

УДК 551.24:550.372

В. І. АЛЬОХІН (д-р геол. наук, доц.)

Донецький національний технічний університет, м. Покровськ, Україна

ГЕОФІЗИЧНИЙ МЕТОД СТРУКТУРНО-ГЕОДИНАМІЧНОГО КАРТУВАННЯ У ВИРІШЕНІ ПРАКТИЧНИХ ЗАВДАНЬ ГЕОЛОГІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ

Розглянуті умови формування геодинамічних зон, пов'язаних з розривними порушеннями в надрах та підземними розробками вугільних родовищ. Висвітлена методика виявлення таких розривних порушень та геодинамічних зон радіохвильовим азимутальним методом структурно-геодинамічного картування – СГДК-А. Метод ґрунтується на вивченні анізотропії електропровідності ґрунтів.

Описана нова методика обробки і інтерпретації польових вимірів СГДК-А, яка підвищує якість і надійність виявлення розривних порушень та геодинамічних зон на закритих площах. Наведені приклади рішення різних геологічних та екологічних завдань методом СГДК-А в Донецькій області та за її межами.

Ключові слова: мікродоформаційні структури, геодинамічні зони, анізотропія, електропровідність, метод СГДК-А.

Стан проблеми та актуальність роботи. Розривні порушення в земній корі є одним з головних джерел порушень і забруднень навколишнього середовища. Розривні порушення в значній мірі впливають на формування рельєфу денної поверхні Землі, розвиток яружно-балкової системи. Часто уздовж цих структур з надр Землі до поверхні йдуть потоки ювінільних флюїдів. Для зон розривних порушень характерна підвищена тріщинуватість, дезінтеграція і водонасиченість порід. Уздовж них активно розвивається карст, встановлюється гідравлічний зв'язок поверхневих і підземних вод. В результаті усіх цих явищ в зонах динамічного впливу розривних порушень спостерігається розущільнення і осідання несучих ґрунтів, інфільтрація поверхневих забруднювачів у водоносні горизонти питного призначення, формування ландшафтних аномалій з високими концентраціями хімічних елементів і речовин різних класів небезпеки на геохімічних бар'єрах.

У зонах впливу розривних порушень змінюється напружений стан надр, часто спостерігаються деформації земної поверхні, що призводять до порушень цілісності будівель, споруд, доріг, трубопроводів і т.д.

Над активними зонами розривних порушень і в деформованих зонах над підробленими надрами в приповерхневих покладах і ґрунтах формуються геодинамічні зони, які важко оперативно виявити класичними геологічними і геофізичними методами. Виявлення розривних порушень, оцінка їх геодинамічної активності на закритих молодими покладами територіях є великою проблемою геології та екології. Великою проблемою на шахтних полях Донбасу є виявлення мало амплітудних розривів та прогнозування геодинамічної активізації надр у часі.

Для вирішення усіх цих проблем в Донбасі був розроблений комплекс методів структурно-геодинамічного картування [1, 2]. Одним із методів цього комплексу є радіохвильовий азимутальний метод – СГДК-А.

Спосіб СГДК-А заснований на явищі азимутальної неоднорідності електропровідності гірських середовищ поверхневого шару в зв'язку з геодинамічними процесами в зонах впливу розривних дислокацій та техногенних підземних підробок надр [3, 4]. Це раніше невідоме природне явище реєструється повсюдно при електромагнітному обстеженні невеликих обсягів гірських середовищ в умовах їх природного залягання. Метод СГДК-А дозволяє оперативно і ефективно виявляти зони малоамплітудних розривів в надрах, проводити оцінку поточного геодинамічного стану гірського масиву та його структур, картувати прояви небезпечних деформаційних зон в поверхневих покладах та вирішувати інші геологічні та екологічні задачі.

Метою статті є висвітлення нових результатів досліджень геодинамічних зон азимутальним методом структурно-геодинамічного картування (СГДК-А), нових підходів в обробці та інтерпретації результатів польових зйомок.

