

ПРО ДОЦІЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ КАРСТУ НА РОДОВИЩАХ КАЛІЙНОЇ ТА КАМ'ЯНОЇ СОЛІ ЕЛЕКТРИЧНИМИ МЕТОДАМИ

Дослідження проведено в межах Калуш-Голинського родовища калійної солі. Наведено аналіз системних помилок в геологічній інтерпретації. За результатами інтерпретації виявлено, що розмив соляного дзеркала має площинний характер і повинен урахуватись при прогнозуванні просідання денної поверхні. Авторами статті запропоновано нові оригінальні підходи комплексної інтерпретації зазначених методів для картування геологічного розрізу.

Ключові слова: шахтне поле; мульда осідання; розмив; електрометрія; електричний опір; провідність.

Вступ. Згідно Національних доповідей про стан техногенної та природної безпеки в Україні за останні роки внаслідок надзвичайних ситуацій (НС) геологічного характеру Україна зазнає багатомільйонних збитків [Національна доповідь, 2005, 2006, 2007, 2008].

Зазначені НС в основному пов'язані з розвитком екзогенних геологічних процесів, у тому числі карстових. У [Національна доповідь, 2007] читаємо: "Розвиток техногенного карсту в Івано-Франківській області (в районі видобутку Калузького родовища сольових корисних копалин) призвів до виникнення НС регіонального рівня, що спричинило утворення карстових і провальних воронок об'ємом 7.6 млн. м³. У зоні розвитку розташовано близько 1300 житлових будинків п'яти населених пунктів та 23 промислові споруди". У [Національна доповідь, 2008], крім Калуш-Голинського родовища (саме так правильно), зазначається карстопровальна небезпека в районі Стебницького родовища калійної солі. Тому дослідження карстопровальних процесів та їх прогнозування є актуальною задачею сьогодення.

Аналіз впливу на геологічне середовище шахтної розробки рудників Калуш-Голинського родовища калійної солі. Рудник "Ново-Голинь" розташований на заході від міста Калуша і складений двома шахтними, полями відробленими в 1966 - 1995 рр.: "Східна-Голинь" знаходиться на північно-західній околиці села Кропивник і має об'єм пустот 6863,1 тис. м³; "Сівка-Калузька" лежить на північно-східній околиці однойменного села і має об'єм пустот 5294,5 тис. м³. [Хмара І.Є., Кузьменко Е.Д., Багрій С.М., 2008, 2009] У сумі на руднику "Ново-Голинь" налічувалось 12158,5 тис. м³ пустот, які наразі ліквідуються згідно проекту розробленого Львівським інститутом "Гірхімпром". На даний час ліквідація завершена шляхом заливки пустот розсолами з Домбровського кар'єру та хвостосховища, проте ці розсоли не були донасиченими.

Зрушення земної поверхні фіксується з 1979 р. Просадові процеси над відробленими полями ведуть до формування мульд, у яких розвивається заболочення та утворюються озера.

На шахтному полі "Сівка-Калузька", яке обране у якості полігона досліджень, просідання фіксуються по реперним профілям з 1989 р. із швидкістю до 11 мм/рік з формуванням двох локальних мульд. Перша мульда фіксується над пластом К – 3 гор. +140 м. з центром на репері № 176, швидкості осідання на ньому не перебільшують 2 – 3 мм/рік до 2004 р. З 2004 р. швидкість осідання земної поверхні збільшилась до 12 мм/рік, у 2007 р. вона дещо зменшилась – до 5 мм/рік. Накопичене осідання на цьому репері складає 80 мм (з 1979 року). Друга мульда осідання утворилась над пластом К – 6 гор. +140 м і +190 м з центром на репері № 253. Осідання проходить з середньою швидкістю 1 – 2 мм/рік. Накопичене осідання складає 57 мм.

