УДК 550.837

<https://doi.org/10.31996/mru.2019.4.30-37>

Е. Д. КУЗЬМЕНКО, д-р геол.-мінерал. наук, професор, завідувач кафедри геотехногенної безпеки та геоінформатики (Івано-Франківський національний технічний університет нафти й газу), gbg@nung.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-1994-0970>,

Л. І. ДАВИБІДА, канд. геол. наук, доцент кафедри геотехногенної безпеки та геоінформатики (Івано-Франківський національний технічний університет нафти й газу), davybida61085@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9796-7124>,

С. М. БАГРІЙ, канд. геол. наук, доцент кафедри геотехногенної безпеки та геоінформатики (Івано-Франківський національний технічний університет нафти й газу), gbg2020@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-1190-6222>,

І. В. ЧЕПУРНИЙ, канд. геол. наук, доцент кафедри геотехногенної безпеки та геоінформатики (Івано-Франківський національний технічний університет нафти й газу), igor.chepurnyi@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2109-3827>

E. KUZMENKO, Prof., Dr. Sc. (Geol.-Min.), Head of the Department of Geotechnogenic Safety and Geoinformatics (Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas), gbg@nung.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-1994-0970>,

L. DAVYBIDA, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Geol.), Senior Lecturer of the Department of Geotechnogenic Safety and Geoinformatics (Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas), davybida61085@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9796-7124>,

S. BAGRIY, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Geol.), Senior Lecturer of the Department of Geotechnogenic Safety and Geoinformatics (Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas), gbg2020@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-1190-6222>,

I. CHEPURNYI, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Geol.), Senior Lecturer of the Department of Geotechnogenic Safety and Geoinformatics (Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas), igor.chepurnyi@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2109-3827>

АНАЛІЗ І МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОГЕОДИНАМІЧНОЇ СИТУАЦІЇ В РАЙОНІ СТЕБНИЦЬКОГО РОДОВИЩА КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ

ANALYSIS AND MODELING OF THE HYDROGEODYNAMIC SITUATION WITHIN THE STEBNYK DEPOSIT OF POTASSIUM SALTS

Об'єктом дослідження є ділянка в межах території Стебницького родовища калійної солі, що охоплює стовбур “Західний” рудника № 1 і “Східний” рудника № 2 та зону збійки цих рудників. Дослідження мало на меті оцінити небезпеку прориву соленосних вод у гірничі виробки рудника № 1 унаслідок самозатоплення рудника № 2.

Виконано аналіз геологічних і гідрогеологічних умов території. На основі опрацювання фондових матеріалів щодо даних спостережень за рівнями підземних вод і результатів геофізичних спостережень методом природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ) створено цифрові моделі основних геологічних та гідрогеологічних елементів, а також оцінено ймовірність перетікання підземних вод у напрямку рудника № 1.

Ключові слова: техногенний карст, підземні води, метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ), моделювання.

The purpose of the research was to determine the danger degree of saline waters breakthrough in the mine No. 1 due to the self-flooding of mine No. 2 by constructing digital models of the basic geological and hydrogeological elements, matching them with the stressed state of rocks within zones of the “Western” and “East” pit shafts and the seal of mines № 1 and № 2.

Geophysical studies were carried out by the method of the natural pulsed electromagnetic field of the Earth (ENPEMF), which makes it possible to promptly assess the stress-strain state of rocks. In addition, the geological and hydrogeological situation of the study area was simulated to solve this problem.

According to the results of the analysis of hydrogeological regime observations in the period from 2004 to 2017, long-term trends of changes in the groundwater level of the aquifer were established. Taking into account the filling of mines № 2 and drainage, the movement of groundwater from the research area towards the north – northwest is currently noted. There is a difference in groundwater levels up to 13 meters.

Based on the results of interpretation of geophysical research data on the basis of which ENPEMF intensity maps were constructed, as well as taking into account geological and hydrogeological models, it was found that no significant anomalies of the field intensity corresponding to catastrophic stress-strain state were observed at present (including through additional hydraulic pressure to testify about the danger of a breakthrough reservoir water).

Obviously, that obtained results do not raise any doubts about the further operation of mine № 1 at present. However, when the mine № 2 be completely flooded, it is advisable to check the regime hydrogeological observations of groundwater levels and the ENPEMF measurements to investigate possible changes in the stress-strain state of the rock mass.

