

## **ДЕФОРМАЦІЇ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ В ЗОНІ ДІЯЛЬНОСТІ КАЛІЙНИХ РУДНИКІВ У СТЕБНИКУ**

В статті подано відомості про деформації земної поверхні на території діяльності Стебницьких рудників. Виявлено, що найбільші просідання поверхні спостерігаються внаслідок розвитку соляного карсту в двох місцях: в зоні живлення розсільного горизонту і в місці, де потік розсолу вливається в гірничі виробки.

**Ключові слова:** цілик, деформації земної поверхні, мульда зсунення, водопритік, рудник.

В статье представлены деформации земной поверхности на территории деятельности рудников Стебника. Установлено, что наибольшие проседание поверхности наблюдаются вследствие развития соляного карста в двух местах: в зоне питания рассольного горизонта и в месте, где поток рассола вливается в горные выработки.

**Ключевые слова:** целик, деформации земной поверхности, мульда смещения, водоприток, рудник.

The information on the land surface deformations on the territory of potash mining in Stebnyk is presented in the paper. The most noticeable depressions are observed due to the salt karst. They take place in two zones: in the zone of brine horizon elimination and in the zone where brines flow into the mine working.

Keywords: post, Land surface deformations, swally of moving, leaked in water, mine.

**Актуальність теми.** Розробка родовищ корисних копалин підземним способом супроводжується просіданням (зсуненням) земної поверхні над виробленим простором. Вказані деформації можуть створювати небезпеку для будівель і комунікацій. Тому дуже важливо контролювати сучасний стан поверхні, в'яснити причини деформацій і мати достовірний прогноз подальшого розвитку небезпечних процесів.

Стебницьке родовище представлено пластами полімінеральних калійних руд потужністю від 20-30 до 150 м, які залягають майже вертикально. Вміщуючи породи представлені соленосною брекчією. Над соленосними утвореннями залягає глиниста товща – елювій потужністю від 20 до 100 м. Рельєф соляного дзеркала складний, як правило над калійними пластами спостерігаються підвищення, обумовлені видавлюванням більш пластичних калійних руд. Соленосні породи водотривкі. Глиниста товща обводнена спорадично і дуже слабо. На контакті між глинистою товщею і соленосними відкладеннями розвинута зона вилуговування, яка вміщає розсільний горизонт.

На родовищі діяли два рудника. Рудник №1 знаходиться у стані сухої консервації, очікується відновлення його роботи. Рудник №2 признаний аварійним, його затоплюють. На обох рудниках застосовували камерну систему розробки. Для попередження прориву води видобувні виробки розташовані на 50-60 м глибше покрівлі соленосних відкладень. Камери мають висоту 40-60 м, ширину 15 м, довжина залежить від потужності калійних пластів. Між камерами залишають цілики шириною 12 м. Відроблено в основному два горизонти, між якими залишається міжповерхова стелина товщиною 16 м.

На обох рудниках спостерігалися прориви розсолу, обумовлені виходом виробок або свердловин за межі захисної стелини. Найбільшу проблему створює прорив в камеру №115 на пласті №10 рудника №2, який розпочався в 1978 році. Для перехоплення потоку у водозахисній стелині споруджено дренажний горизонт. Звідти розсоли відкачували на

поверхню. З 2002 року відкачка припинена. Частина розсолу поступає на дренажний горизонт і звідти стікає у видобувні камери, інша частина припливає безпосередньо в камери. На руднику №1 в кінці 2002 року при проходці квершлага №99 з випереджуючої свердловини, яка вийшла в зону контакту соленосних порід з ГГШ, розпочався приток розсолу, який становив близько 50 м<sup>3</sup>/добу. Весною 2003 року приток води раптово збільшився до 1000 м<sup>3</sup>/добу. Одночасно у ставку Болонія, розташованому на відстані 500 м від місця прориву, понизився рівень води, а на березі виник провал. Для ліквідації загрози в квершлагі була побудована перемичка, яка відокремила його забій від інших виробок рудника.

**Із історії досліджень.** Проблеми деформацій гірничого масиву і земної поверхні присвячені численні публікації, з яких особливо повно висвітлює проблему книга Р.С. Пермякова, М.П. Бельди і В.С. Романова [4]. Встановлено, що деформації ціликів в часі залежать від коефіцієнту запасу міцності міжкамерних ціликів. При запасі міцності менше 1,4 цілики відносяться до податливих. Вони зберігають несучу здатність лише на короткий термін, після якого роздавлюються. Їх деформація закінчується руйнуванням, при тому обвалюється і захисна стеліна, що супроводжується провалом земної поверхні.

