

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ГЕОЛОГІЇ І ГЕОХІМІЇ ГОРЮЧИХ КОПАЛИН

На правах рукопису

ПА Н О В А  
Олена Анатоліївна

ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ ГЕОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ  
НА ЗРУШЕННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ  
В УМОВАХ ПІДРОБКИ (НА ПРИКЛАДІ  
ДОНЕЦЬКО-МАКІЇВСЬКОГО РАЙОНУ ДОНБАСУ)

04.00.16 — Геологія, пошуки і розвідка родовищ  
твердих горючих копалин

А в т о р е ф е р а т  
дисертації на здобуття вченого ступеню  
кандидата геологічних наук

Л Ь В І В — 1995

552.57

АВ 33.113

Робота виконана в Донецькому інституті на кафедрі геології (м. Донецьк)

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00761163 (O)

Науковий керівник — доктор геол.-мін. наук, професор **Азаров Микола Якович**

Офіційні опоненти: доктор геол.-мін. наук, професор **Лукінов Вячеслав Володимирович** (Інститут геотехнічної механіки НАН України м. Дніпропетровськ); кандидат технічних наук, доцент **Озеров Ілля Федорович** (Український державний науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут гірничої геології, геомеханіки і маркшейдерської справи, м. Донецьк).

Провідна організація — ВГО «Укрвуглегеологія» (м. Донецьк).

Захист відбудеться «25» жовтня 1995 р. о 15<sup>00</sup> год. на засіданні спеціалізованої ради Д 04.02.01 в Інституті геології і геохімії горючих копалин НАН України.

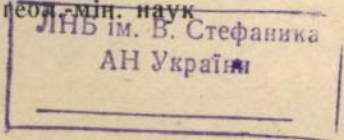
З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці ІГГТК НАН України за адресою: м. Львів, вул. Наукова, За.

Відгуки на автореферат в 2 прим., завірені печаткою підприємства, просимо надсилати вченому секретарю спеціалізованої ради за адресою: 290053, м. Львів, вул. Наукова За, вченому секретарю спеціалізованої ради.

Автореферат розісланий «22» вересня 1995 р.

Вчений секретар спеціалізованої ради, кандидат геол.-мін. наук

ХМЕЛЕВСЬКА О. В.



## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. У теперішній час розвиток народного господарства і гірничо-добувної промисловості Донбасу сильно залежить від ефективності і стабільності роботи підприємств вугледобувної сфери. У зв'язку з цим стоїть задача збільшення добутку вугілля, у тому числі, за рахунок повноти використання надр. Актуальність даної роботи витікає з особливостей сучасного етапу розробки вугільних пластів у межах існуючих гірських відводів діючих шахт Донбасу, природними границями яких є, як правило, крупно- і середньоамплітудні розриви, а в окремих випадках зникаючі крила флексурних складок. Тривала експлуатація вугледобувних підприємств привела до практично повної виїмки вугілля у межах центральних бремсбергових і уклонних полів, що зумовило необхідність розгляду питання про відробку тектонічно ускладнених, флангових полів і глибоких горизонтів. У такій ситуації практично до 50% сучасних гірничих робіт виявляються в зонах впливу геологічних неоднорідностей вугленосної товщі. При цьому останні можуть бути залучені у процес зрушення в гравітаційним зміщенням окремих блоків по поверхнях структурного послаблення, які приводять до утворення на денній поверхні зон осереджених, аномальних за рівнем вертикальних і горизонтальних деформацій, що дуже несприятливо впливає на експлуатацію існуючих будівель і споруд, спричиняє ріст дефіциту вільних площ для забудови, потребує спеціальних додаткових витрат для їх захисту і постійного екологічного контролю.

Багаторічна практика візуальних і експериментальних спостережень показала суттєвий вплив геологічних факторів на розвиток, темпи і рівні деформаційних процесів на земній поверхні, які відбуваються на підроблених територіях. Однак, до останнього часу ці фактори враховуються недостатньо, а інколи і просто ігноруються, звідняючи місце традиційним напівемпіричним методам розрахунку очікуваних деформацій земної поверхні, які базуються, головним чином, на виключно гірничо-технічних факторах.

Метою дисертаційної роботи є встановлення закономірностей впливу геологічних факторів на зрушення земної поверхні в умовах підроблених масивів ( на прикладі Донецько-Макіївського району Донбасу ), а також вивчення особливостей геодинаміки району досліджень і наслідків її впливу на розвиток техногенних деформаційних процесів на земній поверхні.

Основні задачі досліджень:

- вивчення особливостей процесу зрушення гірських порід на ділянках із структурно-генетичними неоднорідностями вугленосної товщі;
- розробка моделей реактивації розривних і складчастих дислокацій при підробці;
- вивчення впливу геологічних факторів, які обумовлюють аномальні характеристики осідання і деформацій земної поверхні;
- експериментальне моделювання розподілу енергії пружних деформацій в масиві гірських порід і аналіз отриманих даних стосовно оцінки ширини виходу на денну поверхню зон тектонічних порушень, залучених у процес зрушення;
- розробка моделі фрактальної геодинаміки басейну з ви-

ходом на виділення регіональних зон тектонічного походження, які впливають на характеристики процесу зрушення.

