

УДК 622.004.3[622.004.6]

**Пимоненко Л.И.**, д-р геол. наук, ст. науч. сотр.,  
**Пимоненко Д. Н.**, магистр,  
**Шматовский Л.Д.**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,  
**Зайцев М.С.**, канд. техн. наук,  
**Ананьева О.И.**, магистр  
 (ИГТМ НАН Украины)

**СПОСОБ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА  
 ГОРНЫХ ПОРОД ПУТЕМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ И  
 ФОРМЫ ТРЕЩИН ГИДРОРАЗРЫВА**

**Пимоненко Л.І.**, д-р геол. наук, ст. наук. співр.,  
**Пимоненко Д.М.**, магістр,  
**Шматовський Л.Д.**, канд. техн. наук, ст. наук. співр.,  
**Зайцев М.С.**, канд. техн. наук,  
**Ананьєва О.І.**, магістр  
 (ІГТМ НАН України)

**СПОСІБ ОЦІНКИ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ МАСИВУ  
 ГІРСЬКИХ ПОРІД ШЛЯХОМ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМУ І ФОРМИ  
 ТРІЩИН ГІДРОРОЗРИВУ**

**Pymonenko L.I.**, D.Sc. (Geol.), Senior Researcher,  
**Pymonenko D.N.**, M.S. (Tech.),  
**Shmatovskiy L.D.**, Ph.D. (Tech.), Senior Researcher,  
**Zaitsev M.S.**, Ph.D. (Tech.),  
**Ananeva O.I.**, M.S. (Tech.),  
 (IGTM NAS of Ukraine)

**THE METHOD OF EVALUATING THE STRESS STATE OF ROCK MASS  
 BY DETERMINING THE DIRECTION AND SHAPE  
 OF HYDRAULIC FRACTURES**

**Аннотация.** Приведены результаты экспериментальных исследований определения численных значений и пространственной ориентации главных составляющих действующего поля напряжений в углепородных массивах шахт. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что в пределах одного шахтного поля величины максимальных горизонтальных напряжений отличаются, и необходимо использование ряда замеров на участках с различным напряженно-деформированным состоянием, и описание усовершенствования способа оценки напряженного состояния горных пород за счет определения направления и формы трещин от гидроразрыва. Для решения этой задачи используется георадар, позволяющий вести сбор информации о направлениях и формах трещины от гидроразрыва, при этом рабочая жидкость содержит твердый материал с высокой отражающей способностью электромагнитного излучения, что способствует существенному повышению информативности оценки напряженного состояния массива горных пород при их гидроразрыве.

**Ключевые слова:** геомеханика, геофизика, георадар, гидроразрыв, напряженное состояние, горная порода.

Результаты экспериментальных исследований определения численных значений и пространственной ориентации главных составляющих действующего поля напряжений в углепородных массивах шахт Донецко-Макеевского (ДМР) и Центрального (ЦР) районов Донбасса, показали, что величины и направления напряжений с глубиной и по простиранию отличаются.

В пределах шахты форма залегания угольного пласта влияет на пораженность его малоамплитудными разрывами: чем больше изогнутость, тем выше его нарушенность. В качестве показателя трещиноватости складчатых дислокаций предложено использовать градиент (*grad*) кривизны локальных складок. В настоящее время существуют программы расчета и построения карт градиентов складчатости. Такие карты позволяют выделить участки с различной степенью нарушенности и, следовательно, напряженным состоянием. На рис. 1 приведена карта градиентов локальных структур угольного пласта  $h_{10}^B$  шахты им. 50-летия СССР. Очевидно, что в западной более изогнутой ( $grad > 0,25$ ) части поля повышенные напряжения реализовались в виде разрывных нарушений; центральная часть шахтного поля, отличается небольшими градиентами. Столь различная структура поля свидетельствует о необходимости проведения замеров на различных участках, местоположение которых можно уточнить на основании геологических данных.