Деформування міжкамерних ціликів з запасом міцності від 1,4 до 2,5 (жорстко-пластичних) проходить у три стадії: початкову, активну і згасаючу. Активна стадія деформації починається після того, як осідання досягає критичної величини 2-3% від висоти ціликів. Наприклад, коли цілик висотою 40 м осідає на 0,8-1,2 м, починається активна стадія руйнування. Уламки заповнюють камери, ущільнюються і після того деформації поступово затухають. На поверхні утворюється мульда зсування.

При запасі міцності ціликів більше 2,5 в ціликах під дією навантаження виникають пружні деформації, які викликають перебудову структури солей. Внаслідок цього порода ущільнюється, її міцність збільшується і деформації згасають. Міжкамерний цілик не руйнується, а переходить в новий стійкий стан. Тому при запасі міцності ціликів більше 2,5 стійкість зберігається необмежений час. Однак внаслідок пластичних властивостей солей проходить вікове повільне осідання ціликів і сходження стін камер. Термін осідання визначається декількома століттями. На калійних рудниках Стебника запас надійності ціликів як правило більше 2,5, цілики відносяться до жорстких.

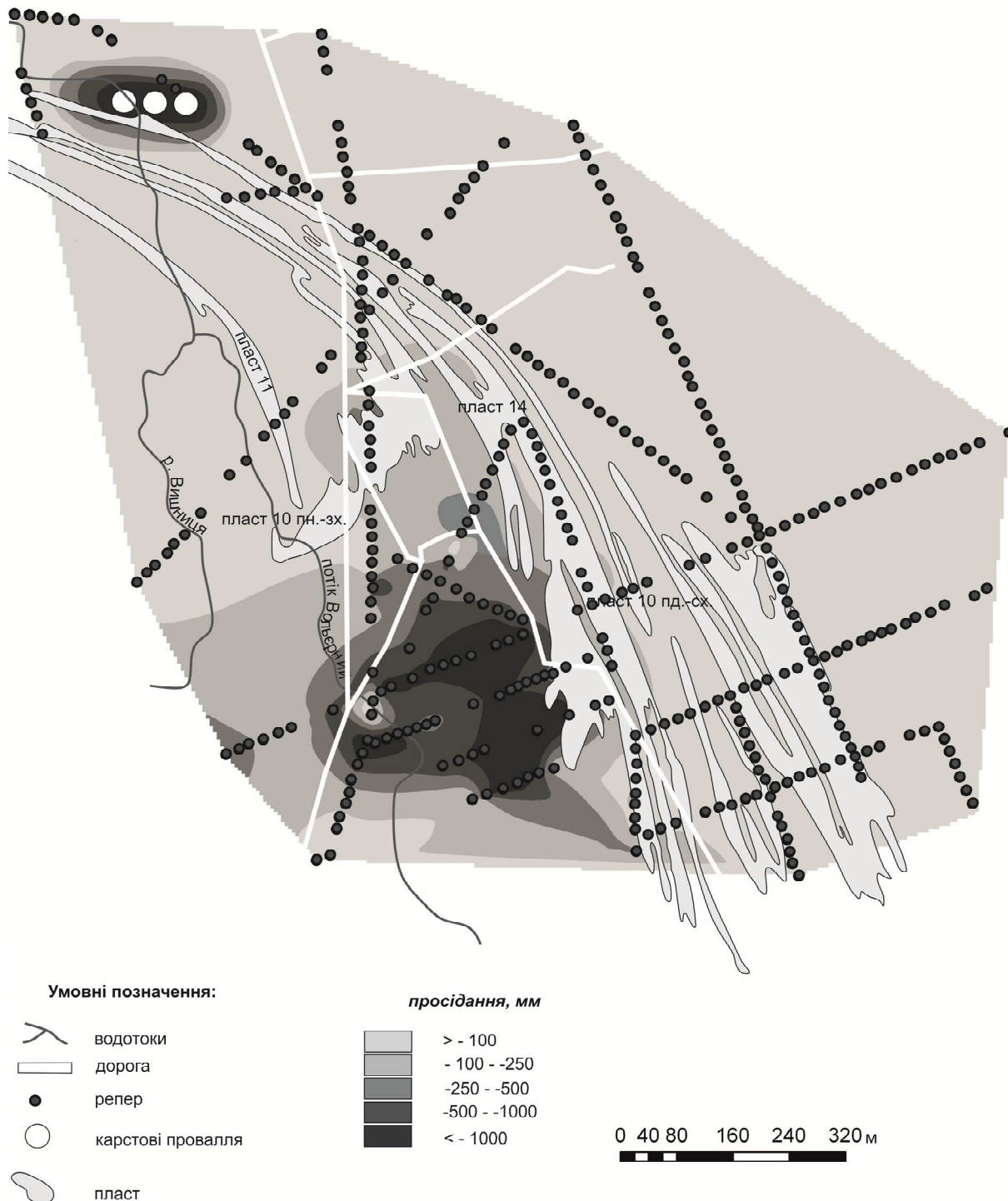
На основі досліджень Всесоюзного науково-дослідного інституту галургії («ВНИИГ») розроблений ряд нормативних документів по вибору заходів охорони об'єктів на територіях, підроблених калійними рудниками [3]. В основу прогнозних розрахунків покладена теоретична модель мульди зсуву, яка характеризується граничними кутами зсуву. Для Стебницького родовища рекомендований кут зсуву 65°. Вказана модель в умовах калійних рудників Передкарпаття на підтверджується.