Фактичний матеріал і методика досліджень. В основу дисертації покладені матеріали досліджень, які провів автор під час роботи в Українському державному науково-дослідному і проектно-конструкторському інституті гірничої геології, геомеханіки і маркшейдерського діла (УкрНДМІ). Дослідження базувались на результатах геологорозвідувальних і гірничо-експлуатаційних робіт у межах 55 ділянок Донецько-Макіївського району, де були закладені маркшейдерські і геофізичні спостережувальні станції, в яких 44 ділянки були особисто обстежені автором на предмет виявлення зон активного прояву тектонічних порушень при їх підробці, конструктивних пошкодженнях будівель і споруд. Вибір об'єктів досліджень зумовлений ступенем вивченості ділянок, наявністю фактичного матеріалу, на основі якого можна зробити найбільш достовірні висновки, які торкаються даної проблеми.

Для вивчення малоамплітудної тектоніки були проведені дослідження 48 шахтопластів у межах Донецько-Макіївського району. В дисертаційній роботі використано великий аналітичний матеріал, взятий із опублікованих наукових робіт і результати спостережень спеціалістів геолого-маркшейдерських служб, промислових об'єднань по видобутку вугілля "Донецьквугілля" і "Макіїввугілля".

Рішення поставлених задач здійснювалось шляхом експериментального моделювання, досліджень фрактальної геометрії основних розривів Донецького басейну, структурних побудов та інших методів, комплексне застосування яких дозволило виявити закономірності впливу геологічних факторів на зрушення

земної поверхні і вивчити особливості геодинаміки району та наслідки її впливу на розвиток деформаційних процесів поверхні.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що: уточнені характеристики рівних факторів, включаючи структурні, тектоно-динамічні, гідрогеологічні, фризційно-когезійні, літологічні, гірничо-геометричні, які впливають на процес зрушення в околі структурно-генетичних неоднорідностей; проведено аналіз напружено-деформованого стану масиву і розподіл енергії пружних деформацій в останньому в застосуванні моделювання на основі голографічного методу фотопружності; розроблені механізми реактивації розривних порушень і флексурних складок при підробці; виявлені закономірності приуроченості максимальних значень фрактального вимірювання розривів чохла Донецького басейну до глибинних розломів фундаменту і їх взаємозв'язок із сучасними геодинамічними процесами; показано, що в околі структурно-генетичних неоднорідностей вугленосної товщі відбуваються окремі реактиваційні порушення по синтетичних і антитетичних поверхнях послаблення при їх підробці, які надають кривим осідання фрактальний характер; встановлено, що процес звільнення енергії пружних деформацій на ділянках виходів тектонічних порушень може бути описаний як аналог обмеженої дифузії агрегації (ОДА) і перколяційної дифузії.

Практична цінність. Основні результати досліджень були використані Українським державним науково-дослідним і проектно-конструкторським інститутом гірничої геології, геомеханіки і маркшейдерської справи при виконанні ряду науково-дослідних робіт (УкрНДМІ, NN держ. реєстрації 0230060000,

0230066000, 0293028000), а також науково-дослідним інститутом гірничої геомеханіки і маркшейдерської справи (ВНДМІ, NN держ. реєстрації 0230060000), практичні висновки і окремі методичні підходи, розроблені автором, увійшли складовою частиною в "Методичні вказівки по комплексному геолого-геофізичному і маркшейдерському прогнозу деформацій земної поверхні для вахисту підроблюваних будівель і споруд".

Положення, що пропонуються до вахисту:

1. Наявність структурно-генетичних неоднорідностей вугленосної товщі в гірських масивах при підробці викликає аномальне протікання процесу врушення та приводить до суттєвої зміни його характеристик.

2. Основними факторами, які визначають характер залучення тектонічних порушень у процес врушення, виділені: геометричне співвідношення гірничих робіт і структурно-послабленої вони; співвідношення простягання змішувача і основної осі діючих тектонічних напружень; літологічна будова розрізу; заводненість і фрикційно-когезійні властивості локальних об'ємів гірських порід; наявність тріщин, антитетично спряжених в основній поверхнею послаблення.

3. Ліній виходу тектонічного порушення на денну поверхню характеризується глибою фрактальною поведінкою, посилення якої відбувається над глибинними розломами фундаменту басейну. Контури підвищених значень фрактального вимірювання контролюють активність сучасних геодинамічних процесів, у тому числі, процесів врушення.

4. Ширина зони активного проявлення тектонічного порушення на денній поверхні при підробці гірничими роботами залежить не лише від його амплітуди, а й від розподілу енергії

пружних деформацій у гірському масиві під впливом сучасного тектонічного поля напружень.

Б. На ділянках виходів структурно-генетичних неоднорідностей вугленосної товщі профілі осідання земної поверхні, під впливом гірничих робіт і процесу звільнення енергії пружних деформацій, мають вирівну фрактальну природу.

