

УДК 622.235

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И ИХ РАСТВОРОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ДРОБЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Т. Ф. Козловская, В. Д. Лемижанская, Я. С. Долударева

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: tehm@kdu.edu.ua; tfk58@kdu.edu.ua

Рассмотрены вопросы влияния поверхностно-активных веществ и их растворов на интенсивность дробления горных пород. Показано, что основным фактором, влияющим на процесс дробления, является природа, химическая структура и физико-химическая характеристика поверхностно-активного вещества. Установлена взаимосвязь между физико-химическими характеристиками поверхностно-активного вещества и физико-механическими свойствами горных пород в процессе действия поверхностно-активного вещества. Предложены математические подходы к оценке формирования комплекса «горная порода–поверхностно-активное вещество». Для оценки влияния газообразных продуктов детонации, проникающих в микро- и макротрещины, на величину прочности горных пород после действия взрывного импульса, предложено рассматривать упомянутые выше процессы с точки зрения диффузионно-адсорбционных (адгезивных) явлений на основе закономерностей химической кинетики.

Ключевые слова: дробление горных пород, поверхностно-активные вещества, взрывной импульс.

ВПЛИВ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН І ЇХ РОЗЧИНІВ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ДРОБЛЕННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Т. Ф. Козловська, В. Д. Лемижанська, Я. С. Долударева

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: tehm@kdu.edu.ua; tfk58@kdu.edu.ua

Розглянуті питання впливу поверхнево-активних речовин і їх розчинів на інтенсивність дроблення гірських порід. Показано, що основним чинником, що впливає на процес дроблення, є природа, хімічна структура і фізико-хімічна характеристика поверхнево-активних речовин. Установлений взаємозв'язок між фізико-хімічними характеристиками поверхнево-активних речовин і фізико-механічними властивостями гірських порід у процесі дії поверхнево-активних речовин. Запропоновані математичні підходи до оцінки формування комплексу «гірська порода–поверхнево-активна речовина». Для оцінки впливу газоподібних продуктів детонації, що надходять до мікро- і макротріщин, на величину міцності гірських порід після дії вибухового імпульсу, пропонується розглядати зазначені процеси із точки зору дифузійно-адсорбційних (адгезивних) явищ на основі закономірностей хімічної кінетики.

Ключевые слова: дроблення гірських порід, поверхнево-активні речовини, вибуховий імпульс.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Технологические процессы добычи полезных ископаемых, представленных скальными породами, предусматривают использование энергии взрыва различных химических соединений или их смесей для разрушения и отделения части горного массива с помощью импульсных механических воздействий.

Известно, что механический эффект взрыва в твердых средах обусловлен энергией ударной волны и работой, совершаемой расширяющимися продуктами детонации. Целенаправленное изменение параметров механического воздействия на разрушаемый массив, как правило, приводит к изменению термодинамических параметров взрыва и, как следствие, состава образующихся конечных химических соединений, а также химических потерь энергии взрывчатых превращений.

При этом до последнего времени не обращали должного внимания установлению взаимосвязи физико-механических свойств разрушаемых пород и физико-химическими параметрами компонентов, вводимых в скважины для улучшения качества дробления при осуществлении взрывных процессов.

Основной упор в этих исследованиях делают на изменение параметров механического воздействия на горные породы, а именно, на изменение амплитуды и

длительности давления газообразных продуктов детонации в зарядной полости. Поскольку большинство вторичных химических реакций являются обратимыми, изменение давления в зарядной полости может приводить к смещению равновесия протекающих химических реакций и, следовательно, влиять на количественный и качественный состав.

Взрывчатое превращение химического взрывчатого вещества (ВВ) сопровождается:

1) химическими процессами (образование ионов, свободных электронов, радикалов с распределенными электронными парами, химическое взаимодействие отдельных частиц и т.д.);

2) физическими явлениями (электромагнитное излучение, формирование и взаимное превращение плазменных состояний, влияние электромагнитных полей);

3) механическими эффектами (возникновение ударной волны и сейсмических колебаний, газодинамическое перемещение продуктов детонации, механическое напряженное состояние массива вблизи заряда, разрушение материала и т.п.).