Деякі результати спостережень за деформаціями поверхні в зоні діяльності Калуських калійних рудників наведені в роботі [2]. Показано, що на деяких ділянках зсування поверхні є суттєвим і створює загрозу для промислових і житлових об'єктів. Механізм деформацій в статті не висвітлюється. Закономірності деформацій земної поверхні внаслідок розвитку соляного карсту мало вивчені. Найбільше інформативним є труд Г.В. Короткевича [1], однак специфіка карсту на калійних родовищах в ньому не відображена.

**Методика досліджень.** На території гірничого відводу Стебницьких рудників створена розгалужена мережа спостережних станцій, які складаються з реперів, розташованих прямими лініями на відстані 20 м один від одного. Маркшейдерська служба Стебницького підприємства «Полімінерал» щорічно проводить нівелірну зйомку висотних відміток реперів з точністю другого класу. Результати зйомки передаються для обробки Відділенню гірничо-хімічної сировини Академії гірничих наук України. Обробка полягала у створенні електронної бази даних у програмі «Ексель», побудові графіків зміщення реперів у просторі і в часі, а також результуючих карт сумарної і річної деформацій поверхні.

Одержані результати співставляли з даними спостережень за рівнями підземних вод, з результатами гідрометричних спостережень на поверхневих водотоках, а також з даними про водопритоки в підземні гірничі виробки.

**Результати спостережень.** За аналізом даних в зоні гірничого відводу рудників виявлено декілька зон просідання поверхні. Найбільша з них знаходиться над виробками рудника №2, рис.1.

