

УДК 622.831

Э. В. БОРИСЕНКО^а, Н. П. КОРВЯКОВА^а, Я. В. ШАЖКО^а, О. В. ШАЖКО^а, О. В. СОБОЛЬ^б^а Государственное учреждение «Институт физики горных процессов», ^б ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ОТРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В ДОНЕЦКО-МАКЕЕВСКОМ УГЛЕНОСНОМ РАЙОНЕ

Аннотация. При закрытии или консервации угольных предприятий происходит частичная или полная инверсия техногенного режима подземных вод, что может привести к катастрофическим региональным экологическим последствиям, таким как подтопление подработанных территорий, активизация процессов сдвижения горных пород, разрушение мощных породных слоев. В данной работе предложена обобщенная трактовка механизма взаимосвязи прочностных характеристик слоев песчаника в угленосной свите C_2^6 , которую отрабатывают шахты г. Донецка и г. Макеевки. Представлены результаты исследований, позволившие выявить взаимосвязь параметров состава и структуры свиты, а также проведен анализ прочности в результате длительного увлажнения, что приводит к хрупкому разрушению, по эффекту П. А. Ребиндера.

Ключевые слова: угольный пласт, свита, песчаник, эффект П. А. Ребиндера, разрушение, сейсмические явления.

ВВЕДЕНИЕ

Изменение твердости горных пород, происходящее в присутствии различных по природе жидкостей, практически всегда связывается с уменьшением удельной свободной поверхностной энергии (УСПЭ) разрушаемых минералов, входящих в состав горной породы, при избирательной физической адсорбции молекул жидкости на возникающих свежих поверхностях адгезионного или когезионного происхождения (эффект П. А. Ребиндера). Проявление эффекта Ребиндера в земной коре рассматривает физико-химическая геомеханика [1, 2].

В Донецко-Макеевском угленосном районе в основных угленосных свитах песчаники составляют 32...34 %. Рассмотрим геологическое строение свиты среднего карбона C_2^6 , которая активно отрабатывалась шахтами региона.

Свита C_2^6 (L) алмазная характеризуется самой высокой угленосностью в западной половине Донбасса, а также широким развитием известняков во всех районах бассейна, за исключением юго-западной его окраины [3].

В пределах Донецко-Макеевского угленосного района свита C_2^6 представлена 17 угленосными пластами, из которых 10 рабочей мощности ($l_1^H, l_1^B, l_1^1, l_2^1, l_3, l_4, l_7^1, l_8, l_8^1$). Мощность песчаников составляет от 1 до 20 метров. Наиболее мощные песчаники – L_5Sl_5 (20 м), $l_6Sl_6^1$ (8 м), L_7Sl_7 (18 м), $l_8Sl_8^1$ (12 м).

Известняки свиты C_2^6 в пределах Донецко-Макеевского угленосного района представлены 4 пластами – L_1, L_5, L_6, L_7 . Литологический состав свиты C_2^6 приведен в таблице 1. Мощность свиты C_2^6 в пределах Донецко-Макеевского угленосного района составляет 280...320 м.

Оценить влияние изменения прочностных свойств песчаников под воздействием длительного увлажнения от затопления угольных предприятий при их мокрой консервации и есть основная цель данной работы.

Таблица 1 – Литологический состав свиты С₂⁶ в пределах Донецко-Макеевского угленосного района

Свита	Литологический тип горной породы и его содержание, %				
	Алевролит	Аргиллит	Песчаник	Известняк	Уголь
С ₂ ⁶ алмазная	35,2	27	31	3,4	3,4

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Экспериментальное исследование разрушения водо- и метано-насыщенных песчаников в объёмном поле сжимающих напряжений, а также при одноосном сжатии, разрыве и сдвиге позволило установить следующее [4, 5]. В песчаниках, в цементе которых содержатся глинисто-слюдистые минералы (глинисто-карбонатный и глинисто-слюдистый цемент), прочность при сдвиге, отрыве и сжатии при увлажнении снижается. При сдвиге – в 1,1–3,0 раза, при отрыве – в 1,5–2,0 раза, при сжатии – в 1,1–1,7 раза. В песчаниках, не имеющих в своём составе глинисто-слюдистых минералов (карбонатный и кремнисто-карбонатный цемент), прочность при сдвиге, отрыве и сжатии либо остаётся неизменной, либо незначительно возрастает.

Уменьшение прочности при увлажнении при сжатии и отрыве не превышает 1,2 раза, при сдвиге – достигает 1,7 раза. Приведенные данные позволяют сделать вывод, что у влажных песчаников прочность при сдвиге изменяется, уменьшается гораздо больше, чем при отрыве. Это происходит потому, что, кроме изменения эффективной поверхностной энергии, при увлажнении происходит также изменение коэффициента трения.