Keywords: technogenic karst, groundwater, method of the natural pulsed electromagnetic field of the Earth (ENPEMF), modeling.

Вступ. Характеристика території дослідження. Територія Стебницького родовища калійних руд – одне з декількох місць Карпатського регіону, де сформувалися стабільні ареали загрозливого екологічного стану. Проникнення води в підземні порожнини, утворені за роки експлуатації, призводить до розмивання перегород, просідання земної поверхні й утворення провалів [2].

Ділянка досліджень розміщена в зоні бар'єрного цілика між рудниками № 1 та № 2 Стебницького родовища калійної солі (рис. 1). Її площа становить 28,8 га і охоплює шахтні стовбури “Західний” рудника № 1 і “Східний” рудника № 2 (зруйнований), солевідвали, промислові споруди. Місцевість

характеризується пагорбистим рельєфом з абсолютними позначками +300–+360 м. Для території характерні техногенні зміни рельєфу, пов'язані з порушенням геологічного середовища внаслідок добувної діяльності. Зокрема, ліквідація шахтного стовбура “Східний” зумовлена розвитком карстових процесів, зону поширення яких зображено на рис. 1.

Витікання надсоліх вод у стовбур “Східний” спостерігали із часу його проходження 1962 року на глибині 102–123 м. Численні спроби ліквідації витоку позитивного результату не мали. Витік розсолів коливався в межах 5–35 м³/добу. Усього з 1962 р. у стовбур витекло понад 375 тис. м³ розсолів з мінералізацією 350–370 г/дм³ та утворилося понад 70 тис. м³ карстових порожнин. Наявність активної зони карстування безпосеред-

Рис. 1. Ситуаційна схема ділянки досліджень

ньо біля стовбура “Східний” підтверджується також суттєвими деформаціями земної поверхні поблизу нього.

Що стосується зони бар’єрного цілика та збійки рудників № 2 і № 1 (перемички “Західної”), то впродовж 1971–1993 рр. суттєвих змін не відбувалося. Лише в лобовині перемички спостерігали невеликий вихід розсолів через зварний шов і запірну арматуру. За період 1971–2015 рр. дебіт розсолів коливався в межах 0,5–6,0 дм³/добу з мінералізацією 350–395 г/дм³. Окреме короткочасне збільшення витікання розсолів було пов’язане з тріщинами на дренажній трубі в лобовині перемички, які ліквідували за допомогою хомутів.

Інженерно-геологічні та гідрогеологічні дослідження на території Стебницького родовища, результати яких висвітлено, зокрема, у працях [3, 4, 6, 10, 11], проводили в різні роки різні організації, за винятком спеціального гідрогеологічного вивчення всієї території родовища та його флангів загалом.

Метою цього дослідження є визначення ступеня небезпеки прориву соленосних вод у гірничі виробки рудника № 1 унаслідок самозатоплення рудника № 2 через побудову цифрових моделей основних геологічних і гідрогеологічних елементів, узгодження їх з напруженим станом гірських порід у межах стовбурів “Західний” і “Східний” та зони збійки рудників № 1 і № 2.

Геологічна будова території. Територія досліджень розміщується у Внутрішній зоні Передкарпатського прогину. Відклади, що характеризують геологічну будову території, належать до нижнього відділу неогену (міоцену). Вони представлені потужною серією відкладів – воротищенською світою (N1vr), яка утворює нижню частину нижніх молас.

Воротищенську світу розділяють на дві підсвіти – нижньоворотищенську (N1vr¹) і верхньоворотищенську (N1vr²). Їхні породи й формують геологічну будову території досліджень.

Нижньоворотищенська підсвіта (N1vr¹) утворена переважно теригенними породами: пісковиками та глинисто-піщовиковою брекчією. Солі представлені галітом і розвинені по тріщинах, які оконтурюють уламки брекчій, і меншою мірою – малопотужними прошарками галітової породи. У теригенних породах трапляються також прошарки й лінзи конгломератів потужністю до 50–60 м.

Відклади цієї підсвіти найширше розвинені в районі між Стебником і Трускавцем, оголюючись в ядрах Модрич-Уличнянської й Трускавецької антикліналей. Для підсвіти характерна перевага різного типу пісковиків, гравелітів і меншою мірою – конгломератів.