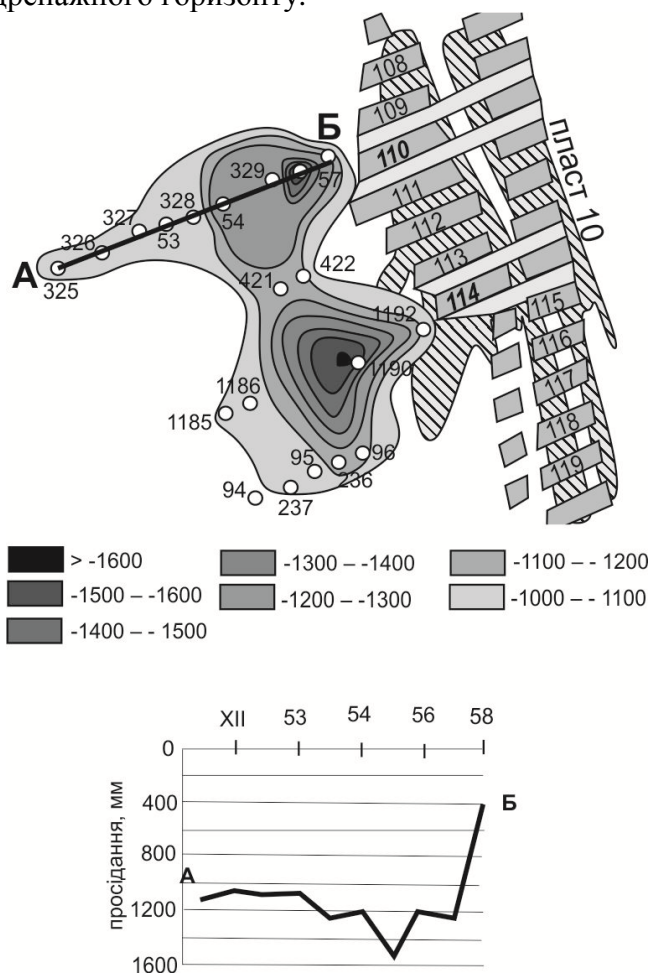


**Рис.1. Карта сумарної величини просідань земної поверхні в руднику №2**

Як видно із карти, на фоні загального пониження поверхні спостерігаються дві локальних мульд: одна над виробками дренажного горизонту, друга в долині річки Вишниці. Сумарне просідання в першій мульдї перевищує 1,2 м, вона протягується на захід вздовж рудних пластів в напрямку долини р. Вишниці. Мульда в долині обмежена

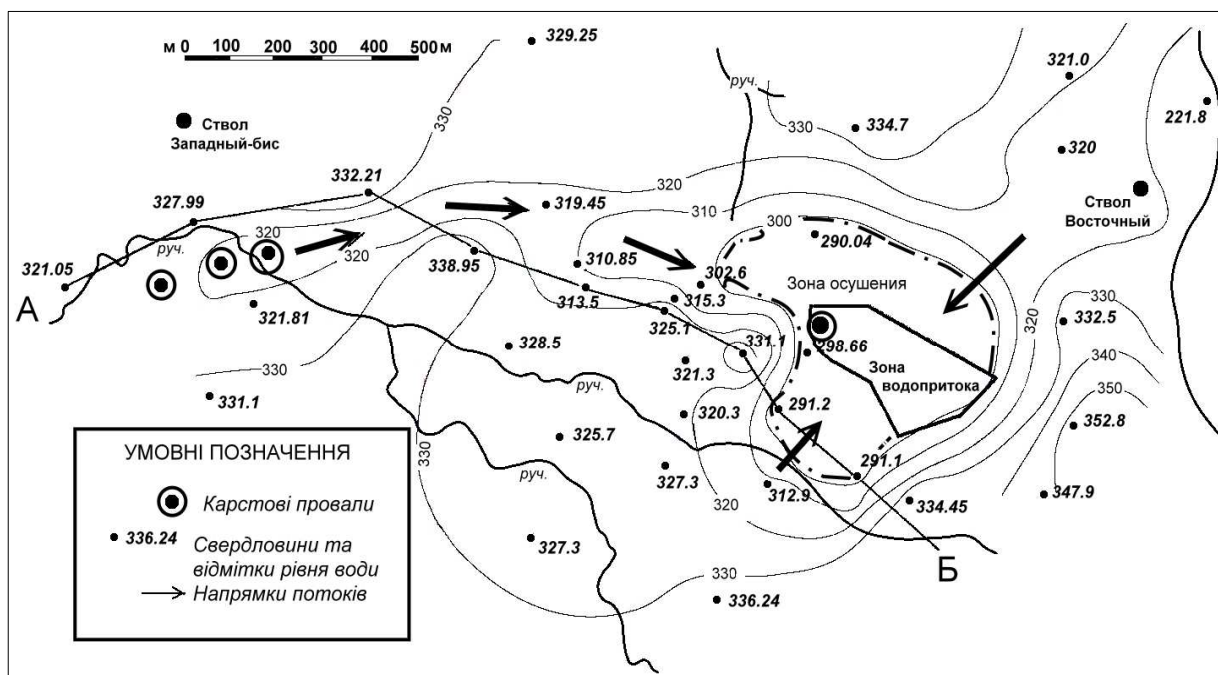
глибокими тріщинами, а в її центрі утворилася низка провалів. Найбільшим був провал № 20, який досягав розміру по верху 45\*58 м і глибини 20 м.

Мульда в долині обмежена глибокими тріщинами, а в її центрі утворилася низка провалів. Найбільшим був провал № 20, який досягав розміру по верху 45\*58 м і глибини 20 м. Детальна карта мульди просідання над дренажним горизонтом в районі залягання пласту 10 показана на рисунку 2, де чітко видно два пониження поверхні. Вони знаходяться над виробками дренажного горизонту і наближені до камер, в які переливається розсіл з дренажного горизонту.



