

Національна академія наук України
Державна установа "Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України"

ПАВЛЮК ВАСИЛЬ ІВАНОВИЧ

УДК504.064: 551.1/.4: 556.3

**ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ГЕОЕКОЛОГІЧНОГО
МОНІТОРИНГУ ТЕХНОГЕННО ПОРУШЕНИХ СОЛЕНОСНИХ
МОЛАС ПЕРЕДКАРПАТТЯ (НА ПРИКЛАДІ СТЕБНИЦЬКОГО РОДОВИЩА
КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ)**

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата геологічних наук

Київ – 2017

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Національній академії природоохоронного та курортного будівництва МОН України

Науковий керівник:

доктор геолого-мінералогічних наук, професор
Лущик Анатолій Васильович

Офіційні опоненти:

доктор геологічних наук

Климчук Олександр Борисович,

Інститут геологічних наук НАН України, провідний науковий співробітник відділу гідрогеологічних проблем

кандидат геологічних наук

Дяків Василь Олексійович,

Львівський національний університет імені Івана Франка, доцент кафедри екологічної та інженерної геології і гідрогеології

Захист відбудеться “28” грудня 2017 року о 11 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.192.01 у Державній установі «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України» за адресою: 03142, Київ, пр. Академіка Палладіна, 34а. Тел./Факс: +38-044-502-12-29; електронна пошта: igns@nas.gov.ua

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України» за адресою: 03142, Київ, пр. Академіка Палладіна, 34а.

Автореферат розісланий “27” листопада 2017 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради Д 26.192.01
кандидат геолого-мінералогічних наук



Яценко В.Г.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У межах Передкарпатської провінції соляних відкладів у результаті інтенсивної господарської діяльності людини та її впливу на довкілля, після закриття видобувних підприємств калійної солі, значно активізувалися негативні екзогенні геологічні процеси (ЕГП) на ділянках у межах впливу ліквідованих гірничих виробництв. Подібні явища несуть загрозу навколишньому середовищу та створюють небезпечні ситуації для життєдіяльності. Передумовою утворення цих явищ, що виникли завдяки техногенному втручанню у геологічне середовище, стали зміни фізико-механічних властивостей масивів ґрунтів, гідрогеохімічних та геодинамічних умов геологічного середовища, таких як: морфології ділянок земної поверхні, гідрологічної та гідрогеологічної природної рівноваги, активізації провалів, зсувів, просідання, підтоплення земної поверхні, заболочення, суфозії. Зазначені процеси та явища досить активно розвиваються у межах впливу відпрацьованих ділянок Стебницького родовища калійних солей, яке можна розглядати як типовий об'єкт-аналог для інших подібних територій Передкарпатської провінції соляних відкладів та світу в плані формування, розвитку та активізації сольового карсту. Світовий досвід дослідження, розвитку та активізації сольового карсту у межах впливу солевидобувних рудників показав, що основою зазначеної активізації стали прориви підземних та поверхневих вод у гірничі порожнини. Практика вивчення причин прориву таких вод у підземні виробки Стебницького рудника продемонструвала, що на окремих його ділянках були недостатньо вивчені геологічні, гідрогеологічні, гідрологічні та геоморфологічні умови під час розвідувальних і експлуатаційних робіт та були відсутні достовірні показники про характер, місцезнаходження і глибини розвитку небезпечних зон з точки зору проникнення через них поверхневих вод. Однією з причин такого стану речей була відсутність на той час досконалої методики досліджень у системі геоecологічного моніторингу (СГЕМ) та науково обґрунтованого прогнозу просторово-часового розвитку ЕГП у середовищі поширення соленосних відкладів Передкарпаття. У зв'язку з зазначеним, питання обґрунтування та вдосконалення системи геоecологічного моніторингу техногенно-порушених територій з соленосними відкладами є актуальною науковою задачею у плані зменшення чи ліквідації загроз, пов'язаних з розвитком негативних ЕГП на територіях поширення карстових процесів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, покладені в основу дисертаційної роботи, пов'язані з роботою автора у складі «Геолого-екологічної партії» Львівської геологорозвідувальної експедиції під час виконання урядової програми моніторингу ЕГП (УПМ ЕГП) – «Моніторинг поширення та розвитку інженерно-геологічних процесів та явищ» ЕГП, що реалізується у межах території Львівської області з метою забезпечення геологічними даними Урядової інформаційно-аналітичної системи надзвичайних ситуацій (УІАС НС). Параметри, що оцінюються у рамках проекту УПМ ЕГП: природні умови розвитку ЕГП; просторові та часові індикатори прояву та розвитку ЕГП; вплив ЕГП на господарські об'єкти; ураженість ЕГП з виділенням площ та ділянок можливого виникнення надзвичайних ситуацій, картування поширення

ЕГП. Дані дослідження продовжувалися автором дисертації підчас роботи у Державному підприємстві «Науково-дослідний інститут Галургія», м. Калуш.

Мета і задачі досліджень. Мета роботи – вдосконалення існуючої системи геоecологічного моніторингу території розвитку сольового карсту Передкарпаття.

Для досягнення поставленої мети передбачалося поетапно виконати наступні задачі:

- з врахуванням світового досвіду провести аналіз та систематизацію умов і чинників розвитку і активізації сольового карсту та супроводжуючих його ЕГП у межах Передкарпатської провінції соляних відкладів та типового об'єкту-аналога - Стебницького родовища калійних солей;

- детально дослідити відомі прояви зон активізації сольового карсту та пов'язані з ним ЕГП у межах Передкарпаття;

- на основі отриманих даних виявити індикативні ознаки та закономірності виникнення зон природної та техногенної активізації сольового карсту Передкарпаття;

- на основі генетичної систематизації чинників впливу на розвиток сольового карсту та закономірностей його просторового прояву дати прогнозну оцінку потенційно небезпечних зон карстової активізації та запропонувати заходи з удосконалення існуючої СГЕМ соляних відкладів Передкарпаття.

Об'єкт досліджень – процеси карстоутворення у солових відкладах Передкарпаття під впливом природних і техногенних чинників та їхній геоecологічний моніторинг.

Предмет досліджень – умови розвитку сольового карсту соленосних відкладів Передкарпаття.

Методи досліджень. При виконанні поставлених у дисертації завдань, використовувався комплекс сучасних і традиційних методів: вивчення літературних та фондових джерел по району досліджень та дані світового досвіду моніторингу об'єктів сольового карсту; польові інструментальні, гідрогеоecологічні, геохімічні та геофізичні спостереження картографування, об'єктів активізації сольового карсту, якісний та статистичний аналіз отриманих даних, геологічна систематизація даних та оцінювання геоecологічних ризиків; застосування методу багатомірного шкалювання, як засобу ефективного порівняння різних об'єктів за ознаками просторового поширення та статистичного і картографічного аналізу параметрів їх будови і динаміки розвитку; верифікація на ЕОМ методом багатосарового порівняльного співставлення різнопланових фактичних даних, чинників, що мають вплив на розвиток карсту та результатів їх дії у вигляді графічної, картографічної, статистичної та аналітичної інформації у двовимірному та тривимірному зображенні.

Наукова новизна одержаних результатів: Найвагомішими та достовірними результатами, які характеризують наукову новизну роботи і особистий внесок автора вважати такі:

- зібрані, уніфіковані та систематизовані за ваговими коефіцієнтами умови та чинники впливу на розвиток і активізацію сольового карсту Передкарпаття, що може бути рекомендоване для удосконалення спостережень в СГЕМ;

- удосконалено та доповнено існуючу систему геоecологічного моніторингу території Передкарпаття на основі науково обґрунтованої систематизації умов і

чинників, які ведуть до виникнення та розвитку сольового карсту та пов'язаних з ним інших негативних екзогенних геологічних процесів.

Вперше отриманні такі наукові результати:

- установлені закономірності гідродинаміки підземних вод у геологічному розрізі товщі гіпсо-глинистої шапки (ГГШ) соляних відкладів, та їхні просторові зміни під впливом природних і техногенних чинників, а саме, встановлено, що водопроникність комплексу соляних відкладів вздовж шаруватості є вищою за водопроникність навхрест геологічних структур;

- на чисельних прикладах даних щодо поширення поверхневих проявів ЕГП доведено, що розвиток карсту в Передкарпатті має переважаюче лінійне поширення вздовж геологічних контактів (літологічних та фаціальних границь), що вимагає врахування при обґрунтуванні спеціальних досліджень з прогнозу розвитку ЕГП та закладенні постів геоecологічного моніторингу;

- доведено, що диз'юнктивні порушення, які залягають навхрест простягання шаруватості геологічних відкладів виконують стримуючу роль у процесах підземного вилуговування солей, які розвиваються вздовж геологічних границь, та є зонами уповільненого карстоутворення в умовах дії тільки природних чинників.