Апробація роботи і публікації. Основні результати роботи і її окремі положення викладені в 13 публікаціях, доповідались і обговорювались на Всесоюзному науково-дослідному семінарі "Проблеми будівництва об'єктів вугільної промисловості на підроблюваних територіях" /Донецьк, 1989/; Всесоюзній конференції "Геолого-геофізичні дослідження при вирішенні екологічних задач" /Звенигород, 1991/; 12-ому робочому засіданні міжнародної маркшейдерської комісії /Донецьк, 1992/; III республіканській студентській науковій конференції "Охорона оточуючого середовища і раціональне використання природних ресурсів" /Донецьк, 1993/; Міжнародному конгресі "Геологія Європи та ва її межами" /Кейворт-Ноттінгем, 1994/; Міжнародній конференції по тектоніці /Потодам, 1994/; 16-ій нараді мінералогічної асоціації /Піза, 1994/; Міжнародному симпозіумі по проблемах екології /Донецьк, 1994/.

Об'єм і структура роботи. Дисертація складається в вступу, п'яти глав і вивчення, які викладені на 108 сторінках машинописного тексту, 32 рисунків, 4 таблиць, загальний об'єм - 160 сторінок. Список літератури містить 109 найменувань.

Постановка аналітичних досліджень, вибір методів досліджень, аналіз результатів експериментів та моделювання, виконані автором самостійно.

Автор вважає своїм обов'язком висловити глибоку вдяч-

ність доктору геолого-мінералогічних наук, професору Аварову М. Я. за всесторонню допомогу в роботі над дисертацією.

В процесі написання роботи автор користувалася цінними порадами і консультаціями Брижаньова А. М., Гавриленко Ю. І., Григор'єва В. Є., Кисельова Н. Н., Кіркзова В. В., Лобича Г. О., Лисуна С. О., Майбороди А. О., Медянцева С. А., Ніколаєва Ю. І., Панова В. С., Привалова В. О., Таранця В. І., Шахнової В. М., Шиптенка А. В.

Автор вдячна за творчий контакт і консультативну допомогу в виконанні дисертації зарубіжним вченим: Ван Чен Дзину, Л. Дж. Доннелі, Ю. де Бордеру.

## ЗМІСТ РОБОТИ

### ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВПЛИВУ ГЕОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ

#### НА ЗРУШЕННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

Інтерес до проблеми зрушення земної поверхні, пов'язаний з розробкою вугільних родовищ, виник у середині минулого століття, коли від виписи вугільних пластів штольнями перейшли до їх розробки за допомогою великих підземних очисних виробіток.

Великий внесок у дослідження цієї проблеми був зроблений С. Р. Кеєм, У. Д. Ллойдом, Е. Екардтом. Приблизно до цього ж періоду відносяться перші пояснення природи горизонтальних усувів ґрунту, деформацій розтягу і стиску. Перші спроби створення математичної теорії процесу зрушення були зроблені Н. Брігсом у 1929 р. У Росії видаються роботи Г. Романовського, П. М. Леонтовського, С. Г. Авершина, в яких узагальнюються дослідження, доведена можливість теоретичного розрахунку па-

раметрів процесу зрушення по емпіричних і теоретичних формулах, які не втратили свого значення до теперішнього часу.

Проблема зрушення гірських порід і деформацій земної поверхні, яка традиційно відноситься до геотехнічних дисциплін, в останні 10-20 років викликає інтерес у спеціалістів геологічного профілю і екологів. Із числа сучасних зарубіжних спеціалістів, які дослідили специфічні аспекти проблеми зрушення, виділяється фундаментальна монографія Г. Кратча, роботи Дж. Марра, А. Дж. Лі, Л. Дж. Доннелі.

Великий внесок у дослідження даної проблеми зробили вітчизняні вчені: В. Н. Земісев, М. А. Йофіс, Р. А. Муллер, А. М. Медянець, С. А. Медянець, І. А. Петухов, Л. П. Чепенко, В. І. Коваленко, Ю. М. Гавриленко, Є. В. Бошенятов. На прикладі Донецького басейну показані особливості процесу зрушення для даного району (І. А. Турчанінов, 1977; С. А. Медянець, 1985; В. Н. Земісев, 1988; Ю. М. Гавриленко, 1991).

При загальному співпадінні результатів досліджень в різних вугільних басейнах деякі відмінні на перший погляд оцінки і висновки не повинні розглядатися як внутрішні невирішені суперечності, а лише відображають складність процесу зрушення в умовах багатьох факторів, ряд із яких, по тій чи іншій причині випадає з загального аналізу. Традиційно для прогнозування деформаційних процесів враховують, головним чином, геотехнічні фактори і, значно рідше, структурно-механічні особливості масиву, вплив яких найбільший і при інших рівних умовах є переважачим, однак у ряді випадків неправильно інтерпретуються. Однак, як відомо, вугленосна товща сформувалась в особливій нерівноважній динамічній обстановці, коли на початковий план генетичних неоднорідностей плас-

тив (В. Н. Волков, 1973) наклались вторинні тектонічні дислокації (Н. І. Погребнов, 1986). Як первинні генетичні неоднорідності, так і вторинні тектонічні дислокації приводять до структурного послаблення масиву, тому їх пропонувється називати структурно-генетичними неоднорідностями (СГН) /М. Я. Ава-ров, 1992/. Експериментальними дослідженнями /М. В. Гаювський, 1975; Л. Рікон, 1978/ встановлено, що можна із СГН, яка знаходиться в недоторканому масиві, приводить до локальних збурень регіонального тектонічного поля. Природний (наприклад, сейсмічний) або техногенний вплив (втручання гірських робіт) в районі розвитку СГН може викликати перерозподіл напружено-деформованого стану масиву значніший, ніж на ділянках відсутності СГН, і привести до аномального протікання процесу зрушення.