Кроме этого, различные технологические методы изменения механических воздействий на разрушение горных пород влияют на другие физические явления и химические процессы в зарядной полости:

– увеличение длительности записания продуктов детонации в зарядной полости (конструкция зарядов, конструкция забоек, забоечные устройства, внутрискважинное замедление, нижнее инициирование и т.д.;

– увеличение детонационного давления на стенки скважин и шпуров (тип ВВ, угол встречи детонационной волны, взаимодействие детонационных волн от различных частей зарядов и т.п.);

– применение вспомогательных веществ в составе ВВ или вводимых в скважину непосредственно перед взрывом.

В связи с вышерассмотренным, целью работы является выяснение роли и механизмов физико-химического взаимодействия на границе раздела фаз “поверхность породы – жидкость (раствор)”, определяющееся строением адсорбционных слоев, их качественными и количественными характеристиками. Этот процесс является важным для понимания механизма взаимодействия пород разных стадий метаморфизма с органическими и неорганическими соединениями, что позволит не только совершенствовать технологические процессы, но и управлять ними.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Эффективным инструментом такого управления может быть использование поверхностно-активных веществ (ПАВ), действие которых основано на адсорбционном понижении поверхностной энергии тел (эффект Ребиндера). Приоритет в развитии данного направления исследований принадлежит Ю.В. Горюнову, Ф.Д. Овчаренко, Н.В. Перцову, П.А. Ребиндеру, Е.Д. Шукину и др.

Поверхностно-активные вещества широко используются в самых различных областях науки и практики. Применительно к процессам горного производства (бурение, резание, борьба с горными ударами) различным аспектам теории и практики использования ПАВ посвящены работы А.Д. Алексеева, Г.Я. Воронкова, И.И. Круглицкого, Н.Ф. Кусова, О.Г. Латышева, Г.И. Марцинкевича, Л.П. Шаболовой, О.А. Эдельштейна и др.

Так, использование растворов ПАВ в качестве промывочной жидкости позволяет на 20–50 % повысить механическую скорость бурения, в 1,5–2,0 раза снизить износ и затупление бурового инструмента, в 2,0–3,7 раза уменьшить запыленность шахтной атмосферы (О.Г. Латышев) [1–3]. Однако исследования действия ПАВ на характеристики процессов удара и взрыва носят лишь эпизодический характер и не содержат практических рекомендаций [4, 5].

Важной и необходимой задачей исследований в данном направлении является разработка системы прогнозных оценок эффективности использования ПАВ при динамическом разрушении горных пород. Теория и практика дробления пород ударом и взрывом свидетельствуют о том, что производительность процесса определяется сложным взаимодействием и взаимообусловленностью параметров технологии процесса и свойств разрушаемых пород.

В отсутствие работоспособных теоретических методов расчета при проектировании параметров БВР преобладает эмпирический подход. Однако

организация опытных взрывов связана со значительными затратами труда и времени. Поэтому все большее значение приобретает моделирование процесса, основанное на доказанной глубокой аналогии результатов дробления горных пород ударом и взрывом (Л.И. Барон, В.А. Падуков, Г.И. Покровский, Е. И. Шемякин).

Для условий дробления скальных пород В.М. Мальцевым теоретически и экспериментально подтверждено тождество

$$I_0^{уд}/J_{уд}^2 = I_0^в/J_в^2, \quad (1)$$

где $I_0^{уд}$ и $I_0^в$ – удельный импульс дробления пород ударом и взрывом; $J_{уд}$ и $J_в$ – соответствующая степень дробления горных пород.

