

Канд. геол. наук М.М. Довбнич
(Национальный горный университет)

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЙ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ НАРУШЕНИЕМ ГЕОИЗОСТАЗИИ ПРИ ПРОГНОЗЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Розглянуто методику і результати оцінки напружень у тектоносфері, що обумовлені порушенням геоізоастазії для території Центрального Донбасу. Обговорюється можливість використання полів напружень геоізоастатичної природи як додаткової характеристики при прогнозуванні гірничо-геологічних умов розробки вугільних родовищ.

ABOUT POSSIBILITY TO USE STRESS FIELDS FORMED DUE TO DISTURBED GEO-ISOSTASY IN FORECASTING MINING AND GEOLOGICAL CONDITIONS

The technique and results of the estimation of the stress state of the tectosphere produced by the disturbances of geostasy for the territory of Central Donbass. The possibility of using of stresses fields of the geostatic nature as the characteristics at the prognosis of the geological conditions of a coal mining, are also discussed.

Напряженно-деформированное состояние горного массива играет ведущую роль при формировании горно-геологических условий разработки угольных месторождений. Согласно [1] подавляющее большинство таких явлений в шахтах как выбросы угля и газа, горные удары, динамические разломы кровли и почвы и пр. представляют собой результат механического разрушения горных пород, возникающее при освобождении энергии упругих деформаций, накопленной под действием тектонических напряжений.

Важное практическое значение, которое имеет анализ напряженного состояния горного массива, привело к возникновению множества методов оценки напряжений, которые на основе физического принципа, положенного в основу того или иного способа, разделили на пять крупных классов [2]: 1) прямые микро- и макродеформационные способы; 2) микро- и макроструктурные способы; 3) сейсмические способы, включающие ультразвуковые, импульсные и сейсмоакустические; 4) электромагнитные способы; 5) радиометрические способы. Тем не менее, существующие подходы не позволяют оперативно оценивать напряжения, отражающие степень активности тектонических процессов и действующие в горном массиве на значительных по площади территориях.

В настоящей работе предлагается методика оценки напряжений, характеризующих степень тектонической активности, суть которой сводится к следующему. На сегодняшний день можно считать окончательно установленным, что Земля находится в состоянии близком к состоянию гидростатического равновесия вращающейся, неоднородной по радиусу жидкости. Отклонения фигуры планеты от состояния равновесия (геоизостази) [3] проявляются в виде отклонений геоида от эллипсоида – фигуры равновесия вращающейся жидкости. Нарушение геоизостази может проявляться как в

виде аномалий геоида разного порядка, обусловленных неоднородностями тектонической природы внутри планеты, так и в отклонении эквипотенциальной поверхности потенциала силы тяжести под действием вариаций скорости вращения, изменения положения оси вращения в теле Земли, лунно-солнечными приливами и пр. В первом случае информацию о величине отклонений можно получить по данным спутниковых наблюдений и наземным гравиметрическим измерениям; во втором – главным образом, путем математического моделирования. Таким образом, в общем случае нарушение равновесия можно рассматривать как функцию координат и времени. Наличие отклонений геоида от эллипсоида будет приводить к возникновению напряжений направленных на выравнивание этих отклонений [4]. Имея данные о величине нарушения геоизостазии в пространстве и времени, можно оценить величины напряжений в тектоносфере, связанных с этими нарушениями. Несмотря на увеличивающуюся точность спутниковых измерений аномалий геоида их использование в ближайшем будущем возможно лишь на уровне региональной геодинамики. Для решения прикладных вопросов, связанных с расчетом напряженно-деформированного состояния геологической среды при прогнозировании газодинамических явлений на шахтных полях, сейсмотектоническом районировании различного масштаба, прогнозе зон скопления метана, решении геоэкологических и инженерно-геологических задач и пр., необходима технология восстановления высокочастотных аномалий геоида по наземным гравиметрическим съемкам различного масштаба. В предлагаемой работе восстановление высокочастотных аномалий геоида по наземным гравиметрическим данным осуществлялось следующим образом:

1) В силу того, что аномалии геоида является аномалиями эквипотенциальной поверхности потенциала силы тяжести, на первом этапе необходимо восстановить потенциал по его вертикальной производной, получаемой в результате наземных наблюдений. Так как в отклонения геоида вносят вклад как плотностные неоднородности в земной коре, так и массы, обусловленные рельефом, то при расчете потенциала по наземным гравиметрическим данным наиболее целесообразно использование аномалий силы тяжести в редукции Фая. Восстановление потенциала возможно на основе аппроксимационного подхода, широко используемого в настоящее время в разведочной геофизики [5]. Суть которого заключается в аппроксимации внешнего потенциального геофизического поля системой истокообразных функций, представляющих собой поля элементарных источников. В качестве элементарных тел для аппроксимации использовалась совокупность комбинаций трех взаимно перпендикулярных материальных стержней одинаковой плотности. Задавая условие, что поле создаваемое этими элементарными телами, соответствует исходному полю, не трудно составить систему линейных уравнений относительно плотности стержней, решая которую одним из специальных способов можно получить искомый параметр. Возможности современной вычислительной техники позволяют выполнять подобные расчеты для больших площадей с высокой детальностью. Получив

значения плотности стержней, нетрудно путем решения прямой задачи гравиразведки определить значения потенциала.

2) Отклонения геоида определяются как приращения радиуса сферической Земли, при которых изменение потенциала планеты компенсируются аномальными значениями потенциала плотностных неоднородностей, полученными ранее.

При расчете тензора напряжений, обусловленных нарушением геоизостазии, были сделаны следующие допущения: сферичностью Земли пренебрегалось, задача решалась для изотропного упругого полупространства; ось X совпадает с направлением параллелей, ось Y – с направлением меридианов, ось Z – перпендикулярна земной поверхности; предполагалось, что деформации и напряжения вызываются нарушением геоизостазии, которое проявляется в виде отклонений геоида от эллипсоида; в качестве меры нарушения геоизостазии рассматривался вектор смещений поверхности полупространства $\vec{U}$ ориентированный по нормали к поверхности геоида в направлении компенсации нарушений геоизостазии и имеющий величину равную степени отклонения геоида от эллипсоида в направлении нормали; кроме того, сделано

допущение $\frac{\partial \vec{U}}{\partial z} = 0$. Дифференцированием компонент вектора смещений определяются компоненты тензора деформаций ξ_{ij} . На основании закона Гука для изотропной среды, полученные деформации легко перевести в элементы тензора напряжений σ_{ij} [6]. Коэффициенты Ламе λ и μ принимались равными 10^{10} . Применение такого подхода позволяет относительно быстро оценить величины напряжений, обусловленных нарушением геоизостазии.

В качестве исходных данных для выполнения настоящей работы использовалась цифровая модель аномалии Фая, полученная по результатам гравиметрической съемки масштаба 1:200000. На основании которой, по вышеописанному алгоритму были восстановлены аномалии геоида, а затем выполнен расчет полей напряжений.

Знак напряжений выбран следующим образом: положительные напряжения соответствуют сжатию, отрицательные – растяжению.

Краткий анализ полей напряжений показывает хорошее соответствие локальной составляющей напряжений основным тектоническим элементам осадочной толщи исследуемого региона, региональная составляющая напряжений обусловлена, по всей видимости, тектоническими процессами, имевшими место в кристаллическом фундаменте. Как отмечалось ранее, любые тектонические процессы, независимо от их масштаба приводят к перераспределению гравитирующих масс в тектоносфере, в результате чего происходит нарушение геоизостазии как на локальном, так и на региональном уровне.

