноосном сжатии, МПа
1:2	1,119	1	136	85	82,1
		2	134	83,7	
		3	124	77,5	
1:4	1,108	1	162	101,2	92,9
		2	164	102,5	
		3	120	75	
1:6	1,071	1	124	77,5	73,77
		2	110	68,8	
		3	120	75	
1:8	1,038	1	142	88,8	83,3
		2	125	78,1	
		3	134	83,8	
1:10	1,019	1	104	65	86,25
		2	124	77,5	
		3	186	16,25	

Полученные в ходе эксперимента данные позволили сделать вывод, что разбавление 1:6 (ПАВ : вода, плотность раствора 1,071 г/см³) является оптимальной, при которой наблюдается наибольшее снижение прочностных характеристик горной породы (рис. 2), т.е. воздействие ПАВ на микро- и макротрещины за счет капиллярных сил облегчает разрушение образцов.

Для определения оптимального времени воздействия раствора ПАВ на горную массу проводили испытания образцов на изгиб, при которых определяли предел прочности при изгибе и коэффициент раскрытия трещины.

Исследования проводили в лаборатории кафедры горной инженерии Политехнического факультета Университета г. Монс (Бельгия) на образцах из песчаника.

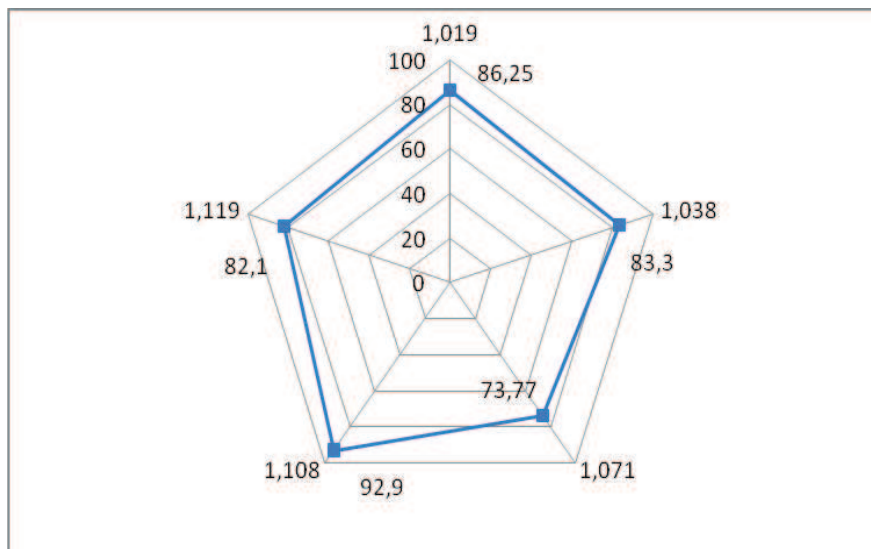


Рисунок 2 – Диаграмма зависимости среднего предела прочности от разбавления раствора ПАВ

В соответствии с параметрами экспериментальной установки (рис. 3) и стандартом на проведение данного эксперимента [7] были изготовлены образцы размерами, мм: длина $L=100$, ширина $B=15$, высота $W=25$. В образцах делали паз глубиной $a=4$ (необходимые условия: $L/W=4$, $0,15 \leq a/W \leq 0,55$). Был использован водный раствор ПАВ с разбавлением 1:6 как наиболее оптимальным.

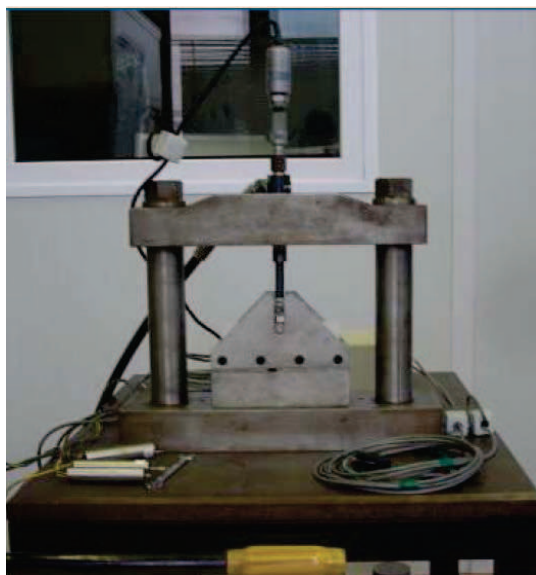


Рисунок 3 – Экспериментальная установка для определения предела прочности при изгибе