- встановлено, що максимальні фільтраційні показники відкладів, розміщених над калійними пластами, є наслідком полімінерального складу солей з різним ступенем розчинності, вони формують нестійке пористе середовище, складене нерозчинним залишком, структурно скріпленим у різних співвідношеннях галіт-полігаліт-лангбейніт-ангідритовим цементом (такі фільтраційні неоднорідності створюють своєрідні відносно більш водопроникні «канали» у базисній частині ГГШ та на поверхні «соляного дзеркала»).

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що основні результати апробовано, доведено до рівня практичних рекомендацій і впроваджено:

- акт впровадження від 17/05/2016 за № 26/16 НДІ «Економічного розвитку»;
- акт впровадження від 13.07.2016 за № 1774 Львівської ГРЕ ДП «Західукргеологія»;
- акт впровадження від 19.08.2016 за № 16-032 ДП НДІ «Галургія».
- акт впровадження від 13.10.2017 за № 17-060 ДП НДІ «Галургія».

Результати дисертаційні роботи мають практичне значення, як методична основа з визначення зон геоecологічного ризику та обґрунтування системи геоecологічного моніторингу на техногенно-порушених територіях солевих відкладів, де спостерігаються чи можуть виникнути негативні карстові процеси, та пов'язані з ним інші ЕГП. Для постійного оперативного контролю за станом середовища на таких територіях необхідна організація СГЕМ у межах техногенно порушених ділянок солевмісних відкладів та прилеглих територій згідно запропонованих у дисертації рекомендацій.

Особистий внесок автора. Більша частина наукових робіт виконана та написана автором особисто. Безпосередньо автором проведено узагальнення матеріалів, експериментальні маршрутні, інструментальні та геофізичні дослідження. Побудова на ЕОМ, методом багат шарового накладання картографічної (в тому числі у тривимірному зображенні), статистичної та аналітичної інформації, різнопланового фактичного матеріалу і верифікація отриманих результатів проведена самостійно.

Апробація результатів дисертації. Основні результати і положення дисертаційного дослідження доповідалися та обговорювалися на 3-х міжнародних науково-практичних конференціях: 5 міжнародна науково-практична конференція «Інженерний захист територій і об'єктів у зв'язку з розвитком небезпечних геологічних процесів». Гурзуф, 2007; 4 міжнародна науково-практична конференція «Моніторинг навколишнього природного середовища: науково-методичне, нормативне, технічне, програмне забезпечення». Коктебель, 2009; міжнародна науково-практична конференція «Актуальные проблемы геологии, прогноза, поисков, и оценки месторождений твердых полезных ископаемых». Судак 2012.

Публікації. Результати дисертації відображені 17 публікаціях: 2 статті у міжнародних фахових виданнях (1 без співавторів), 5 – у провідних наукових фахових журналах з геологічних наук (5 без співавторів), 6 статей у збірниках праць, 4 статті у матеріалах конференцій.

Структура роботи. Дисертація складається зі вступу, 5 розділів оригінальних досліджень, висновку, списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 194 сторінки, у тому числі 149 сторінок основного тексту, 52 рисунки і 12 таблиць, 7 рисунків на окремих аркушах. Список використаних джерел складає 143 найменування на 16 сторінках. Подано 4 текстові додатки.

Подяки. Дисертація виконана під науковим керівництвом доктора геолого-мінералогічних наук, професора А.В. Лущика, якому автор висловлює щиро подяку.

Роботі над дисертацією сприяла творча підтримка співробітників ДП «Західукргеологія» та співпраця зі спеціалістами і особисто з Ю.В. Садовим, заступником директора з наукової роботи ДП „НДІ Галургія” м. Калуш. Здобувач щиро вдячний директору ДУ ІГНС Лисиченко Г.В. за конструктивні критичні зауваження по дисертаційних матеріалах на завершальній стадії формування роботи.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У першому розділі «**Огляд літератури по темі карст соленосних провінцій Передкарпаття та світу**», приведено огляд опрацьованої літератури з геологічного вивчення територій поширення солей Передкарпатського передового прогину (праці В'ялова О.С., Глушко В.В., Доленко Г.Н., Суботіна С.І., Іванова А.А., Фівега М.П., Кореневського С.М., Валяшко М.Г., Шлеймовича Р.Е., Ходькова А.Є., Джинорідзе Н.М., Корія С.С., Рудька Г.І., Лущика А.В., Лисиченко Г.В., Яковлева Є.О., Кузьменка Е.Д. та ін.). Огляд літератури демонструє розвиток наукової думки про будову регіону, історію розвитку геологічних, гідрогеологічних поглядів та спеціальних наукових досліджень, що вивчали випадки активізації сольового карсту та інших ЕГП Передкарпаття. Усі опрацьовані роботи спрямовані в основному на загальну оцінку процесів негативних явищ, або сконцентровані на окремих деталях розвитку сольового карсту, результатів його впливу на довкілля та прогнозування подальшого розвитку. Комплексного аналізу усіх умов і чинників, що контролюють просторовий розвиток і активізацію сольового карсту не відображено у жодній роботі. Далі стисло проведено огляд особливостей геологічної будови світових родовищ солі та причини активізації ЕГП на них. Різними авторами (Белкіна В.В., Cooper A. H., Howell F.T., Whyatt J., Varley F., WolkersdorferCh.) висвітлено ситуації негативного розвитку карстових процесів у різних частинах світу, включно до масштабних катастрофічних наслідків. Як результат досліджень зазначається, що у переважній більшості випадків, обставини, які зумовили негативні явища та були

пов'язані з активізацією карстових процесів, є наслідком розкриття підземними виробками гіпергенно змінених ділянок та зон соленосних відкладів. Причиною такого стану була недостатня вивченість геологічних та гідрогеологічних умов на даних ділянках, що неодноразово зазначалося різними дослідниками.

У другому розділі «Методика досліджень» виділено, що проведені дослідження є інструментом удосконалення методів управління екологічного моніторингу, зменшення рівня загроз, їх відстеження і прогнозу на територіях розвитку і активізації сольового карсту. Методами, які використовувалися у процесі підготовки та проведення наукової роботи являлися: - вивчення літературних першоджерел, маршрутні, топогеодезичні, гідрогеологічні та геофізичні спостереження, картування, фотографування, опробування...; - кількісний та якісний аналіз отриманих даних, їх систематизація, створення відповідних геоінформаційних баз даних в середовищі ГІС; - остаточна верифікаційна процедура встановлення істинності отриманих даних на підставі їхньої відповідності емпіричним та фактичним даним була апробована на ЕОМ у середовищі ГІС системи, методом багатопланового накладання різнопланових фактичних даних, факторів впливу на розвиток карсту та результатів їх дії у вигляді картографічної, статистичної та аналітичної інформації у двовимірному та тривимірному зображенні.

У третьому розділі «Природні умови розвитку сольового карсту» на початку наводиться характеристика природних генетичних типів соленосних відкладів світу та природних умов і чинників розвитку сольового карсту Передкарпаття. Подальша частина розділу є аналіз впливу природних чинників на розвиток сольового карсту у Передкарпатті. Серед них виділено наступні основні групи чинників: геологічні; гідрогеологічні; геоморфологічні; фізико-хімічні; кліматичні; гідрологічні.

Геологічні чинники. Подана стисла характеристика будови Передкарпатського соленосного басейну та місце у ній Стебницького родовища калійних солей. Комплекс передгірських моласових відкладів, у межах поширення яких знаходяться соляні поклади Передкарпаття, включають поляницьку (N_{1pl}), воротищенську (N_{1vr}), стебницьку (N_{1st}), балицьку (N_{1bl}) світи, які виповнюють внутрішню (алохтонну) частину передгірського неогенового прогину у межах Бориславсько-Покутської та Самбірської структурно-фаціальної зони (СФЗ). Ці зони формують відповідно два тектонічні покриви, складені, головним чином, моласовими відкладами і насунені на моласові утворення зовнішньої автохтонної частини прогину – Більче-Волицької СФЗ. Молодий вік слабо-метаморфізованих моласових утворень Передкарпаття, значний відсотковий вміст у них теригенного тонкодисперсного матеріалу та сольового компоненту робить у цілому весь представлений комплекс відкладів відносно пластичним елементом у межах карпатської гірськоскладчастої системи. Саме ця якість, під дією тектонічного стискання стала одним з вагомих чинників утворення унікального за своєю будовою та складом сучасного Передкарпатського соленосного басейну. Сольові відклади, внаслідок інтенсивної плікативної та насувної дислокації тут компактно зібрані у вигляді вузької смуги вздовж Карпат на відносно незначній площі по відношенню до басейну їх первинної седиментації. Геологічні чинники формують основні особливості та закономірності просторового розвитку карстових процесів. Вони в