**Рис.2. Деталізована карта та профіль сумарної величини просідань земної поверхні в районі камер 110 та 114.**

Окрема зона просідання знаходиться в долині потоку Вольєрного, на перетині з дорогою. Причини і механізм просідання поверхні встановлені за допомогою інформації про рух розсолу в надсольовому горизонті. В зоні впливу рудника №2 створена мережа гідропостережних свердловин. На карті гідроізоп'єз (рис. 3), видно, що потік розсолу спрямований до дренажних виробок. Навколо них частина розсільного горизонту здренована, розсіл тут протікає окремими потоками, врізаними в соляний масив. Депресія витягнута на захід, в сторону долини річки Вишниця, а також на південь, де знаходиться ставок у верхів'ї річки. Гідрометричні виміри показали, що значна частина стоку річки поглинається через тріщини і провали. В жовтні 2009 року весь потік пішов у провал. Катастрофу вдалося припинити шляхом відсипки тимчасової греблі.



**Рис. 3. Карта ізоп'єз розсільного горизонту в зоні впливу рудника №2**

На руднику №1 найбільше виражена зона просідання поверхні в районі, де в кінці 2002 року випереджуюча свердловина з квершлага №99 вийшла в зону контакту соленосних порід з глиняною покрівлею. Притік розсолу становив близько 50 м<sup>3</sup>/добу. Весною 2003 року притік раптово збільшився до 1000 м<sup>3</sup>/добу. Одночасно у ставку Болонія, розташованому на відстані 500 м від місця прориву, понизився рівень води, а на березі виник провал (№19). Воду із ставка випустили, а провал засипали глиною. Після засипки провалу і спуску води з ставка притік знову зменшився до попереднього рівня.

За даними спостережень побудовано карту (рис. 4). Як видно із карти, мульда просідання витягнута вздовж пласта № 9. Найбільше просідання відмічається над зоною водопритоку у квершлаг №99 і в районі озера Болонія, яке служило джерелом живлення потоку. В період водопритоку рівень розсолу у спостережній свердловині, пробуреної в районі квершлагоу №99, понизився до забою.

Після ліквідації водопритоку рівень відновився. В часі найскоріше проходили деформації в період, коли спостерігався приток розсолу. Після спорудження перемички поверхня стабілізувалася (рис.5). Найбільш стрімке осідання спостерігалось в 2004-2006 рр., коли в рудник припливала вода. Після встановлення перемички в квершлагоу №99 осідання практично припинилося, а в 2008 -2010 роках відсутнє. Це ще раз підтверджує головуючу роль карстових процесів у деформаціях поверхні.

Для порівняння доцільно навести результати спостережень на ділянках, де прорив розсолу не було або вони були незначними. На рис.6. показана карта сумарних просідань над камерами пластів №№ 2, 13 і 16-біс. Як видно з карти, на більшій площі просідання взагалі відсутнє або не перевищує 10 мм за тридцять років спостережень.

**Обговорення результатів.** Таким чином, встановлено, що найбільші просідання поверхні спостерігаються в двох місцях: в місці, де здійснюється живлення розсільного горизонту, і в місці, де потік розсолу вливається в гірничі виробки.

Уявлення про рух води в зоні впливу рудника №2 дає розріз (рис.7). В потоці розрізняються ділянки живлення, транзиту і розвантаження. В області живлення із водотоку і із водоносного горизонту четвертинних відкладень через відносно водотривкий глинистий покрив вертикально вниз фільтрує прісна вода. Вона інтенсивно розчиняє сіль, внаслідок чого утворюються карстові порожнини. Над порожнинами водотривкий шар розушільнюється, в ньому виникають тріщини. Розчинення прискорюється і утворюються провали поверхні.

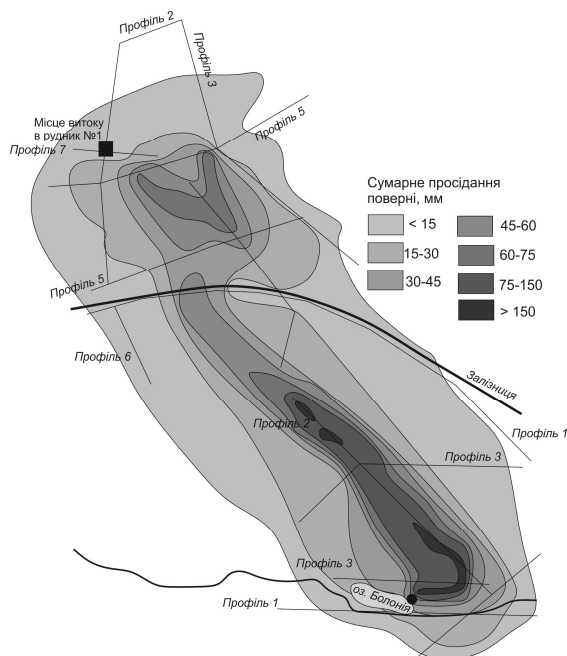


Рис. 4. Схема мережі реперів станції №2 та величини сумарного зрушення поверхні за період спостережень з 1956 по 2013 рр.