На этой основе В.М. Мальцевым разработана методика проектирования параметров БВР, где в качестве критерия взрываемости горных пород принят нормированный импульс дробления (НИД):

$$I_n = \rho v_{уд}/J^2 = (m_{гп}/V_{гп})v_{гп}/J^2, \quad (2)$$

где ρ – объемная масса горных пород; $v_{уд}$ – скорость удара; $m_{гп}$ и $V_{гп}$ – масса и объем образца горной породы.

В этой связи качестве критерия дробимости горных пород В.М. Мальцевым предложено следующее выражение:

$$I_J^0 = \frac{I_0}{J^2} = \frac{m_{уд} v_{уд}}{S J^2}. \quad (3)$$

Установлено, что наиболее адекватно гранулометрический состав продуктов дробления описывается распределением Вейбулла в виде:

$$M_i = 1 - \exp[-(b \cdot d_i/d_{ср})^m], \quad (4)$$

где M_i – вероятность появления кусков размером менее d_i ; $d_{ср}$ – размер среднего куска; b и m – параметры распределения.

В качестве характеристик качества дробления (помимо I_J^0) вычислялись: коэффициент неоднородности k_n и степень J дробления, вновь образованная поверхность ΔS , удельная энергоёмкость дробления $q_{др}$.

На основе всего вышеизложенного нами в ходе экспериментов исследовалось влияние на величину данных характеристик размеров и формы образцов, числа единичных опытов, величины статического усилия, времени воздействия ПАВ и их растворов (образцы – в форме куба со стороной l). В качестве комплексной характеристики опыта принята удельная энергия сжатия: $W_{сж} = m \cdot g \cdot h/l$.

Анализ результатов позволил разработать методику экспериментального определения изменения прочности горных пород в зависимости от характеристик ПАВ.

Характер физико-химических процессов, протекающих в месте контакта поверхностно-активной среды с горной породой, и, собственно, вызывающий эффект Ребиндера, обуславливает избирательность действия ПАВ. Как показывает опыт, неверно подобранные активные растворы могут не только не

способствуют разрушению горной породы, но и оказывают противоположное действие.

В этой связи важной задачей является выбор оптимального для конкретных условий дробления пород состава и концентрации растворов ПАВ. Надежного теоретического инструмента выбора ПАВ до настоящего времени не создано.

Существенным моментом в исследовании является установление взаимосвязи механизма действия ПАВ на разупрочнение горных пород в зависимости от их разбавления на водной основе самих ПАВ и воды как индивидуального химического вещества, способного самостоятельно выступать в роли поверхностно-активного соединения.

Для упрощения будем считать, что физические и химические свойства рассматриваемых компонентов – ПАВ и горной породы – остаются неизменными.

По нашему мнению изменение прочностных характеристик происходит в результате диффузионно-адсорбционных процессов на поверхности горной породы и внутри микро- и макротрещин [6].

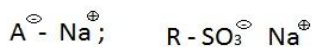
Вопрос заключается в том, какой толщины образуется пленка ПАВ на поверхности вне и внутри трещин, т.е. как осуществляется диффузионный перенос и как он зависит от природы соответствующего ПАВ.

Процесс проникновения ПАВ, на наш взгляд, можно описать следующим образом:

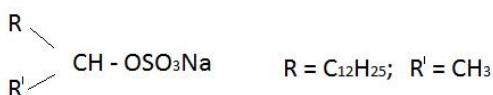
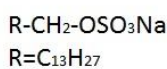
1) в момент погружения начинается процесс растекания по поверхности и проникновения в микро- и макротрещины.

На этой стадии массовый поток ПАВ или его раствора направлен внутрь микро- и макротрещин. На поверхности возникает градиент концентрации, направленный внутрь структуры породы. За счет этого происходит возникновение донорно-акцепторных или ионно-ковалентных микросвязей, поскольку чаще всего ПАВ представляет собой смесь анионоактивных, катионоактивных и неионогенных ПАВ.