Подобная картина наблюдается также при разрушении водонасыщенных пород в объёмном поле сжимающих напряжений. Значения основных физико-механических показателей сведены в таблицу 2. Отмечается закономерное увеличение модуля объёмного сжатия (в 1,2 раза), снижение модулей упругости и сдвига в 1,5 раза, увеличение коэффициента поперечной деформации в 1,2 раза. Возрастает деформируемость пород, снижается их прочность. Водонасыщенный образец способен накопить энергии лишь немного меньше, чем воздушно-сухой, однако непосредственно на разрушение (образование новых поверхностей) затрачивается лишь незначительная ее часть. Остальная её часть представляет собой энергию устойчивых дефектов. Величина вновь образованной поверхности при водонасыщении в 3–4 раза ниже, чем у сухих образцов, однако примерно во столько же раз уменьшается дилатируемый объём, поэтому удельная поверхность разрушенного материала сохраняется на одном уровне. Удельная поверхностная энергия снижается в 2 раза. Характерным является разрушение водонасыщенных образцов. Начало разрушения по внешним признакам установить практически невозможно.

Таблица 2 – Влияние влажности на физико-механические свойства песчаников

Показатели	Единица измерения	Для сухого образца	Для влажного образца
Разрушающее напряжение (σ_1) при $\sigma_2 = 30$ МПа и $\sigma_3 = 15$ МПа	МПа	176	164
Остаточная прочность	МПа	140	132
Объёмный модуль деформации	МПа	$0,6 \cdot 10^4$	$0,62 \cdot 10^4$
Модуль сдвига	МПа	$0,32 \cdot 10^4$	$0,24 \cdot 10^4$
Коэффициент Пуассона	МПа	0,27	0,33
Модуль упругости	МПа	$0,81 \cdot 10^4$	$0,64 \cdot 10^4$
Плотность энергии формоизменения объема: предельная	МДж/м ³	3,37	4,12
остаточная		2,00	2,64
Плотность энергии изменения объёма: предельная	МДж/м ³	1,50	1,22
остаточная		0,87	0,84
Плотность энергии разрушения	МДж/м ³	2,00	0,86
Вновь образованная поверхность	м ²	0,116	0,036
Удельная поверхность	м ⁻¹	$0,58 \cdot 10^5$	$0,52 \cdot 10^5$
Эффективная поверхностная энергия	Дж/м ²	35	16

ВЫВОД

Изменение физико-механических свойств песчаников при затоплении выработанного пространства шахт в сочетании с изменением напряженного состояния горного массива может привести к разрушению мощных слоев песчаника. Разрушение характеризуется развитием одной или многих трещин, нарушающих сплошность массивов в значительных объемах, что приводит к выделению энергии. В отдельных случаях значительное высвобождение энергии может вызывать сейсмические явления, которые ощущаются на земной поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ребиндер, П. А. Поверхностные явления в твердых телах в процессах их деформирования и разрушения [Текст] / П. А. Ребиндер, Е. Д. Щукин // Успехи физических наук. – 1972. – Т. 108. – № 1. – С. 3–42.
2. Pertsov, N. V. The Rebinder Effect in the Earth Crust (Phisicochemical Geomechanics) [Текст] / N. V. Pertsov // Golloid Journal. – 1998. – Vol. 60. – № 5. – P. 1245–1251.
3. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР [Текст] : монография в 12 томах. – Т. 1 Угольные бассейны и месторождения юга европейской части СССР / под ред. И. А. Кузнецова, В. В. Лагутина, М. Л. Левенштейна, В. С. Попова [и др.]. – М. : Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1963. – 1211 с.
4. Алексеев, А. Д. Разрушение горных пород в объемном поле сжимающих напряжений. [Текст] / А. Д. Алексеев, В. Н. Ревва, Н. А. Рязанцев. – Киев : Наукова думка, 1989. – 168 с.
5. Ревва, В. Н. Влияние водонасыщения на физико-механические свойства структурно-нарушенных горных пород [Текст] / В. Н. Ревва, Н. В. Недодаев, Э. В. Борисенко [и др.] // Известия Донецкого горного института. – 1999. – № 3. – С. 47–48.

Получена 23.04.2020

Е. В. БОРИСЕНКО ^a, Н. П. КОРВ'ЯКОВА ^a, Я. В. ШАЖКО ^a, О. В. ШАЖКО ^a,
О. В. СОБОЛЬ ^b

ПРО ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ВІДПРАЦЮВАННЯ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ У
ДОНЕЦЬКО-МАКІЇВСЬКОМУ ВУГЛЕНОСНОМУ РАЙОНІ

^a Державна установа «Інститут фізики гірничих процесів», ^b ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. При закритті або консервації вугільних підприємств відбувається часткова або повна інверсія техногенного режиму підземних вод, що може призвести до катастрофічних регіональних екологічних наслідків, таким як підтоплення прироблених територій, активізація процесів зрушення гірських порід, руйнування потужних породних шарів. У даній роботі запропоноване узагальнене трактування механізму взаємозв'язку міцних характеристик шарів піщанику у вугленосній світі C_2^6 , яку відпрацьовують шахти м. Донецька й м. Макіївки. Представлені результати досліджень, що дозволили виявити взаємозв'язок параметрів складу й структури світи, а також проведено аналіз міцності в результаті тривалого зволоження, що призводить до крихкого руйнування за ефектом П. А. Ребиндера.