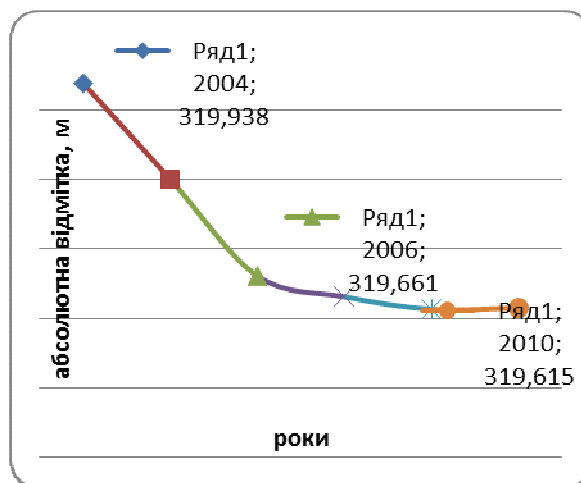


Рис. 5. Динаміка просідання поверхні по реперу №203 в часі

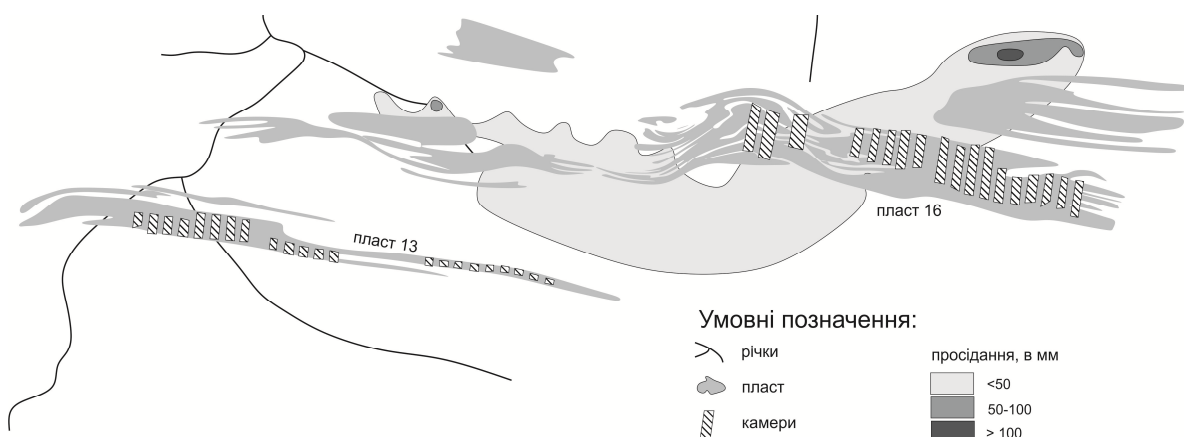


Рис. 6. Карта сумарних просідань над камерами пластів №№ 13 і 16-біс

В зоні транзиту рух води напірний. Легко розчинні мінерали виносяться потоком води, слабо розчинні і нерозчинні складові накопичуються на поверхні, утворюючи зернисту масу високої проникливості. Внаслідок гравітаційної сегрегації прісна вода займає верхню частину потоку, а з сіллю контактує насичений розчин, не агресивний до солі. Якщо поверхня солей не рівна, прісна вода витискається на ділянки з найвищими відмітками. Поверхня солей покрита нерозчинним осадом, вода займає весь переріз проникливої зони. Внаслідок того, що над калійними пластами соляне дзеркало

знаходиться на вищих відмітках, вода контактує з сіллю тільки в підшві надсолевого колектора. Тому процес розчинення проходить повільно, в першу чергу в найвищих ділянках рельєфу соляного дзеркала. Осідання поверхні незначне.