До числа найбільш небезпечних СГН, які викликають при проведенні гірських робіт аномальне осідання земної поверхні, суттєві пошкодження і деформації будівель і споруд, аж до самої їх розробки відносяться: розривні порушення рівних масштабів, великі флексурні складки, локальні прирозривні складки, яскраво виражені літолого-фаціальні та морфологічні неоднорідності вугленосної товщі.

## ГЛАВА 2. ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ І ЗАГАЛЬНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ ГЕОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЗРУШЕННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ (НА ПРИКЛАДІ ДОНЕЦЬКО-МАКІЇВСЬКОГО РАЙОНУ ДОНБАСУ)

Донецько-Макіївський район можна розглядати як ядро



порушень в таким, що часто зустрічається, але не вичерпним. Додатковими ускладнюючими факторами при загальній схемі реактивації виступають літологічні неоднорідності ровріву, наявність приоровивних складок і маловплітудних порушень, спряжених У-подібно в основним змішувачем.

Особливості деформаційних процесів, викликаних підробкою Ветковської флексури дозволили дослідити механізм реактивації флексурних складок. Проведена геометризація складчастої поверхні вугільних пластів і маркуючих вапняків методом розрахунку їх кривини дозволила встановити, що уступ, який утворився на поверхні, тягнє до лінії нульової кривини на підході до синклінального елемента. Цей висновок добре узгоджується з результатами досліджень зміни фізико-механічних властивостей гірських порід у межах складчастих дислокацій флексурного типу /Н. Г. Русаков, 1984/.

Розкриття тектонічного контакту і ковзання по площині структурного послаблення під впливом гірничих робіт можливе лише при досягненні напружень вздовж послабленої поверхні більше, ніж

$$\tau = (\sigma_n - P) \tan \varphi + c$$

де  $\tau$  - опір порід всузу,  $\sigma_n$  - нормальна напруга,  $P$  - надлишковий (поровий) тиск води,  $\varphi$  і  $c$  - відповідно кут внутрішнього тертя і зчеплення матеріалу, який залповне контакт. Результати досліджень Р. М. Уальда, Дж. М. Крука показали, що гірські породи в зоні впливу порушення мають надлишковий поровий тиск  $P$ , періоди прояву несподіваних підвищень величини  $P$  є найбільш сприятливими для розвитку процесів скачкоподібного ковзання по ослаблених поверхнях. Фрикційно-когезійні властивості гірських порід у зонах тектонічних порушень

вивчені в певній мірі. Формування послаблених поверхонь, які близько лежать до структурно-генетичних неоднорідностей вон, зумовлено спільним впливом тектонічного і техногенного полів напруг.

Літологічні неоднорідності можуть суттєво змінити співвідношення об'ємів техногенних областей розтягу і стиску при русі гірських порід. Проведені спеціальні математичні розрахунки дозволили одержати положення нейтрального шару в врахуванням середніх даних за модулями пружності (E) для основних літологічних типів порід Донбасу. Відмічено, що присутність у розриві достатньо потужних пісковиків (E=1,9 ... 3,8 ГПа) приводить до зміщення нейтрального шару. Отриманий теоретичний висновок дозволяє обґрунтувати важливе практичне вивчення про те, що наявність потужних пісковиків у нижній частині розриву, ближче до відпрацьованого простору, веде до скорочення вони розтягу, сповільнення темпів процесу врушення і до зниження загального рівня деформацій. Навпаки, присутність пісковиків у верхній частині розриву веде до скорочення по глибині близькоповерхневої вони стиску і розширення вони розтягу, що може привести до аномального деформування рельєфу. Отримані дані показують, що вже десятипроцентна присутність у верхній частині розриву пісковиків веде до десятипроцентного скорочення вони стиску по глибині. До того ж приповерхневі виходи пісковиків в першу чергу піддаються процесам вивітрювання, що посилює ефект концентрації деформацій за рахунок появи додаткових послаблених поверхонь. Саме ці ефекти спостерігались при відсутності тектонічних порушень на ділянці поля шахти ім. Засядько.

На основі аналізу впливу геологічних факторів на про-

цеси зрушення розроблена типізація тектонічних порушень на предмет визначення степені їх негативного впливу на забудовані території.