Найбільш песимістичним сценарієм є наступний. У прикінцевій стадії зрушення на шахтному полі "Сівка-Калузька" очікується формування на кінець зрушення складної за форму мульди з підтопленням 115 га поверхні. У середній її частині сформується складне за контуром озеро площею 57 га. Максимальне просідання, ймовірно, досягне 19,5 м. У випадку прояву карстово-провальних процесів очікується взаємодія розсолів шахтних виробок із поверхневими та підземними водотоками. Це поле стане відправним пунктом техногенного засолення ріки Сівки, яка буде до центру м. Калуша весь час збагачуватиметься солями. У просадову мульду поля Сівка-Калузька потрапляють 268 жилих будинків із школою, з них 104 будинки будуть підтоплені.

Електрометричні дослідження. На рис. 1 наведено фрагмент просторового зображення експериментальної ділянки досліджень "Сівка-Калузька". З рисунка видно, що геологічне залягання границь витримане з точки зору обов'язкової наявності 5-ти шарів, проте потужності цих шарів коливаються в значних межах. Останній шар соленосних глин може включати лінзи калійної або кам'яної солі потужністю до 60 м і протяжністю до 300 м. У зоні вивітрювання порід соленосної товщі утворилась гіпсо-глиниста "шапка", яка характеризується сірими, зеленуватосірими пластичними глинами з гніздами та окремими вкрапленнями гіпсів.

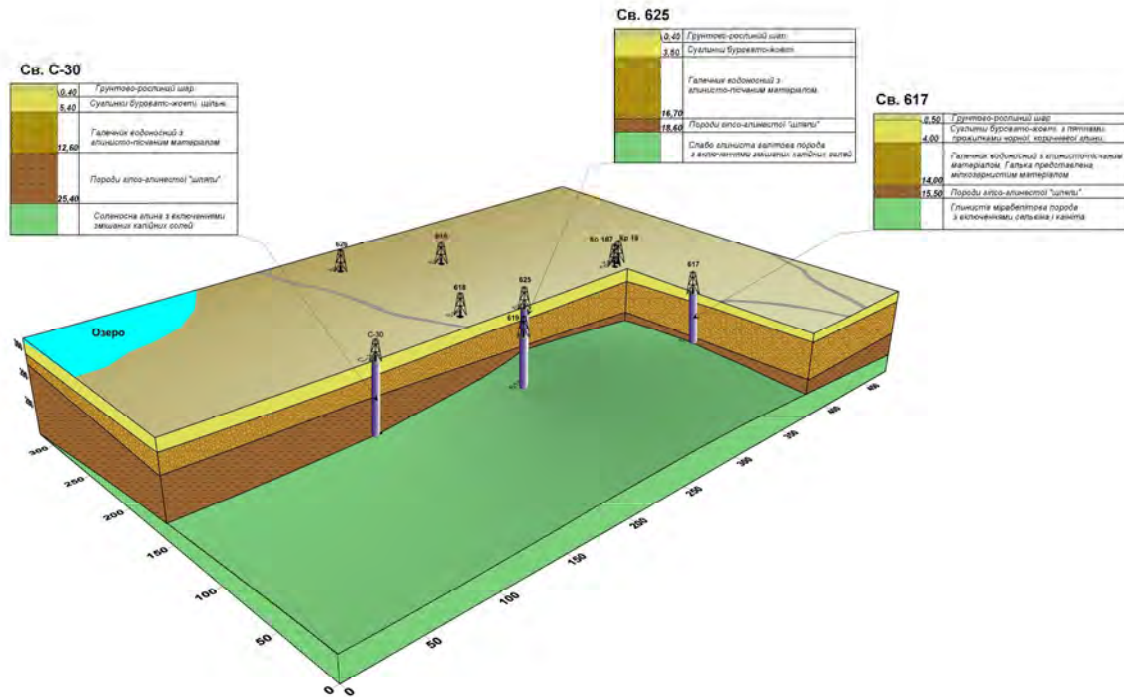


Рис. 1. Геологічна модель ділянки Сівка-Калуська Калуш-Голинського родовища калійної солі