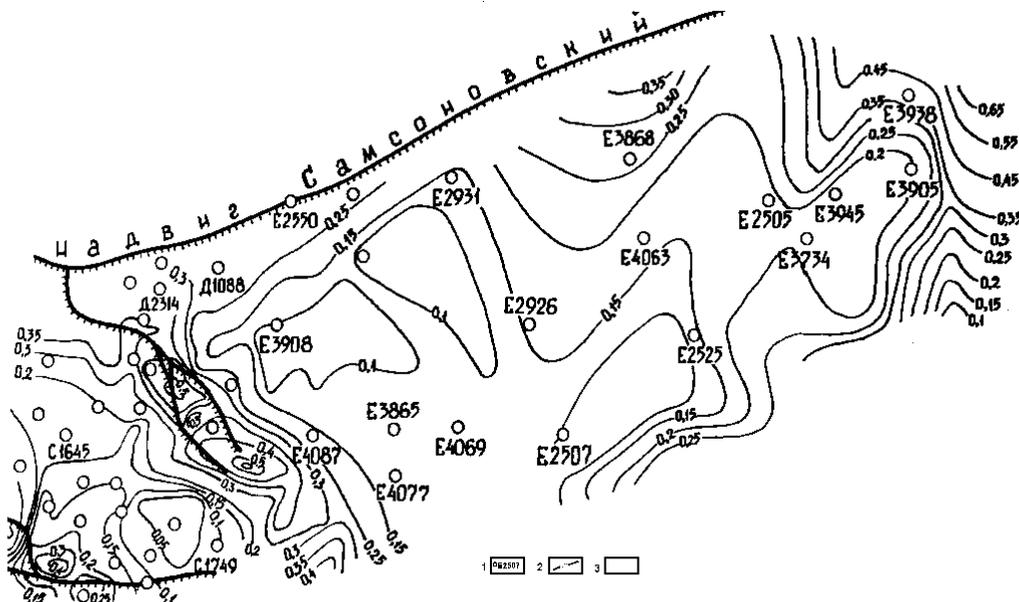


Рисунок 1 - Карта градиентов локальных структур угольного пласта  $h_{10}^B$  шахты им. 50-летия СССР

Так как методика измерений и масштаб построенных карт современных движений позволяет предположить, что в пределах шахтного поля величина его постоянна, то основное влияние на величину поля напряжений окажет палеонарушенность массива. Проведенное ранее изучение закономерности распределения малоамплитудных разрывных нарушений показывает, что виды и интен-

сивность нарушений в пределах одного шахтного поля с глубиной и по простиранию изменяются [1-4, 7-10]. А так как тип и количество нарушений отражают характер и интенсивность напряженного состояния массива, то можно предположить и аналогичное изменение напряжений.

Так на шахте им. Гагарина измерения проводились на различных глубинах в интервале от 550 до 950 м. С глубиной величины компонент поля напряжений увеличиваются: при этом величины вертикальной  $\sigma_2$  и минимальной горизонтальной компонент  $\sigma_3$  поля напряжений имеют примерно одинаковый градиент изменения (соответственно 0.045 и 0.040), градиент максимальной горизонтальной компоненты  $\sigma_1$  – 0.100. Необходимо отметить также, что значительно отличаются дисперсии напряжений: для  $\sigma_2$  и  $\sigma_3$  они соответственно равны 15.44 и 15.36, для  $\sigma_1$  – 127.88, что свидетельствует о большом разбросе измеренных в различных тектонических блоках данных.

На шахте им. Гаевого (на гор. 860 м) величины максимальной и минимальной горизонтальных компонент поля напряжений изменяются соответственно,  $\sigma_1$  – от 32 до 63 МПа;  $\sigma_3$  – от 17 до 27 МПа,  $\sigma_2$  – практически одинакова; однако в некоторых точках отмечается изменение направлений ориентации максимальной горизонтальной компоненты. Сопоставление измеренных величин компонент поля напряжений в условиях шахт Центрального и Донецко-Макеевского районов с данными, характеризующими интенсивность древней и современной тектоники, показало, что максимальная по величине горизонтальная составляющая тензора напряжений ( $\sigma_1$ ), больше на шахтах где палеотектоническая дислоцированность меньше, а интенсивность современных движений выше.