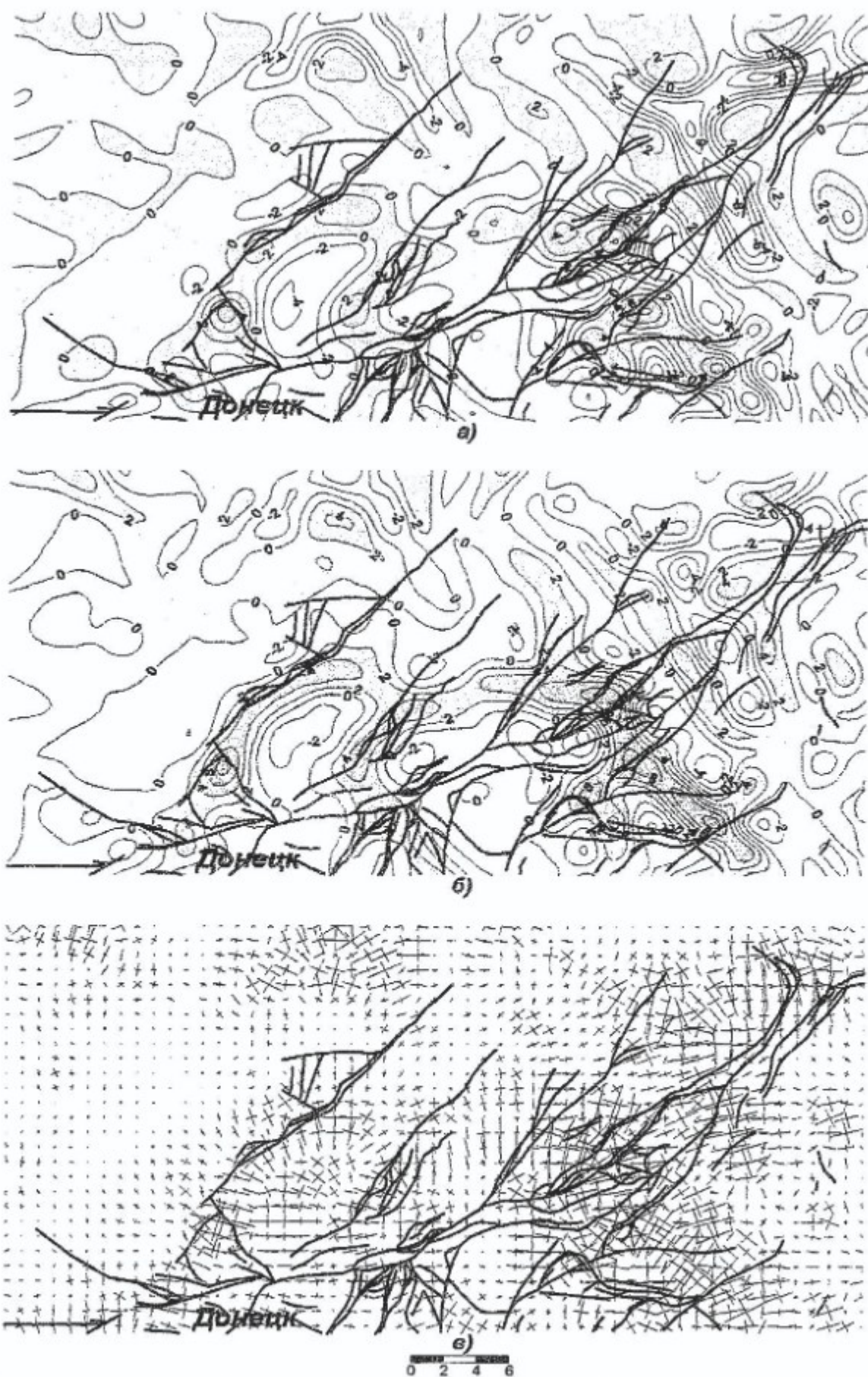


Рис. 1— Схемы локальной составляющей поля напряжений, обусловленных нарушением геостазии (кПа): а, б — горизонтальные напряжения сжатия-растяжения (положительные — сжатие, отрицательные — растяжение); е — оси действия максимальных горизонтальных напряжений сжатия-растяжения.