### ГЛАВА 3. ОСОБЛИВОСТІ ФРАКТАЛЬНОЇ ГЕОДИНАМІКИ ДОНБАСУ.

Основною для дослідження послужила геологічна карта масштабу 1:200000, що попередньо розбита на елементарні квадрати 20x20 км. У межах кожного квадрату рівним кроком  $E$  ( $E_1 = 0,5$  км;  $E_2 = 1$  км;  $E_3 = 2$  км;  $E_4 = 4$  км) визначались сумарні довжини трас (виходів на поверхню) розриваних порушень ( $L_1$ ;  $L_2$ ;  $L_3$ ;  $L_4$ ). Фрактальне вимірювання ( $D$ ) розраховувалось за формулою:

$$\lg L_i = (1 - D) \lg E_i + C$$

і присвоювалося центрам квадратів, що дало можливість побудувати за допомогою ЕОМ ізолінії параметра  $D$ . Розрахункові значення вміщуються у межах 1,002...1,065. Проведене площадне картування довжило виділити аномальні зони на рівні  $D > 1,015$  переважно трьох орієнтацій: загальнодонецької; поперечної і субмеридіональної.

Спираючись на дослідження Ю. Н. і В. Н. Нагорних, які побудували детальні карти ізопахіт для ряду світ карбону, на основі апарату теорії поля карти ізопахіт для світ  $C_2^3$ ,  $C_2^4$ ,  $C_2^5$  і  $C_2^7$  були перетворені у векторно-градієнтні. Надалі векторні поля порівнювались попарно шляхом розрахунку просторового коефіцієнта кореляції ( $r$ ), який визначається в умови:

$$r = \cos V$$

де  $V$  - кут між градієнтами пари векторних полів, що спів-

тавляються у даній точці.

Результуюча карта осей аномалій просторового коефіцієнта кореляції ( $r < 0,8$ ) показує існування лінійно-втягнутих зон переважно двох орієнтацій: загальнодонецької і поперечної, локально простежується субмеридіональна орієнтація. Виділені рівними методами лінійні зони добре угаджуються між собою і можуть розглядатися як проєкції глибинних розломів. Загальнодонецька і поперечна орієнтації більш контрастними, відмічаються правосторонні зрушення зон загальнодонецького простягання по поперечно орієнтованих зонах. Виявлений структурний рисунок глибинних розломів може бути пояснений в використанні успадкованих всувів по Дж. С. Чаленку. Якщо припустити, що граничні розриви Донбасу є глибокопроникаючими всувами, то розломи загальнодонецького простягання і поперечної орієнтації слід вважати R і P - всувами, а субмеридіональні - R' - всувами. Північний від Головної антиклінали мегаблоку характеризується посиленням фрактальності трас розривів в великій кількості локальних максимумів  $\mathcal{D} = -1,030-1,065$ . На карті осей аномалій  $\mathcal{D}$  виділені зони поперечної орієнтації в північному мегаблоці розпадаються на окремі гілки типу "Кінський хвіст". Комплексування одержаних даних свідчить про більшу геодинамічну активність північної околиці Донбасу. Найбільш небезпечними, в точки зору реактивності тектонічних порушень при підробці гірськими роботами, будуть області над виділеними зонами глибинних розломів і особливо над вузлами їх перетину. В межах Донецько-Макіївського району чітко трасується Донецько-Кадіївський і Мушкетівсько-Персіяновський глибинні розломи, які зумовляють регіональний рівень процесів зрушення.

ГЛАВА 4. ЗАСТОСУВАННЯ ГОЛОГРАФІЧНОГО МЕТОДУ ФОТОПРУЖНОСТІ  
ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ЕНЕРГІЇ ПРУЖНИХ  
ДЕФОРМАЦІЙ В МАСИВІ ГІРСЬКИХ ПОРІД (НА ПРИКЛАДІ  
ДОНЕЦЬКО-МАКІЇВСЬКОГО РАЙОНУ)

Для проведення експерименту використовувалась лабораторна установка Чанчуньського університету наук про Землю. Експериментальне моделювання включало в себе роботу з двома типами моделей, які виготовляють у вигляді пластин з оптично чутливого і оптично нечутливого матеріалів, у межах яких в масштабі 1:300000 були в геологічній карті нанесені виходи на поверхню зміщувачів регіональних розривів Донецько-Макіївського району, а пізніше виконані у вигляді пропилів товщиною 0,6-0,8 мм. Екзанні пластини з нанесеною геологічною ситуацією підлягали під пресом одноосному стисканню, який імітує усереднений вектор сучасних стискаючих зусиль в районі досліджень (азимут  $305^{\circ}$ ). Допускались деякі спрощення: не враховувалася літологічна неоднорідність масиву і кути нахилу зміщувачів. Аналіз отриманих інтерферограм дозволив розрахувати в кожній точці моделі значення енергії пружних деформацій ( $U$ ). Дану методику моделювання розробив Ван Чен Джин (КНР) для прогнозування місцезнаходження сейсмоактивних областей і в'ясування генезису складчастих і розривних структур /Wang Chenjin, 1990/. Вихідні дані виводились на графопобудовувач, що дозволило побудувати карту розподілу енергії пружних деформацій ( $U$ ) для Донецько-Макіївського району. Розрахунковий параметр  $U$  суттєво варіює від