умовах Передкарпаття визначаються складною геологічною будовою передгірського передового прогину, складеного моласовим міоценовим комплексом утворень з генеральним північно-західним простяганням структур. Відклади прогину зім'яті в інтенсивну складчастість багатьох порядків. Для даного осадового комплексу характерними є численні диз'юнктивні порушення вздовж (які переважно є насувами) та впоперек простягання основних структур, круте, аж до вертикального, залягання солевмісних пластів, їхня переміжна шаруватість, значний вміст теригенного матеріалу в солях, різко відмінний хімічний та мінеральний склад солей окремих пластів та прошарків, сильна брекчируваність, місцями розсланцьованість, наявність олістостромових включень. Характерними також для Передкарпаття являється будова та склад відкладів ГГШ над соленосними породами. Для якої характерна стрімка пересіченість її підшови та поверхні, особливо у Бориславсько-Покутській СФЗ, різка зміна в плані потужності та складу відкладів та відповідно значний вміст теригенного матеріалу. Виконана автором цифрова обробка поверхні соляного дзеркала у межах розташування Стебницького родовища з винесенням на нього проєкцій поверхневих карстових провалів дозволила вперше визначити такі особливості (рис. 1): - *Характерними морфологічними елементами* першого порядку на всій проаналізованій площі є субмеридіональні долини та „хребти” соляного дзеркала, які їх розділяють і простягаються перпендикулярно до структур Карпатського мегапокриву. У структурних елементах другого порядку рельєфу соляного дзеркала, загалом, простежується геологічна будова ділянки в плані; - *Зони розломів* північно-східного спрямування, які розбивають структури пластів навхрест їхнього простягання на серію блоків, утворюють на поверхні „соляного дзеркала” відповідні незначні лінійні валоподібні підняття, що свідчить про їх стримуючу роль в процесах вилуговування солей; - *Ділянки, де на поверхню* соляного дзеркала виходять солевмісні відклади воротищенської світи порівняно з сусідніми, складеними теригенними, вторинно засолоненими відкладами поляницької світи, місцями виступають у рельєфі соляного дзеркала (рис. 4). Переважно це спостерігається вздовж припіднятих морфоструктур першого порядку (простягання яких перпендикулярне до простягання відкладів), де в цілому по площі ступінь розчинення солей менша; - *Усі техногенно активізовані карстові провали* поверхні землі приурочені до відкладів воротищенської світи та витягнуті у плані вздовж геологічних структур. У переважній більшості вони відбулися на схилах рельєфу соляного дзеркала.

Геоморфологічні та гідрологічні чинники розвитку карсту. Присутність та обсяги постійних і тимчасових поверхневих водотоків, густина їх поширення на земній поверхні, площі водозборів, ділянки підтоплення та заболочення, пересіченість рельєфу, крутизна схилів, закономірності простягання долин та водорозділів, загальна просторова експозиція даних поверхонь у межах інженерно-геологічної ділянки та району, наявність безстічних форм. Даний комплекс гідрологічної будови та морфологічних поверхонь має значний вплив на перерозподіл, напрямки, динамічні характеристики поверхневих вод, утворює умови для інфільтрації їх до підземних водоносних горизонтів, поверхні ГГШ та в кінцевому результаті до рівня соляного дзеркала. Практика показує, що у переважній більшості, на ділянках сприятливих з точки зору геологічної будови, виникають наймасштабніші прояви

активізації карстових процесів, які пов'язані з місцями значної концентрації поверхневих стоків.

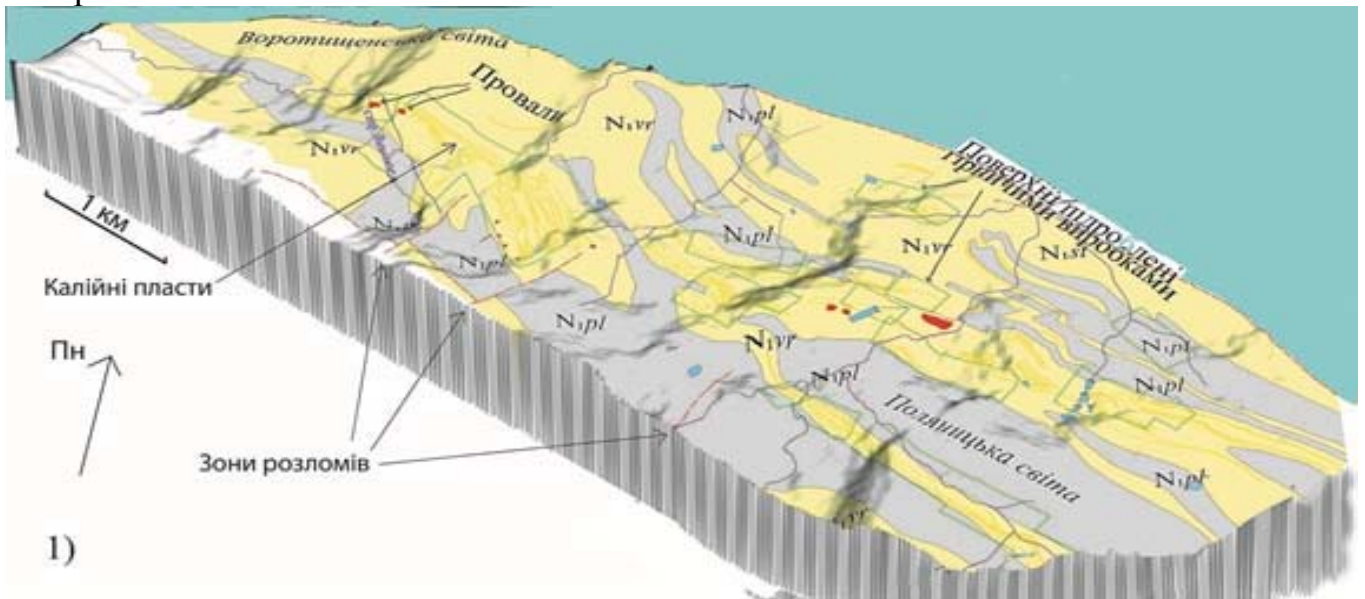


Рис. 1. Просторова модель поверхні «соляного дзеркала» району Стебницького родовища калійних солей

Фізико – хімічні чинники. Найважливішими фізичними властивостями солей і соляних порід є їх висока розчинність, пластичність, гігроскопічність, низька пористість, невисока питома вага відкладів. Висока пластичність солей та щільність при їх відносно невеликій питомій вазі зумовлює широкий прояв пластичних деформацій у земній корі (соляна тектоніка), а їх висока розчинність та гігроскопічність сприяє закономірному розвитку процесів підземного вилуговування – карсту. Гранична концентрація кухонної солі у воді при температурі $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ становить $357,2\text{ г/дм}^3$, гіпсу - $2,05\text{ г/дм}^3$, вапняку - $0,013\text{ г/дм}^3$. Якщо прийняти розчинність карбонатів за 1 то співвідношення середніх поданих вище показників у нормальних природних умовах складе $10000 : 160 : 1$. Вважається, що переважна більшість солей у природі є евапоритовими утвореннями, що сформувалися при випаровуванні природних вод. Залежно від складу материнських розчинів, характеру фізико-хімічних процесів солеутворення, умов седиментації та інших чинників одночасно або послідовно виникають найрізноманітніші асоціації випадваючих в осад соляних мінералів. В ідеальному випадку виділення солей з морської води проходить в такому порядку: 1. гіпс, ангідрит; 2. галіт в асоціації з гіпсом, ангідритом і полігалітом; 3. кізерит з галітом, каїнітом, полігалітом і ін.; 4. карналіт з галітом, кізеритом і ін.; 5. бішофіт з карналітом, галітом і ін. легкорозчинними солями. При вилуговуванні соляних покладів полімінерального складу, які зазнали після їх седиментації впливу складних процесів діагенезу і катагенезу, хімічного перетворення і дегідратації мінералів, перехід солей в розчин проходить у порядку близькому до зворотного при їх випаданні з морської води. Це також, як седиментація, досить складний процес, який має свої специфічні особливості і залежить від загальної концентрації і співвідношення солей в розсолах, а також тиску і температури середовища. Гідрогеологічні спостереження, проведені в різні роки на Стебницькому родовищі калійних солей, свідчать, що найбільш водопроникними є гіпергенно змінені корінні відкладення воротищенської