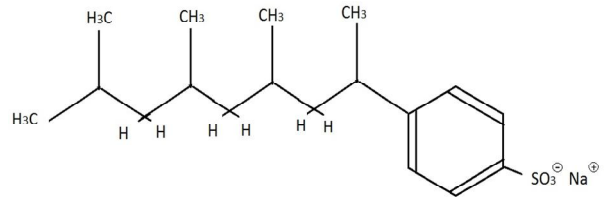
В общем, структуру ПАВ любой природы можно представить как



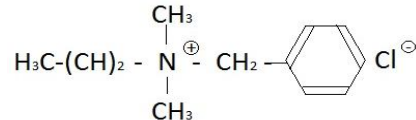
Анионоактивные ПАВ – мыла, натриевые соли триолиголицеридов с насыщенными и ненасыщенными цепочками $(CH_2)_n$; $(CH=CH)_n$. При превышении в воде так называемой критической концентрации образуют коллоидные растворы, в которых гидрофобные углеводородные остатки направлены внутрь, а гидрофильные обращены наружу, что и обуславливает их хемосорбцию с активными центрами в трещинах и на поверхности породы. Такими компонентами могут выступать алкилсульфаты –



и алкилбензолсульфонаты:



Катионоактивные ПАВ (инвертные мыла) содержат в качестве гидрофильных групп положительно заряженные частицы или фрагменты молекул



Неионогенные ПАВ – простые эфиры полиэтиленгликоля $CH_3 - (CH_2)_m - O - (CH_2 - CH_2 - O -)_n - H$ – диполиэтиленгликолевые эфир.

В первый момент времени концентрация ПАВ на поверхности породы равна нулю. Время капиллярного просачивания зависит от структуры горной породы, площади обработки, степени трещиноватости, условий нанесения ПАВ на поверхность. После просачивания происходит молекулярная диффузия до момента образования пленки на поверхности. Далее процессом диффузии можно пренебречь.

Процесс можно охарактеризовать скоростью связывания ПАВ с активными центрами породы в так называемой кинетической области:

$$\left(\frac{dv_{ПАВ}}{d\tau} \right)_{\max} = kF_{пород} C_{ПАВ}^m, \quad (5)$$

где $\left(\frac{dv_{ПАВ}}{d\tau} \right)_{\max}$ – скорость связывания ПАВ

с поверхностью породы; k – коэффициент скорости реакции; $F_{пород}$ – площадь поверхности породы и трещин, на которой происходит сорбция; $C_{ПАВ}$ – концентрация; m – порядок реакции.

Если концентрацию заменить разбавлением, то получим:

$$\left(\frac{dv_{ПАВ}}{d\tau} \right)_{\max} = kF_{породы} \frac{1}{V_{ПАВ}^m}, \quad (6)$$

где $V_{ПАВ}^m$ – объем ПАВ, проникшего в микро- и макротрещины породы.

Поскольку в составе ПАВ присутствуют частицы, то на поверхности породы в толщине слоя в несколько нм будет происходить частичная хемосорбция – «слоевая» хемосорбция.

При этом скорость внутренней диффузии ПАВ в породу меньше скорости химической реакции в поверхностном слое горной породы.

Тогда происходящий процесс можно записать с использованием второго закона Фика в сферической системе координат с граничными условиями:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial C}{\partial \tau} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial C}{\partial r} \right), 0 \leq r \leq R \\ C(r = R, \tau) = C_{ПЛАВ} \\ C(r, \tau = 0) = 0, \end{array} \right.$$

где C – это концентрация ПАВ или разбавление в любой момент времени τ (с) на любом расстоянии от поверхности породы, моль/м³; D – коэффициент внутренней диффузии ПАВ к поверхности породы; R – радиус положительного иона, находящегося в узле зерна (кристаллическая частица); r – расстояние, на котором возможно донорно-акцепторное или ионно-ковалентное взаимодействие.