Методика досліджень. Метод СГДК-А базується на вивченні анізотропії електропровідності ґрунтових відкладень. Для реалізації методу розроблений спеціальний прилад ЕФА. Сучасний варіант приладу представлений на рис. 1.



Рис. 1. Прилад ЕФА для виконання робіт методом СГДК-А

Вимірювання електропровідності ґрунтів за допомогою цієї установки проводяться шляхом фіксації вимірів по колу в горизонтальній площині через 30° . Початковий вимір береться в напрямку на північ (приймачем на північ) і далі за годинниковою стрілкою через 30° . Всього на одній точці вимірюється електропровідність за 12 напрямками. Напрями кодуються цифрами від 1 до 12 і напроти цих кодів в польовий журнал заносять польові виміри електропровідності. Тринадцятий вимір є контрольним (північний напрям).

Дослідження методом СГДК-А виконуються на різних площах як в профільному варіанті так і за рівномірною сіткою пунктів спостережень. Останній варіант використовується на невеликих ділянках з метою деталізації досліджень. Профілі задаються в хрест простягання відомих або передбачуваних структур. Щільність точок спостереження в профілях вибирається виходячи з досвіду робіт і поставлених завдань. Звичайно точки вимірювання задаються з інтервалом 5-10 метрів. Крок спостереження в коротких профілях та профілях деталізації складає 2 м.

Великою перевагою метода є те, що роботи можна виконувати на площах з асфальтовим, бетонним покриттям та по льоду морських акваторій, річок, озер, а також на площах боліт взимку.

Обробка польових даних базується на таких основних положеннях. На основі довголітніх досліджень статистично доведено, що існує фонові анізотропія електропровідності ґрунтів. В загальному плані спостерігаються підвищена електропровідність в меридіональному і широтному напрямках, такі напрямки відображають глобальний фон. На конкретних ділянках картування місцеві структурно-геологічні особливості надр формують місцевий або локальний фон електропровідності ґрунтів. Напрямки максимальної електропровідності ґрунтів фона такого рівня вираховуються за результатами статистичної обробки даних польових вимірів всієї площі

досліджень. Приклади результатів розрахунків глобального і місцевого фону у вигляді троянд напрямів максимальної електропровідності представлені на рис. 2 Глобальний фон статистично розрахований для кожного сектора за великим масивом даних досліджень ділянок з різних районів України, Росії, Китаю. Місцевий фон визначається статистично для кожної ділянки досліджень по 4 секторам.

Над розривними порушеннями в ґрунтах напрямки максимальної електропровідності різко відрізняються від фонових [3,4]. Для виявлення аномального поля електропровідності ґрунтів нами розроблена експресна методика обробки польових даних з використанням спеціальних таблиць-шаблонів. Форма таблиці-шаблону для експресної обробки польових даних представлена на рис. 3.