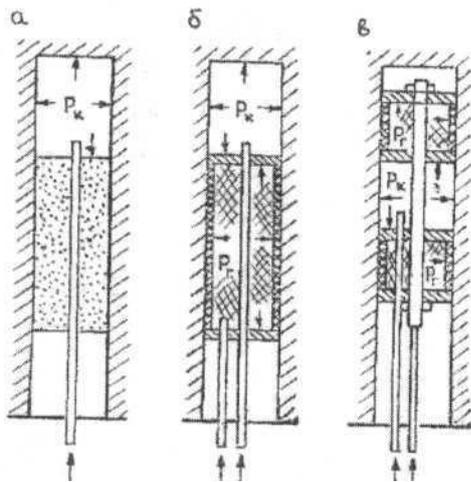
Следовательно, имеющиеся данные свидетельствуют о том, что в пределах одного шахтного поля величины максимальных горизонтальных напряжений отличаются, и возникает вопрос о необходимости использования ряда замеров на участках с различным напряженно-деформированным состоянием.

В намеченном для оценки напряженного состояния участке породного массива бурят измерительную скважину. В заданной ее части (рис. 2) герметизируют нагнетательную камеру, в которую высоконапорным насосом закачивают жидкость до критического давления ( $P_k^*$ ), приводящего к гидроразрыву стенок камеры. Признаком гидроразрыва (рис. 3) является скачкообразное снижение избыточного давления рабочей жидкости в камере с последующей стабилизацией его на пониженном уровне ( $P_{cp}$ ) при постоянном темпе нагнетания. Инструментально фиксируемые численные значения параметров локального гидроразрыва ( $P_k^*$  и  $P_{cp}$ ) с учетом прочностных, коллекторских свойств среды и способов герметизации нагнетательной камеры используют для определения величины главных компонент поля напряжений в плоскости, ортогональной продольной оси скважины.

Герметизацию нагнетательных камер в скважинах (рис. 1) осуществляют герметизирующими составами (на цементной, клеевой, полимерной основе) или распорными герметизаторами различных конструкций. Герметизирующие составы, как правило, применяют для герметизации нагнетательных камер в

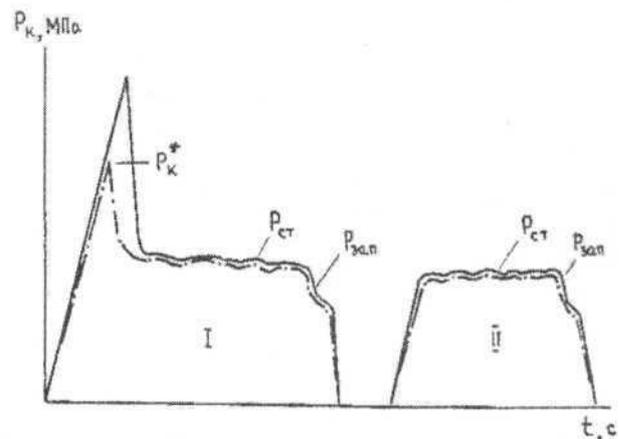
торцевых частях скважин. Распорные герметизаторы используют для локального гидроразрыва в любом заданном участке измерительной скважины, практически неограниченной длины.

В зависимости от способов герметизации и конструкции герметизирующих устройств влияние их на напряженно-деформированное состояние околоконтурной части измерительных скважин различно. Использование герметизирующих составов (безраспорный способ герметизации) не вносит существенных изменений в исходное напряженно-деформированное состояние стенок скважины, тогда как применение распорных герметизаторов в результате силового взаимодействия упругих герметизирующих элементов (пакеров) со стенками скважин приводит к деформированию последних вплоть до возможного разрушения. Существенным является различие в силовых параметрах процесса зарождения первоначальных трещин локального гидроразрыва. При герметизации распорными способами наиболее благоприятной для зарождения трещин гидроразрыва является предварительно растянутая локальная область у сопряжения нагнетательной камеры с распорным герметизатором, где происходит силовое взаимодействие распорного и гидравлического усилий [8].