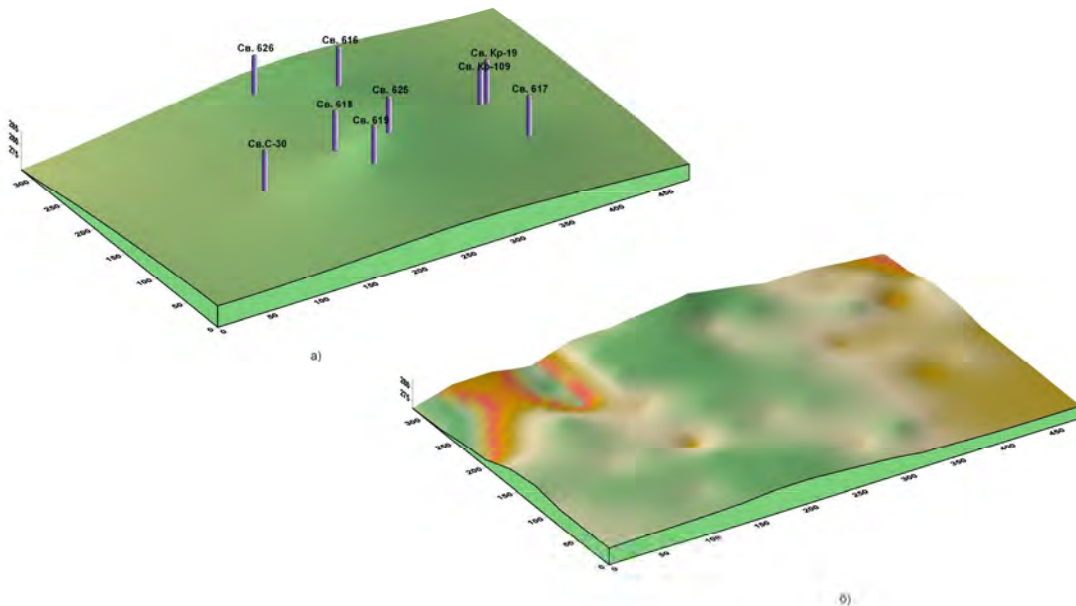


Рис.2. Поверхня соляного дзеркала. а) за даними буріння; б) за даними електрометрії

Її потужність не є постійною і залежить від літології порід, над якими вона формувалась. У місцях виходу теригенних порід верхньобалицької світи під четвертинні відклади гіпсо-глиниста “шапка” відсутня. Загальна потужність цих відкладів у межах рудного поля змінюється від 0.5 – 1.0 м до 21.0 метра. Породи гіпсо-глинистої “шапки” перекриті четвертинними гравійно-гальковими відкладами та суглинками. Потужність перших складає 3 – 20 м, а других 2 – 8 м.

Гравійно-галькові відклади мають площинне розповсюдження і є основним водоносним горизонтом району. Рух підземних вод у водоносному горизонті має напрям загального нахилу калуської рівнини з заходу на схід. Живлення горизонту відбувається переважно за рахунок атмосферних опадів. Прісні води гравійно-галькових відкладів використовують для питного водопостачання навколишніх сіл.

Для опорів кожного шару оцінений їх розподіл. Підпорядкованість кожної вибірки певному закону свідчить про статистичну однорідність шарів щодо їх електричних характеристик і про можливість кількісної інтерпретації.

Проте, очевидно, що реальні криві ВЕЗ і ЗС не можуть ідеально відповідати модельним з наступних причин: 1) обмеження методу ВЕЗ по глибинності; 2) втрата в методі ЗС верхньої частини розрізу за рахунок інерційності метода; 3) невідповідність реальних розрізів модельним. Проаналізуємо зазначені причини по запропонованій черговості.

Обмеження методу ВЕЗ пов'язано з технічними перешкодами в реалізації максимальних розносів. Досвід підказує, що реальний максимальний рознос $AB/2=150$ м, тоді в залежності від розрізу можна досягти реальних глибин 40 – 60 м. [Кузьменко, 2002, Сапужак, 1990]. Згідно з рис. 3, метод ВЕЗ може відбити границі 1,2,3.

Щодо методу ЗС, то навіть при використанні апаратури “Стадія”, спрямованій за технічними характеристиками на вивчення верхньої частини розрізу, для установки “петля в петлі” з розмірами $Q - 80*80$ (ефективна площа живлячої петлі), $q - 5*5$ (ефективна площа приймальної петлі) можна дослідити відповідно границі 3, 4.

