

ных сред.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левченко Е.М. Физическая модель дегазационного участкового трубопровода / Е.М. Левченко // Внезапные выбросы угля и газа, рудничная аэрология. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1988. – С.127-133.
2. Кременчуцкий Н.Ф. Расчет распределения метановоздушной смеси в сети дегазационной системы / Н.Ф. Кременчуцкий, И.И. Пугач // Науковий вісник НГА України. – 2002. – № 5. – С. 86-88.
3. Аствацатурьян Р.Е. Моделирование движения газа в газопроводах с учетом сил энергии потока / Р.Е. Аствацатурьян, Е.В. Кочарян // Нефтегазовое дело. – № 1. – С. 1-8.
4. Кузнецов Е.В. Методы сокращения потерь светлых нефтепродуктов при проведении технологических операций на нефтебазах / Е.В. Кузнецов // ГИАБ. – 2008. – №2. – С. 316-322.
5. Скробач А.В. Математическая модель развитого турбулентного стационарного неизотермического движения газа в трубопроводе круглого сечения / А.В. Скробач // Инженерная физика. – 2005. – № 4. – С. 47-52.
6. Газовые гидраты / С.Ш. Бык, Ю.Ф. Макагон, В.И. Фомина. – М.: Химия, 1980. – 296 с.
7. Истомин В.А. Газовые гидраты в природных условиях / В.А. Истомин, В.С. Якушев. – М.: Недра, 1992. – 236 с.
8. Новиков Л.А. Определение потерь давления на загрязненных участках вакуумного дегазационного трубопровода / Л.А. Новиков // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / Ин-т геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск, 2011. – Вып. 92. – С. 258-263.
9. Новиков Л.А. Математическая модель движения турбулентного потока газозвеси в дегазационном трубопроводе / Л.А. Новиков // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / Ин-т геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск, 2008. – Вып. 76. – С. 126-131.

УДК 622.33.002.68:552.513.08

Кандидати геол.-мінерал. наук К.А. Безручко,
Л.Л. Шкуро
(ІГТМ НАН України)

ФОРМУВАННЯ КОЛЕКТОРСЬКИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПІСКОВИКІВ ПІД ВПЛИВОМ ТЕХНОГЕННОГО ЧИННИКА

Исследовано влияние горных работ в процессе добычи угля на физические свойства песчаников, путём сравнения объёмной плотности, плотности твёрдой фазы и открытой пористости по результатам опробования керна геологоразведочных скважин и горных выработок. Установлено, что объёмная плотность и коэффициент открытой пористости песчаников, в зоне влияния горных работ существенно отличаются от соответствующих показателей в нетронутом массиве. Показано, что такое разуплотнение, за счёт трещинообразования, способствует увеличению открытой пористости песчаников в 1,2-1,4 раза.

FORMING OF SANDSTONES COLLECTORS PROPERTIES UNDER THE TECHNOGENIC FACTOR INFLUENCE

Influence of mining operations have been investigated in the coal mining process on physical properties of sandstones, by means of apparent density, density of hard phase and opened porosity comparison on results of core assay of geological prospecting holes and mine workings. It was set that apparent density and coefficient of the opened porosity of sandstones, in the affected zone of mining operations substantially differ from the proper indexes in natural array. It is shown, that such volume expansion due to cracks formation, promotes increasing of sandstones open porosity in 1,2-1,4 time.

Характерною особливістю породних масивів, що вміщують гірничі виробки, є структурна порушеність різноманітними тріщинами, які послаблюють їх міцність та збільшують деформованість. Походження цих тріщин пов'язане як з геологічними умовами генезису та постдіагенетичного перетворення самої поро-

ди, так і з механізмом впливу гірничих робіт, включаючи виникнення тріщин унаслідок застосування технологій руйнування масиву прохідницькою технікою та (особливо) вибуховими роботами, а також виникнення тріщин віджимання і тиску внаслідок перерозподілу природного напруженого стану масиву, послабленого гірничими виробками [1-2].