свити в межах «соляного дзеркала». Серед різних типів гіпергенно змінених порід найбільш високими фільтраційними властивостями характеризуються породи, представлені тонкодисперсними глинами, зцементованими полімінеральним складом калійних солей. Це можна пояснити наступним чином. Згідно фізико-хімічних властивостей, першими гідратуються і розчиняються полімінеральні солі, які останні викристалізувалися з материнських розчинів, а більш стійкі, у вигляді цементуючого елементу, поки що скріплюють глинисті включення та утримують скелет і структуру породи. Під час проходження процесів підземного вилуговування солей у зоні «соляного дзеркала» у породах, які ще зберігають загальну власну структуру, формуються кавернозні мікропорожнини за рахунок неоднорідного розчинення мінералів, коли у першу чергу розчиняються зерна каїніту і інші більш розчинні соляні мінерали, а в останню такі як кізерит, лангбейніт і полігаліт. Така кавернозність, при відносно нерухомому скелеті ґрунтів призводить до певного зростання їх пористості, що створює умови для зростання водопроникності відкладів. У мономінеральних галітових відкладах гідратація і розчинення солі проходить більш однорідно по всьому об'єму зміненої породи за рахунок більш гомогенного стану середовища. Однотипні протікання фізико-хімічних процесів гомогенного середовища формує в його обсязі відповідні відносно однорідні фізико-механічні властивості, що відповідно збільшує її загальну однорідну консистенцію і пластичність по всьому об'єму зміненої породи і призводить до одночасної з вилуговуванням, порівняно до більш високої усадки відкладів, зменшенням утвореної пористості і фільтраційних показників ґрунтів. У цьому випадку вони більше схожі за фізико-механічними властивостями до глин, ніж до солей. Властивості дисперсного середовища глин в основному ґрунтуються на механічних (структурних) зв'язках між частинками, в солях же вступають в силу кристалізаційні (хімічні) зв'язки, що впливає на властивості самої речовини. Хоча на першій стадії карсту кавернозність і фільтраційні властивості глинисто-галітових відкладів також закономірно дещо збільшуються, все ж за своїми характеристиками вони поступаються відповідним показникам над калійними пластами полімінерального складу. Поетапне вилуговування солей, коли у першу чергу вилуговується каїніт, який може становити до 20% вмісту водорозчинних солей формує на першому етапі карстування нестійке пористе середовище, каркас якого складено з нерозчинного залишку, скріпленого галіт-полігаліт-лангбейніт-ангідритовим цементом. Наочно процес вибіркового поетапного вилуговування відкладів із полімінеральним складом солей можна було спостерігати під час експлуатації Домбровського кар'єру (м. Калуш, Івано-Франківська обл.) у період 1999-2007 років. Розробка запасів здійснювалася на північній ділянці, а на південній, відпрацьованій раніше, накопичувалися розсоли, між дільницями була залишена перемичка з незайманого гірничими роботами масиву соленосних відкладів. Динамічні потоки розсолів з південної дільниці, з мінералізацією у межах 180-240 г/л, проникаючи уздовж геологічних структур, потрапляли на північну дільницю, поступово розчиняючи солі та одночасно виносячи тонкодисперсний матеріал нерозчинного залишку і збільшуючи фільтраційні властивості порід перемички. В кінці періоду експлуатації у північній частині Домбровського кар'єру перемичка між ділянками представляла собою кавернозну, ніздрювату зону складену майже чистим, відмитим до рожевого

кольору, лангбейнітом. Підземне природне чи техногенно активізоване розчинення солей є надзвичайно складним об'ємно-часовим багатофункціональним фізико-хімічним процесом. Одним із основних чинників, які визначають такі ознаки являються насамперед особливості геологічної будови солевмісних відкладів. Щоб зрозуміти складність перебігу природних фізико-хімічних процесів можна розглянути їх на побудованих автором графічних моделях. На рис. 2 представлено 5 графіків на яких відображено фізико-хімічні процеси та їх результати, які супроводжують підземне штучне вилуговування солей у свердловині, побудованій для видобування натрію хлориду методом підземного вилуговування. Дані взяті з первинного журналу документації розмиву камери вилуговування свердловини № 1 розсолопромислу Первомайське ВО „Хімпром”, Харківської обл.

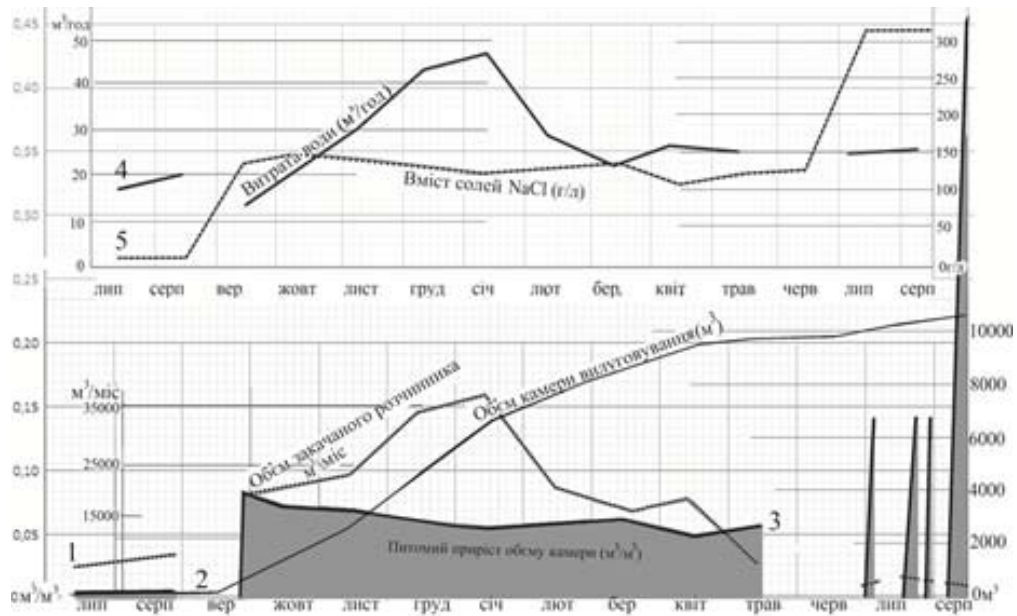


Рис. 2. Графіки відображення фізико-хімічних процесів, які відбуваються у камері вилуговування. Цифрами на рисунку відмічені: 1 - графік об'єму закачаної води у місяць (м^3); 2 - графік зростання об'єму камери вилуговування у часі (м^3); 3 - питомий приріст об'єму камери; 4 - середня в місяць витрата води $\text{м}^3/\text{год}$; 5 - вміст NaCl у розсолах ($\text{г}/\text{дм}^3$)

Порівняння вихідних даних з даними побудованих графіків та їх аналіз засвідчує наступне: 1) різке зростання питомого розчинення солей на одиницю часу при подальшій експлуатації після тривалих зупинок циркуляції води через свердловину. Незначне подальше падіння величини даного показника при постійній роботі свердловини; 2) різке зростання концентрації розсолів після тривалої зупинки роботи свердловини і збереження рівня їх концентрації при подальшій експлуатації (при варіативному, несинхронному коливанні об'ємів поданого розчинника на одиницю робочого часу); 3) швидкість питомого розчинення солей не співпадає із зростанням подачі розчинника у камеру вилуговування і кількістю закачаної води.

Порівняльний аналіз графіків та отриманих результатів показує, що: 1) процеси вилуговування певний час не втрачають своєї інтенсивності навіть після зупинки подачі та циркуляції сирої води; 2) під час утворення видимих карстових пустот

формуються нові приховані об'єми (мікропорожнини) у середовищі вміщуючих солей, у випадку полімінеральних солей міняється хімічний і мінеральний їх склад, проходить гідратація мінералів, що в подальшому, у сприятливих умовах пришвидшує процеси дисоціації солей; 3) відбувається перерозподіл хімічних компонентів між середовищем розсолів карстових пустот та вміщуючих порід (розсоли-солі) завдяки розвитку дифузійних процесів, які проникають вглиб солевмісних відкладів.

До *кліматичних чинників* від яких залежить формування підземних вод та розвиток природного карсту слід віднести кількість та періодичність атмосферних опадів, їхню інтенсивність та сезонні і багаторічні коливання кліматичних показників. Також важливим є температурний режим, особливо у зимово-весняний період, коли відбувається масове танення снігового покриву та розмерзання верхнього шару ґрунтів, що впливає на зміну консистенції порід, зменшує сили зчеплення між окремими частинками ґрунтів, активізує процеси суфозії, розмокання, розчинення відкладів. У наслідок річних кліматичних змін відбуваються сезонні та аномальні періодичні зростання процесів водообміну, інфільтрації, підняття рівнів і збільшення градієнтів потоків поверхневих та підземних водоносних горизонтів. Якісні зміни поряд з кількісними характеристики кліматичних умов є важливим чинником впливу на характер гідрогеологічних умов, які в свою чергу є додатковим фактором розвитку, як природного так і техногенно активізованого процесу вилуговування солей.

Гідрогеологічні чинники розвитку карсту. Наявність водоносних горизонтів, їх потужності, динамічні властивості, напрями та зв'язок між собою, їхні базиси дренажу, хімічний склад та мінералізація вод і розсолів, зміна у плані розрізі та часі виділених характеристик, кількість природних проявів розвантаження розсолів, дебіти джерел – всі перелічені складові гідрогеологічних умов є важливими чинниками особливостей розвитку та активізації соляного карсту. Пониження базису дренажу водоносних горизонтів та зміна гідрогеологічних умов, сприяє зростанню водообміну, динамічних характеристик та інфільтрації підземних вод, збільшує проникнення прісних поверхневих вод до соляного дзеркала та в масиви солевмісних відкладів, що в свою чергу активізує процеси вилуговування солей. Складна геологічна будова солевмісних відкладів Передкарпаття, особливо у Бориславсько-Покутській СФЗ, формує відповідно складні гідрогеологічні та гідравлічні режими інфільтрації, дренажу та розвантаження підземних вод, які являються унікальними за своїм проходженням і потребують системного підходу в дослідженні та аналізі.