Відклади верхньоворотищенської підсвіти (N1vr²) представлені інтенсивно засоленими глинистими, піщовиково-глинистими, піщовиковими брекчіями, глинами, прошарками пісковиків, лінзами й пластами калійної і кам’яної солей. Нерідко спостерігається заміщення одних типів порід іншими. У відкладах верхньоворотищенської підсвіти залягають усі промислові поклади калійних солей. Потужність воротищенських відкладів сягає понад 1500–2000 м.

Зазначені геологічні структури перетинають територію ділянки досліджень субпаралельними смугами в північно-західному й північно-східному напрямку (рис. 2). Зокрема, варто зауважити, що середню частину ділянки перетинає зона поширення порід нижньоворотищенської світи, східну частину

Рис. 2. Геологічна карта території досліджень

– пласти калійної (пласти № 76іс і № 136іс) і кам'яної солей. Західна частина складена соленосними брекчіями верхньоворотинської світи. До північно-східного флангу ділянки прилягають пласти калійних солей шахтного поля рудника № 2 (“Основний” і № 10), які розробляли камерним способом.

У західній частині розміщені найбільш техногенно порушені ділянки геологічного середовища, як-от зона розвитку карстових процесів у районі стовбура “Східний”. Тут також спостережено ймовірне тектонічне розривне порушення та край соляного пласта. Що стосується східної частини ділянки із зоною планованого “стикування” виробок рудників № 1 і № 2, то карстових процесів, відповідно до аналізованих фондових матеріалів, тут не спостережено [4].

Опис гідрогеологічних умов і створення цифрових гідрогеологічних моделей. На основі накопиченого на сьогодні фактичного матеріалу щодо досліджуваної території можна виділити обводнені четвертинні відклади, породи кори вивітрювання й водотривкі незмінені соленосні відклади.

Підземні води четвертинних утворень поширені в пролювіально-делювіальних сучасних алювіальних відкладах. Рівні підземних вод встановлюються на глибинах 0,2–9,8 м.

Неабияку роль у процесах карстоутворення відіграють підземні води в породах кори вивітрювання, поширені на всій території Стебницького родовища. Їхній літологічний склад визначається переважно речовинним складом седиментаційних утворень, на яких залягає і з яких утворилася кора вивітрювання. Породи кори вивітрювання, що сформувалися на

відкладах соленосної товщі, називають “гіпсо-глинистою шапкою” (ГГШ). У розрізі ГГШ чітко простежується зональність. Водовміщувальні породи у верхній і середній частинах розрізу ГГШ слабодонасичені й майже непроникні. Їхні коефіцієнти фільтрації змінюються від 0,001 до 0,05 м/добу. Дуже закарстовані водовміщувальні породи нижньої частини розрізу ГГШ вирізняються тут більшою проникністю: їхні коефіцієнти фільтрації перебувають у межах 0,02–2,86 м/добу. Рівні підземних вод для порід верхньої й середньої частин розрізу встановлюються на глибинах 1,3–6,8 м від земної поверхні, а для нижньої частини розрізу – на глибинах 2,7–18,2 м.

Умови живлення й формування підземних вод у четвертинних відкладах і породах кори вивітрювання визначаються геологічною будовою території, її геоморфологічними особливостями, глибиною врізу гідрографічної сітки.

Підземні води четвертинних відкладів живляться атмосферними опадами й поверхневими водами. Зони живлення й поширення збігаються за площею. Підземний стік спрямований у сторону врізів яружно-балкової й річної сітки. Напрямок підземного стоку у верхній і середній частинах розрізу кори вивітрювання контролюється глибиною врізу та напрямком яружно-балкової й гідрографічної сітки, а також простяганням порід. Підземні води з гіпсометрично трохи підвищених ділянок перетікають у закарстовані породи, сформовані над калійними покладами, відтак підпираються водотривкими породами й спрямовуються до долин річок. Унаслідок такого руху підземних вод збільшується поверхня соляного дзеркала.

Гідрогеологічні спостереження в районі досліджуваної ділянки й прилеглих територій здійснюються за допомогою мережі гідрогеопостів (рис. 3), пробурених на глибини водонесних горизонтів четвертинних відкладів, середньої частини ГГШ та її підшови.