Грунтуючись на тому факті, що в результаті підроблення, породи, що залягають в зоні впливу гірничих робіт, розущільнюються, розшаровуються, порушуються тріщинами, можна припустити, що вуглепородний масив у зоні впливу гірничих робіт здатний змінювати фізичні властивості. У розвантажених в результаті підроблення гірських породах, мають поліпшуватися колекторські властивості – збільшуватися абсолютна, відкрита і ефективна пористість, проникність. І ці процеси повинні охоплювати значну частину породного масиву.

Зокрема, М.А. Іофіс [3] виділяє шість характерних зон у товщі гірських порід, що піддалася макродеформаційним процесам під час виїмки вугілля з одноступінчастого положистого вугільного пласта однією лавою. За його даними, відстань від очисної виробки до зони прогину, в якій не спостерігається розрив суцільності породних шарів (сумарна потужність тріщинуватих зон) в пісковиках, перевищує в 100-130 разів потужність пласта, що виймається. За товщиною пласта, що виймається, до 1,5 м, зона розущільнення, утворена за рахунок тріщиноутворення може сягати 200 м.

До останнього часу питання, пов'язані з впливом гірських робіт на кількісні параметри фізичних властивостей гірських порід, детально не вивчалися. Якою мірою масштабні ці процеси, яким є ступінь зміни фізичних властивостей порід внаслідок техногенної дії на гірський масив і наскільки правомірне подальше використання даних про властивості гірських порід, отриманих на стадії проведення геологорозвідувальних робіт, є актуальними питаннями. Їх вирішення дозволить достовірніше прогнозувати властивості гірських порід, зокрема фільтраційно-ємнісні, поведінку вуглепородного масиву в процесі ведення гірських робіт та після їх завершення. У тому числі, визначити чинники та умови формування техногенних колекторів відпрацьованих ділянок діючих і закритих шахт.

З метою вивчення зміни фізичних властивостей порід під впливом гірничих робіт були проведені дослідження колекторських властивостей (коефіцієнта відкритої пористості) та щільнісних (об'ємної щільності та щільності твердої фази) і порівняння цих показників за пробами, відібраними з керну геологорозвідувальних свердловин на стадії розвідки, та пробам, які відібрані безпосередньо з гірничих виробок діючих шахт. Різниця у кількісних параметрах фізичних властивостей може бути зумовлена саме лише техногенними чинниками впливу на гірський масив.

Досліджувалися пісковики на шахтах ім. О.Г. Стаханова, «Красноармійська-Західна» (Красноармійський геолого-промисловий район), ім. О.О. Скочинського, ім. К.І. Поченкова (Донецько-макіївський геолого-промисловий район), «Комсомолец», ім. К.А. Румянцева, «Кочегарка» (Центральний геолого-промисловий район), «Самсонівська-Західна» (Краснодонський

геолого-промисловий район), витримані за площею і в розрізі, у яких проходили підготовчі гірничі виробки.

На шахті ім. О.Г. Стаханова досліджувався пісковик $k_8^H Sl_1$, на шахті «Красноармійська-західна» - пісковик $d_3 Sd_4$, на шахті ім. О.О. Скочинського - пісковик $h_4 Sh_6^1$, на шахті ім. К.І. Поченкова - пісковик $m_2 SM_3$, на шахте ім. К.А. Румянцева – пісковик $k_8 Sl_1$, на шахті «Комсомолець» - пісковик $k_4 Sk_5$, на шахті «Кочегарка» – пісковик $m_4^1 Sm_5$, на шахті «Самсонівська-Західна» - пісковик $k_1 Sk_2$. Відбір проб з кернів геологорозвідувальних свердловин проводиться на ділянках розвідки або доразвідки шахт ім. О.Г. Стаханова, «Красноармійська –Західна», ім. О.О. Скочинського, «Комсомолець», ім. К.А. Румянцева, «Самсонівська-Західна», «Кочегарка», ім. К.І. Поченкова.