Тогда решение системы будет иметь вид:

$$\frac{\bar{C}}{C_{нас}} = 1 - \sum_{i=1}^n \frac{6}{\pi^2 n^2} e^{-\pi^2 n^2 \frac{D\tau}{R^2}},$$

\bar{C} – средняя концентрация ПАВ в трещинах или на поверхности породы; $C_{нас} - C_{ПЛАВ}$ – градиент концентрации, обусловленный свойствами частиц поверхностного слоя породы, моль/м³; n – характеризует равномерность сорбции на поверхности; принимаем $n=1$;

тогда

$$\lg \left(1 - \frac{\bar{C}}{C_{нас}} \right) = \lg \frac{6}{\pi^2} - \pi^2 \frac{D\tau}{R^2}.$$

Заменяв концентрацию разбавлением, получим

$$\lg \left(1 - \frac{V_{нас}}{V} \right) = \lg \frac{6}{\pi^2} - \pi^2 \frac{D\tau}{R^2},$$

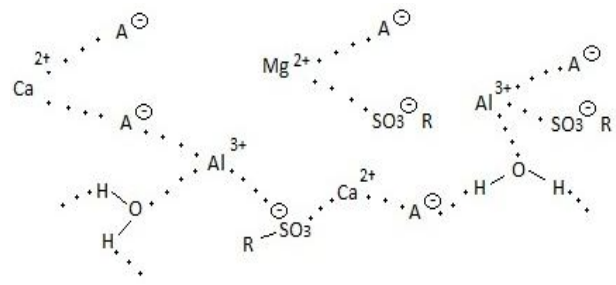
отсюда можно считать, что \bar{V} будет приблизительно равно объему микро- и макротрещин в породе.

Исходя из вышесказанного, при разных τ выдерживания образцов в растворах ПАВ можно постро-

ить график зависимости $\lg \left(1 - \frac{V_{нас}}{V} \right) = f(\tau)$ и по

тангенсу угла наклона определять коэффициент диффузии для любого вида ПАВ с целью определения наиболее приемлемого разбавления и вида ПАВ с последующим нахождением оптимального разупрочнения (рис. 1). Это даст возможность влиять на качество дробления при использовании энергии взрывного импульса. Чем больше D , тем более оптимальным является выбранное ПАВ при заданном разбавлении для первоначального разупрочнения породы.

Если мы предполагаем частичную хемосорбцию на поверхностях активных центров породы с образованием структурных фрагментов типа



то можно найти массу горной породы, которая вступила в процесс хемосорбции в поверхностном слое:

$$\left\{ \begin{array}{l} -\frac{dM_{\tau}}{d\tau} = \frac{D}{r} (\bar{C} - C_{нас}) F_{породы} \\ -\frac{dM_{\tau}}{d\tau} = \beta F_{породы} (\bar{C}_{нас} - C_{породы}) \end{array} \right.$$

где M_{τ} – масса породы, вступившей в процесс хемосорбции в поверхностном слое (подвергшиеся разупрочнению); D – коэффициент диффузии, м²/с (м²/час, см²/час, мм²/час); β – коэффициент массоотдачи породы в ПАВ; r – толщина слоя, вступившего в процесс хемосорбции; $C_{породы}$ – массоотдача частиц породы в среду раствора ПАВ.

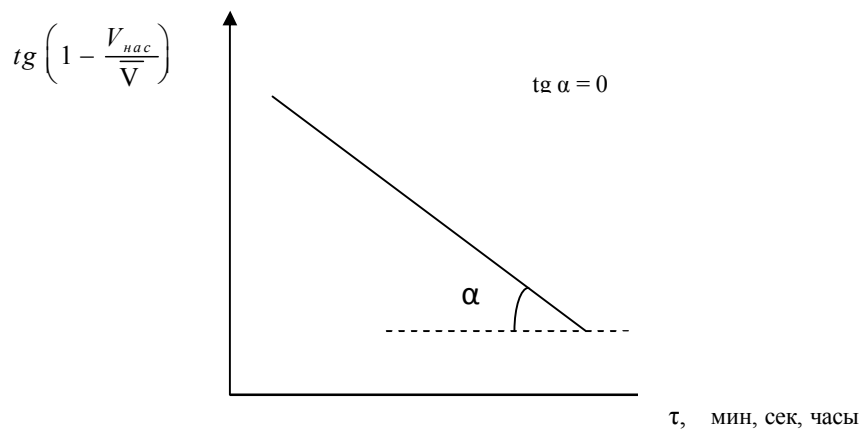


Рисунок 1 – Определение коэффициента диффузии поверхностно-активных веществ в горную породу

Для перенесения молекул из глубины жидкости в ее поверхностный слой необходимо совершить ра-

боту по преодолению силы R .