ДІБСИС-В. Стефаніва  
АН України

0 до  $56 \text{ кДж/м}^3$ . З метою перевірки відповідності регіонального плану концентрації енергії пружних деформацій додаткові дослідження були проведені на окремій моделі, на яку була нанесена геологічна ситуація, включаючи регіональні розриви і тектонопалоси за даними гірських робіт у межах тектонічного блоку між Первомайським, Мушкетівським і Калінінським насувами (гірничий відвід Ш/У ім. газети "Соціалістичний Донбас"). Одержана карта відповідає регіональній, виявляючи ряд додаткових деталей. 80 % викидів вугілля і газу відбулися на ділянках з розрахунковою  $U$  у межах  $4-32 \text{ кДж/м}^3$ . На ділянках, де  $U < 2 \text{ кДж/м}^3$  викиди вугілля і газу відсутні. П'ята частина всіх випадків викидів відбулася в інтервалі  $U = 2 - 4 \text{ кДж/м}^3$ . Переважна кількість випадків раптових викидів (78%) пов'язана з областями проміжних значень ( $U = 4-16 \text{ кДж/м}^3$ ). Результати проведеного експерименту доводять можливість моделювання геодинамічної активності масиву за допомогою голографічного методу фотопружності і знаходять добре підтвердження за даними гірничо-експлуатаційних робіт.

Області середніх і високих значень параметра  $U$  ( $U > 12 \text{ кДж/м}^3$ ) приходяться на гірничі відводи шахт найбільш небезпечних за раптовими викидами вугілля і газу: шахти ім. Скопинського, ім. Калініна, ім. газети "Соціалістичний Донбас", Глибока, ім. Вєсєдько, Ясинівська-Глибока та інші. Для порівняння була розрахована по 48 шахтопластах карта інтенсивності малоамплітудної тектонічної порушеності. Аналіз показав, що малоамплітудна тектонічна порушеність вугільних пластів отримала переважачий розвиток у зонах підвищених значень енергії пружних деформацій.

Для дослідження ширини зони активного прояву розривного

порушення (В) були використані дані по 65 полігонах. Вся вибірка була розділена на чотири групи порушень: група А - середньоамплітудні порушення в пологих падинням змішувача; В - середньоамплітудні порушення в крутих падинням змішувача; В - окремі змішувачі (гілки регіональних порушень); група Г - малоамплітудні тектонічні порушення. Порівняння даних про ширину зони активного прояву порушення (В) і амплітуди (а) показує значний розкид перемінної В у діапазоні заданих амплітуд. Залежності В f- (а) носять розпливчатий характер, характеризуються низьким коефіцієнтом кореляції  $r = 0,2-0,6$ , що не дозволяє їх використовувати у якості прогнозуючих. Очевидно, в описуванні залежності вносить вклад якийсь третій параметр. Проведені дослідження дозволяють припустити, що цим фактором може бути розподіл енергії пружних деформацій в масиві. Шукані залежності представлені окремо за групами порушень у вигляді кореляційних рівнянь:

- для групи А  $\lg(V/a) = -1,378 + 1,78 \lg U, r = 0,88$
- для групи В  $\lg(V/a) = -1,268 + 1,69 \lg U, r = 0,90$
- для групи В  $\lg(V/a) = -1,130 + 1,27 \lg U, r = 0,63$
- для групи Г  $\lg(V/a) = -0,215 + 1,65 \lg U, r = 0,60$

де В - ширина зони активного прояву, м;

а - амплітуда тектонічного порушення, м;

U - енергія пружних деформацій, кДж/м<sup>3</sup>;

r - коефіцієнт кореляції.

Проведені дослідження показали, що процес звільнення енергії пружних деформацій на ділянках виходів тектонічних порушень носить фрактальний характер і може бути описаний як аналог обмеженої дифузії агрегації (ОДА) в межах окремих кластерів для мало- і середньоамплітудних порушень і перко-

ляційної дифузії, яка виникає на границі кластерів для окремих гілок крупномплітудних регіональних порушень.

ГЛАВА 5. ФРАКТАЛЬНИЙ ХАРАКТЕР КРИВИХ ОСІДАННЯ ПРИ  
ЗРУШЕННІ ГІРСЬКИХ ПОРІД В ОКОЛІ  
ГЕОЛОГІЧНИХ ПОРУШЕНЬ

Криві осідання або топопрофілі земної поверхні стали вихідним матеріалом для визначення параметрів процесу зрушення. Аналіз фактичних кривих осідання в Донецькому басейні показав, що вони втрачають кватіплавність, набувають своєрідну пориваність. Присутній в профілях осідання елемент спотворення вертикального масштабу по відношенню до горизонтального визначає їх як самоафінні фрактали. Вираз для визначення фрактального вимірювання кривої осідання отримано із пропорції:

$$\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{l_i^2}{\eta}} \sim \Delta X^{1-D}$$

де  $l_i$  - нахили, мм/м;

$\eta$  - осідання, мм;

$\Delta X$  - інтервал зміни абсциси  $X$ , м.