Ключові слова: вугільний шар, світа, піщаник, ефект Ребиндера, руйнування, сейсмічні явища.

EDWARD BORISENKO ^a, NATALIYA KORVYAKOVA ^a, JAROSLAV SHAZHKO ^a,
OLEG SHAZHKO ^a, OKSANA SOBOLEVA ^b

ABOUT SOME FEATURES OF MINING OF COAL SEAMS IN DONETSK-
MAKEYEVSKY COAL-BEARING AREA

^a State Institution «Institute of Physics of Mining Processes», ^b Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. When coal plants are closed or preserved, partial or complete inversion of the man-made regime of underground waters takes place, which can lead to catastrophic regional environmental consequences such as flooding of under-worked areas, activation of rock displacement processes, destruction of powerful rock layers. This paper proposes a generalized interpretation of the mechanism of the relationship between the strength characteristics of sandstone layers in the coal-plated C_2^6 , which is being worked out by the mines of Donetsk and Makeevka. The results of studies were presented, which allowed to detect the relationship between the parameters of the composition and the structure of the whistle, as well as the analysis of strength as a result of long-term moistening, which leads to brittle destruction, according to the effect of P. A. Rebinder.

Key words: coal bed, whistle, sandstone, Rebinder effect, destruction, seismic phenomena.

Борисенко Эдуард Вадимович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Государственного учреждения «Институт физики горных процессов». Научные интересы: исследование разрушения водо- и метано-насыщенных горных пород, а так же изучение физико-механических свойств напряженного состояния горного массива.

Корвякова Наталья Петровна – аспирант Государственного учреждения «Институт физики горных процессов». Научные интересы: исследование разрушения водо- и метано-насыщенных горных пород, а так же изучение физико-механических свойств напряженного состояния горного массива.

Шажко Ярослав Витальевич – кандидат технических наук, заместитель директора по науке Государственного учреждения «Институт физики горных процессов». Научные интересы: исследование разрушения водо- и метано-насыщенных горных пород, а так же изучение физико-механических свойств напряженного состояния горного массива.

Шажко Олег Витальевич – аспирант Государственного учреждения «Институт физики горных процессов». Научные интересы: исследование разрушения водо- и метано-насыщенных горных пород, а так же изучение физико-механических свойств напряженного состояния горного массива.

Соболь Оксана Викторовна – кандидат химических наук, доцент кафедры физики и физического материаловедения ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: изучение физико-химических основ кинетики процессов кристаллизации веществ.

Борисенко Едуард Вадимович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Державної установи «Інститут фізики гірничих процесів». Наукові інтереси: дослідження руйнування водо- і метано-насичених гірських порід, а так само вивчення фізико-механічних властивостей напруженого стану гірського масиву.

Корв'якова Наталія Петрівна – аспірант Державної установи «Інститут фізики гірничих процесів». Наукові інтереси: дослідження руйнування водо- і метано-насичених гірських порід, а так само вивчення фізико-механічних властивостей напруженого стану гірського масиву.

Шажко Ярослав Віталійович – кандидат технічних наук, заступник директора по науці Державної установи «Інститут фізики гірничих процесів». Наукові інтереси: дослідження руйнування водо- і метано-насичених гірських порід, а так само вивчення фізико-механічних властивостей напруженого стану гірського масиву.

Шажко Олег Віталійович – аспірант Державної установи «Інститут фізики гірничих процесів». Наукові інтереси: дослідження руйнування водо- і метано-насичених гірських порід, а так само вивчення фізико-механічних властивостей напруженого стану гірського масиву.

Соболь Оксана Вікторівна – кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізики та фізичного матеріалознавства ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: аналіз фізико-хімічних основ кінетики процесів кристалізації речовин.

Borisenko Edward – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Senior Researcher, State Institution «Institute of Physics of Mining Processes». Scientific interests: study of destruction of water and methane-saturated rocks, as well as study of physical and mechanical properties of stressed state of rock mass.

Korvyakova Nataliya – graduate student, State Institution «Institute of Physics of Mining Processes». Scientific interests: study of destruction of water and methane-saturated rocks, as well as study of physical and mechanical properties of stressed state of rock mass.

Shazhko Jaroslav – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Deputy Director of Science, State Institution «Institute of Physics of Mining Processes». Scientific interests: study of destruction of water and methane-saturated rocks, as well as study of physical and mechanical properties of stressed state of rock mass.

Shazhko Oleg – graduate student, State Institution «Institute of Physics of Mining Processes». Scientific interests: study of destruction of water and methane-saturated rocks, as well as study of physical and mechanical properties of stressed state of rock mass.

Sobol Oksana – Ph. D. (Chem.), Associate Professor, Physics and Physical Materials Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying of physical and chemical bases kinetics processes of crystallization of substances.