В *підрозділі «Гідрогеологічне моделювання розвитку карстових процесів»* зроблено спробу представити віртуальні гідрогеологічні графічні моделі розвитку карстових процесів, які пояснюють наявність депресій соляного дзеркала, що знаходяться значно нижче місцевих базисів розвантаження підземних вод. Умовою формування аномальних депресій поверхні соляного дзеркала значно нижче рівня місцевого базису розвантаження їх на поверхню повинно бути існування висхідних потоків важких розсолів та заміщення їх на поверхні соляного дзеркала відносно легшими поверхневими водами. Факторами, які сприяють цьому являються: -

неоднорідні водопровідні властивості в плані та розрізі відкладів ГГШ, які утворюють відносно водопровідні „канали” у даній товщі, формуючи своєрідні окремі, відносно ізольовані гідравлічні системи; - вищі показники водопроникності ГГШ та солевмісних відкладів вздовж геологічних границь ніж навхрест їхнього напластування; - неспівпадання у плані зон формування, поширення та розвантаження вод ГГШ; - єдина гідравлічна система у товщі ГГШ та солевмісних відкладах, у відносно водопроникних породах, яка оточена водонепроникними; - наявність неприродних шляхів водопостачання, яким може стати техногенне втручання у водотривкі горизонти ГГШ, наприклад колодязь, який порушує водонепроникний горизонт у відкладах гіпсо-глинистої шапки; - різниця гідравлічного тиску на різних ділянках утвореної єдиної гідравлічної системи; - більший гідравлічний опір відкладів навхрест залягання пластів ніж вздовж геологічних границь.

У четвертому розділі «**Техногенні чинники активізації екзогенних процесів у межах поширення відкладів солі**» розглянуто наслідки техногенного впливу на середовище. Ігнорування геологічної будови відкладів, природних закономірностей та фізичних властивостей солей може призвести до того, що швидкість проходження карстових процесів, які відбуваються у непорушеному природному стані прискорюються на багато порядків. Це відбувалося через те, що використовувалися недосконалі, або нераціональні технології видобутку та переробки сировини. Так проходка підземних виробок проводилася буро-вибуховим методом, потужність водозахисної стеліни не завжди мала достатньо обґрунтовану потужність, з метою зменшення дебітів водоприпливу у шахтні виробки проводилась відкачка розсолів із соляного дзеркала, що в свою чергу збільшувало приплив до його поверхні менш концентрованих, агресивних по відношенню до солей розсолів. Щодо Стебницького родовища, то практика вивчення причин прориву поверхневих вод в об’єми виробок показала, що на окремих його ділянках (штрек 43/2, квершлаг I/I, квершлаг 4/I, орт 99/I, підземні свердловини 469 і 477 на руднику № 1; орт I/в, квершлаг 17/I, камери 155\I, 122/I на руднику № 2), були недостатньо вивчені гідрогеологічні та геологічні умови під час розвідувальних і експлуатаційних робіт та були відсутні достовірні показники про характер, місцезнаходження і глибини розвитку небезпечних зон з точки зору проникнення через них поверхневих вод до сольових покладів. Внаслідок чого, на окремих ділянках Стебницького родовища калійних солей у межах даних зон над гірничими виробками було залишено недостатню потужність водозахисних стелін.

У підрозділі “*Техногенні чинники активізації екзогенних процесів у межах поширення соляних відкладів Бориславсько-Покутської СФЗ Українського Передкарпаття*” описано і проаналізовано цілий ряд прикладів техногенно спровокованої активізації карсту. Визначені причини утворення та механізми його розвитку в кожному окремому випадку. В усіх випадках було визначено чітку залежність виникнення та проходження карстових та інших екзогенних процесів від геологічної будови ділянки.

Підсумовуючи отримані результати, потрібно визнати, що існуючий підхід до проектування, розробки та ліквідації соляних гірничих виробництв вимагає

вдосконалення. З метою більш раціонального використання природних запасів солей, зменшення негативного впливу на довкілля від наслідків функціонування соляних копалень, підвищення рівня безпеки життєдіяльності, необхідне системне детальне вивчення геологічної будови ділянок видобування корисної копалини з точки зору геоecологічної безпеки їх експлуатації, але ще на стадії розвідки родовищ. Методика досліджень повинна включати вивчення усіх умов та чинників розвитку і активізації карстових процесів, як природних, так і техногенно обумовлених, які напряду залежать від особливостей геологічної, гідрогеологічної, гідрологічної та геоморфологічної будови території. Для цього потрібно широко проводити неглибоке буріння (з метою досконалого вивчення будови ГГШ та поверхні соляного дзеркала), ефективні геофізичні та гідрогеологічні дослідження. Оцінювати отримані результати з точки зору можливих випадків негативного розвитку екзогенних процесів від діяльності підземного солевидобутку. Такий комплекс робіт разом із різнобічним аналізом отриманих результатів дасть змогу суттєво зекономити на збереженні запасів родовищ та заходах екологічної безпеки під час функціонування та закриття підприємств. У висновках до розділу на основі проведених досліджень підсумовано та визначено основні напрями запобігання, прогнозу і стабілізації розвитку небезпечних екзогенних процесів у межах можливого виникнення техногенно активізованого сольового карсту.

У п'ятому розділі **«Удосконалення системи геоecологічного моніторингу техногенно порушених територій поширення соляних відкладів»** на основі зібраних та опрацьованих по дисертаційній темі матеріалів вітчизняних і зарубіжних наукових праць, а також за висновками власних досліджень, у підрозділі *«Систематизація умов та чинників розвитку сольового карсту як метод вдосконалення СГЕМ»* систематизовано умови та чинники розвитку сольового карсту Передкарпаття та викладено їх у таблиці (табл. 1). На основі літолого-стратиграфічного розчленування відкладів проведена спроба районування території Передкарпатської соленосної провінції за ризиком виникнення активізації сольового карсту.

У підрозділі *«Прогноз розвитку карсту в межах впливу відробки Стебницького родовища калійних солей»* на основі виконаних спостережень, та отриманих результатів досліджень зроблено прогноз розвитку карстових пустот і наступного ймовірного виникнення небезпечних техногенно-активізованих екзогенних явищ на північно-західному фланзі Стебницького родовища, на ділянці від долини р. Вишниця (основне джерело живлення) до місця прориву (розвантаження) поверхневих вод у підземні виробки в камерах 115 і 122 рудника №2 (рис. 3).

У підрозділі **«Удосконалення системи геоecологічного моніторингу техногенно порушених територій поширення соляних відкладів»** за результатами проведених досліджень запропоновано вдосконалення системи геоecологічного моніторингу територій розвитку сольового карсту, яке ґрунтується на систематизації науково обґрунтованих об'єктів моніторингу. Слідуючи з поданої систематизації, запропоновані об'єкти спостереження для СГЕМ, які викладені у табличній формі (табл. 2).

Табл. 1. Основні умови і чинники формування соляного карсту та інструменти його вивчення в СГЕМ