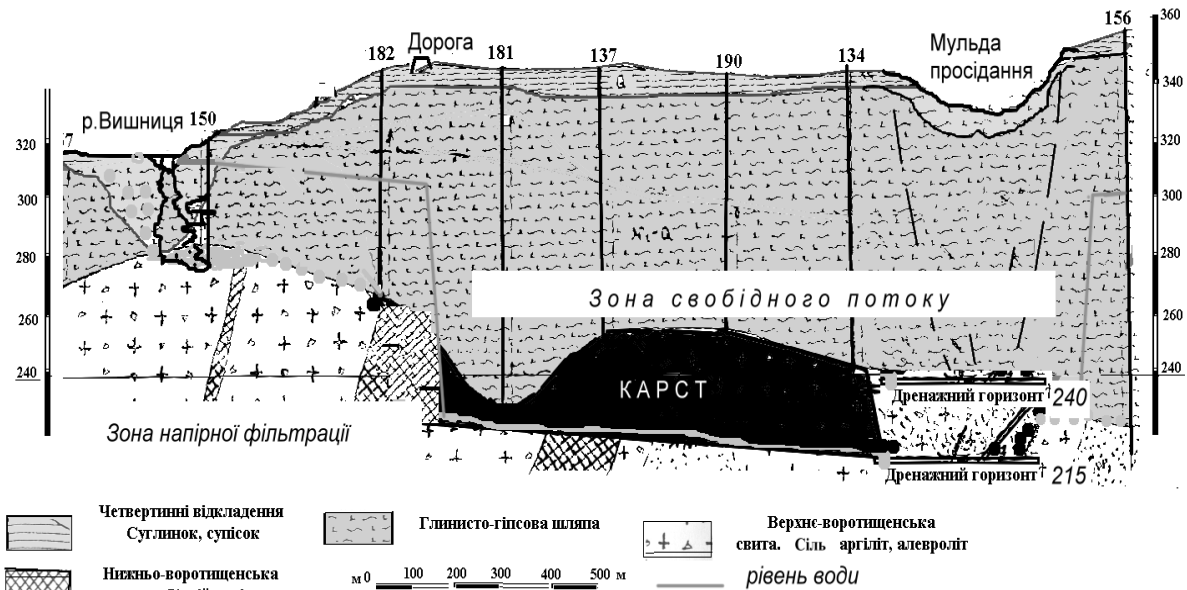


Рис. 7. Гідрогеологічний розріз по лінії А-Б

На ділянці розвантаження, при впадінні потоку в гірничі виробки розсіл тече у вигляді водоспаду, в турбулентному режимі. Насичений розчин і відносно прісна вода змішуються і суміш становиться агресивною. Водоспад змиває нерозчинний осад і прорізає в солях вертикальні каньйони. Глибина каньйонів визначається різницею відміток соляного дзеркала і базису ерозії і досягає сотні метрів. Підземні карстові каньйони розростаються назустріч потокам. Над ними спостерігається осідання земної поверхні, проте провалів не відбувається.

Аналогічна картина спостерігається в районі прориву води в рудник №1.