Результати визначення середніх значень об'ємної щільності та коефіцієнту відкритої пористості наведені в табл. 1. Аналіз одержаних результатів засвідчує, що середні значення об'ємної щільності, визначені за шахтними пробами, є значно нижчими, ніж для свердловинних проб. При цьому, середні значення коефіцієнту відкритої пористості, визначені за шахтними пробами, навпаки, є значно вищими, ніж для свердловинних проб.

Для встановлення суттєвості відмінностей середніх значень об'ємної щільності, щільності твердої фази та коефіцієнту відкритої пористості, визначених за шахтними і свердловинними пробами, була виконана статистична обробка лабораторних даних. Результати статистичної обробки цих даних, визначених за пробами, відібраними на полях шахт ім. О.Г. Стаханова і ім. О.О. Скочинського, наведені в табл. 2-3.

Таблиця 1 – Середні значення фізичних властивостей пісковиків Донбасу, визначених за шахтними та свердловинними пробами

Поле шахти	Об'ємна щільність, г/см ³		Коефіцієнт відкритої пористості, %	
	шахтні проби	свердловинні проби	шахтні проби	свердловинні проби
ім. О.Г. Стаханова	2,34	2,42	11,2	8,1
Красноармійська-Західна	2,42	2,46	10,2	7,9
ім. О.О. Скочинського	2,49	2,56	7,2	5,2
ім. К.І. Поченкова	2,53	2,55	8,1	6,8
Комсомолець	2,59	2,62	3,4	2,6
ім. К.А. Румянцева	2,59	2,63	3,2	2,7
Кочегарка	2,56	2,60	4,6	3,7
Самсонівська-Західна	2,53	2,56	8,1	6,8

Таблиця 2 – Статистичні показники фізичних властивостей пісковиків, визначених за шахтними та свердловинними пробами на шахті ім. О.Г. Стаханова

Статистичні показники	Об'ємна щільність, г/см ³		Щільність твердої фази, г/см ³		Коефіцієнт відкритої пористості, %	
	шахтні проби	свердловинні проби	шахтні проби	свердловинні проби	шахтні проби	свердловинні проби
Мінімум	2,18	2,31	2,62	2,68	7,10	5,10
Максимум	2,48	2,50	2,72	2,83	17,10	12,00
Середнє	2,34	2,42	2,70	2,72	11,20	8,17
Середнє-квадратичне відхилення	0,078	0,057	0,03	0,04	2,62	2,26
Кількість значень	30		30		30	
Критерій Стьюдента ($t_{табл}^{0,95}=2,04$)	3,42		1,92		3,81	

Як можна бачити, для шахтних проб мінімальні, максимальні і середні значення коефіцієнта відкритої пористості значно вищі, ніж для свердловинних проб. Розкид значень коефіцієнту відкритої пористості для шахтних проб є значно більшим, чим для свердловинних проб. Що може бути обумовлене ступенем техногенного впливу, який є різним, в залежності від інтенсивності цього впливу та відстані до виробленого простору.

Таблиця 3 – Статистичні показники фізичних властивостей пісковиків, визначених за шахтними та свердловинними пробами на шахті ім. О.О. Скочинського

Статистичні показники	Об'ємна щільність, г/см ³		Щільність твердої фази, г/см ³		Коефіцієнт відкритої пористості, %	
	шахтні проби	свердловинні проби	шахтні проби	свердловинні проби	шахтні проби	свердловинні проби
Мінімум	2,34	2,32	2,71	2,65	3,99	2,33
Максимум	2,61	2,67	2,76	2,88	8,70	7,91
Середнє	2,46	2,57	2,72	2,75	7,20	5,20
Середнє-квадратичне відхилення	0,081	0,005	0,01	0,06	1,53	1,88
Кількість значень	30		30		30	
Критерій Стьюдента ($t_{табл}^{0,95}=2,04$)	2,75		1,58		4,18	