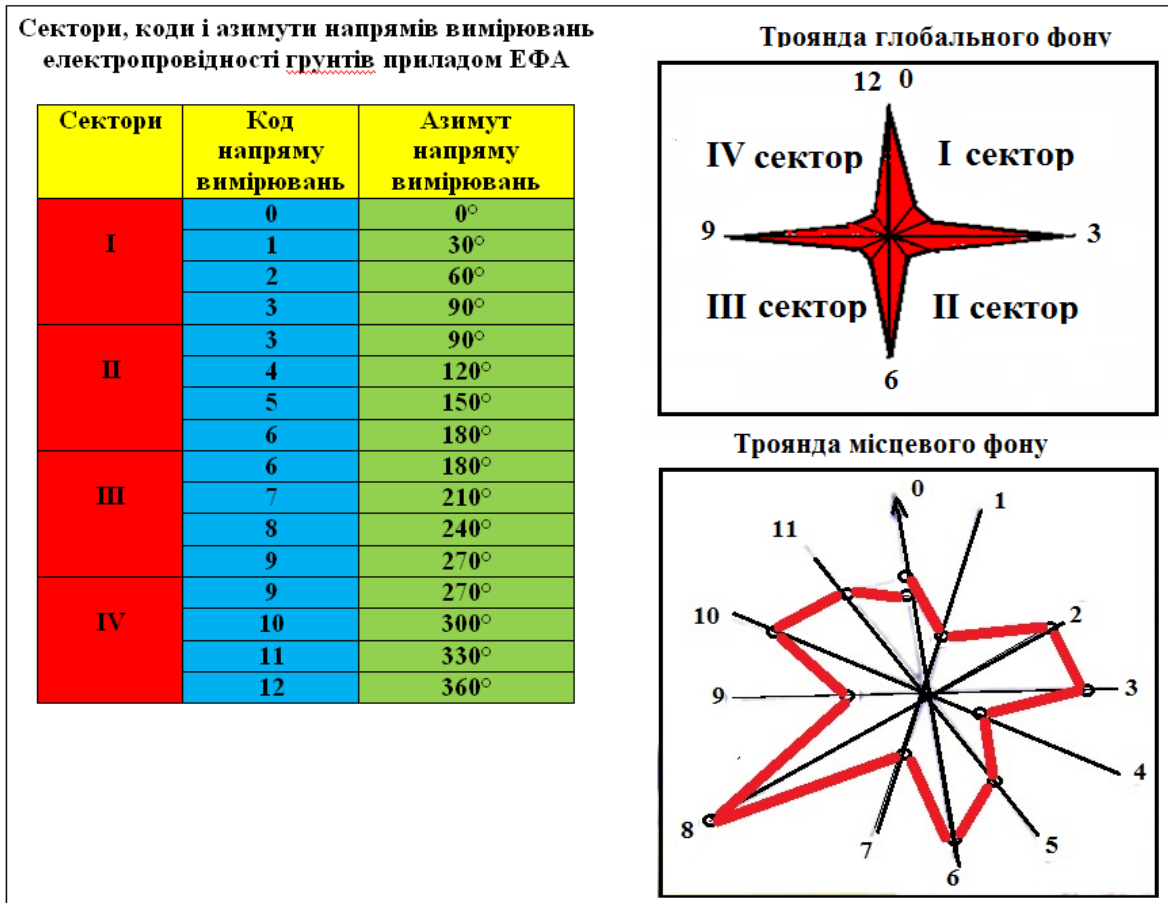


Рис. 2. Система вимірювань електропровідності ґрунтів та результати розрахунків глобального та місцевого фону за даними польових вимірів СГДК-А

В таблицях результати польових досліджень поділені на 4 сектора кола, в кожному секторі виставляється код напрямку максимальної електропровідності. За допомогою таких таблиць шаблонів у польових умовах розраховуються три показника аномальності – K1, K2, K3. Показник K1 відображає межу блоків з різними напрямками максимальної електропровідності. Показник K2 показує відмінність анізотропії електропровідності ґрунтів конкретної точки від глобального фону. Показник K3 відображає відмінність анізотропії електропровідності ґрунтів конкретної точки спостережень від місцевого фону. За результатами розрахунків будуться графіки показників по профілю, на яких визначається положення геодинамічної зони. Контрастність аномалій показників і ширина аномальної зони відображають ранг структури і її геодинамічну активність.

Для більш надійного виявлення геодинамічних зон і оцінки їх активності нами в останні роки застосовується спеціальна комп'ютерна обробка і інтерпретація даних за допомогою спе-

ціальної методики. Алгоритм цієї методики розроблений на основі стандартної програми Excel. В методиці використовується спосіб розрахунку єдиного

показника - коефіцієнта кореляції рангів Спірмена [3]. Коефіцієнт відображає міру відмінності двох сусідніх точок спостереження за всіма 12 напрямками кола вимірювань. Коефіцієнт кореляції рангів Спірмена r_{ls} розраховується за формулою:

$$r_{ls} = 1 - [\sum(x_{i1} - x_{i2})^2] / 286$$

де x_{i1} – один з 12 вимірів на точці; x_{i2} – один з 12 вимірів на суміжній точці.