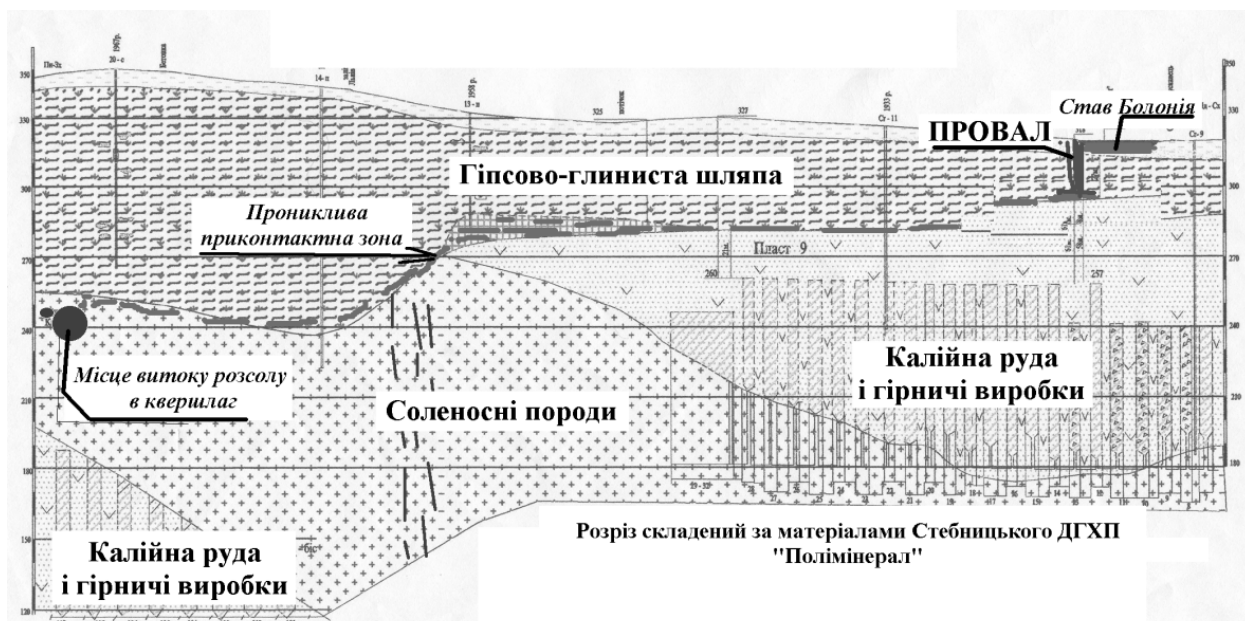


Рис.8. Схематичний геологічний розріз від місця витоку води до ставка Болонія

Геологічний розріз вздовж потоку підземних вод показаний на рис. 8. Рух води від става Болонія здійснюється в проникливій зоні на контакті соленосних порід з гіпсоглинистою товщею. В місці водопритоку вода прісна і агресивна по відношенню до солей, тому проходить інтенсивне розчинення, яке супроводжується пониженням і провалами поверхні. По мірі насичення розсолу і завдяки його стратифікації на відстані біля 200 м осідання поверхні зменшується, оскільки розчинення припиняється. В місці розвантаження розсолу швидкість руху розсолу збільшується, здійснюється турбулізація потоку, розсіл змішується і знову становиться агресивним. Тому тут спостерігається розвиток карстових порожнин і максимальне просідання поверхні.

Слід зауважити, що осідання поверхні в зоні депресії розсільного горизонту може бути обумовлено не тільки утворенням карстових порожнин і осіданням їх покрівлі, але й стисканням глинистої товщі внаслідок зменшення напору рідини і, як наслідок, зростання геостатичного тиску. Однак відсутність даних про компресійні властивості глинистої товщі при високому тиску не дає можливості оцінити вклад цього явища.

**Висновки.** 1. Просідання і провали земної поверхні в зонах впливу калійних рудників може бути обумовлено дією двох факторів: деформацією ціликів і розвитком соляного карсту. Однак результати спостережень показують, що просідання над гірничими виробками в місцях, де не було водопритоків, відсутнє або не перевищує 20 мм за тридцять років. Це підтверджує висновок авторів роботи [4], що при запасі міцності більше 2,5 міжкамерні цілики жорсткі і зберігають стійкість необмежений час. Деформації поверхні, обумовлені стисканням ціликів, відсутні або мінімальні і не створюють небезпеки для споруд і комунікацій. На рудниках Стебницького підприємства запас міцності ціликів як правило більше 3. Прийнятий запас міцності забезпечує стійкість ціликів на сотні років.

2. Суттєві деформації поверхні виникають у випадку прориву розсолів у вироблений простір. Рух води і утворення карстових каналів в надсольовому розсільному горизонті здійснюється переважно вздовж найвищих відміток покрівлі соленосних порід. В потоці слід розрізняти ділянки живлення, транзиту і розвантаження. На ділянці живлення спостерігається інтенсивне розчинення солей прісною водою, що супроводжується провалами поверхні. На ділянці транзиту карстовий процес затухає, деформації поверхні не великі. В місці розвантаження знову інтенсифікується карстовий процес, спостерігається формування мульд просідання. Ліквідація розсолупритоків призводить до припинення карстового процесу і стабілізації поверхні.

### Література

1. Короткевич Г.В. Соляной карст / Г.В. Короткевич. – Л.:Недра, 1970. – 256 с.
2. Крижанівський Є.І. Техногенна ситуація в районі Калуського промислового вузла. / Є.І. Крижанівський, Е.Д. Кузьменко, М.В. Палійчук, Б.Т. Бараненко// Науковий вісник ІФНТУНГ. Науково-технічний журнал. 2008, №2. – С.3-9
3. Методические указания по выбору мер охраны для существующих и проектируемых объектов на территориях, подрабатываемых калийными рудниками. Изд. ВНИИГ, Ленинград, 1976. – 266 с.
4. Пермяков Р.С. Технология добычи солей / Р.С. Пермяков, М.П. Бельды, В.С. Романов. – М.:Недра, 1981. – С.106.

*Поступила в редакцію 3 вересня 2013 р.*

*Рекомендував до друку д.г.-м.н. О.М. Адаменко*