Середні значення об'ємної щільності та щільності твердої фази для шахтних проб значно нижчі, ніж для свердловинних проб. При цьому про суттєві відмінності середніх значень, з імовірністю 0,95, можна судити лише для об'ємної щільності та коефіцієнту відкритої пористості, для яких розрахункові значення критерію Стьюдента (t -критерію) значно вище табличних. Для щільності твердої фази суттєвих відмінностей за середніми значеннями t -критерію не спостерігається, тоді як $t_{розр.} < t_{табл.}$. Це ще раз підтверджує положення про те, що значення цього параметру в межах південно-західного Донбасу і, навіть в Центральному та Красноармійському районах, контрастних за ступенем метаморфізму вугілля, в цілому стабільні і змінюються незначним чином [4]. Це свідчить про однорідність мінералогічного складу досліджуваних пісковиків, який для свердловинних та шахтних проб істотно не відрізняється. Тобто, є вагомим свідченням того, що підвищені значення об'ємної щільності і відкритої пористості шахтних проб обумовлені саме зміною властивостей гірських порід в результаті розуцільнення під дією техногенного чинника.

З метою виключення чинника можливого впливу мінералогічного складу на щільність пісковиків, ступінь зміни щільнісних властивостей також може бути оцінена з використанням, так званого, коефіцієнту ущільнення, який є відношенням об'ємної щільності до щільності твердої фази. Цей показник у межах Донбасу може змінюватися від 0,6 для пісковиків, що вміщують довгополумєне вугілля, до практично 1,0 в зоні розвитку високометаморфізованого вугілля.

Для пісковиків обох шахт значення коефіцієнту ущільнення, визначені за шахтними пробами виявилися меншими за значення розрахованих за результатами дослідження керну геологорозвідувальних свердловин. Для проб шахти ім. О.О. Скочинського - 0,911 та 0,935, для проб шахти ім. О.Г. Стаханова – 0,867 та 0,890.

Виявлений приріст пористості, тобто, різниця середніх значень коефіцієнтів відкритої пористості, визначених за свердловинними та шахтними пробами, формується за рахунок тріщинної пористості, що дозволяє зробити оцінку техногенної пористості (табл. 4), яку може спричинити вплив гірничих робіт.

Таблиця 4 – Оцінка техногенної тріщинуватості пісковиків у зоні впливу гірничих робіт діючих шахт Донбасу

Поле шахти	Індекс піско-вика	Група метамор-фізму	Приріст відкритої пористості (техногенна тріщинуватість), %	
			об'ємний	відносний
ім. О.Г. Стаханова	$k_8^H S1_1$	Г	3,1	38
Красноармійська-Західна	$d_3 Sd_4$	ГЖ	2,3	29
ім. О.О. Скочинського	$h_4 Sh_6^1$	Г,ГЖ	2,0	38
ім. К.І. Поченкова	$m_2 SM_3$	Ж	1,3	19
Комсомолець	$k_4 Sk_5$	Ж,ОС	0,8	30
ім. К.А. Румянцева	$k_8 S1_1$	ОС	0,5	19
Кочегарка	$m_4^1 Sm_5$	Ж,К	0,9	24
Самсонівська-Західна	$k_1 Sk_2$	Г	1,3	19

Отримані розрахунки (див. табл. 4) свідчать про збільшення коефіцієнту відкритої пористості на відпрацьованих ділянках діючих шахт, за рахунок тріщинуватості, яка формується під дією техногенного чинника, у межах від 0,9% до 3,1%. Але, у відносних одиницях набута відкрита пористість, в порівнянні з пористістю непорушеного породного масиву, зростає у досить вузьких межах – від 19% до 38%, тобто, приблизно у 1,2-1,4 рази. Ці дані є середніми по шахтах, вони не враховують інтенсивність гірничих робіт на окремих ділянках, але дозволяють у цілому оцінити масштаби техногенного впливу на фізичні властивості пісковиків, яких вони набувають під дією техногенного чинника.

