

## ПРО НЕОБХІДНІСТЬ КОМПЛЕКСУВАННЯ ГЕОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОГО КАРСТУ (НА ПРИКЛАДІ СОЛЯНИХ РОДОВИЩ ПЕРЕДКАРПАТТЯ)

Запропоновано оптимальний комплекс геофізичних методів дослідження (гравіметрія, ПІЕМПЗ, ВЕЗ, ЗС) для визначення нестійкої зони, пов'язаної з розвитком природно-техногенного карсту. Наведено результати інтерпретації на основі комплексного підрахунку з використанням інтегрованого параметру – функції комплексного показника (ФКП), яка узгоджується з критерієм імовірності розвитку карсту. Побудовано 3Д моделі розподілу критерію імовірності карстонебезпеки окремих ділянок шахтних полів.

**Ключові слова:** шахтні поля; екзогенні геологічні процеси; геолого-геофізичні дослідження; карст; інтерпретація; функція комплексного показника.

**Вступ.** Пошукові та розвідувальні роботи на соляних родовищах Передкарпаття супроводжуються геофізичними дослідженнями. Це відноситься до всіх без винятку родовищ, що були задіяні до експлуатації: Солотвинське родовище кам'яної солі (Закарпатська обл.), Стебницьке родовище калійної солі (Львівська обл.), Калуш-Голинське родовище кам'яної та калійної солі (Івано-Франківська обл.). Комплекс геофізичних методів використовувався в масштабах 1:200 000, 1:50 000, 1:25 000 і включав гравірозвідувальні та електророзвідувальні роботи методами вертикальних електричних зондувань (ВЕЗ) та зондувань становленням електромагнітного поля (ЗС)

[Сапужак, 1990]. При цьому вирішувались задачі картування геологічного розрізу, тобто розчленування на окремі шари та встановлення глибини залягання і потужності цих шарів, а також пошуків і геометризації шарів солі. Геофізичні роботи вважались необхідними на стадії пошуків і враховувались при уточненні розрізу в умовах рідкої бурової сітки, при цьому масштаб геофізичних робіт зазвичай був на ранг крупніший за масштаб проектних пошукових геологорозвідувальних робіт. На стадії розвідки, коли сітка буріння звужувалась у відповідності до інструктивних вимог з подальшим підрахунком і захистом запасів, геофізичні роботи відігравали другорядну роль.