Наведена формула відображає статистичний метод якісної оцінки кореляції між двома властивостями об'єкту для умов малих вибірок, який широко використовується в геології [5].

Сектори вимірювань і розраховані показники аномальності	Пікети профілю СГДК-А та коди напрямів максимальної електропровідності в секторі																Примітки
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
I	1	1	2/1	2	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	1	0	Ж
	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0	ЖЖ
II	3	3/5	3	3	5	3	3	3	5	5	5	5	6	6	6	6	
	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5	5	5	6	6	6	6	
III	6	8	6	6	7	9	6	6	7	7	6	7	6	6	6	6	
	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	6	6	6	6	6	
IV	9	9	9	11	11	9	9	12	9	12	12	12	12	12	12	12	
	9	9	9	9	9	9/11	9	9	12	12	12	12	12	12	12	12	
K ₁	1	1	1	1	1	1	1	27	81	3	9	27	3	1	1	1	
K ₂	4	4	4	4	4	4	4	4	16	64	64	4	1	1	1	1	
K ₃	1	1	1	1	1	1	1	1	16	64	64	4	4	4	4	4	

ПРИМІТКИ: Ж – коди максимальної електропровідності у секторі за польовими вимірами
ЖЖ – статистично оброблені дані методом фільтрації даних ковзним вікном в 5 пікетів

Рис. 3. Форма таблиці експрес-обробки польових вимірів методом СГДК -А

Як вказано вище, на першому етапі використовувався метод порівняння даних вимірювань в 4 секторах кола з глобальним і місцевим фоном. Новий спосіб обробки польових вимірів дозволяє отримати єдиний показник аномальності геофізичного поля (r_{ls}) і виключити неоднозначності інтерпретації даних за трьома показниками аномальності. Інколи такі аномалії не співпадають по положенню на профілі, що ускладнює інтерпретації отриманих результатів. Приклад такого розрахунку показника r_{ls} по профілю СГДК-А на полі шахти ім. Засядько показаний на рис. 4. Треба відзначити, що найбільш небезпечна геодинамічна зона на профілі чітко виділяється за головним мінімумом графіку r_{ls} . Ця геодинамічна структура маркує зону малоамплітудних тектонічних розривів в надрах шахтного поля, вздовж якої неодноразово траплялися викиди газу метану та вугільного пилу.

Результати досліджень. В межах Донбасу окрім поля шахти ім. Засядько методом СГДК-А досліджено багато ділянок [6]. Основним завданням було: встановлення особливостей прояву в геофізичному полі великих і дрібних розривних порушень, місць скупчень метану і газодинамічних явищ у вугільних пластах.

У зоні зчленування Донбасу з Приазовським блоком УЩ досліджена зона впливу великого розлому, що розділяє докембрійські породи УЩ і девонські базальти півдня Донбасу. Завданням досліджень на цій ділянці було встановлення проявів цього великого розривного порушення в електромагнітному полі ґрунтів і оцінка впливу його на формування комплексних геохімічних аномалій в ґрунтах. Встановлено, що розлом добре проявлений аномаліями усіх трьох параметрів СГДК-А – K₁, K₂, K₃. За параметрами розрахований мультиплікативний показник. Аналогічний показник розраховано по вмісту в ґрунтах ряду хімічних елементів, кон-

центрації яких перевищують ГДК. Геофізичні аномалії добре співпадають у просторі з екологічно небезпечними геохімічними аномаліями (рис. 5).