а - герметизирующим составом; б – распорным однопакерным герметизатором; в - распорным двухпакерным герметизатором

Рисунок 2 – Схемы локального гидравлического разрыва в измерительных скважинах при различной герметизации нагнетательных камер



I, II - первоначальный и повторный циклы нагнетания; сплошная линия – при безраспорной герметизации камеры; пунктир – при герметизации распорным герметизатором

Рисунок 3 – Изменение давления рабочей жидкости в нагнетательной камере при гидравлическом разрыве

Рациональная область применения метода локального гидроразрыва – монолитные, в том числе газоносные породы, склонные к хрупкому разрушению.

Одной из основных задач геомеханики и геофизики является повышение достоверности и оперативности информации о параметрах и состоянии горного массива, выработок, шахтной атмосферы и др. Своевременное обеспечение та-

кого рода информации работников шахты увеличивает надежность принимаемых решений, снижает вероятность возможных аварий и повышает эффективность применяемых на практике методик, в целом повышает производительность, качество и безопасность труда на горнодобывающих предприятиях. Актуальность разработки способов бесконтактных контрольно-измерительных устройств средств исследования геометрических параметров объектов продиктованы постоянным усовершенствованием методов метрологии, предусматривающих измерение линейных и угловых величин, расчет соотношений между ними, измерение формы объектов и их взаимного расположения. Развитие систем георадаров, работающих в диапазоне слабоимпульсного излучения (до 100 мДж), а также развитие систем вычислительных алгоритмов (в том числе шумоподавляющих *FPGA* и *GPGPU*), выводит на новый уровень решения перечисленных задач в рамках горного производства [5-10].

Таким образом, применение средств и способов принципов георадара в сочетании с традиционными технологиями исследований при подземной георазведке – актуальная научно-техническая задача. Известен способ, в котором оценка напряженного состояния массива горных пород измеряется по параметрам гидроразрыва, а точнее - числовых значений трех главных напряжений. В этом способе оценки напряженного состояния горных пород, вмещающих пробуренную нагнетательную скважину, в которой распорным герметизатором герметизируют цилиндрическую измерительную камеру, куда нагнетают рабочую жидкость до критического и стабилизированного давлений, позволяющих определять численные значения параметров гидроразрыва и пространственную ориентацию главных напряжений, ортогональных продольной оси нагнетательной скважины. После гидроразрыва в цилиндрической измерительной камере, нагнетательную скважину удлиняют на расстояние не меньше двадцатикратной величины ее диаметра, герметизируют в торцевой части с помощью закладочного вещества дисковидную измерительную камеру с нагнетательным трубопроводом, нагнетают в рабочую камеру жидкость до гидроразрыва ее стенок и измеряют стабилизированное давление рабочей жидкости, по которому определяют величину главного напряжения, направленного параллельно продольной оси нагнетательной скважины.

Удлинение нагнетательной скважины на расстояние, не меньшее двадцатикратной величины диаметра, обеспечивает исключение влияния предыдущих трещин, образованных при гидроразрыве в цилиндрической измерительной камере, на напряженно-деформированное состояние новой торцевой части скважины. Герметизация в ней с помощью закладочного вещества дисковидной измерительной камеры с нагнетательным трубопроводом обеспечивает за счет взаимодействия приближенных донной и герметизирующей поверхностей благоприятные условия для образования между ними дисковидной полости гидроразрыва. Стабилизированное давление рабочей жидкости в этой полости соответствует величине составляющей поля напряжений, параллельной продольной оси нагнетательной скважины. В процессе разуплотнения и дегазации породного массива, включающего бурение скважин и их герметизацию, гидроразрыв

пород, разгерметизацию скважин, подключение их к шахтной дегазационной сети и удаление метана из углепородного массива, скважины бурят последовательно, располагая их взаимно параллельно в плоскости напластования. После разрыва пород в созданные трещины по каждой скважине последовательно нагнетают твердый газопроводный материал до образования общей магистральной трещины, наличие которой фиксируется по резкому увеличению дебита метана в предыдущих скважинах. Этим достигается максимальная газоемкость трещины, удаление из которой метана обеспечивает повышение эффективности дегазации углепородного массива. Бурение скважин в плоскости напластования пород обеспечивает равномерность деформирования углепородного массива и выделение из него метана в образующуюся магистральную трещину, чем достигается повышение эффективности дегазации углепородной толщи и геометрическая стабильность зоны техногенной трещиноватости. Последовательное нагнетание после гидроразрыва пород по каждой скважине твердого газопроводного материала в образованную трещину позволяет образовать общую магистральную трещину достаточного раскрытия и длительного существования, обеспечить газопроницаемость трещины, за счет чего добиться максимальной эффективности разгрузки и дегазации углепородного массива.