Групи чинників	Об'єкти дослідження (умови та чинники)	Методи досліджень
Техногенні	Зміни стійкості масиву солевмісних порід і порід що їх перекривають, зміна фізичних властивостей ґрунтів...Зміни базису дренажу підземних вод, гідрогеологічних режимів.	Площадні геофізичні дослідження (сейсморовідка, ВЕЗ, ПЕМПЗ...). Спостереження за рівнями підземних вод, дебітами свердловин та джерел. Оцінка техногенного навантаження на територію відповідно до геологічної будови
Структурно-геологічні	Глибина залягання порід що карстуються, потужність відкладів, інтенсивність складчастості, простягання і крутизна. Наявність зон тектонічних порушень, їх потужність та склад, амплітуди дислокацій, просторове розміщення по відношенню до залягання порід. Присутність (відсутність) водотривів, водоносних горизонтів.	Площадні геофізичні дослідження (ВЕЗ, ПЕМПЗ, магнітна та гамма зйомки...). Структурне та розвідувальне буріння, визначення маркуючих горизонтів. Дешифрування аеро-космо знімків, аналіз форм рельєфу та гідрографічної сітки. Вивчення фондових геологічних матеріалів, використання методів апробації та аналогії. Побудова карт, розрізів та 3-D цифрових моделей
Фізико-механічні, фізико-хімічні	Консистенція, пластичність, пористість, твердість, розмокання, крихкість ґрунтів. Температура, тиск в масиві порід, міра розчинності різних відкладів, їх хімічний склад.	Лабораторні дослідження проб ґрунтів та керну. Побудова планів та розрізів за типовими фізико-механічними властивостями відкладів
Мінералогічний склад	Галіт, каїніт, лангбейніт, сільвіндолігаліт, гіпс, ангідрит, їх агрегатний стан, властивості, гіпергенезні зміни.	Дані лабораторних досліджень, хіміко-мінералогічні аналізи, вивчення шліфів
Макробудова ґрунтів	Гранулометричний склад порід, текстурні і структурні утворення.	Лабораторні дослідження. Дослідження керну та відслонень корінних відкладів. Вивчення розрізу та поширення в плані текстурно-структурних форм відкладів
Гідрогеологічні	Наявність водоносних горизонтів, їх потужність, динаміка, напрями і зв'язок між ними, базиси дренажу, хімічний склад вод.	Створення спостережної гідрогеологічної мережі свердловин відповідно до геологічної будови території дослідження. Спостереження за рівнями, питомими дебітами свердловин, відбір проб води на хімічні аналізи. Площадні геофізичні дослідження та ГДС. Побудова гідрогеологічних планів та розрізів
Гідрологічні	Присутність і напрям постійних і тимчасових поверхневих потоків, зміна їх режимів, наявність безстічних поверхонь, площі водозборів, заболоченість.	Маршрутні дослідження, картування, спостереження за параметрами поверхневих водотоків та водозбірних об'єктів. Створення спостережних реперних станцій, геодезичний контроль
Геоморфологічні	Пересіченість місцевості, перевищення між вододілами і долинами, крутизна схилів, наявність безстічних поверхонь, виникнення карстових провалів, просядок, зсувних процесів.	Маршрутні дослідження, картування, спостереження за змінами форм рельєфу. Створення спостережних реперних станцій, геодезичний контроль
Будова і властивості ГТШ	Потужність і склад гіпсо-глинистих відкладів, їх фізико-механічні властивості (розмокання, консистенція, водопроникність...)	Площадні геофізичні дослідження (ВЕЗ, ПЕМПЗ, магнітна та гамма зйомки...). Структурне та розвідувальне буріння. Лабораторні дослідження проб ґрунтів та керну. Побудова планів та розрізів за однорідними фізико-механічними властивостями відкладів
Морфологія поверхні ГТШ	Крутизна схилів, пересіченість, закономірності простягання долин і вододілів, загальна просторова експозиція цих поверхонь в межах інженерно-геологічної ділянки і району, будова підшви ГТШ («соляного дзеркала»).	Площадні геофізичні дослідження (сейсморовідка, ВЕЗ, ПЕМПЗ...). Структурне та розвідувальне буріння. Аналіз форм рельєфу земної поверхні
Розсоли «соляного дзеркала»	Концентрації розсолів. Потужності, динаміка, напрями і градієнти потоків.	Спостереження за рівнями, питомими дебітами свердловин, відбір проб розсолів на хімічні аналізи. Площадні геофізичні дослідження та ГДС.
Епігенетичні зміни відкладів	Тріщинуватість, вивітреність, брекчированість, динамічні різновиди кам'яної солі (гранульовані, плитчасті, шламовидні, дуплекси) і вміщуючих відкладів.	Дослідження керну свердловин, природних та техногенних відслонень та відкладів, що відкриті підземними виробками
Кліматичні	Кількість і періодичність опадів, температурний режим, сезонні коливання.	Спостереження за кількістю, періодичністю опадів, температурними сезонними коливаннями.

Таблиця 2. Об'єкти спостереження у системі геоecологічного моніторингу

Точка спостереження	Глибина залягання солей	Потужність соленосних відкладів	Форма складчастості відкладів	Елементи просторового залягання	Наявність вергентності складчастості	Мінералогічний склад солей	Хімічний склад солей	Форма виділення кристалів солі	Наявність та форма шаруватості соленосних відкладів	Наявність та форма текстур у пластах солей	Вміст теригенного матеріалу в солях	Наявність та форма брекчированості соленосних відкладів	Наявність ГТШ
	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14
Потужність ГТШ	Форма поверхні ГТШ	Загальний нахил поверхні ГТШ	Засоленість ГТШ	Загіпсованість відкладів ГТШ	Коефіцієнти фільтрації відкладів ГТШ	Наявність водоносних горизонтів у товщі ГТШ	Напрямок дренажування наявних ВГ у товщі ГТШ	Дебіти свердловин по ВГ у товщі ГТШ	Мінералізація ВГ у Товщі ГТШ (формула Курлова)	Глибина залягання «соляного дзеркала» («СД»)	Коефіцієнти фільтрації відкладів у зоні «СД»	Наявність розсолів на поверхні «СД»	Мінералізація ВГ на поверхні «СД» (формула Курлова)
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Потужність розсоляного горизонту на поверхні «СД»	Напрямок дренажування розсолів «СД»	Граденти потоків розсоляного горизонту «СД»	Швидкість дренажування розсолів на поверхні «СД»	Дебіти свердловин по розсоляному горизонту поверхні «СД»	Наявність тектонічних порушень	Тип тектонічного порушення	Елементи залягання тектонічного порушення	Потужність тектонічного порушення	Протяжність тектонічного порушення	Характер змін відкладів у зоні тектонічного порушення	Наявність та тип поверхневих водойм	Дебіт водотоку чи об'єм водозбірної споруди	
29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	
Напрямок дренажування поверхневих вод	Наявність безетічних поверхонь	Місцевий базис дренажу та його абсолютна відмітка	Регіональний базис дренажу та його абсолютна відмітка	Форма рельєфу	Відносні перевищення рельєфу	Кількість опадів між періодами спостереження	Середньодобова температура на час спостережень	Наявність та тип техногенного впливу	Наявність активізації соляного карсту	Типи прояву негативних ЕГП	Основний чинник активізації соляного карсту	Підпорядковані чинники активізації карсту	
42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	

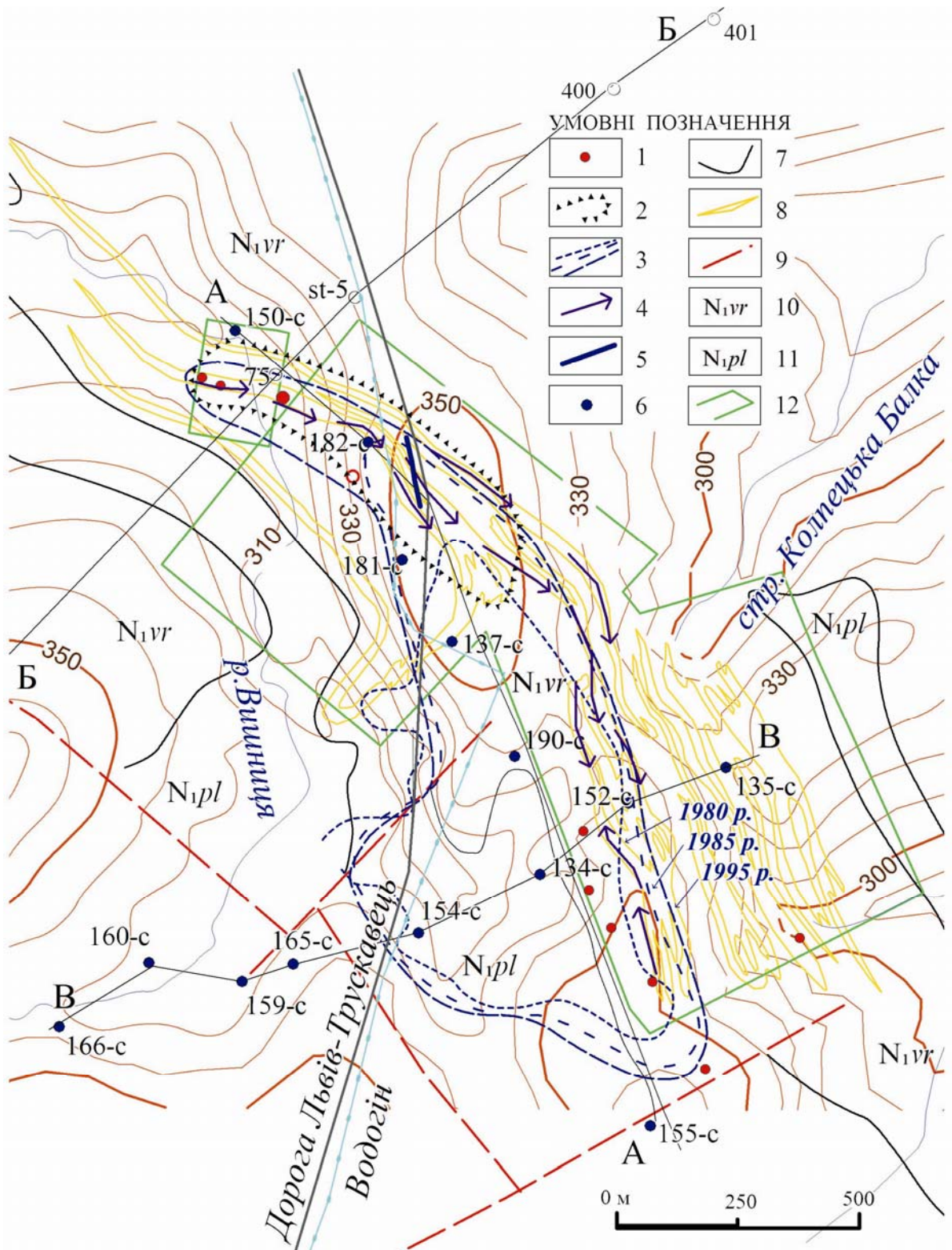


Рис. 3. Ситуаційний план часово-просторового розвитку депресійної лійки водоносного горизонту ГГШ. Долина р. Вишниця, західна околиця м. Стебник