Єдина границя, яка дає можливість узгодити методи за результатами інтерпретації, є границя 3, тобто границя між породами гіпсо-глинистої “шляпи” та соленосної брекчії. Порівняння даних ВЕЗ і ЗС з даними буріння по зазначеній границі свідчить про наявність систематичних помилок у визначенні глибини як для ВЕЗ, так і для ЗС.

Тоді для переходу від “геофізичних” глибин до реальних слід побудувати регресійну залежність по геологічних та геофізичних границях, відбитих методами ВЕЗ та ЗС. Застосування цих методик дає наступні рівняння регресії:

- для I границі (ВЕЗ):

$$X_{ГЕО} = 0.10936 + 0.99851 \cdot Y_{ВЕЗ}, \text{ при } R = 0.96539$$

де $X_{ГЕО}$ - глибина залягання підшови пласта з врахуванням поправки; $Y_{ВЕЗ}$ - глибина залягання підшови пласта за даними ВЕЗ; R - коефіцієнт кореляції.

- для II границі (ВЕЗ):

$$X_{ГЕО} = 0.59716 + 0.96063 \cdot Y_{ВЕЗ}, \text{ при } R = 0.95100$$

- для III границі (ВЕЗ):

$$X_{ГЕО} = 1.8395 + 0.91777 \cdot Y_{ВЕЗ}, \text{ при } R = 0.97377$$

- для III границі (ЗС)

$$X_{ГЕО} = -0.2390 + 0.67004 \cdot Y_{ЗС}, \text{ при } R = 0.80217$$

для III границі з розмивом поверхні (ЗС)

$$X_{ГЕО} = -1.686 + 0.66000 \cdot Y_{ЗС}, \text{ при } R = 0.71283$$

Перехід по глибинності від ЗС до ВЕЗ відбувається за формулою:

$$Y_{ВЕЗ} = 1.4778 + 0.93524 \cdot X_{ЗС}, \text{ при } R = 0.77043$$

а від ВЕЗ до ЗС за формулою:

$$X_{ЗС} = 8.3365 + 0.63467 \cdot Y_{ВЕЗ}, \text{ при } R = 0.77920$$

Ми навели аналіз системних помилок в геологічній інтерпретації. Відхилення від заданих системних помилок може бути пов'язане зі зміною геологічного розрізу порівняно з даними буріння при деталізації досліджень, тобто при проведенні електрондувань між свердловинами. Адже при розвідці родовища там, де планувався шахтний видобуток, буріння виконувалось за максимально можливою рідкою сіткою з тим, щоб уникнути порушення соляного дзеркала, ціликів і запобігти гідравлічному зв'язку вище і нижче лежачих горизонтів. Тому застосування методів електричних зондувань виглядає обгрунтованим, оскільки використання формул дозволяє виконувати кількісну інтерпретацію та отримувати вірогідні результати.

З точки зору картування карсту та прогнозу карстопровальної небезпеки перед електро-розвідкою були поставлені задачі, які в принципі неможливо вирішити за допомогою буріння: 1) оцінка ступеня розмиву соляного дзеркала за час експлуатації родовища; 2) диференціація порід надсоляної брекчії, як пласта із здібностями обвалу та текучості; 3) виявлення ділянок розвитку підземного карсту. Розмив покрівлі соляних пластів або “соляного дзеркала” уперше був відмічений під час експлуатаційного буріння на Стебницькому родовищі. Розміри розмиву були такими значними, що останній відображався в полі сили тяжіння при гравіметричних дослідженнях. На Калуш-Голинському родовищі зазначений розмив був уперше виявлений за електрометричними даними під час геофізичних досліджень. Розмита зона, імовірно, частково заповнюється виваленим з верхнього шару уламковим матеріалом, а частково розсолами. Електричний опір її становить приблизно 1 Ом. Шар розмиву “соляного дзеркала” відображається впевненим мінімумом на кривих ВЕЗ і субгоризонтальною гілкою, майже паралельною вісі провідності на кривих ЗС.