Водночас опрацьовано дані вимірювань рівнів підземних вод за період січень 2004 – серпень 2017 рр. Треба зазначити, що моніторинг рівнів стосується здебільшого тільки горизонту підшови ГГШ, де відбуваються найактивніші процеси розмивання поверхні соляного дзеркала.

Для свердловин з найтривалішими безперервними спостереженнями (сверд. № 141, 143, 144, 162, 163, 168, 170, 171, 175, 176, 178) виконано автокореляційний і спектральний аналізи часових рядів мінливості рівнів підземних вод. Результати аналізу часових рядів (рис. 4) підтверджують порушений характер режиму рівнів підземних вод.

Сезонних коливань, зумовлених природними чинниками, для жодної з розглянутих свердловин не простежено. Для часових рядів характерними є багаторічні тренди різного спрямування.

Для оцінки багаторічних тенденцій зміни положення рівня підземних вод у межах ділянки робіт і визначення середньорічного рівня для 2017 р. виконано тренд-аналіз із застосуванням методу найменших квадратів. Отримані емпіричні функції представлені поліноміальними трендами 2–3 степеня, характерними для порушеного гідрогеологічного режиму, описують тенденцію зміни рівня в багаторічному плані, а також дають змогу оцінити інтенсивність цих змін і отримати прогнозні значення рівня (таблиця).

На основі проаналізованих матеріалів створено цифрову модель мінливості абсолютних позначок водоносного горизонту підшови ГГШ станом на 2017 р. (рис. 5), що дає змогу визначити основні сучасні напрямки руху підземних вод для досліджуваної території.

Створена картосхема свідчить про формування контуру депресійної лійки з південного сходу від Трускавецького лісового масиву вздовж дороги Львів-Трускавець до рудника № 2. На півночі депресійна лійка розміщена й у західному напрямку до вказаної автодороги.

Рух основного водного потоку, поповнюваного внаслідок атмосферних опадів, що інфільтруються через четвертинні відклади в алювіальні утворення ГГШ, спрямований з південного сходу (Трускавецького лісового масиву) до соленосної товщі над поверхнею соляного дзеркала в зоні розміщення спостережних сверд. № 156, 155, 175, де спостерігається різке зниження рівнів водоносного горизонту підшови ГГШ (з 1,0–1,5 до 20 м). Наявність аналогічного водного потоку простежується також з північного заходу від річки Вишниця в напрямку до дороги Львів-Трускавець. Проте з огляду на обмеженість фактичних даних

Рис. 3. Карта фактичного матеріалу (розміщення гідрогеологічних постів), суміщена з космознімком прилеглої території та ситуаційною схемою досліджуваної ділянки

Рис. 4. Графік багаторічних коливань рівня підземних вод для горизонту ГГШ, графік автокореляційної функції та періодограма для типової сверд. № 168

спостережень і неможливість створення детальних карт гідроізогіпс, напрямок руху підземних вод є гіпотетичним.

Для оцінки змін поверхні водоносного горизонту, порівнюючи з 2004 р., створено цифрову модель величин змін (аномалій) рівня підземних вод (рис. 6).

Зіставлення глибин залягання рівнів підземних вод для 2017–2004 рр. спостережень свідчать про зміну умов формування гідрогеологічного режиму й поглиблення депресійної поверхні в північному напрямку впродовж останнього десятиліття. Для частини території (зокрема, для ділянки проведених геофізичних спостережень) характерним є підвищення рівнів, що може вказувати на формування напірних потоків і зони локального підпору – ділянки підвищення рівнів з імовірно напірним режимом з наступним розвантаженням у північному, частково північно-західному (до сверд. № 170, 175, 176) напрямках (рис. 7).

Додатково за результатами аналізу геологічних матеріалів створено цифрову картографічну модель поверхні соляного дзеркала (рис. 8).