1 – карстові провали; 2 – ділянка розвитку карсту; 3 – границі депресійної лійки водоносного горизонту у відкладах ГГШ у 1980, 1985, 1995 р; 4 – напрям руху розсолів «соляного дзеркала»; 5 – зона розвантаження ґрунтових вод на поверхню; 6 – спостережні гідрогеологічні свердловини; 7 – геологічні границі; 8 – калійні пласти; 9 – розривні порушення; 10 – відклади воротищенської свити; 11 – відклади поляницької свити; 12 – границі підземних виробок

ВИСНОВКИ

Результати проведених дисертаційних досліджень на основі аналізу значного обсягу фондових та виданих матеріалів, теоретичних і методичних розробок українських і зарубіжних вчених, власних польових спостережень, а також моделювання геологічного середовища, у тому числі «3-D», дозволили:

1. Вперше визначити цілий ряд, до цього невідомих, окремих закономірностей, що являються чинниками зародження, просторового поширення та активізації сольового карсту в умовах Передкарпаття, а саме: - *водопроникність комплексу соляних відкладів вздовж шаруватості є вищою за водопроникність навхрест геологічних структур*; - *розвиток карсту в Передкарпатті має переважające лінійне поширення вздовж геологічних границь*; *диз'юнктивні порушення, які залягають навхрест простягання шаруватості геологічних відкладів виконують стримуючу роль в процесі підземного вилуговування солей*; - *морфологічні елементи „соляного дзеркала” відображають динаміку розвитку тектонічних та гідрогеологічних чинників на процес карстоутворення*; - *максимальні фільтраційні показники відкладів, які розміщені над калійними пластами, є наслідком полімінерального складу солей з різним ступенем розчинності*.

2. Виділити та систематизувати усі основні умови та чинники розвитку сольового карсту (табл. 1).

3. Вдосконалити та доповнити існуючі системи геоecологічного моніторингу територій розвитку сольового карсту на основі науково обґрунтованої даною працею систематизації виділених об'єктів дослідження. Об'єктами дослідження таких СГЕМ обов'язково повинні стати всі умови і чинники, які ведуть до виникнення та розвитку сольового карсту та пов'язаних з ним інших негативних ЕГП (табл. 2).

4. Визначити основні напрями запобігання, прогнозу і стабілізації розвитку небезпечних екзогенних процесів у межах можливого виникнення техногенно активізованого сольового карсту.

Результати досліджень за темою дисертації допомагають обґрунтовано визначати причини, стан та прогноз розвитку сольового карсту у кожному окремому випадку його активізації та при плануванні поверхневих і підземних інженерних об'єктів у випадку їх спорудження у межах соленосних відкладів. Практичне значення використання таких досліджень було доведено під час роботи автора у Львівській ГРЕ та Калуському ДП НДІ «Галургія» на об'єктах спостережень Передкарпаття, Закарпаття, а також окремих об'єктів Дніпрово-Донецької Западниці.

Удосконалені СГЕМ посприяють у вирішенні актуальних задач, що мають наукове і практичне значення і у подальшому можуть використовуватися для впровадження як методична основа при виконанні СГЕМ на техногенно порушених територіях сольових відкладів де спостерігаються чи можуть виникнути негативні карстові процеси, та пов'язані з ним інші ЕГП. Науково обґрунтоване вдосконалення існуючих методик СГЕМ техногенно порушених територій соленосних відкладів загалом і Передкарпаття зокрема, буде завжди важливим і актуальним у плані зменшення та ліквідації загроз, пов'язаних з активізацією негативних ЕГП та прогнозу їх розвитку на подібних територіях.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ,

в яких опубліковані основні наукові результати:

У наукових фахових виданнях України

1. **Павлюк В.І.** Вплив геологічних факторів на екзогенні процеси міоценових соленосних відкладів Українського Передкарпаття // Геологія і геохімія горючих копалин / НАН України, Ін-т геолог. і геохім. горючих копалин. – Львів, 2010. – № 2 (151). – С. 89 – 104.

2. **Павлюк В.І.** Негативні наслідки неконтрольованого затоплення Стебницького рудника калійних солей (Передкарпаття, Україна) // Геологія і геохімія горючих копалин / НАН України, Ін-т геолог. і геохім. горючих копалин. – Львів, 2012. – № 1-2 (158-159). – С. 91 – 101.

3. **Павлюк В.І.** Особливості фізико-хімічних процесів розчинення (карсту) соляних відкладів у камері підземного вилуговування / Львів: Геологія і геохімія горючих копалин. / НАН України, Ін-т геолог. і геохім. горючих копалин. – Львів, 2016. – № 1-2 (168-169). С. 97 – 101.

4. **Павлюк В.І.** Природні фактори активізації екзогенних процесів на техногенно порушених ділянках поширення соленосних відкладів Передкарпаття // Геодинаміка / МОН України, Львівська політехніка. – Львів, 2016. – № 20. С. 94 – 105.

5. **Павлюк В.І.** Просторовий розвиток процесів природного вилуговування солей (карсту) в умовах Передкарпаття // Збірник наукових праць УкрДГРІ / УкрДГРІ. – Київ, 2016. – № 3. – С. 164 – 176.

У зарубіжних фахових виданнях

6. **Павлюк В.І.** Влияние состава солей на растворимые и гидродинамические свойства полиминеральных соляных отложений Прикарпатья / **В.И. Павлюк, Ю.В. Садовый** // Горный журнал Казахстана / Министерство культуры и информации республики Казахстан. – г. Алматы, 2016. – № 10 (138). – С. 46 – 49. (*Особистий внесок – систематизація та аналіз зібраних фактичних матеріалів; обґрунтовано причини максимальних фільтраційних показників відкладів, які розміщені над калійними пластами – 90%*).

7. **V. Pavliuk.** The Influence of the Technogenic Factors in the Karst Activization of the Precarpathians Salt Sediments and the Karst Natural Lows / Krakow: Geology, Geophysics and Environment. – 2016. – № 42. – P. 175 – 183.

Які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

8. **Павлюк В.І.** Вплив тектонічної будови Складчастих Карпат на структурні закономірності розвитку карстологічних процесів на прикладі Львівської області // Матеріали 5 міжнародної науково-практичної конференції «Інженерний захист територій і об'єктів у зв'язку з розвитком небезпечних геологічних процесів. – Гурзуф, 2007. – С. 31 – 33.

9. **Павлюк В.І.** Особливості моніторингу екзогенних геологічних процесів в межах поширення техногенно порушених соленосних міоценових відкладів Передкарпаття // Матеріали 5 науково-практичної конференції «екологічна безпека техногенно перевантажених регіонів. – Ялта, 2010. – С. 36-37.

10. Лущик А.В., Швирло М.І., Яковлев Є.О., **Павлюк В.І.** Стан геологічного середовища в межах родовищ сірки та солі в Передкарпатті і Закарпатті.

Моніторинг. Напрямки інженерно-екологічного довивчення // Матеріали 4 міжнародної науково-практичної конференції «Моніторинг навколишнього природного середовища: науково-методичне, нормативне, технічне, програмне забезпечення. – Коктебель, 2009. – С. 9 – 10. (*Особистий внесок – аналіз причин активізації ЕГП – 10%*).

11. Лущик А.В., Севастьянов Е.М., **Павлюк В.І.**, Яковлев Е.А. Направление минимизации нарушений безопасных условий жизнедеятельности в пределах территорий, подвергшихся влиянию закрытых соледобывающих предприятий Карпатского региона // Материалы международной научно-практической конференции Симферополь-Судак. – Киев, 2012. – С. 162-164. (*Особистий внесок – аналіз причин активізації ЕГП – 10%*).

Які додатково відображають наукові результати дисертації

12. **Павлюк В.І.** Вплив природно-техногенних факторів на формування еколого-геологічних умов в Передкарпатті (на прикладі родовища калійних солей «Стебник» // Строительство и техногенная безопасность / МОН України, «Національна Академія природоохоронного і курортного будівництва». – Симферополь, 2010. № 33-34. – С. 256 – 265.

13. **Павлюк В.І.** Соляні родовища Передкарпаття і Світу та особливості розвитку і активізації карсту на ділянках їх видобування // Строительство и техногенная безопасность / МОН України, «Національна Академія природоохоронного і курортного будівництва». – Симферополь, – 2011. – № 37. – С. 97 – 108.

14. **Павлюк В.І.** Техногенні фактори активізації екзогенних процесів в межах поширення соляних відкладів Передкарпаття // Строительство и техногенная безопасность / МОН України, «Національна Академія природоохоронного і курортного будівництва». – Симферополь, 2011. – № 38. – С. 88 – 96.

15. **Павлюк В.І.** Активізація екзогенних процесів на Стебницькому родовищі калійних солей, прогноз розвитку та заходи із зменшення їх негативного впливу // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. / Львівський державний університет безпеки життєдіяльності. – Львів, 2011. – № 5 (151). – С. 111 – 115.