Эта работа идет на увеличение поверхностной

енергии, т.е. избыточной потенциальной энергии, которой обладают молекулы в поверхностном слое по сравнению с их потенциальной энергией внутри остального объема жидкости.

Обозначим E_s потенциальную энергию одной молекулы в поверхностном слое, E_v – потенциальную энергию молекулы в объеме жидкости, N – число молекул в поверхностном слое жидкости. Тогда поверхностная энергия равна:

$$E_{нов} = (E_s - E_v) \cdot N.$$

Коэффициентом поверхностного натяжения (или просто поверхностным натяжением) жидкости называют изменение поверхностной энергии при изотермическом увеличении площади поверхности на одну единицу:

$$\delta = \Delta E_{нов} / \Delta S = (N/S) \cdot (E_s - E_v) = n \cdot (E_s - E_v),$$

где n – число молекул на единице площади поверхности жидкости.

Если поверхность жидкости ограничена периметром смачивания, то коэффициент поверхностного натяжения численно равен силе, действующей на единицу длины периметра смачивания и направленной перпендикулярно к этому периметру:

$$\delta = F/l,$$

где l – длина периметра смачивания (длина микро- или макротрещины, в случае промышленных испытаний – глубина скважины); F – сила поверхностного натяжения, действующая на длине l периметра смачивания. Сила поверхностного натяжения лежит в плоскости, касательной к поверхности жидкости.

Сокращение площади поверхности жидкости уменьшает поверхностную энергию. Условием устойчивого равновесия жидкости, как и любого тела, является минимум потенциальной поверхностной энергии. Это значит, что в отсутствие внешних сил жидкость должна иметь при заданном объеме наименьшую площадь поверхности.

Для того, чтобы оценить влияние газообразных продуктов детонации, проникающих в микро- и макро трещины, на величину прочности горных пород после действия взрывного импульса, авторы данного исследования предлагают рассматривать упомянутые выше процессы с точки зрения диффузионно-адсорбционных (адгезивных) явлений [7–9].

Тогда за бесконечно малый промежуток времени, принимая во внимание полное периодическое перемешивание газообразных продуктов детонации в микро- и макротрещинах, можно записать уравнение материального баланса через соответствующее характеристическое уравнение:

$$-V \frac{\partial \langle C \rangle}{\partial \tau} + V \frac{\partial C}{\partial \tau} = 0$$

Уравнение кинетики внутренней (гелевой) диффузии в сферическую частицу сорбента (второй закон Фика):

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau} = D \cdot \left(\frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \bar{C}}{\partial r} \right).$$

Уравнение для определения средней концентрации микрокомпонента в зерне сорбента:

$$\langle C(\tau) \rangle = \frac{3}{r_0^3} \int_0^{r_0} r^2 \bar{C}(\tau, r) dr,$$

где r – радиус зерна сорбента, мм.

При этом начальное условие имеет вид:

$$\tau = 0, r = r_0, \bar{C}(\tau, r) = 0;$$

Исходные условия:

$$0 < \tau < \infty, 0 \leq r < r_0, \bar{C}(\tau, r) = \bar{C}_\infty.$$

Связь системы предыдущих уравнений с принятыми начальными и граничными условиями сводится к уравнению Бойда–Адамсона для внутренидиффузионной кинетики:

$$F = 1 - \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp\left(-\frac{D}{r_0^2} \pi^2 n^2 \tau\right).$$

Критерий равномерности распределения молекул газообразных продуктов детонации (математический критерий гомохромности Фурье) выражается как

$$Bt = \frac{D}{r_0^2} \pi^2 \tau.$$

Тогда

$$F = 1 - \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp(-Bt \cdot n^2).$$

ВЫВОДЫ. Таким образом, показано, что при определенных условиях возможен подбор ПАВ или их водных растворов для улучшения качества дробления горных пород на открытых разработках нерудных полезных ископаемых.