Фиксирование наличия магистральной трещины по резкому увеличению дебита метана в предыдущих скважинах позволяет контролировать целостность этой трещины и достичь равномерности извлечения метана и повышение эффективности разгрузки и дегазации углепородного массива. К недостаткам этого способа следует отнести отсутствие сбора информации о направлении, и форму магистральной трещины, что важно знать при расчетах: дегазации подземных горных выработок, снижении горного давления и наличии большого количества газа в горных породах угольных шахт.

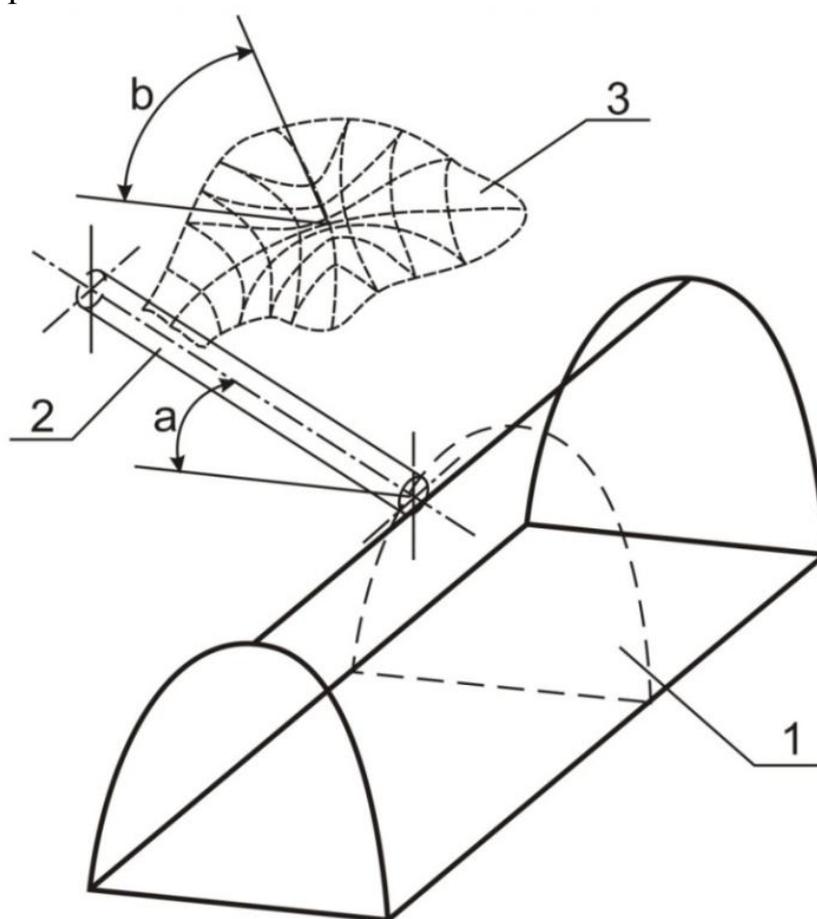
Для получения полной информации о направлении и форме трещин гидроразрыва, выполненного в измерительных и рабочих скважинах, ИГТМ НАН Украины им. Н.С. Полякова разработан и заявлен «Спосіб оцінки напруженого стану масиву гірських порід», на который получен Патент Украины на полезную модель №и201507025 от 14.07.15.

В предложенном способе оценки напряженного состояния массива горных пород посредством бурения нагнетательной скважины, герметизации в ней распорным герметизатором цилиндрической измерительной камеры, нагнетание рабочей жидкости до критического и стабилизированного давлений, решения задачи о сборе информации о направлениях и форме трещин гидроразрыва используются георадары - рабочая жидкость, содержащая твердый материал с высокой отражающей способностью к электромагнитному излучению.