Таблиця. Результати виявлення багаторічних тенденцій у часових рядах коливань рівня ґрунтових вод (рівень значущості $\alpha=0,05$)

Номер свердловини	Рівняння тренду	Інтенсивність тенденції зміни рівня ($\Delta H/\Delta t$), см/рік	Рівень підземних вод станом на 2017 р.	
			Глибина залягання рівня, м	Абсолютна позначка рівня, м
141	$H = -0,0039t^3 + 23,373t^2 - 47033t + 3E+07$	+1,66	1,06	319,39
143	$H = -0,0031t^3 + 18,627t^2 - 37490t + 3E+07$	-3,02	13,46	341,46
162	$H = 0,0113t^2 - 45,398t + 45699$	+5,6	6,76	329,26
163	$H = 0,002t^2 - 8,1571t + 8231,2$	+1,7	14,9	326,1
168	$H = 0,0026t^2 - 10,765t + 10994$	+16,94	4,03	316,36
170	$H = 0,0049t^2 - 19,643t + 19827$	+8,01	1,53	321,04
175	$H = 0,0213t^3 - 128,28t^2 + 258002t - 2E+08$	-32,86	9,38	316,62

Рис. 5. Карта потоків підземних вод, суміщена з гідроізогіпсами горизонту підовши ГГШ (станом на 2017 р.)

Рис. 6. Карта приростів середньорічних рівнів підземних вод горизонту підовши ГГШ у 2017 р., порівнюючи із середньорічними рівнями 2004 р.

Візуальний аналіз дає змогу стверджувати наявність тенденції до регіонального відхилення соляного дзеркала від рудника № 1 до рудника № 2 з перепадом абсолютних позначок до 45 м. Імовірно, що напірні потоки, гіпотетичні напрямки яких зображено на рис. 5, рухаються найвищими елементами соляного дзеркала, безнапірні – у напрямку зниження його поверхні.

Установлені тенденції змін рівневої поверхні водоносного горизонту й створені цифрові моделі рівнів підземних вод і поверхні соляного дзеркала, зважаючи на розміщення рудників № 1 і № 2, а також бар'єрного цілика, свідчать про низьку ймовірність перетікання підземних вод у напрямку рудника № 1, оскільки зниження позначок соляного дзеркала й розвантаження потоків підземних вод спостережено в протилежному північному напрямку.

Рис. 7. Схеми глибин залягання (а) і абсолютних позначок (б) водоносного горизонту підосви ГГШ у межах досліджуваної ділянки у 2017 р.

Рис. 8. 3D модель поверхні соляного дзеркала в межах ділянки дослідження

Зауважимо також, що створені моделі добре узгоджуються з результатами попередніх комплексних досліджень території Стебницького родовища [2, 3], зокрема гідрогеологічним розрізом зони водопритливу в рудник № 2 і схемою гідродинамічної зональності, що їх пропонують автори праці [3]. Очевидно, що наявність і просторове поширення зон живлення, де відбувається інфільтрація поверхневих і ґрунтових вод, зон транзиту (напірної фільтрації в середній і нижній частинах ГГШ), зон розвантаження (вільної течії в карстових порожнинах) є чинниками, що спричиняють виникнення аномалій напруженого стану гірських порід.

Підтвердження результатів гідрогеологічного моделювання території методом природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПІЕМПЗ). Напружений стан гірських порід під час карстоутворення є фізичною передумовою для електромагнітного випромінювання гірських порід, пов'язаного з порушенням їхньої мікроструктури, зокрема й

унаслідок гідродинамічних процесів. Зазначене порушення проявляється в максимумах аномалій ПІЕМПЗ [1, 5, 7, 8].

Методом ПІЕМПЗ вимірювали напружений стан гірських порід трьома різноспрямованими антенами X, Y, Z, що зумовлено напрямком електромагнітних хвиль. Основними результативними матеріалами геофізичної зйомки є карти інтенсивності електромагнітного поля. На рис. 9 зображено найінформативнішу карту інтенсивності за антеною X, спрямованою з півдня на північ, що сприймає хвилю, яка надходить знизу вгору, а також з будь-якої сторони напівеліпса, орієнтованого навхрест простягання антени й оберненого великою піввіссю вглиб Землі. Глибинність досліджень ПІЕМПЗ на частотах (2–50 кГц) становить приблизно 320–350 м. Цього досить, щоб показати в електромагнітному полі зони напруження, пов'язані із соляним карстом і підземними виробками.

Зображене на карті поле має мозаїчний характер, тобто в ньому чергуються ділянки дещо підвищених і

знижених значень інтенсивності. Виразних аномалій не зафіксовано. Різниця між максимальними й мінімальними значеннями інтенсивності становить до 5000 імп./с. Абсолютні значення поля коливаються в межах 18000–23000 імп./с. У зв'язку із цим проаналізовано розбіжність основних і контрольних вимірювань. Середньоквадратична похибка становить до ± 2500 імп./с. Відповідно до ухвалених у геофізиці правил аномалією є величина поля, що переважає середньоквадратичну похибку не менш як утричі. Отже, на території досліджень немає аномалій, які свідчили б про великий напружено-деформований стан гірських порід.

Аномалії корисного сигналу, визначені за антеною X (рис. 9), спостерігаємо насамперед у районі ліквідованого стовбура “Східний” рудника № 2. Зона підвищених значень поширюється від стовбура на відстань 50–80 м. Це свідчить про те, що деформаційні процеси навколо стовбура ще тривають, але не є значними, тому що інтенсивність поля не є великою. Відома зона карсту в районі стовбура “Східний”, що простягається з півночі на південь, пересікаючи його, перебуває в полі зміни знака на протилежний.

Інтенсивність поля також підвищується зусебіч солевідвалу, крім південно-західної сторони. Це свідчить про наявність певних динамічних деформаційних процесів, можливо, пов'язаних з вилуговуванням солі опадами з подальшою інфільтрацією розчинів у землю.

На території збійки рудників № 1 і 2, де сходяться їхні підземні виробки, фіксуємо підвищення поля за антеною X, яке відповідає збільшенню механічної напруги гірських порід, пов'язаної з наявністю штучних підземних порожнин і нерозподілом механічного тиску гірських порід. Підвищення інтенсивності поля треба вважати очікуваним, закономірним і таким, що відповідає порушенню гірського масиву штучними виробками. Якби відбувалася катастрофічна зміна напружено-деформованого стану гірських порід зі збільшенням механічного тиску в будь-якому напрямку, це б спричинило

аномально підвищені значення інтенсивності електромагнітного поля, проте такого не спостережено.

Також не спостерігаємо великої за розмірами та інтенсивністю протяжної аномалії, яка б охоплювала обидва рудники і свідчила про відбиття в породах рудника № 1 додаткового механічного тиску (зокрема й унаслідок гідрогеологічних процесів з боку рудника № 2).

Висновки. За результатами аналізу геологічних матеріалів створено цифрові картографічні моделі для основних геологічних елементів, зокрема поверхні соляного дзеркала. Візуальний аналіз дає змогу підтвердити наявність тенденції до регіонального відхилення соляного дзеркала від рудника № 1 до рудника № 2 з перепадом абсолютних позначок до 45 м.

Унаслідок аналізу даних гідрогеологічних режимних спостережень у період 2004–2017 рр. визначено багаторічні тенденції змін рівня підземних вод водоносного горизонту. З огляду на наповнення виробок рудника № 2 й відвідне дренавання на сьогодні фіксуємо рух підземних вод з ділянки досліджень у напрямку на північ – північний захід. Перепад рівнів може бути до 13 м.

За результатами геофізичних спостережень методом ПЕМПЗ нині не спостережено істотних аномалій інтенсивності поля, які б відповідали катастрофічному напружено-деформованому стану гірських порід, зокрема й унаслідок додаткового гідравлічного тиску, який свідчив би про небезпеку проривання пластових вод. Тож заперечень щодо подальшої експлуатації рудника № 1 нині немає.

Зауважимо, що в разі повного затоплення рудника № 2 доцільно провести контрольні замірювання ПЕМПЗ для дослідження можливих змін напружено-деформованого стану масиву гірських порід. Крім того, обов'язковими є режимні гідрогеологічні спостереження за рівнями підземних вод у свердловинах, які мають відповідати вимогам щодо їхнього робочого стану.

ЛІТЕРАТУРА

1. Воробьев А. А. Физические условия залегания вещества в земных недрах. – Томск: Изд-во Томского политехн. ин-та, 1971. – Ч. 1. – 270 с.
2. Гайдін А. М. Деформації земної поверхні в зоні діяльності ка-

Рис. 9. Карта природного імпульсного електромагнітного поля Землі (напряг антени X)

лійних рудників у Стебнику/А. М. Гайдін, В. О. Дяків, І. В. Чікова// Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2014. – № 2. – С. 112–119.

3. Гайдін А. М. Техногенний карст/А. М. Гайдін, Г. І. Рудько; Держ. комісія України по запасах корисних копалин. – Київ-Чернівці: Бу-крек, 2016. – 196 с.

4. Звіт про виконання геологорозвідувальних та топографо-гео-дезичних робіт для здійснення “Моніторингових досліджень в межах гірничого відводу шахтних полів рудників № 1 і № 2 Стебницького калійного родовища та території дамб хвостосховища”/В. Ю. Мак-симчук та ін. – Карпатське відділення Інституту геофізики НАНУ, 2017. – 41 с.

5. Ковальчук С. П. Поставь свой дом правильно (практика геофи-зического метода ЕИЭМПЗ). – Одесса: Черноморец, 2003. – 112 с.

6. Кузьменко Е. Д. Оцінка небезпеки приповерхневих деформацій гірських порід у межах Стебницького калійного родовища методом ПІЕМПЗ/Е. Д. Кузьменко, С. М. Багрий, І. В. Чепурний, М. В. Штогрин// Геодинаміка. – 2017. – № 1. – С. 98–113. doi.org/10.23939/jgd201701.98

7. Саломатин В. Н. Методические рекомендации по изучению напряженного состояния пород методом регистрации естествен-ного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ)/В. Н. Саломатин, Ш. Р. Мастов, Л. А. Зашинский. – Симферополь: КИПС, КОСНИО, 1991. – 88 с.

8. Чебан В. Д. Метод природного імпульсного електромагнітно-го поля Землі. Деякі аспекти застосування/В. Д. Чебан//Геофизичес-кий журнал. – 2001. – Т. 23. – № 4. – С. 112–121.

9. Design of digital hydrogeological models for the territory of the Stebnyk deposit of potassium salt/L. Davybid, E. Kuzmenko, B. Karpin-skyi, S. Bagriy, I. Chepurnyi//Proceedings of the 18th International Con-ference on Geoinformatics-Theoretical and Applied Aspects. [online:] <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=98556> [access: 03.02.2019]. doi: 10.3997/2214-4609.201902133.

10. Forecasting of subsidence of the earth's surface within the salt deposits areas of Precarpathians by a complex of geophysical and geode-tic studies/E. D. Kuzmenko, T. B. Chupurna, I. V. Chepurnyi, S. M. Bagriy, L. I. Davybid and L. V. Shtogrin//Proceedings of the 17th International Conference on Geoinformatics-Theoretical and Applied Aspects. [online:] <http://earthdoc.eage.org/publication/publicationdetails/?publication=93290> [access: 03.02.2019]. doi: 10.3997/2214-4609.201801823.

11. On the relevance of using a complex combination of NIEMFE and EM methods in forecasting rock deformation/E. D. Kuzmenko, V. Y. Maksumchuk, S. M. Bagriy, O. Y. Sapuzhak, I. V. Chepurnyi and U. O. Dzoba//Proceedings of the 17th International Conference on Geo-informatics-Theoretical and Applied Aspects. [online:] <http://earthdoc.eage.org/publication/publicationdetails/?publication=93287> [access: 03.02.2019]. doi: 10.3997/2214-4609.201801820.

REFERENCES

1. Vorobyov A. A. Physical conditions of matter occurrence in the earth's interior. – Tomsk: Izd-vo Tomskogo Politehnicheskogo Instituta, 1971. – Part 1. – 270 p. (In Russian).

2. Haidin A. M. Deformations of the earth's surface in the area of activity of potassium mines in Stebnyk/A. M. Haidin, V. O. Diakiv, I. V. Chikova//Ecolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvan-nia. – 2014. – № 2. – P. 112–119. (In Ukrainian).

3. Haidin A. M. Technogenic karst/A. M. Haidin, H. I. Rudko. The state Commission of Ukraine on mineral resources. – Kyiv-Chernivtsi: Bukrek, 2016. – 196 p. (In Ukrainian).

4. Report on the execution of geological prospecting and topograph-ic-geodetic works for the implementation of “Monitoring studies within the mine drainage of mine fi elds No. 1 and No. 2 of Stebnyk potash de-posit and the territory of the tailings dams”/V. Yu. Maksymchuk et al. – Karpatske viddilennia Instytutu geofizyky NANU, 2017. – 41 p. (In Ukrainian).

5. Kovalchuk S. P. Put your house properly (the practice of geophysical method ENPEMF). – Odessa: Chernomorec, 2003. – 112 p. (In Russian).