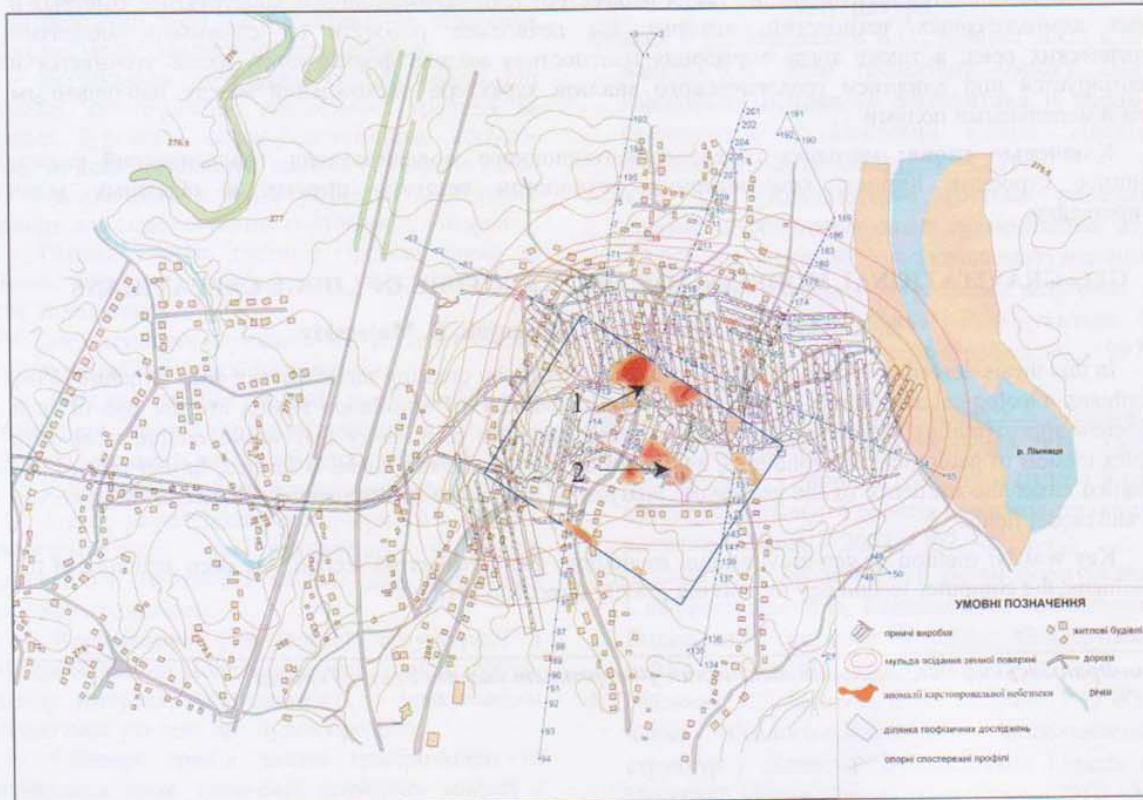


Рис. 1. Карта критерію карстоправальної небезпеки рудника Калуш, ділянка Хотінь

Ситуація змінилась під час експлуатації родовищ, яка повністю припинилась у першому десятиріччі нинішнього сторіччя, та в після експлуатаційний період. Експлуатація здійснювалась шахтним способом (на всіх зазначених родовищах), а також відкритим способом (на Калуш-Голинському родовищі). Об'єм пустот гірничих виробок, в основному видобувних камер складав: на Стебницькому родовищі - 35 млн. м<sup>3</sup>, на Калуш-Голинському - 19 млн. м<sup>3</sup>. Домбровський кар'єр, який розроблявся відкритим способом (Калуш-Голинське родовище), має об'єм 55 млн. м<sup>3</sup> [Кузьменко, 2008]. На цьому етапі найактуальнішою стала задача оцінки стійкості території із визначенням перспективи просідання земної поверхні та карстопровальної небезпеки.

Для вирішення перерахованих задач, крім зазначених вище методів ВЕЗ, ЗС і гравіметрії, долучались методи радіохвильового просвічування (РХП), природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ), природного електричного поля (ПЕП). При комплексній інтерпретації, виникли питання узгодження даних різних електричних і електромагнітних методів; приведення глибин, отриманих за даними геофізики, до реальних; інтегрального підходу до інтерпретації; конкретизації кола задач, які вирішувались геофізичними методами, зокрема електрометричними, у відповідності до конкретних геологічних умов.

**Комплексна інтегрована інтерпретація даних геофізичних досліджень.** Серед параметрів, які визначають карстонебезпеку, розглянемо класи вихідних та ефективних параметрів.

До класу простих вихідних параметрів відносимо всі можливі параметри, які, по-перше, отримані безпосередньо за даними польових спостережень, первинної обробки чи кількісної інтерпретації за окремими методами. До складових вихідних параметрів відносимо ті, що отримані з простих шляхом деяких простих арифметичних перетворень чи трансформацій вихідних даних [Багрій, 2009].

До класу ефективних параметрів відносимо ті параметри, які з фізичної точки зору, а також за результатами статистичної обробки виявились найбільш ефективними для прогнозування карсто-

небезпеки та прийняті до інтегральної кількісної комплексної інтерпретації. При обґрунтуванні ефективних параметрів витримується принцип представлення в комплексній інтерпретації незалежних параметрів (один параметр від одного методу) для того, щоб не надавати окремому методу чи параметру вагової переваги під час формування функції комплексного показника. Ефективні параметри не повинні бути комплексними, тобто складатись з комбінацій простих параметрів, які самі по собі можуть відігравати роль ефективних.

Кореляційні зв'язки ефективних параметрів здебільшого відповідають їх фізичній змістовності щодо відображення карстонебезпеки на якісному рівні, тобто за знаками кореляції. Проте ці зв'язки у більшості не є істотними. Це свідчить про низький рівень корисного сигналу, тобто сигналу на фоні сигналів-завад. Ці сигнали-завади є наслідком структурно-геологічної неоднорідності масивів гірських порід, що підлягають дослідженню. Єдиним виходом в даній ситуації є застосування інтегрованої кількісної комплексної інтерпретації.

Під час комплексної інтерпретації використаний інтегральний метод розрахунку функції комплексного показника, запропонований вперше для дослідження екзогенних геологічних процесів (зсувів) Кузьменком Е. Д. [Кузьменко, 2007]. Ідея реалізації ФКП полягає в тому, що інформація по кожному методу містить в собі як корисний сигнал, так і сигнал-заваду. Корисний сигнал має регулярний характер зміни для всіх методів, що є функцією карстонебезпеки, в той час, коли сигнал-завада розподіляється випадково. При розрахунку ФКП корисний сигнал однозначно сумується, а сигнал-завада взаємно знищується. Наведемо процедуру аналізу первинних матеріалів, яка призвела до виділення з масиву вихідних параметрів тих, які можуть розглядатись як ефективні під час прогнозування карстонебезпеки. Для цього складена таблиця парної кореляції вихідних параметрів (табл. 1). З таблиці випливає, що значний внесок у формування ФКП дають параметри  $\Delta g$ ,  $\tau$ ,  $\rho_{\min}$ , дещо менший вплив параметра  $\chi$ . Результати комплексної інтегрованої інтерпретації наведені на рис. 1.