Расчетная часть георадара формирует масштабную трехмерную картинку положения диэлектрических слоев в толщине горных пород. Направление трещины гидроразрыва показывает главный вектор напряжений и используется для расчета проведения подземных выработок, направления бурения дегазационных скважин и прочее. Полученные данные о форме (размеры и вид поверхности) трещин гидроразрыва дают возможность рассчитать, например, пара-

метры дегазации подземных горных выработок, снижение горного давления и запасов газа метана в породном массиве. То есть использование георадара существенно повышает информативность оценки напряженного состояния массива горных пород при их гидроразрыве. Твердый материал с высокой отражающей способностью электромагнитного излучения (например, металлическая пыль), находящийся в рабочей жидкости и заполняющий трещину в процессе или после гидроразрыва за счет дополнительного нагнетания, благодаря существенной разнице способности электромагнитного излучения между слоями массива и слоем «металлизированной» трещины, помогает четко и на большом расстоянии определить место положение этой трещины в толще горных пород в электромагнитном излучении, которое генерирует и принимает георадар.

На рис. 4 изображена общая схема трещины гидроразрыва. Также, для примера, изображены различные углы наклона ( $a < b$ ) скважины и трещины гидроразрыва в пространстве.



1 – выработка; 2 – скважина; 3 – трещина

Рисунок 4 - Общая схема трещины гидроразрыва

Способ оценки напряженного состояния массива горных пород работает следующим образом. Из любой выработки (рис. 4, позиция 1) шахты пробуривается измерительная, дегазационная или другая по назначению, скважина (рис. 4, позиция 2), в которой будет произведен гидроразрыв пород, зона вокруг

скважини сканирується георадаром. Затем выполняются гидроразрыв, домишая к рабочей жидкости металлическую пыль, заранее рассчитанной фракции. Фракцию рассчитывают, таким образом, чтобы металлическая пыль не повредила трубопроводы и герметизатор. Затем, снова георадаром сканируют зону вокруг скважины и получают направление и форму трещины (рис. 4, позиция 3). Контролируя форму трещины гидроразрыва (рис. 4, позиция 3) предложенным способом, возможно, например, существенно продуктивнее создавать магистральные дегазационные трещины. Информация о направлении трещины (рис. 4, позиция 3) определяет главный вектор напряженности на опытном участке напряженного горного массива.

#### **Выводы:**

- построение и анализ карт градиентов локальных структур позволит выделить участки с различным напряженно-деформированным состоянием и уточнить количество и местоположение точек замеров;
- предложен способ исследования напряженного состояния горных пород, а именно определение направления и формы трещин гидроразрыва, за счет его информативности, что повышает безопасность и производительность ведения горных работ.