Таким чином, порівняння результатів визначення середніх значень щільності та пористості за шахтними пробами з аналогічними, але визначеними за свердловинними пробами, дозволили виявити тенденцію збільшення пористості і зменшення об'ємної щільності шахтних проб, відносно свердловинних проб та зробити висновок про те, що на зміну фізичних властивостей порід в шахтних умовах впливає, головним чином техногенна тріщинуватість. Під впливом техногенного чинника пісковики набувають покращені ємнісні та фільтраційні властивості, сприятливі для накопичення вільного метану, а саме, збільшення коефіцієнту відкритої пористості у межах від 0,9% до 3,1%, відповідно, у відносних одиницях зростання відкритої пористості становить 19% – 38% (приблизно в 1,2-1,4 рази).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Угленородный массив Донбасса как гетерогенная среда / А. Ф. Булат, Е. Л. Звягильский, В. В. Лукинов [и др.]. – К. : Наук.думка, 2008. – 412 с.
2. Лукинов, В.В. Горно–геологические условия образования скоплений свободного метана на угольных месторождениях / В.В. Лукинов // Науковий вісник НГУ .-№ 4.- 2007.-С.55–59.
3. Иофис, М.А. Инженерная геомеханика при подземных разработках / М.А. Иофис, А.И. Шмелёв.- М.: Недра, 1985.- 248 с.
4. Забигайло, В.Е. Проблемы геологии газов угольных месторождений / В.Е. Забигайло, А.З. Широков. – К.: Наук. думка, 1972. - 170 с.

ДОНБАСС: ПОТОКИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ ИЗ НЕДР В АТМОСФЕРУ

Вперше наведено результати 38 вимірювань потоків вуглеводневих газів по профілю Волноваха–Донецьк–Луганськ–Станично-Луганське газосорбційними трубками з активованим вугіллям та молекулярними ситами. Кількісно оцінено потоки газів з сучасних ґрунтових покривів Волноваського масиву Українського щита, складчастого Донбасу та крайової частини Воронезької антеклізи. Результати вимірів порівнюються з даними концентратометрії вільних вуглеводнів і CO₂.

DONETS BASIN: SEEPS OF THE HYDROCARBON GASES FROM BOWELS TO ATMOSPHERE

At first time the have been introduced the results of 38 hydrocarbon gases seeps measurements along the profile Volnovakha – Donetsk – Lugansk – Stanichno-Luganske, performed with gas sorption tubes which filled with absorbent carbon and molecular sieves. Quantified the gases seepage from the recent soil cover of Volnovakha massive of Ukrainian Shield, Fold Donbas and selvedge of Voronezh Antecline. The results of measurements have been matched with the concentration metric data for free hydrocarbons and CO₂.

Наземные измерения потоков и концентраций газов из подпочвы в атмосфере проведены автором в составе исследовательской группы по договору с одним из предприятий Санкт-Петербурга в 1991 году. Флюидодинамические особенности предполагалось использовать в геодинамическом районировании, прогнозе экранирующих свойств угленосных разрезов и проницаемости надвигов. Одновременно проведены измерения распределения по глубине радиоактивных элементов, температуры, физико-химических и других свойств. Ниже приводятся разрешенные к опубликованию величины содержаний компонентов в газовых смесях после дегазации сорбента трубок и значения потоков газов, рассчитанные по времени стояния трубок (от 3 до 6 суток) с площадью газосборных воронок 73–90 см².

Профиль пересекает открытый Донбасс с выходом на Старобельско-Миллеровскую моноклираль и частично расположен в зоне поперечного Донецко-Кадиевского разлома (рис.1). Почвенно-геохимическая съемка выполнена в 71 пункте, дебитометрия – в 38, в основном через один пункт профиля. Глубина измерений 60-85 см, между пунктами (опорными почвенными разрезами) – 2–4 км, длина профиля по отрезкам между пикетами 212 км. На каждом пункте бурилась скважинка диаметром 13 см и глубиной до 85 см с постепенным углублением забоя и описанием почвенного разреза, классификацией почв и отбором проб на гранулометрический и агрохимический анализ с глубин 0–20 см, 20–50 см и более 50 см. Полудюймовые проточные газодебитомерные трубки высотой 25 см с газосборной воронкой конструкции М. Знака и А. Борковского [1] устанавливались вертикально на забое скважинки и присыпались почвой. Газовый поток поступал в воронку-насадку, проходил через сорбент и выходил через верхний штуцер и резиновую трубку в атмосферу.