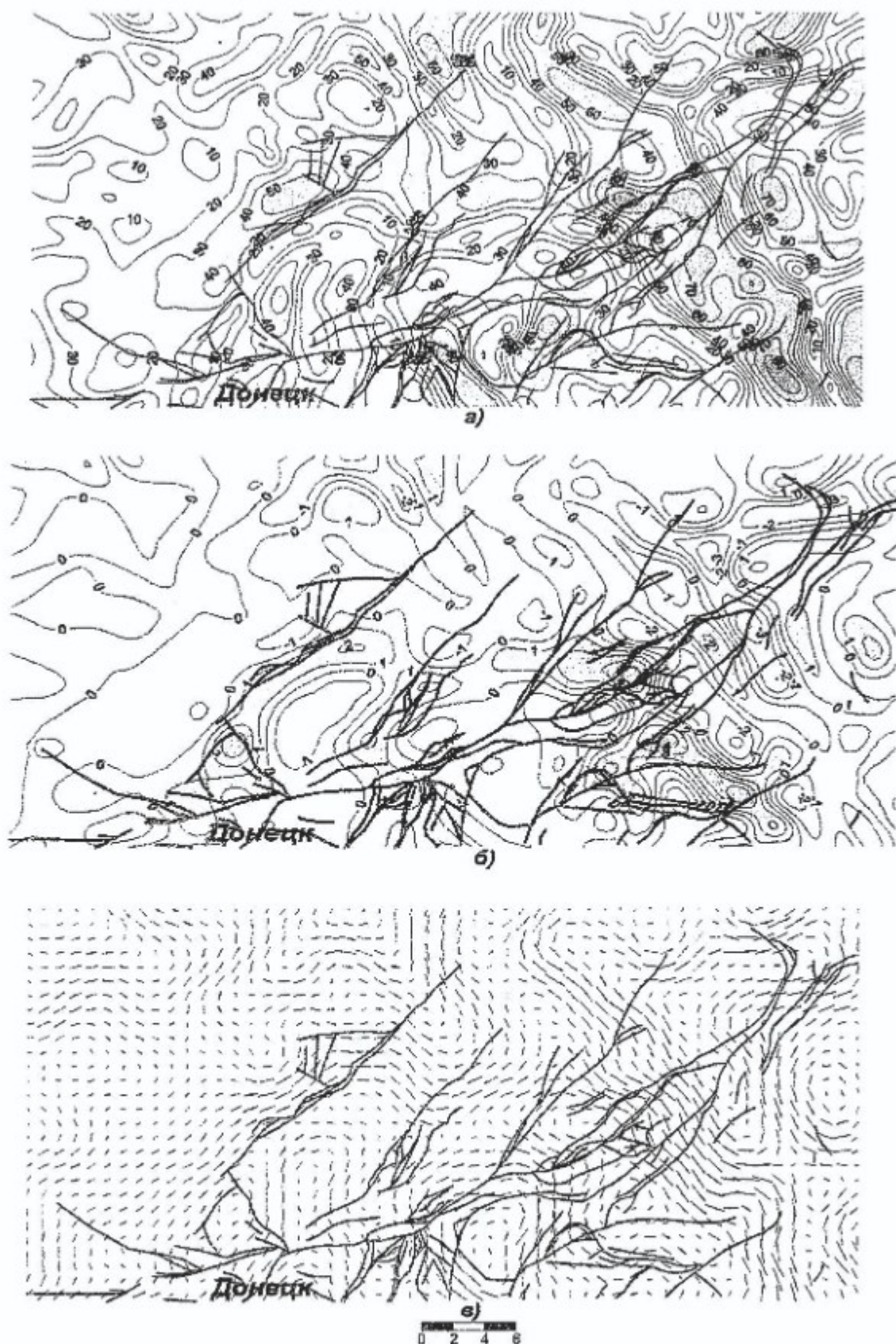


Рис. 2 – Схемы локальной составляющей поля напряжений, обусловленных нарушением геоизостазии (кПа): *а* – максимальные касательные напряжения в вертикальной плоскости; *б* – вертикальные напряжения сжатия-растяжения (положительные – сжатие, отрицательные – растяжение); *в* – проекции на поверхность площадок, на которых действуют максимальные касательные напряжения в вертикальной плоскости.

Необходимо отметить, что рассматриваемые поля напряжений нельзя однозначно отождествлять с тектоническими напряжениями, они лишь характеризуют степень тектонической активности.

В качестве примера на рисунках 1 и 2 приведены схемы локальных полей напряжений территории Донецко-Макеевского района в кПа.

Для данного района характерны линейно вытянутые области повышенных напряжений, имеющие два преобладающие направления с азимутами 30° - 45° и 300° - 320° . Можно предположить, что природа зон с азимутами 300° - 320° связана с нарушением геоизостазии в ходе герцинской тектонической активизации, а зон с азимутами 30° - 45° – в ходе альпийской [7]. Некоторые области повышенных напряжений хорошо коррелируются с известными тектоническими нарушениями, в частности с Пантелеймоновским, Ветковским и Григорьевским надвигами, другие ориентированы в крест простирания тектонических нарушений, например зона секущая Харцызский, Французский надвиги и надвиг "Тимошенко".

Так как локальные поля напряжений отражают интенсивность тектонических процессов в осадочной толще, то именно их целесообразно использовать при прогнозе горно-геологических условий. Например, при прогнозировании зон скопления метана можно использовать следующую рабочую гипотезу – локальные растягивающие и скалывающие в вертикальной плоскости напряжения, обусловленные нарушением геоизостазии, способствуют раскрытию трещин угленосного массива, тем самым, формируя зоны миграции горючих газов и, при условии наличия непроницаемой покрышки, локализуя зоны скопления метана, что позволяет использовать растягивающие напряжения и максимумы скалывающих напряжений как дополнительную характеристику при прогнозе метаносности. При прогнозе выбросоопасности возможно использование такой характеристики как энергия упругих деформаций геоизостатической природы, расчет которой возможен на основе получаемых полей напряжений. Знание направления осей напряжений может оказать существенный вклад при проектировании направления горных выработок и пр.