---

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лукинов, В.В. Закономерности распределения разрывной малоамплитудной нарушенности в угленосных отложениях Донецкого бассейна / В.В.Лукинов, Д.Н.Пимоненко // Известия ВУЗов. Горный журнал. – 2013. – №6 – С. 76 – 84.
2. Геомеханические критерии прогноза ресурсов угольного метана / Н.С. Полякова, Д.Н. Пимоненко // «Форум гірників– 2012: Матеріали міжнар. конф., 3-6 жовт. 2012 р.».: – Д.: НГУ. – 2012. – С. 174 – 178
3. Пат. України №65772, МКВ G01V 9/00, E21A 7/00. Спосіб визначення потенційної газовіддачі вугільних пластів / Жикаляк М.В., Лукинов В.В., Нашкерский Л.А., Безручко К.А., Приходченко О.В., Пісковий І.М.; Опубл. 12.12.2011, бюл. №23.
4. Вопросы подповерхностной радиолокации. Коллективная монография / Под ред. Гринева А.Ю. — М.: Радиотехника, 2005.-416 с.
5. Пат. 51101, України, МКВ E21C39/00. Спосіб оцінки напруженого стану масиву гірських порід / Кулинич В.С., Кулинич С.В.; Опубл. 15.11.2002, Бюл. № 11.
6. Пат. 58128, України, МКВЕ21F7/00. Спосіб розміщення і дегазації вуглепородного масиву / Колесніков В.Г., Перепелица В.Г., Демченко В.Б., Сергійченко Г.Л., Зайцев М.С.; Опубл. 15.07.2003, бюл. № 7.
7. Увеличение газоотдачи скважин путем поинтегрального гидроразрыва с заполнением трещин сипучим газопроводящим материалом / В.Г. Перепелица, Л.Д. Шматовский, А.Н. Коломиец / Technical and Geoinformational Systems in Mining. - 2011 Tajor Trancis Group, London.
8. Методы количественной оценки основных параметров геомеханического состояния газоносного породного массива / В.Г. Перепелица, Л.Д. Шматовский, А.Н. Коломиец, М.С. Зайцев // Геотехническая механика: Межвед. сб. научных трудов, ИГТМ НАН Украины. - Днепропетровск, 2011. Вып. 94. – с. 25-36.
9. Определение направления дегазационных скважин с учетом разнокомпонентности действующего напряжения / И.А. Ефремов, В.Г. Перепелица, Л.Д. Шматовский, А.Н. Коломиец // Геотехническая механика: Межвед. сб. научных трудов, ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2010. – Вып. 95.– с. 73-78.
10. Об изменении составляющих главных напряжений в породном массиве с глубиной (по экспериментальным данным) / Л.И. Пимоненко, Л.Д. Шматовский, Д.Н. Пимоненко, М.С. Зайцев // Маркшейдерське забезпечення геотехнологій: Доповіді науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, 2014. – Дніпропетровськ: ДВНЗ НГУ, 2014. - С. 145-151.

## REFERENCES

1. Lukinov, V.V. and Pymonenko, D.N. (2013), "Patterns of distribution of low-amplitude discontinuous violations in the coal-bearing deposits of Donetsk basin", *Izvestiya vuzov, Gornyy zhurnal*, no.6, pp. 76–84.
2. Polyakova, N.S. and Pymonenko, D.N. (2012), "Geomechanics criteria prediction resources coal-bed methane", *Proc. of the International scientific conference "Forum of Mining Engineers"*, National Mining University, Dnepropetrovsk, pp. 174 – 178.
3. Zhykalyak, M.V., Lukinov, V.V., Nashkerskyi, L.A., Bezruchko, K.A., Prykhodchenko O.V. and Piskovyi, I.M., M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (2011), *Sposib viznachennya potentsiynoi gazoviddachi vugilnikh plastiv* [Method for determination of potential gas recovery of coal seams], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat.№ 65772.
4. Grinev, A.Yu. (ed.) (2005), *Voprosy podpoverkhnostnoy radiolokatsii* [Questions under-surface radiolocation], Radiotekhnika, Moscow, Russia.
5. Kulinich, V.S., Kulinich, S.V., M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (2002), *Sposib otsinky napruzhenogo stanu masyvu girskykh porid* [Method estimation pressured state rock mass], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat.№ 51101.
6. Kolesnikov, V.G., Perepelytsia, V.G., Demchenko, V.B., Sergiychenko, G.L., Zaitsev, M.S., M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (2003), *Sposib rozmitsnennya i degazatsii vugleporodnogo masyvu* [The method softening and drainage coal-rock mass], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat.№ 58128.
7. Perepelitsa, V.G., Shmatovskiy, L.D. and Kolomiets, A.N. (2011), "The increase in gas recovery wells by fracturing interval standardized filling with particulate material cracks gazoprovodyaschim", *Technical and Geoinformational Systems in Mining*. - 2011 Tajor Francis Group, London.
8. Perepelitsa, V.G., Shmatovskiy, L.D. and Kolomiets, A.N. (2011), "The methods of scoring of basic parameters fundamental parameter geomechanical state of gas contenting of the rock mass", *Geo-Technical Mechanics*, no. 94, pp. 55-69.
9. Efremov, I.A., Perepelitsa, V.G., Shmatovskiy, L.D. and Kolomiets, N.A. (2010), "The direction of degasification well staking into account transient event note effective pressure", *Geo-Technical Mechanics*, no. 95, pp. 73-78.
10. Pimonenko, L.I., Shmatovskiy, L.D., Pimonenko, D.N. and Zaitsev, M.S. (2014), "About the changing of the principal pressures in rock masses with depth (from experimental data)", *Surveyor software Geotechnology*, National Mining University, Dnepropetrovsk, Ukraine.