Кроме того, исследование механохимических механизмов действия ПАВ является теоретическим и практическим подтверждением формирования физико-химической механики [10] взрывных процессов при любых условиях действия взрывного импульса и для разнообразных ВВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние поверхностно-активных веществ на развитие трещиноватости нагруженных горных пород / О.Г. Латышев, Н.И. Иванова, С.С. Иванова, Н.В. Перцов // Известия вузов. Горный журнал. 1988. – № 12. – С. 4–8.
2. Влияние поверхностно-активных веществ на физические свойства горных пород / О.Г. Латышев, С.С. Иванова, Б.И. Суворов // Известия вузов. Горный журнал. – 1985. – №12. – С. 1–5.
3. Кинетика насыщения породного массива растворами поверхностно-активных веществ при бурении шпуров и скважин / О.Г. Латышев, В.В. Сынбулатов, И.С. Осипов // Известия вузов. Горный журнал. – 2008. – № 3. – С. 123–129.
4. Жилин А.С. Использование поверхностно-активных веществ для повышения качества дробления горных пород // Записки горного института. Т. 155, часть 2. – СПб, 2003. – С. 62–65.
5. Жилин А.С. Исследование влияния поверхностно-активных веществ на эффективность взрывного разрушения горных пород // Проектирование, строительство и эксплуатация комплексов подзем-

ных сооружений: Труды международной конференции. – Екатеринбург, 18–20 мая 2004 г. – Екатеринбург: Издательство УГГГА, 2004. – С. 259–262.

6. Семиохин И.А. Физическая химия. – М.: Издательство Московского университета, 2001. – 271 с.

7. Козловская Т.Ф. Об адсорбционно-адгезионном механизме влияния газообразных продуктов детонации на прочность горной массы при взрывной отбойке горных пород // Матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні технології ведення буровибухових робіт, їх економічна ефективність і техногенна безпека», 03–10 вересня 2013 р., м. Кременчук–Бурмас. – С. 58–61.

8. Долударева Я.С., Лемижанская В.Д. Актуальность применения поверхностно-активных веществ для управления прочностными характеристиками горных пород // Матеріали IX Міжнародної науково-

технічної конференції «Розробка, використання та екологічна безпека сучасних гранульованих та емульсійних вибухових речовин», 04–09 лютого 2013 р., м. Кременчук–Сваліява. – С. 21–22.

9. Лемижанская В.Д., Долударева Я.С. Определение оптимального времени воздействия раствора поверхностно-активных веществ на горную массу // Матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні технології ведення буровибухових робіт, їх економічна ефективність і техногенна безпека», 03–10 вересня 2013 р., м. Кременчук–Бурмас. – С. 51–52.

10. Козловская Т.Ф., Комир В.М., Чебенко В.Н. Физико-химическая механика – новое направление исследования взрывных процессов в открытых горных разработках // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2007. – № 9. – С. 3–7.

INFLUENCE OF SURFACE-ACTIVE SUBSTANCES AND THEIR SOLUTIONS ON INTENSITY OF ROCKS CRUSHING

T. Kozlovska, V. Lemizhanska, Ya. Doludareva

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: tehm@kdu.edu.ua; tfk58@kdu.edu.ua

In the article, the authors have discussed the problems of the impact of surfactants and their solutions on the intensity of rock crushing. It was shown that the main factor affecting the crushing process is the nature of chemical structure and physical-chemical characteristics of the surfactant. It was found the relationship between physical-chemical characteristics of the surfactant and physical-mechanical properties of the rock being under the action of the surfactant. It was given the mathematical approaches to the assessment of formation of the "rock-surfactant" complex. To evaluate the influence of gaseous detonation products, penetrating into the micro- and macro-cracks, on the strength rock after the impact of an explosive impulse, it was proposed to consider the above-mentioned processes in terms of diffusion-adsorption (adhesion) phenomena on the basis of the laws of chemical kinetics.