В результаті досліджень встановлено, що на ділянках не ускладнених тектонікою  $\mathcal{D}$  не перебільшує величин 1.002-1.004, що дуже близько до топологічної розмірності лінії на площині. В областях розвитку тектонічних порушень відмічається слаба фрактальна поведінка кривих осідання земної поверхні ( $\mathcal{D} = 1,010 - 1,120$ ). По мірі розвитку процесу зрушення відмічається прогресуюче збільшення параметра з подальшою стабілізацією у межах деякого значення. Зростаючими

вначеннями фрактального вимірювання характеризуються криві осідання на ділянках плікативної порушеності і літологічних контрастів. Це дозволяє стверджувати, що прояви вон восеред-  
мєних деформацій на денній поверхні визначаються положенням не лише окремих поверхонь послаблення, але і загальним характером осідання у межах вони впливу геологічної неоднорідності; фрактальний аналіс підтверджує дискретність процесу врушення.

#### ЗАКЛЮЧЕННЯ

У дисертаційній роботі розглядаються основні особливості і закономірності впливу геологічних факторів на врушення земної поверхні в умсвах підробки гірського масиву. На основі дослідження особливостей геодинаміки району із залученням експериментального моделювання і методів фрактальної геометрії дається нове рішення цієї проблеми:

Основні результати виконаних досліджень полягають у наступному:

1. Проведена оцінка основних геологічних факторів, які впливають на характер процесу врушення, розроблена типізація тектонічних порушень за ступенем їх негативного впливу на підроблюваній території.

2. Розроблено механізм реактивації розривних порушень і флексурних складок при підробці. Встановлено, що в районі розвитку флексурних складок уступоутворення приурочене до виходу на поверхню лінії нульової кривизни при переході від синклінального елемента до змикаючого крила флексури.

3. Розроблено математичну модель впливу літологічних

відмінностей розриву вугленосної товщі на процеси зрушення гірських порід.

4. Доказано, що ширина зони активного прояву тектонічного порушення на денній поверхні при підробці гірничими роботами залежить не тільки від його параметрів, але і від розподілу енергії пружних деформацій в гірському масиві під впливом сучасного тектонічного поля напружень. Встановлені кореляційні залежності, які дозволяють розраховувати ширину активного прояву розривного порушення.

5. Розроблено математичний апарат для розрахунку фрактальних характеристик розривних порушень і кривих осідання в мулядах зрушення.

6. Побудовані карти розподілу енергії пружних деформацій ( $U$ ) для Донецько-Макіївського району і проведено площадне картування фрактального вимірювання ( $D$ ) регіональних розривів Донецького басейну з виділенням аномальної активності сучасних геодинамічних процесів, в тому числі, процесів зрушення.

Результати досліджень приведені стосовно умов Донецько-Макіївського району Донецького басейну, однак, вони можуть бути використані для інших вугільних родовищ з аномальними геолого-тектонічними умовами (наприклад, Червоноармійському, Південно-Донбаському районам).

#### РОБОТИ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Майборода А. А., Панова Е. А., Шахнова В. М. Геологические признаки разрывных нарушений, определяющие возникновение сосредоточенных деформаций на подрабатываемых территориях

//Тев. докл. Всесоюз. науч.-техн. семинар: "Пробл. стр.-ва объектов угольной пром.-сти на подрабатываемых территориях". - Донецк, 1989. - С.14.

2. Шахнова В. М., Панова Е. А. Геологические факторы, определяющие процесс сдвижения на подрабатываемых территориях //Тев. докл. Всесоюз. конф. "Геол.-геофиз. исследования при решении экологических задач". - М.: Изд. ПНИИС, 1991. -С.30-31.

3. Шахнова В. М., Панов Ю. В., Панова Е. А. Проявление анизотропии трещиноватости горных пород в геофизических и деформационных параметрах //Тев. докл. 12 рабоч. засед. маркшейдерской комиссии. - Донецк: Изд. УкрНИИМ, 1992. - С.39-40.

4. Азаров Н. Я., Шахнова В. М., Панова Е. А., Привалов В. А. Анализ структурно-генетических неоднородностей угленосной толщи Донбасса и прогнозирование характера динамики развития деформационных процессов в подрабатываемых массивах //Там же. - С.6-8.

5. Привалов В. А., Панова Е. А., Булеев Е. И. Проблема реактивации тектонических нарушений в пределах встроенных территорий Донбасса //Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. - Донецк: ДПИ, 1993. - С.116.

6. Privalov V. A., Panova E. A. Field theory and fractal geometry, applied to prediction of deep basement faults // Trans. inst. Mining and Metallurgy (London), - 1993, p.16-17.

7. Privalov V. A., Panova E. A., Privalova N. A. The influence of surface subsidence due to underground coalmining in the vicinity faults on modern mineragenesis in waste heaps //IMA'94 16 th Meeting, Piza, - 1994, p.20.

8. Privalov V. A., Panova E. A. Field theory and fractal

geometry applied to prediction of basement faults in relation with mineralization: the example of Donets Basin //Congress: Economic Geology of the Europe and beyond'94, Keyworth -1994, p.21.

9. Privalov V. A., Panova E. A. The nature of equidistant fault relationships //Int.Meeting: Basement Tectonics'94, Potsdam. - 1994, p. 46.