## Об авторах

**Пимоненко Людмила Ивановна**, доктор геологических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник в отделе Проблем разработки месторождений на больших глубинах, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, dnpim@mail.ru.

**Пимоненко Дмитрий Николаевич**, младший научный сотрудник в отделе Проблем шахтных энергетических комплексов, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, dnpim@mail.ru.

**Шматовский Леонид Дмитриевич**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник отдела Механики эластомерных конструкций горных машин, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, otd-8-11@mail.ru.

**Зайцев Максим Станиславович**, кандидат технических наук, младший научный сотрудник отдела Механики эластомерных конструкций горных машин, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, otd-8-11@mail.ru.

**Ананьева Ольга Ивановна**, ведущий инженер отдела Механики эластомерных конструкций горных машин, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, otd-8-11@mail.ru.

## About the authors

**Pymonenko Ludmila Ivanovna**, Doctor of Geology Sciences (D.Sc.), Senior Researcher, Senior Re-

searcher the Department of Mineral Mining at Great Depths, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, [dnvim@mail.ru](mailto:dnvim@mail.ru).

**Pymonenko Dmitry Nikolaevich**, Master of Sciences, Junior Researcher at the Department of Mine Energy Complexes, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, [dnvim@mail.ru](mailto:dnvim@mail.ru).

**Shmatovsky Leonid Dmitrievich**, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Senior Researcher, Senior Researcher the Department of Elastomeric Component Mechanics in Mining Machines, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, [otd-8-11@mail.ru](mailto:otd-8-11@mail.ru).

**Zaitsev Maxim Stanislavovich**, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Junior Researcher at the Department of Elastomeric Component Mechanics in Mining Machines, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, [otd-8-11@mail.ru](mailto:otd-8-11@mail.ru).

**Ananeva Olga Ivanovna**, Master of Sciences, Principal Engineer in Department of Elastomeric Component Mechanics in Mining Machines, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, [otd-8-11@mail.ru](mailto:otd-8-11@mail.ru).

---

**Анотація.** Наведено результати експериментальних досліджень визначення чисельних значень і просторової орієнтації головних складових діючого поля напружень у вуглепородних масивах шахт, наявні дані свідчать про те, що в межах одного шахтного поля величини максимальних горизонтальних напружень відрізняються, і необхідно використання ряду вимірів на ділянках з різним напружено-деформованим станом, і опис удосконалення способу оцінки напруженого стану гірських порід за рахунок визначення напрямку і форми тріщин від гідророзриву. Для вирішення цієї задачі використовується георадар, що дозволяє вести збір інформації про напрямки і форми тріщини від гідророзриву, при цьому робоча рідина містить твердий матеріал з високою відбивною здатністю електромагнітного випромінювання, що сприяє істотному підвищенню інформативності оцінки напруженого стану масиву гірських порід при їх гідророзриві.

**Ключові слова:** геомеханіка, геофізика, георадар, гідророзрив, напружений стан, гірська порода.

**Abstract.** The results of experimental researches of determination of the numerical values and spatial orientation of the main components of the current stress fields in coal-bearing massifs of the mines. Available evidence suggests that within the same mine field maximum horizontal stresses are different, and require the use of a number of measurements on sections with different stress-strain state, and description of the improvement method to estimate the stress state of rocks by determining the direction and shape of hydraulic fractures. To solve this problem, we use ground-penetrating radar, allowing it to gather information about the areas and forms of cracks from fracturing, wherein the working fluid contains a solid material with high reflectivity of electromagnetic radiation that is considerably more informative for assessment of stress state of rocks when fracturing.

**Keywords:** geomechanics, geophysics, ground-penetrating radar, hydraulic fracturing, stress state, rock.

*Статья поступила в редакцию 24.09.2015*

*Рекомендовано к публикации д-ром технических наук Минеевым С.П.*