Безусловно, при решении вопросов связанных с прогнозом горно-геологических условий необходим комплексный анализ всей совокупности имеющихся геолого-геофизических данных, в которой напряженное состояние горного массива выступает как одна из характеристик. В настоящее время разработано значительное количество алгоритмов автоматизированного прогноза по комплексу геолого-геофизических признаков [8], имеется опыт их применения, в частности, и при выделении зон скопления метана [9]. Есть все основания полагать, что использование полей напряжений как дополнительного признака повысит информативность и геологическую содержательность прогноза горно-геологических условий.

Принимая во внимание, что в настоящее время значительные площади покрыты высокоточной гравиметрической съемкой, а имеющиеся на Украине специализированные геофизические предприятия могут выполнить крупномасштабную гравиметрическую съемку любой территории, появляется

возможность на основе разработанных автором алгоритмов восстановления локальных отклонений эквипотенциальной поверхности потенциала силы тяжести по наземным гравиметрическим данным, и оперативной оценки напряженно-деформированного состояния геологической среды при решении широкого круга практических задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Привалов В.А. Тектоническая природа зон выбросоопасности в Донбассе // Уголь Украины. – 2003. – №3. – С. 33 – 37.
2. Турчанинов И.А., Марков Г.А., Иванов В.Н., Козырев А.А. Тектонические напряжения в земной коре и устойчивость горных выработок. – Л.: Наука, 1978. 254 с.
3. Тяпкин К.Ф. Новая ротационная гипотеза структурообразования и геостазия // Геофизический журнал. – 1980. – № 5. – С. 40 – 46.
4. Артемьев М.Е., Дубровский В.А. О связи упругих напряжений в литосфере с нарушениями изостазии // Физика Земли. – 1976. – № 10. – С. 93 – 97.
5. Страхов В.Н. Алгоритмы редуцирования и трансформации аномалий силы тяжести, заданных на физической поверхности Земли // Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий. – Киев, Наук. Думка, 1992. – С. 4 – 81.
6. Лурье А.И. Теория упругости. – М.: Наука, 1970. – 939 с.
7. Забигаило В.Е., Лукинов В.В., Пимоненко Л.И. и др. Тектоника и горно-геологические условия разработки угольных месторождений Донбасса. – К.: Наук. Думка, 1994. – 150 с.
8. Бусыгин Б.С., Мирошниченко Л.В. Распознавание образов при геолого-геофизическом прогнозировании. – Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1991. – 168 с.
9. Гончаренко В.А., Довбничи М.М. Применение алгоритмов распознавания образов для прогнозирования аномальных газонасыщенных зон в Донбассе по геолого-геофизическим данным // Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции «Горная геология, геомеханика и маркшейдерия», Донецк, 11-15.10.2004

УДК 622.272: 551.24

Зам. директора шахты Д.П. Гуня
(шахта им. А.Ф. Засядько)

ПРОГНОЗ МАЛОАМПЛИТУДНОЙ РАЗРЫВНОЙ НАРУШЕННОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НА ШАХТАХ ИМ. А.Ф. ЗАСЯДЬКО И ИМ. К.И. ПОЧЕНКОВА

Розглянута можливість використання даних, що характеризують регіональні поля напруг, для вивчення і прогнозу малоамплітудної розривної порушеності вугільних пластів на прикладі шахт ім. О.Ф. Засядька і ім. К.І. Поченкова.

FORECASTING OF LOW-AMPLITUDE BREAKING DISTURBANCE OF THE COAL STRATAS IN A.F.ZASYADKO'S MINE AND K.I. POCHENKOV'S MINE

The article analyzes possibility to use characteristics of regional stress fields while studying and forecasting low-amplitude breaking disturbance of the coal stratum in A.F.Zasyadko's mine and K.I. Pochenkov's mine.

Одним из основных факторов, осложняющих ведение горных работ, является тектоническая нарушенность. Она осложняет технологический ритм добычи угля, увеличивает его себестоимость, влияет на гидрогеологический режим, перераспределение газов в массиве, газодинамическую активность пород. Поэтому изучение и прогноз нарушений, и особенно малоамплитудных