16. Лущик А.В., **Павлюк В.І.** Геологическая среда, сейсмичность и экологическая безопасность // Строительство и техногенная безопасность / МОН України, «Національна Академія природоохоронного і курортного будівництва». – Симферополь, 2012 р.– №42. – С. 104 – 111. (*Особистий внесок – аналіз причин активізації ЕГП – 10%*).

17. **Павлюк В.І.** Вплив полімінерального складу солей на розчинні та гідродинамічні властивості соляних відкладів Передкарпаття // Science Rise / НВП ПП «Технологічний Центр». – Харків, 2016. – № 8/1 (25). – С. 32 – 36.

АНОТАЦІЯ

Павлюк В.І. Вдосконалення системи геоecологічного моніторингу техногенно порушених соленосних молас Передкарпаття (на прикладі Стебницького родовища калійних солей). – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», Київ, 2017.

Кінцевою метою роботи було удосконалення системи геоecологічного моніторингу та оцінки об'єктів дослідження сольового карсту, проведене на базі виділення основних умов і факторів його розвитку та активізації на території Передкарпатського соленосного басейну. В результаті аналізу отриманих результатів виявлено нові і підтверджені відомі закономірності в просторово-часовому розвитку карсту Передкарпаття, його залежності від природних і техногенних чинників впливу. Виявлено фактори, що впливають на формування структурних елементів геологічного середовища, які утворені у результаті природного розвитку карсту Передкарпаття. Дослідження підтвердили визначальну залежність просторово-часового розвитку карсту від геологічної будови. Поєднання різнопланового фактичного матеріалу і аналітичної обробки отриманих результатів показало, що розвиток сольового карсту є складним багаторівневим системним процесом, де всі складові роблять значний вплив на його результат і безпосередньо пов'язані між собою. У кожному окремому випадку активізації сольового карсту або прогнозуванні розвитку даного процесу, необхідний комплексний аналіз і систематизація всіх умов і чинників, які можуть вплинути на нього. Результати роботи можуть бути застосовані у плануванні і виконанні геоecологічних досліджень, розробці різного роду природоохоронних заходів або плануванні господарської діяльності, прогнозуванні розвитку негативних екзогенних геологічних процесів на територіях, де потенційно можливий чи вже розвивається сольовий карст.

Ключові слова: сольовий карст, екзогенні геологічні процеси, чинники впливу, геологічна будова, геоecологічний моніторинг, техногенне навантаження, Передкарпаття.

SUMMARY

Pavliuk V. Improvement of the system of geo-ecological monitoring of technogenic disturbed salt-bearing molasse of Precarpathian (by the example of the Stebnic deposit of potassium salts). – Manuscript.

The dissertation for the degree of candidate of geological sciences on specialty 21.06.01 – ecological safety (geology science)- State Institution "Institute of Environmental Geochemistry, National Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, 2017.

The relevance of the environmental study of the exogenic processes (karst, suffusion, subsidence, flooding, landslides, contamination of soil, surface and groundwater) in the areas that influence the Precarpathians mines is connected with the fact that the mentioned processes are unstable and dangerous to both land and life. The analysis of the manifestations of the exogenous events, within the influence of the modern potash mines has shown and organized the natural conditions and factors that affect the development of the karst. The intensity of the exogenic geological process development depends on the scale and peculiarities of the karst development. A natural linear distribution of karst is

found in the course of these works, both on the surface and on the inside of the geological deposits that correspond to the local geological aspects and are in accordance with the structures of the Carpathian region. These systematic patterns are noted throughout all the Precarpathians. These dependences lead to the conclusion of the decisive influence of the geological structures on the characteristics of the exogenic events within the region as both natural and man-made states. In each case, the estimation of the salt karst activation or the prediction of the effects of the process, along with a complex analysis and systematization of all the conditions and factors that may have an impact on its development, is required. Studies have shown that salt karst is a complex multi-system process where all the components have a significant impact on the results and they have directly related to each other.

The ultimate goal of the work was to improve the systematization of evaluation of research and monitoring of salt karst in terms of the Precarpathian Basin salt and highlight the main lines of approach of their studies. For this purpose, based on analysis of published data and fieldwork were gathered together all the known and unrenowned until now the facts that have impacts on the development of salt karst. As a result, of the study evidences and analytical works found new and confirmed the known laws of space-time development of karst, its dependence on natural and manmade impacts. There are revealed facts that have affect on the formation of geological structural elements of the geological environment that emerged from the directed action of natural karst Precarpathians. The study confirmed the crucial dependence of space-time development of karst from geological structure.

The main methods used in the preparation and conduct of this study are:

- analysis of archive datas, field methods, cooperation with local government and regional offices of the Ministry of Emergency Situations;
- quantitative and qualitative analysis of data, their classification, creation of appropriate GIS databases in computer environment, comparison, correlation and multidimensional scaling of the results and others;
- verification of results, allowing us to check the received information, to their final analysis. Verification, logical and methodological procedure for establishing the truth of the data on the basis of their consistency with empirical data and actual mostly been tested on a computer in the environment GIS method of multilayer overlay mapping of statistical and analytical information diverse factual material in two-dimensional and three-dimensional image.

The combining diverse factual materials and analytical study of the results showed that space spreading of salt karst is a complex multi-system process where all components have a significant impact on the result and directly related. In each case, activation of salt karst or predicting of the development of this process it is necessary an integrated syngenetic analysis and systematization of all the conditions and factors that may have an impact on it. Collected and systematized materials, and new research data will help in the planning and execution geo-ecological surveys, development of various kinds of environmental activities or planning of activity forecast of exogenic geological process in areas where there are potential or already developed salt karst.

On the basis of scientific researches, an important scientific and practical task was solved - for the first time, for the territory of Precakarpathy, a geological forecast was

made for the proliferation of activation zones of saline karst and associated exogenic geological process in the conditions of influence of natural and man-made factors. As well as there is done way to improve the Sistem of Environmental and Geological Monitoring.

The sequence of the work for the first time received the following scientific results

- Collected, unified and systematized by weight coefficients, the conditions and factors influencing the development and activation of the karst on the Precarpathian salt region, recommended for the organization of observations in the Sistem of Environmental and Geological Monitoring;

- Elucidated that permeability and solubility of salt bearing deposits along the bedding are higher relative to the permeability and solubility across these geological structures;

- On numerical examples of evidence on the propagation of surface manifestations of the exogenic geological process it are proved that the spatial development of karst processes in the Precarpathian region has a predominant linear distribution along geological contacts;

- Proved that faults, which occur across the strike of geological layers, act as a containment of the karst processes along the geological borders;

- On example, step by step of the gradual dissolution of the salts minerals with different chemical composition (over the potash layers) and with varying degrees of solubility within surface of «salt mirror» on a reasonable basis is shown the increase of the permeability of salt deposits due to inhomogeneous leaching of minerals.

The results of the dissertation work are of practical importance as a methodological basis for determining the zones of geocological risk and the justification of the system of geocological monitoring on technogenically-disrupted territories of salt deposits, where are observed or can arise negative karst processes and other exogenic geological processes associated with it.

Keywords: salt karst, activation of exogenic geological process, impact factors, geological structure, system of geocological monitoring, human impacts, Precarpathians.

АННОТАЦИЯ

Павлюк В.И. Усовершенствование системы геоэкологического мониторинга техногенно нарушенных соленосных моласс Предкарпатья (на примере Стебницкого месторождения калийных солей). – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. – Государственное учреждение «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», Киев, 2017.

Конечной целью работы было усовершенствование системы геоэкологического мониторинга и оценки объектов исследования солевого карста, проведенное на базе выделения основных условий и факторов его развития и активизации на территории Предкарпатского соленосного бассейна. В результате анализа полученных результатов выявлены новые и подтверждены известные закономерности в пространственно-временном развитии карста Предкарпатья, его зависимости от природных и техногенных факторов воздействия. Выявлены факторы, влияющие на формирование структурных элементов геологической среды, которые образованы в результате естественного развития карста Предкарпатья. Исследования подтвердили определяющую зависимость пространственно-временного развития карста от

геологического строения. Сочетание разнопланового фактического материала и аналитической обработки полученных результатов показало, что развитие солевого карста является сложным многоуровневым системным процессом, где все составляющие оказывают значительное влияние на его результат и непосредственно связаны между собой. В каждом отдельном случае активизации солевого карста или прогнозирования развития данного процесса, необходим комплексный анализ и систематизация всех условий и факторов, которые могут повлиять на него. Результаты работы могут быть применены в планировании и выполнении геоэкологических изысканий, разработке различного рода природоохранных мероприятий или планировании хозяйственной деятельности, прогнозирования развития негативных экзогенных геологических процессов на территориях, где потенциально возможен ли уже развивается солевой карст.

Ключевые слова: солевой карст, экзогенные геологические процессы, факторы влияния, геологическое строение, геоэкологический мониторинг, техногенная нагрузка, Предкарпатье.