В ходе проведения эксперимента на манометрах фиксировали максимальное усилие P_c , созданное испытательной машиной при разрушении образца (рис. 4) и далее рассчитывали критический коэффициент раскрытия трещины [7]:

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ
РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

$$K_{ic} = \frac{P_c}{B\sqrt{W}} \left[11,58 \left(\frac{a}{W} \right)^{0,5} - 18,42 \left(\frac{a}{W} \right)^{1,5} + 87,18 \left(\frac{a}{W} \right)^{2,5} - 150,66 \left(\frac{a}{W} \right)^{3,5} + 154,30 \left(\frac{a}{W} \right)^{4,5} \right] \quad (4)$$

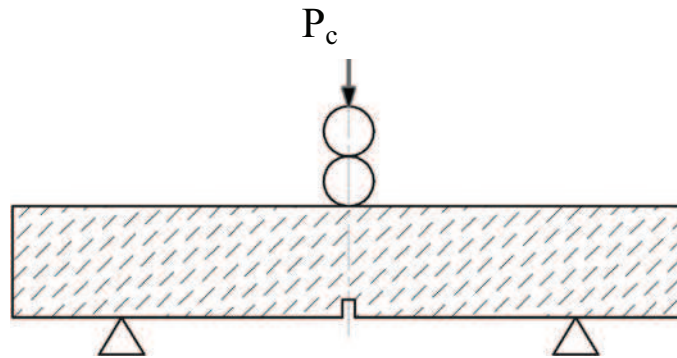


Рисунок 4 – Схема нагружения образца

В *первой серии* экспериментов испытывали три произвольно выбранных образца для установления эталонного значения. Результаты эксперимента приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Усилие, при котором происходит разрушение эталонных образцов и их коэффициент раскрытия трещины

№	P_c	P_c , среднее	K_{ic}	K_{ic} , среднее
1	4	3,3	0,222675	0,183285
2	3		0,166344	
3	3		0,160836	

Во *второй серии* экспериментов испытания проводили на идеально «сухих» образцах для того, чтобы исключить любое влияние воды на них. Для полного обезвоживания образцы предварительно помещали в промышленную электропечь ($t=120^\circ$) и выдерживали 24 часа. Результаты эксперимента по определению усилия, при котором происходит разрушение «сухих» образцов и их коэффициенты раскрытия трещины приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Усилие, при котором происходит разрушение «сухих» образцов и их коэффициент раскрытия трещины

№	P_c	P_c , среднее	K_{ic}	K_{ic} , среднее
1	5	4,7	0,275963	0,261245
2	4,4		0,242848	
3	4,8		0,264925	

**ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ
РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ**

Далее проводили эксперименты для определения оптимального времени воздействия ПАВ концентрации 1:6 (табл. 2). Для этого образцы предварительно помещали в резервуары с водой и раствором ПАВ на определенное время, после чего их нагружали на испытательной машине. Результаты приведены в табл. 5 и на рис. 4.

Таблица 5 – Результаты исследований для установления оптимального времени воздействия ПАВ на породу

Время воздействия, час	Образцы	P_c	P_c , среднее	K_{ic}	K_{ic} , среднее
Вода					
1	1	2	2,3	0,110385	0,128783
	2	3		0,165578	
	3	2		0,110385	
2	1	2	2,1	0,110385	0,117744
	2	2		0,110385	
	3	2,4		0,132462	
6	1	2,4	2,2	0,132462	0,121424
	2	2		0,110385	
	3	2,2		0,121424	
24	1	2,2	2	0,121424	0,110385
	2	1,8		0,099347	
	3	2		0,110385	
ПАВ					
1	1	1,8	1,9	0,099347	0,103026
	2	2		0,110385	
	3	1,8		0,099347	
2	1	2	1,7	0,110385	0,095667
	2	1,4		0,07727	
	3	1,8		0,099347	
6	1	1,8	2,2	0,099347	0,121424
	2	2,2		0,121424	
	3	2,6		0,143501	
24	1	3	2,8	0,165578	0,157299
	2	2,8		0,154539	
	3	2,4		0,132462	
	4	3,2		0,176617	