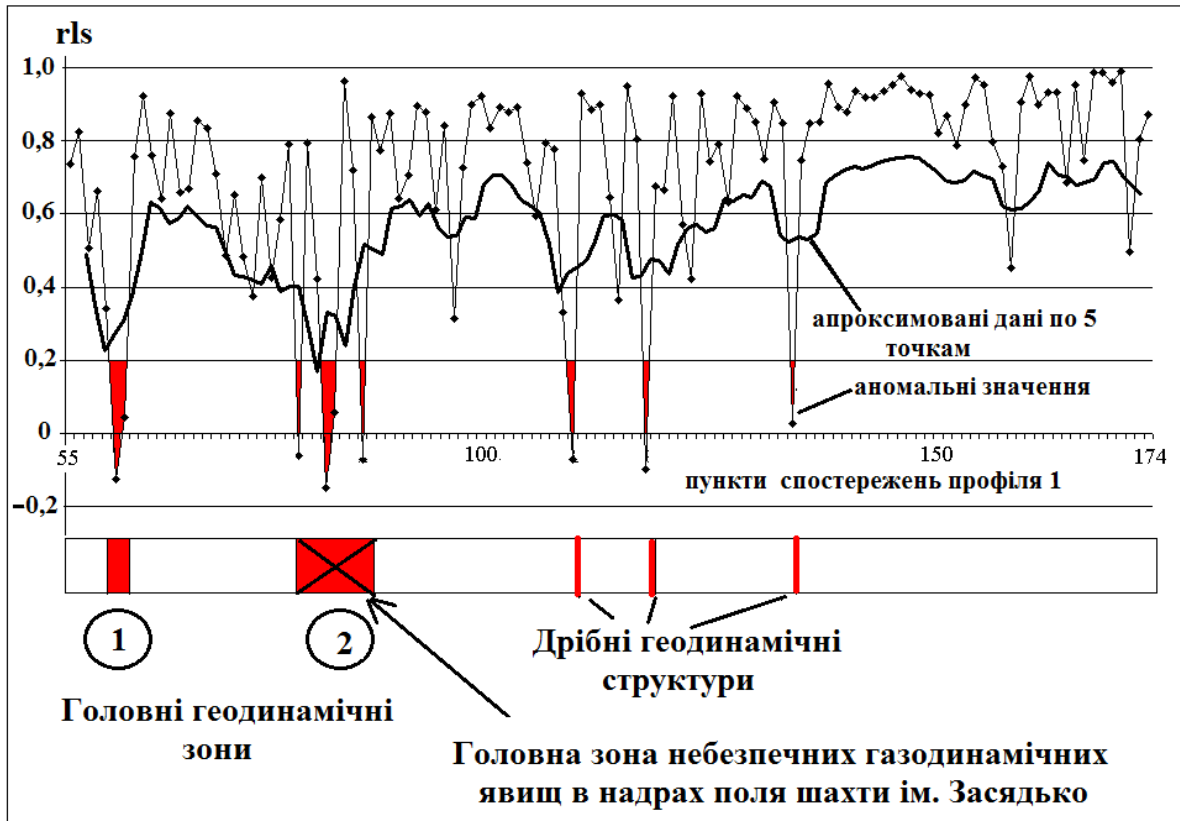


Рис. 4. Графік rls і геодинамічні зони на профілі 1 поля шахти ім.Засядько

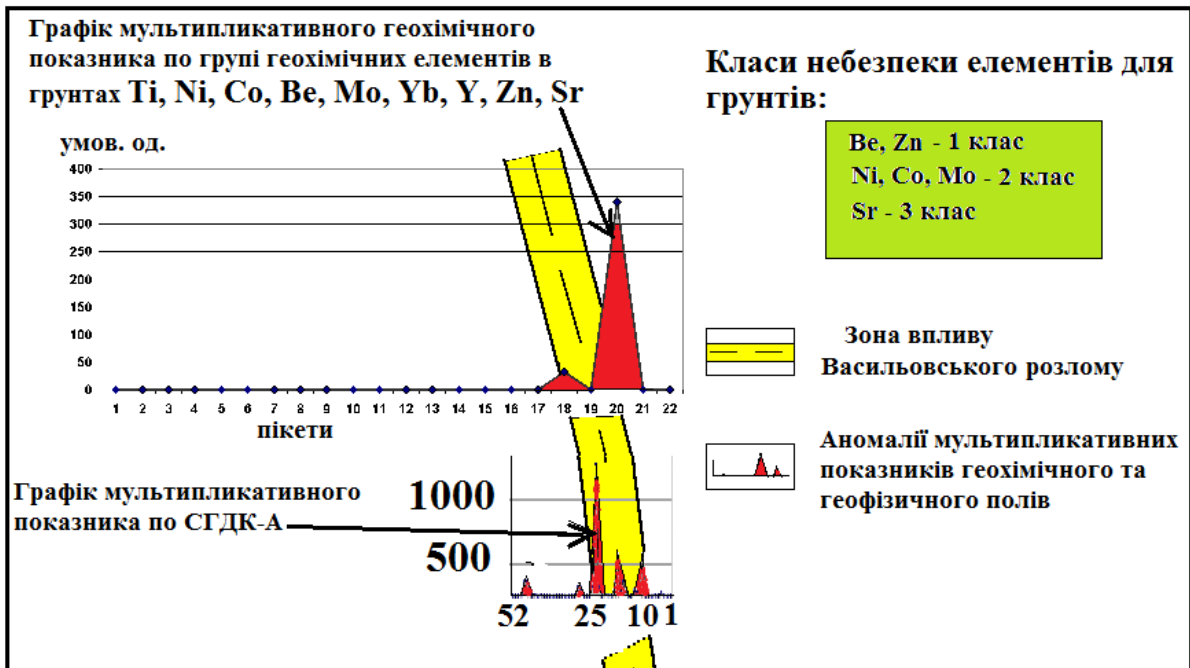


Рис. 5. Графік геофізичних і екологічно небезпечних геохімічних аномалій

В місті Донецьку методом СГДК-А були виявлені небезпечні геодинамічні зони, в яких за статистикою відмічалася підвищена захворюваність населення, руйнація фундаментів будинків.

Результати досліджень методом СГДК-А також використовувалися на площах під житлове і промислове будівництво і корегували будівельні проекти. В якості прикладу слід привести ділянку досліджень в районі п. Широкий. На ділянці досліджень планувалася забудова висотними будинками. В результаті проведених досліджень були встановлені небезпечні геодинамічні зони, які різко погіршують несучі властивості ґрунтів. Проект будівництва був зупинений.

Метод СГДК-А використовувалися також при рішенні задач геокартування та при пошуках корисних копалин (флюорит, карбонатна сировина, кімберлітові тіла та інше) у зоні зчленування Донбасу з Приазовським блоком УЩ.

Висновки. Метод СГДК-А має широке застосування в геології і екології. Метод експресний, ефективний і дозволяє не тільки картувати розривні порушення на закритих площах, а також оцінювати їх активність, проникність для небезпечних флюїдів та геодинамічний