10. Привалов В. О., Панов В. С., Панова О. А. Використання методу голографічної фотопружності для моделювання розподілу енергії пружних деформацій (на прикладі Донецько-Мажівського району Донбасу) // Тез. доп. Міжнар. геофіз. конф. "Анізотропія. Фрактали. Проблеми практичного застосування". - Київ: Вид. Київський університет, 1994. - С. 60-61.

11. Привалов В. О., Панов В. С., Панова О. А. Фрактальна геометрія регіональних розривів Донецького басейну //Там же. - С. 69-70.

12. Панова О. А., Привалов В. О. Фрактальний характер кривих ссідання при есуві гірських порід навколо геологічних неоднорідностей //Там же. - С. 71-72.

13. Киселев Н. Н., Майборода А. А., Шиптенко А. В., Панова Е. А. и др. Методические указания по комплексному геолого-геофизическому и маркшейдерскому прогнозу деформаций земной поверхности для защиты подрабатываемых зданий и сооружений РД. - Иед. УкрНИИ, Донецк, 1994. - 164с.

*Handwritten signature*

## ANNOTATION

**Панова Е. А.** Regularities of the influence of geological factors on mining subsidence displacement (by example of Donetsk-Makeevka areas of Donbass).

The dissertation is a type-script to receive a C. Sc. degree in geology by speciality 04.00.16 — geology, prospecting and exploration of solid fuel fossils; Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of the NAS of Ukraine. Lviv, 1995.

Regularities of the influence of geological factors on subsidence displacement and geodynamics have been investigated. The mechanism of faults reactivation by mining subsidence was developed. The most hazardous areas were substantiated from the point of view of reactivation of the faults.

## АННОТАЦИЯ

**Панова Е. А.** Закономерности влияния геологических факторов на сдвигание земной поверхности в условиях подработки (на примере Донецко-Макеевского района Донбасса).

Диссертация является рукописью.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности 04.00.16 — геология, поиски и разведка месторождений твердых горючих ископаемых; Ин-т геол. и геохим. горюч. ископаемых НАН Украины, Львов, 1995.

Исследованы закономерности влияния геологических факторов на процесс сдвижения и особенности геодинамики района. Разработан механизм реактивации тектонических нарушений при их подработке, обоснованы местоположения наиболее опасных районов и участков с точки зрения реактивации нарушений.

Ключові слова: геологічні фактори, зрушення, фрактальне вимірювання, пружні деформації.

Panov E. A. Relationships of the influence of geological factors on mining subsidence (the example of Donetsk Mass. (the area of Donetsk)).

The dissertation is a 220-page work in which the author has carried out a detailed study of the influence of geological factors on mining subsidence in the Donetsk Mass. (the area of Donetsk). The author has carried out a detailed study of the influence of geological factors on mining subsidence in the Donetsk Mass. (the area of Donetsk). The author has carried out a detailed study of the influence of geological factors on mining subsidence in the Donetsk Mass. (the area of Donetsk).

The author has carried out a detailed study of the influence of geological factors on mining subsidence in the Donetsk Mass. (the area of Donetsk). The author has carried out a detailed study of the influence of geological factors on mining subsidence in the Donetsk Mass. (the area of Donetsk). The author has carried out a detailed study of the influence of geological factors on mining subsidence in the Donetsk Mass. (the area of Donetsk).

АННОТАЦИЯ

Панов Е. А. Связи влияния геологических факторов на прогибы при добыче угля (на примере Донецкого бассейна (район Донецка)).

Диссертация представляет собой 220-страничную работу, в которой автором проведено детальное изучение влияния геологических факторов на прогибы при добыче угля в Донецком бассейне (район Донецка).

Автором проведено детальное изучение влияния геологических факторов на прогибы при добыче угля в Донецком бассейне (район Донецка). Автором проведено детальное изучение влияния геологических факторов на прогибы при добыче угля в Донецком бассейне (район Донецка). Автором проведено детальное изучение влияния геологических факторов на прогибы при добыче угля в Донецком бассейне (район Донецка).

Автором проведено детальное изучение влияния геологических факторов на прогибы при добыче угля в Донецком бассейне (район Донецка). Автором проведено детальное изучение влияния геологических факторов на прогибы при добыче угля в Донецком бассейне (район Донецка). Автором проведено детальное изучение влияния геологических факторов на прогибы при добыче угля в Донецком бассейне (район Донецка).

Автором проведено детальное изучение влияния геологических факторов на прогибы при добыче угля в Донецком бассейне (район Донецка). Автором проведено детальное изучение влияния геологических факторов на прогибы при добыче угля в Донецком бассейне (район Донецка). Автором проведено детальное изучение влияния геологических факторов на прогибы при добыче угля в Донецком бассейне (район Донецка).

АВТОРЕФЕРАТ

Відповідальний за випуск Хмелевська О. В.

Підп. до друку 22.03.95. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>6</sub>. Папір друкарський. Офсетний друк.  
Умовн. друк. арк. 1,39. Умовн. фарб.-видб. 1,62. Облік.-вид. арк. 1,20. Тираж  
100 прим. Замовлення 1374.

Тип. «Новый мир», 340050, м. Донецьк, вул. Артема, 96

442833

AB 33.113