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

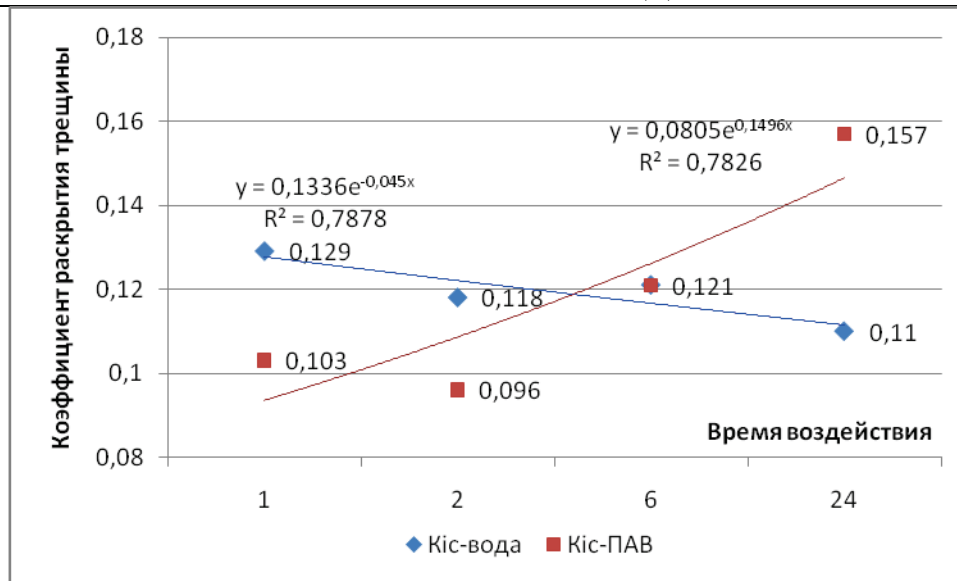


Рисунок 4 – Графік залежності коефіцієнта раскрытия трещин от типа ПАВ и времени его воздействия на горную породу

Анализ полученных графических зависимостей показывает, что коэффициент раскрытия трещин при использовании в качестве ПАВ воды практически со временем меняется незначительно, а при применении ПАВ в разбавлении 1:6 растет, причем изменения носят степенной характер вида $y = a \cdot e^{\pm bx}$ с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0,78$. Коэффициент корреляции Пирсона при использовании воды – $r = 0,708$; для водного раствора ПАВ – $r = 0,947$. Интересным является тот факт, что при действии на образцы в течение шести часов и воды, и водного раствора ПАВ значения коэффициента раскрытия трещин имеют одинаковое значение – $K_{ic} = 0,121$. Это явление требует дополнительных исследований. По-видимому, в этом случае превалирующую роль начинают играть физико-химические, а не физико-механические процессы.

Таким образом, исходя из данных, полученных в эксперименте, можно сделать вывод, что эффективным временем воздействия как воды, так и водного раствора ПАВ на породу является 1–2 часа. За это время наблюдается существенное снижение прочности породы, в среднем на 33 % при использовании воды и на 48 % – при использовании ПАВ.

ВЫВОДЫ. Использование ПАВ позволяет значительно снизить прочность скальных горных пород, а, следовательно, – упростить последующие процессы дезинтеграции и экскавации горной массы.

Специально подобранное разбавление (концентрации) растворов ПАВ и время их воздействия могут существенно влиять на свойства горных пород, на их механические характеристики (снижают прочность от 20 до 50 %, а следовательно, и модуль упругости породы), и, тем самым, позволяют формировать требуемые критерии эффективности взрывных работ и последующей технологической обработки полученной горной массы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии (Поверхностные явления и дисперсные системы): учебник для вузов. – М.: Химия, 1982. – 400 с.
2. Абрамзон А.А., Зайченко Л.П., Файнгольд С.И. Поверхностно-активные вещества. Синтез, анализ, свойства, применение. – Л.: Химия, 1988. – 200 с.
3. Сынбулатов В.В. Кинетика насыщения горных пород активными растворами // Материалы Уральской горнопромышленной декады, 3–13 апреля 2006 г. – Екатеринбург: УГГУ, 2006. – С. 19–20.
4. Влияние импульсных неразрушающих нагрузок на изменение прочностных характеристик горных пород / В.М. Комир, Я.С. Долударева, И.Э. Пеева, С.М. Мыслицкий // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: наукові праці. – Кременчук: КДПУ, 2004. – Вип. 4/2004(27). – С. 135–138.
5. Сынбулатов В.В. Направленное изменение деформационных характеристик горных пород поверхностно-активными веществами // Материалы Уральской горнопромышленной декады, 4–14 апреля 2005 г. – Екатеринбург: УНУ, 2005. – С. 19–20.
6. Козловская Т.Ф., Лемижанская В.Д., Долударева Я.С. Влияние поверхностно-активных веществ и их растворов на интенсивность дробления горных пород // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2013. – Вип. 5/2013 (82). – С. 124–129.
7. ISRM Commission on Testing Methods. Suggested method for determining point load strength. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. 22, 51-60 (1985).

**STUDY OF THE INFLUENCE OF CONCENTRATION
AND IMPACT TIME OF SURFACTANTS ON STRENGTH
CHARACTERISTICS OF ROCKS**

V. Kulynych

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine. E-mail: tehm@kdu.edu.ua

It is shown the change of rock properties using surface-active agents (surfactants) as a way of control the process of destruction. The effect of surfactants on the strength characteristics of rocks is given. Optimal concentration of the aqueous surfactant solution is selected. Experimentally established the time required to saturate the rock by solutions of surfactants. According to studies, it is shown that the specially selected concentration of surfactant solutions and their impact time can significantly affect the properties of rocks.

Key words: surfactants, destruction, concentration, exposure time, the static load.

REFERENCES

1. Frolov, Yu. G. (1982) *Kurs kolloidnoj himiyi (Poverhnostnie yavleniya i disper-snie systemy): uchebnyk dlya vuzov* [Course of Colloid Chemistry (Surface Phenomena and Disperse Systems): textbook for high schools], Himiya, Moscow, Russia.
2. Abramzon, A.A., Zaychenko, L.P., Faingold, S.I. (1988) *Poverhnostno-aktyvnie veshstva. Syntez, analiz, svoystva, primeneniye* [Surfactants. Synthesis, analysis, properties and application], Himiya, Lviv, Ukraine.

3. Synbulatov, V.V. (2006) “Kinetics of saturation of rocks with active solutions”, *Materialy Uralskoy gornopromyshlennoy dekady*, [Materials of Ural mining decade], Ekaterinburg, UGGU, April 3–13, 2006, pp. 19–20.

4. Komir, V.M., Doludareva, Ya.S., Pejeva, I.Ed., Myslitskiy, S.M. (2004) “Influence of pulse non-destructive loads on change of the strength characteristics of the rocks”, *Visnyk Kremenchutskogo derzavnogo politehnychnogo universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskogo. Naukovi pratsi KDPU*, vol. 4, no. 27, pp. 135–138.

5. Synbulatov, V.V. (2005) “Directional change of the deformation characteristics of rocks with surfactants”, *Materialy Uralskoy gornopromyshlennoy dekady*, [Materials of Ural mining decade], Ekaterinburg, UGGU, April 4–14, 2005, pp. 19–20.

6. Kozlovskaya, T.F., Lemizhanskaya, V.D., Doludareva, Ya.S. (2013) “Influence of surface-active substances and their solutions on intensity of rocks crushing”, *Visnyk Kremenchutskogo natsionalnogo universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskogo*, vol. 5, no. 82, pp. 124–129.

7. ISRM Commission on Testing Methods (1985). Suggested method for determining point load strength. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.* 22, pp. 51–60.

Стаття надійшла 11.10.2013.

УДК 622.236.9, 622.271.2.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ НАПРЯМОМ РОЗКОЛУ БЛОЧНОГО КАМЕНЮ ПРИ ВИКОРИСТАННІ НЕВИБУХОВИХ РУЙНУЮЧИХ СУМІШЕЙ

І. О. Фоменко, О. І. Фоменко, І. М. Ковтун, А. І. Ковтун

Національний технічний університет України «КПІ»

просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна. E-mail: kav2012@ukr.net

Виконано теоретичні дослідження технологічних варіантів керування напрямом розколу блочного каменю, при використанні пластин-вставок в шпурі з невибуховими руйнуючими сумішами. Керування базується на підборі ширини пластин-вставок, або за рахунок повороту пластини-вставки навколо вертикальної осі з урахуванням анізотропних властивостей каменю. Наведені дослідження дозволяють забезпечити розкол блочного каменю вздовж осі з максимальною, або мінімальною міцністю. Вирішення поставленої задачі розширить технологічні можливості використання НРС.

Ключові слова: видобуток гранітних блоків, невибухові руйнуючі суміші, напрямок розколу.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЕМ РАЗКОЛА БЛОЧНОГО КАМНЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕВЗРЫВАТЫХ РАЗРУШАЮЩИХ СМЕСЕЙ

И. А. Фоменко, А. И. Фоменко, И. Н. Ковтун, А. И. Ковтун

Национальный технический университет Украины «КПИ»

просп. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина. E-mail: kav2012@ukr.net