стан надр. Удосконалення методики обробки польових даних за рахунок інтегрального показника *rls* дозволяє автоматизувати процес обробки на базі використання стандартних комп'ютерних програм і підвищити надійність інтерпретації результатів СГДК-А.

Бібліографічний список

1. Горбушина Л.В. Эманионный метод индикации геодинамических процессов при инженерно-геологических изысканиях / Л.В. Горбушина, Ю.С. Рябоштан // Советская геология. " 1975. " №4. " С.106- 112.
2. Панов Б.С. О новом методе структурно-геодинамических исследований Б.С. Панов., Ю.С. Рябоштан., Е.П. Тахтамиров и др. // Советская геология. " 1984. " №1. " С.66-75.
3. Селюков Е.И. Краткие очерки практической микрогеодинамики / Е.И. Селюков, Л.Т. Стигнеева. – СПб.: Питер, 2010. – 56 с.
4. Алехин В.И. Геодинамическое картирование: методы и аппаратура / В.И. Алехин, А.Я. Аноприенко, А.В. Анциферов и др. – Донецк: ДонНТУ, Технопарк ДонГТУ «Унитех», 2007. – 144 с.
5. Гуськов О.И. Математические методы в геологии. Сборник задач / О.И. Гуськов, П.Н. Кушнарев, С.М. Таранов. –М.: Недра, 1991, – 205 с
6. Алехин В.И. Структурно-геодинамическое картирование при решении различных задач, связанных с приповерхностными деформациями горного массива / В.И. Алехин // Наукові праці ДонНТУ. Серія гірничо-геологічна. - 2013. – Вып. 2 (19) . – С. 212 – 218

Надійшла до редакції 10.10.2016

В.И. Алехин

Донецкий национальный технический университет, г. Покровск, Украина

ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МЕТОД СТРУКТУРНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ В РЕШЕНИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ГЕОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ

Рассмотрены условия формирования геодинамических зон, связанных с разрывными нарушениями в недрах и подземными разработками угольных месторождений. Освещена методика выявления таких разрывных нарушений и геодинамических зон радиоволновым азимутальным методом структурно-геодинамического картирования - СГДК-А. Метод основан на изучении анизотропии электропроводности почв.

Описанная новая методика обработки и интерпретации полевых измерений СГДК-А, которая повышает качество и надежность выявления разрывных нарушений и геодинамических зон на закрытых площадях. Приведены примеры решения различных геологических и экологических задач методом СГДК-А в Донецкой области и за ее пределами.

Ключевые слова: микродеформационные структуры, геодинамические зоны, анизотропия, электропроводность, метод СГДК-А.

V. ALOKHIN

Donetsk National Technical University, Pokrovsk, Ukraine

GEOPHYSICAL METHOD OF STRUCTURAL-GEODYNAMIC MAPPING FOR SOLVING PRACTICAL PROBLEMS IN GEOLOGY AND ECOLOGY

The present anomalies of stress conditions and microdeformational structures, which reflect the modern geodynamical processes in a rock massif are formed in the surface layer of soils. These anomalies and microdeformations change the concentration of gases in soils and influence the soil electrical conductivity. These elongated linear anomalies detected by means of the SGDM-A method are called geodynamic zones. By nature these zones can be tectonical and man-made. In many cases these geodynamic zones are the zones of geological and environmental risk. It was found, that there is excessive fissuring and small-amplitude failures in the bed-rock massif in such zones. The porosity increases, the mechanical rigidity of subsurface rock decreases, the electrical conductivity and magnetic susceptibility of rock changes. Changes in rock stress condition and surface relief are current environmental problem in the areas.

In the article the new results of researches of geodynamic zones in the Donetsk region and beyond are presented. Changes in rock stress condition and surface relief are current environmental problem in the areas of coal bed underground mining in Donbass. Changes in rock stress condition result in dangerous dynamic processes in mines. Changes of surface relief result in deformations of buildings and structures on the underworked territories. There are known cases of complete building destruction in such anomalous zones. As the investigations in this sphere demonstrated mining operations make deformation processes in a rock massif more active in the places next to severe faults. It is rather difficult to estimate the current geodynamical activity and structure of a rock massif using classical geology and geophysical methods. Many years' experience in investigations of faults in the mined coal deposits as well as in the areas without any underground mining has shown that the activity of these structures changes along the strike and in time. To estimate the current geodynamical condition of a rock massif and to study the effect of active faults on the surface sediments a set of structural-geodynamic mapping methods has been developed. Radiowave azimuth method (SGDM-A) is the most expeditious and effective method of structural and geodynamic mapping. SGDK-A method is based on the study of anisotropy of the electrical conductivity of soil deposits. The new results of SGDK-A method researches of geodynamic zones in the Donetsk region and beyond are presented in this article.

Keywords: microdeformational structures, geodynamic zones, anisotropy, electrical conductivity, SGDK-A method.