Таблиця 1

Матриця коефіцієнтів парної кореляції для вихідних параметрів та ФКП.

	$\Delta g$	$\tau$	$\rho_{\min}$	$\chi$	ФКП		вклад
$\Delta g$	1	-0,13	0,18	-0,26	-0,31	-0,31	21,00
$\tau$	-0,13	1	-0,31	-0,01	0,40	0,40	27,00
$\rho_{\min}$	0,18	-0,31	1	-0,08	-0,52	-0,52	34,00
$\chi$	-0,26	-0,01	-0,08	1	0,25	0,25	18,00
ФКП	-0,31	0,40	-0,52	0,25	1	1,00	100,00

Умовні позначення: ФКП – функція комплексного показника,  $\Delta g$  – відносне прискорення сили тяжіння,  $\times 10^{-5} \text{ м/с}^2$ ,  $\chi$  - коефіцієнт анізотропії,  $\tau$  – провідність гірських порід,  $\rho_{\min}$  - опір ГГШ.

На ділянці відмічається дві аномалії за критерієм імовірності, що перевищує 0.7.

**Аномалія №1.** Аномалія знаходиться на північно-східній частині планшета. Значення  $P$  перевищує 0.7. Аномалія витягується нижнім краєм до дороги, узгоджується з усіма ефективними параметрами і пов'язується з мутью осідання, яка утворилася.

**Аномалія №2** розташована в центральній частині планшета. Тут значення критерію імовірності  $P > 0.6$ . Аномалія узгоджується з параметрами  $\Delta g$ ,  $\tau$ ,  $\rho_{\min}$  та  $\chi$ .

**Висновки.** Слід вважати доведеним, що оптимальним комплексом для визначення нестійкої зони, пов'язаної з розвитком карстопровальної небезпеки на шахтних полях відпрацьованих рудників є комплекс методів гравиметрії, ПЕМПЗ, ВЕЗ, ЗС. Інтерпретацію слід проводити як за окремими методами, так і на основі комплексного підрахунку з використанням інтегрованого параметру – функції комплексного показника, яка узгоджується з критерієм імовірності розвитку карстопровальної небезпеки.

**О НЕОБХОДИМОСТИ КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОГО КАРСТА (НА ПРИМЕРЕ СОЛЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИКАРПАТЬЯ)**

**С.М. Багрий**

Предложен оптимальный комплекс геофизических методов исследования (Гравиметрия, ЕИЭМПЗ, ВЭЗ, ЗС) для определения неустойчивой зоны, связанной с развитием природно-техногенного карста. Приведены результаты интерпретации на основе комплексного подсчета с использованием интегрированного параметра – функции комплексного показателя (ФКП), которая согласуется с критерием вероятности развития карста. Построены 3Д модели распределения критерия вероятности карстобезопасности отдельных участков шахтных полей.

**Ключевые слова:** шахтные поля; экзогенные геологические процессы; геолого-геофизические исследования; карст; интерпретация; функция комплексного показателя.

**ABOUT NECESSITY OF THE COMPLEXING GEOPHYSICAL METHODS IN NATURAL AND INDUSTRIAL KARST INVESTIGATION (THE EXAMPLE OF SALT DEPOSITS IN PRECARPATHIANS)**

**S. Bagriy**

The optimum complex of geophysical research methods (gravimetry, PIEMPZ, VEZ, ZS) to identify unstable areas associated with the development of natural and anthropogenic karst is present. An interpretation of the results, based on a complex calculation using an integrated option - features a comprehensive index (PCF), which is consistent with the criterion for karst hazard. The 3D models of the distribution of probability criterion for karst hazard individual sections of the mine fields.

**Key words:** mine fields; exogenous geological processes; geophysical researches; karst; interpretation; function of the complex index .

**Література**

Сапужак Я. С., Шамотко В. И., Кравченко А. П., Геоэлектрические модели и методы исследования структур запада Украины. // Киев: Наукова думка. - 1990. - 186 с.  
 Кузьменко Е. Д., Крижанівський Є. І., Палійчук Н. В., Бараненко Б. Т. Техногенна ситуація в районі Калуського промислового вузла // Науковий вісник ІФНТУНГ. - 2008. - №2(18) - С. 5 - 11.  
 Багрий С.М. Оцінка можливості прориву річки Сівка в Домбровський кар'єр Калуш-Голинського родовища калійної солі // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. - 2009. - №43(22). - С. 44 - 52.  
 Кузьменко Э.Д., Крыжанивский Е.И., Карпенко А. Н., Журавель А.М. Закономерная связь между величинами вероятностей возникновения оползней и оползневой опасности при комплексном воздействии природно-техногенных факторов. //Научное открытие. Диплом № 310. // Научные открытия: сборник кратких описаний научных открытий, научных идей, научных гипотез. - 2006. - Москва: МААНОЙ, 2007. - С. 64-65.