З урахуванням системних помилок за вищезначеною методикою при інтерпретації комплексу ВЕЗ – ЗС було виявлено, що розмив соляного дзеркала має площинний характер і повинен урахуватись при прогнозуванні просідання денної поверхні (рис. 2).

Максимальний розмив соляного дзеркала досягає до 5.3 м, тобто планова товщина соляних порід над камерами складає 48 м, а фактична – 42.7 м. Зменшення товщини приводить до раптових провалів гірських порід у видобувні камери, що відображається у провалах на поверхні.

Висновки. Результати наведених досліджень дають можливість зробити наступні висновки.

1. Методи геофізичних електричних і електромагнітних досліджень є ефективними щодо використання на соляних родовищах Передкарпаття.

2. Авторами статті запропоновано нові оригінальні підходи комплексної інтерпретації зазначених методів для картування геологічного розрізу.

3. Ефективність електричних методів визначається можливістю вирішення наступних геологічних задач:

- картування природно-техногенного карсту;
- виявлення зон розмиву гірських порід у межах гірничих виробок і прогнозування провалів та просідань на поверхні землі;
- простеження шляхів фільтрації пластових вод.

Це доведено результатами аналізу геолого-геофізичних матеріалів, а також численними прикладами.

Література

Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2005 році. // К.: ДП “Агентство “Чорнобильінформ”. - 2006. – 242 с.

Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 році. // К.: ДП

“Агентство “Чорнобильінформ”. - 2007. – 236 с.
Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2007 році. // К.: ДП “Агентство “Чорнобильінформ”. - 2008. – 230 с.

Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2008 році. // К.: ДП “Агентство “Чорнобильінформ”. - 2009. – 230 с.

Проведення моніторингових спостережень над шахтними полями Калуш-Голинського родовища калійних солей [Звіт про науково-дослідну роботу // Хмара І.Є., Кузьменко Е.Д., Багрій С.М., та ін.]. № ДР 0108U007562, Інв. №0309U00296 – Калуш: ДП “НДІ Галургії”. - 2008. – 103 с.

Продовження моніторингових спостережень над шахтними полями Калуш-Голинського родовища калійних солей у 2009 році [Звіт про науково-дослідну роботу // Хмара І.Є., Кузьменко Е.Д., Багрій С.М., та ін.]. № ДР 0109U004372, Інв. №0110U001042 – Калуш: ДП “НДІ Галургії”. - 2009. – 86 с.

Сапужак Я. С., Шамотко В. И., Кравченко А. П., Геоэлектрические модели и методы исследования структур запада Украины. // Киев: Наукова думка. - 1990. – 186 с.

Кузьменко Е. Д., Сапужак Я. С., Электрична розвідка методом становлення поля. // Івано-Франківськ:Факел. - 2002. – 154 с.

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ КАРСТА НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ КАЛИЙНОЙ И КАМЕННОЙ СОЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Э.Д. Кузьменко, С.М. Багрій

Исследование проведено в рамках Калуш-Голинского месторождения калийной соли. Приведен анализ системных ошибок в геологической интерпретации. По результатам интерпретации обнаружено, что размыв соляного зеркала имеет плоскостной характер и должен учитываться при прогнозировании проседания дневной поверхности. Авторами статьи предложены новые оригинальные подходы комплексной интерпретации указанных методов для картирования геологического разреза.

Ключевые слова: шахтное поле; мульда оседания; размыв, электрометрия; электрическое сопротивление; проводимость.

ABOUT THE SUITABILITY OF KARST ON POTASH AND ROCK SALT DEPOSITS BY ELECTRIC METHODS

E. Kuzmenko, S. Bagriy

Research conducted within Kalush-Golinskii potassium salt deposit. The analysis of symmetry systematic approach errors in the geological interpretation is directed. As a result of interpretation revealed that erosion salt mirrors has flat character and should be taken into account in predicting the day surface subsidence. The authors proposed new original approaches to complex interpretation of these methods for mapping geological section.

Keywords: mine field; mold sedimentation; erosion; electrometer; electrical resistance.

¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу