

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ УМОВ РОЗВИТКУ ПРОЯВІВ СУЛЬФАТНОГО ТА КАРБОНАТНОГО КАРСТУ ДЛЯ ТЕРИТОРІЇ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Чепурний І.В.

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна, м. Івано-Франківськ, 76019, вул. Карпатська, 15, e-mail: igor.chepurny@yandex.ua*

Карст є небезпечним екзогенним геологічним процесом (ЕГП), прояви якого значно поширені на території України. Як впливає з [1], здатними до карстоутворення є території Львівської, Тернопільської, Чернівецької, Івано-Франківської областей. Карстові площі мають різні ступені стійкості, тобто різну інтенсивність утворення карстових провалів, що визначається природно-техногенними умовами кожної окремої території. Тому питання дослідження умов розвитку карстових процесів при розробці прогностичних моделей є актуальним.

Метою дослідження, результати якого наводяться в цій доповіді, є порівняння основних умов розвитку карбонатного та сульфатного карсту, що дозволить зробити висновок про доцільність розподілу поверхневих проявів сульфатного та карбонатного карсту при прогнозуванні.

Для досягнення поставленої мети були виокремлені такі завдання:

– на прикладі території, де поширені одночасно прояви сульфатного та карбонатного карсту, надати детальний опис геологічної будови території, що дозволить виявити основні типи поверхневих карстових форм відповідно до геологічних умов залягання карстової товщі;

– методами просторового аналізу ГІС, використовуючи відповідні картографічні шари, визначити кількісні характеристики просторових факторів поширення сульфатного та карбонатного карсту;

– статистичними методами порівняти отримані масиви даних кількісних характеристик факторів для карбонатного карсту та для сульфатного карсту, застосувавши відповідні статистичні критерії.

У якості досліджуваної території обрано територію в межах Львівської області, де зафіксовано 3549 карстопроявів, серед яких 2264 прояви карсту згідно каталогу віднесено до сульфатного, 1285 – до карбонатного. Із геологічної точки зору територія досліджень має складну геологічну будову. Це в першу чергу наявність великої кількості тектонічних порушень, що значно сприяє карстоутворенню, враховуючи їхню дренажну дію, а також підвищену тріщинуватість порід у прилеглих до розломів ділянках. Іншою специфічною особливістю є складність розділення дністровського (гіпсангідростового) і ратинського (надгіпсового) горизонтів тираської світи. Це значно ускладнює можливість просторового прогнозування карсту в регіональному масштабі, оскільки при прогнозуванні необхідні детальні дані про геологічну будову території, які можуть бути отримані або з карт масштабів 1:25 000, 1:50 000 і крупніших, до яких є обмежений доступ, або за даними буріння.

Найбільш поширеними поверхневими карстовими формами є воронки, які мають різноманітне походження та відповідно різну будову. Виконаємо порівняння за морфометричними параметри поверхневих карстових проявів. Побудовано гістограми розподілу для двох параметрів карстових воронок: глибина та площа. Як впливає із аналізу гістограм, та підтверджується розрахованими D-критеріями Колмогорова-Смірнова розподіли не є нормальними, тому вимагають застосування для оцінки незалежності двох вибірок непараметричних статистичних критеріїв. Одним із таких критеріїв є U-критерій Манна-Уїтні. Тому для оцінки ступеня незалежності двох статистичних вибірок (морфометричних параметрів для проявів сульфатного та карбонатного карсту) розраховано непараметричний U-критерій Манна-Уїтні. Знайдене значення критерію виявилось значимим ( $p < 0.05$ ) для площі карстопроявів та незначимим ( $p > 0.05$ ) для глибини карстопроявів. Тобто дві вибірки для двох типів карсту сульфатного та карбонатного за параметром площа є незалежними, а за параметром глибина карстопрояву – залежними, тобто належать до однієї генеральної сукупності.

Описовими (якісними) характеристиками поверхневих проявів карсту є їхня форма в плані, форма у розрізі, тип механізму утворення, ступінь обводнення, фаза розвитку. За типом механізму утворення, згідно каталогу, практично всі прояви карсту віднесені до корозійно-суфозійних, за ступенем обводнення – до сухих. За формами в розрізі та в плані прояви карбонатного і сульфатного карсту розподіляються в загальному однаково, а от за фазою розвитку є відмінності – значно більша кількість древніх форм сульфатного карсту та домінування стабільних проявів карбонатного карсту, але кількість активних провалів є більшою для сульфатного типу карсту.

З метою порівняльного аналізу впливу факторів на розвиток карстопроявів сульфатного та карбонатного карсту засобами аналізу ГІС визначено окремі кількісні характеристики факторів у точках карстопроявів. Розглядалися такі факторні характеристики:

- геологічні – літологічний склад четвертинних відкладів, геологія дочетвертинних відкладів, відстань до тектонічного порушення;

- геоморфологічні – відстань до базису ерозії;

- гідрогеологічні - рівень ґрунтових вод, водопровідність неогенових відкладів, значення гідроізопіс четвертинного та міоценового водоносного горизонту, ізопотужності четвертинного та міоценового водоносних горизонтів;

- інженерно-геологічні – відстань до найближчого карстопрояву;

- техногенні – відстань до ділянок порушення геологічного середовища (кар'єрів, водозаборів), відстань до населеного пункту, відстань до доріг.

Встановлено, що найбільш ураженим поверхневими карстопроявами є дністровський горизонт, і відповідно тут переважає кількість проявів сульфатного карсту (448 проявів проти 22 карбонатного),



для зони поширення баранівських шарів коефіцієнт контрастності теж високий, але площа поширення їх незначна (0,001% території) і відповідно кількість карстопроявів теж (8 сульфатного та 8 карбонатного карсту). Зона поширення косівської світи займає найбільшу площу серед зон, у межах яких присутні прояви карсту (11 % території досліджень), розрахований коефіцієнт контрастності – 2,92 для усіх карстопроявів, 3,09 для проявів карбонатного карсту, 2,82 – сульфатного; загальна кількість карстопроявів 1580 (більше половини), з яких 607 – карбонатного, а 973 – сульфатного карсту. Цей результат є закономірним оскільки під косівськими відкладами залягає тираська світа, з якою пов'язаний розвиток як сульфатного (дністровський горизонт) так і карбонатного (ратинський горизонт) карсту. Щодо території поширення нараївських вапняків, то коефіцієнт контрастності для усіх карстопроявів рівний 1,88, для проявів карбонатного карсту – 3,08, сульфатного – 1,20. Кількість карстопроявів для цієї зони рівна 796, з яких 472 – карбонатного, а 324 – сульфатного карсту. Постає питання, щодо поширення проявів сульфатного карсту у межах цієї зони, оскільки, як зазначалось раніше, сульфатний карст на досліджуваній території пов'язують із дністровським горизонтом тираської світи, який згідно геологічного розрізу залягає вище. Такий результат може бути пов'язаний із масштабом досліджень, оскільки розглядається регіональний масштаб, який не передає усю складність геологічної будови території.

Побудовано суміщені гістограми (за типами карсту), із яких можна зробити висновок про відсутність багатомодальних законів розподілу. Це означає, що кардинальної різниці у впливі обраних факторів на розвиток карстових провалів немає. Розраховані значення D-критерію Колмогорова-Смірнова для різних факторних характеристик, одержаних в точках карстопроявів різних типів карсту, значна різниця у значеннях критерію відсутня. Найбільші відхилення в значеннях критерію спостерігаються для факторних характеристик «відстань до розлому», «водопровідність неогенових відкладів», «рівень ґрунтових вод», «абсолютні відмітки міоценового водоносного горизонту», що співставимо з геологічною будовою території. Також використано непараметричний U-критерій Манна-Уїтні для оцінки незалежності пар вибірок сульфатного та карбонатного карсту відповідних факторних характеристик. Як виявилось, тільки за факторною характеристикою «відстань до ділянок порушення геологічного середовища (водозаборів, кар'єрів)» вибірки для сульфатного та карбонатного карсту належать до однієї генеральної сукупності. Враховуючи результати досліджень наведені в роботі [3], щодо порівняння ефективності використання непараметричного U-критерію Манна-Уїтні та параметричного T-критерію Стюдента, одним із висновків якої є вказівка доцільності використання двох критеріїв, одночасно було розраховано T-критерії для оцінки незалежності вибірок сульфатного та карбонатного карсту для різних факторів. Із розглянутих 11 факторів тільки за трьома – «відстань до ділянок порушення геологічного середовища (водозаборів, кар'єрів)», «потужність четвертинного водоносного горизонту», «потужність міоценового водоносного горизонту» значення T-критерію виявилось не значимим, що вказує на залежність вибірок сульфатного та карбонатного карсту за цим факторами. За іншими факторами значення T-критерію виявилось значимим ( $p < 0.01$ ).

Висновки. Дослідження статистичних розподілів морфометричних параметрів карстових форм на етапі візуального аналізу та з використанням D-критерію Колмогорова-Смірнова дозволяє стверджувати, що статистичні розподіли є одномодальними, карстові прояви сульфатного та карбонатного типів представляють один масив даних. Таке твердження є вірним на представленому етапі досліджень. Проте з погляду на відсутність однозначного нормального закону розподілу для різних факторів доцільно використати більш «жорсткі» критерії, які не залежать від законів розподілу. Зокрема використано U-критерій Манна-Уїтні. В результаті маємо незалежність масивів даних для переважаючої більшості факторів для різних типів карсту. Тому доцільним у подальшому створювати прогностичні просторові моделі окремо для поверхневих форм різних типів карсту – у даному випадку карбонатного та сульфатного.

У перспективі, подальшим розвитком досліджень, викладених у цій роботі є розробка прогностичних моделей просторового розвитку карстопроявних процесів для інших карстових територій України. Питання розділення чи спільного розгляду поверхневих проявів сульфатного і карбонатного карсту повинне розглядатись для кожної окремої території і визначатись у першу чергу складністю геологічної будови території, наявністю необхідних крупномасштабних картографічних матеріалів, характером просторового розподілу проявів карбонатного та сульфатного карсту.

#### Література

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013 році. – Київ: ДП «Агентство “Чорнобильінформ”», 2014. – 542 с.
2. Закономерная связь между величинами вероятностей возникновения и оползневой опасности при комплексном воздействии природно-техногенных факторов. Научное открытие. Диплом №310/ [Кузьменко Э.Д., Крыжановский Е.И., Карпенко А.Н. и др.] // Научные открытия: Сборник кратких описаний научных открытий, научных идей, научных гипотез. – Москва: МАНОИ, 2007. – С. 64–65
3. Корнеев А. А. Условия применимости критериев Стюдента и Манна-Уитни/ А. А. Корнеев, А. Н. Кричевец // Психологический журнал. – 2011. – том 32, № 1. – с. 97–110.