Key words: crushing of rocks, surfactants, explosive impulse.

REFERENSES

1. Latyshev, O.G., Ivanova, N.I., Ivanova, S.S., Perzov, N.V. (1988), "The influence of surfactants on the fracturing development in loaded rocks", *Izvestija vuzov. Gornij journal*, no 12, pp. 4–8.

2. Latyshev, O.G., Ivanova, S.S., Suvorov, B.I. (1988), "The influence of surfactants on the physical properties of the rocks", *Izvestija vuzov. Gornij journal*, no 12, pp. 1–5.

3. Latyshev, O.G., Synbulatov, V.V., Osipov, I.S., (2008) "Saturation kinetics of rock massif with solutions of surfactants in drilling boreholes and wells", *Izvestija vuzov. Gornij journal*, no 3, pp. 123–129.

4. Gilin, A.S. (2003), "Using of surfactants to improve the quality of rock crushing", *Of the Mining Institute notes*, vol. 155, part 2, pp. 62–65.

5. Gilin, A.S. (2004), "Investigation of the influence of surfactants on the effectiveness of the explosive destruction of rocks", *Proektirovanie, stroitelstvo i ekspluataziya kompleksov podzemnyh sooruzhenij. Trudy megdunarodnoj konferentsii* [Design, construction and exploitation of complex underground structures: Proceedings of the International Conference], Ekaterinburg, UGGGA, May 18–20, 2012, pp. 259–262.

6. Semiohin, I.A. (2001), *Fizicheskaja himija* [Physical chemistry], Moscow University Publishing House, Moscow, Russia.

7. Kozlovska, T.F. (2013), "About adsorption-adhesion mechanism of the influence of gaseous detonation products on the strength of the rock mass under rocks blasting", *Materialy XII Mizhnarodnoi naukovotekhnichnoi konferentsii "Suchasni tehnologii vedennja burovybuhovyh robіt, ih ekonomichna efektyvnist i tehnogenna bezpeka"*, [Materials of the twelfth Interna-

tional Scientific Conference "Modern technologies of drilling works, their economic efficiency and technological security"], Kremenchuk–Burgas, September 03–10, 2013, pp. 58–61.

8. Doludareva, Ya.S., Lemizhanska, V.D. (2013), "Relevance for application of surfactants for controlling the strength properties of rocks", *Materialy IX Mizhnarodnoi naukovotekhnichnoi konferentsii "Rozrobka, vykorystannya ta ekologichna bezpeka suchasnyh granuljovanyh ta emulsiynyh vybuhovyh rechovyn"*, [Materials of the ninth International Scientific Conference "Development, use, and environmental safety of modern granular and emulsion explosives"], Kremenchuk–Svaljjava, February 04–09, 2013, pp. 21–22.

9. Lemizhanska, V.D., Doludareva, Ya.S., (2013), "Determination of optimal exposure time of the solution of surfactants on the rock mass", *Materialy XII Mizhnarodnoi naukovotekhnichnoi konferentsii "Suchasni tehnologii vedennja burovybuhovyh robіt, ih ekonomichna efektyvnist i tehnogenna bezpeka"*, [Materials of the twelfth International Scientific Conference "Modern technologies of drilling works, their economic efficiency and technological security"], Kremenchuk–Burgas, September 03–10, 2013, pp. 51–52.

10. Kozlovska, T.F., Komir, V.M., Chebenko, V.N. (2007), "Physicochemical mechanics - a new research direction of explosive processes in open mining operations", *Scientific Bulletin of National Mining University*, no. 9, pp. 3–7.

Стаття надійшла 27.08.2013.