6. Kuzmenko E. D. Estimation of hazards of the surface deformations of rocks within Stebnyk potassium salt deposit area by method ENPEMF/E. D. Kuzmenko, S. M. Bagriy, I. V. Chepurnyi, M. V. Shtohryn//Heodyna-mika. – 2017. – № 1 (22). – P. 98–113. doi.org/10.23939/jgd201701.98. (In Ukrainian).

7. Salomatyn V. N., Mastov Sh. R., Zashhinskij L. A. Methodical recommendations for the Study of the stress state of rock by recording of Earth's natural pulse electromagnetic field (ENPEMF). – Simferopol: KIPKS, KOSNIO, 1991. – 88 p. (In Russian).

8. Cheban V. D. Method of Earth's natural pulse electromagnetic field. Some aspects of the application//Geofizicheskij zhurnal. – 2001. – Vol. 23. – № 4. – 112 p. (In Ukrainian).

9. Design of digital hydrogeological models for the territory of the Steb-nyk deposit of potassium salt/L. Davybid, E. Kuzmenko, B. Karpinskyi, S. Bagriy, I. Chepurnyi//Proceedings of the 18th International Conference on Geoinformatics-Theoretical and Applied Aspects. [online:] <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=98556> [access: 03.02.2019]. doi: 10.3997/2214-4609.201902133.

10. Forecasting of subsidence of the earth's surface within the salt deposits areas of Precarpathians by a complex of geophysical and geodetic studies/E. D. Kuzmenko, T. B. Chupurna, I. V. Chepurnyi, S. M. Bagriy, L. I. Davybid and L. V. Shtogrin//Proceedings of the 17th International Conference on Geoinformatics-Theoretical and Applied Aspects. [online:] <http://earthdoc.eage.org/publication/publicationdetails/?publication=93290> [access: 03.02.2019]. doi: 10.3997/2214-4609.201801823.

11. On the relevance of using a complex combination of NIEMFE and EM methods in forecasting rock deformation/E. D. Kuzmenko, V. Y. Maksumchuk, S. M. Bagriy, O. Y. Sapuzhak, I. V. Chepurnyi and U. O. Dzoba//Proceedings of the 17th International Conference on Geo-informatics-Theoretical and Applied Aspects. [online:] <http://earthdoc.eage.org/publication/publicationdetails/?publication=93287> [access: 03.02.2019]. doi: 10.3997/2214-4609.201801820.

Рукопис отримано 25.10.2019.

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ

Редакція приймає оригінальні, раніше не опубліковані статті гео-логічної, геолого-мінералогічної та технічної тематик.

Статті треба надсилати в друкованому (два примірники) й електронному вигляді, бажано українською мовою.

Обсяг однієї наукової статті – до 25 стор. машинопису через 2 інтервали (разом з табл., фото, рис. та підписами до них, бібліогра-фічним списком, анотацією), оглядової – 6–7 стор., інформаційно-го повідомлення – 3–4 стор.

До рукопису потрібно додати акт експертизи й такі відомості про автора/авторів: прізвище, ім'я та по батькові (повністю); учене звання й учений ступінь; посада чи професія; місце роботи (назва установи чи організації); адреса місця роботи, номер телефону; адреса місця проживання, номер телефону, електронна адреса, ORCID.

До кожної статті обов'язково навести: індекс УДК, анотацію (українською та англійською), бібліографічний список за алфаві-том (оформлений відповідно до сучасних вимог), рисунки, таблиці та підписи до них (окремі файли).

Комп'ютерні макети рисунків приймаються в разі дотримання таких умов.

Р а с т р о в а графіка: чорно-біле зображення – *.tif чи *.psd (Adobe PhotoShop); повнокольорове зображення – *.tif, *.eps, *.psd-формат, роздільна здатність 300 dpi. Кольорова модель СМΥК, чорний колір в одному каналі.

В е к т о р н а графіка: файли формату *.ai, *.eps (Adobe Illustrator) чи *.cdr (CorelDraw). Використані шрифти мають бути подані окремо або переведені в криві. Растрову графіку до век-торного макета не вносити.

• Редколегія може не поділяти думок автора.

• Автори відповідають за точність викладених фактів, даних, цитат, бібліографічних довідок, написання географічних назв, власних імен, геологічних термінів тощо.

Рішення про публікацію статті в журналі приймається на осно-ві незалежної експертизи, яку організовує редакція журналу.