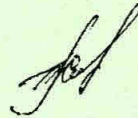


550.83(043)

Б 14

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Багрій Сергій Михайлович



УДК 550.83

**ГЕОФІЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ГЕОЛОГІЧНОГО
СЕРЕДОВИЩА В МЕЖАХ РОДОВИЩ КАЛІЙНОЇ СОЛІ
(на прикладі Калуш-Голинського родовища)**

Спеціальність: 04.00.22 – геофізика

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата геологічних наук

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України.



Науковий керівник: доктор геолого-мінералогічних наук, професор

Кузьменко Едуард Дмитрович,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, завідувач кафедри геотехногенної безпеки та геоінформатики.

Офіційні опоненти:

доктор геологічних наук, старший науковий співробітник

Тяпкін Олег Костянтинович,

Інститут проблем природокористування та екології НАН України, заступник директора з наукової роботи;

кандидат геологічних наук,

Онищук Віктор Іванович,

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, ННІ «Інститут геології», асистент кафедри геоінформатики.

Захист дисертації відбудеться “ 30 ” червня 2016 р. о 10 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д20.052.01 при Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу за адресою:

76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою:

76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

Автореферат розісланий “28” травня 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат геологічних наук, доцент

С.С. Куровець



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

теми. Останніми роками в межах територій відпрацьованих родовищ калійної солі Передкарпаття спостерігається тенденція до активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів, у тому числі зсувів, просідання поверхні землі, карстопровальних явищ. Карстові провали утворюються як на території шахтних полів, так і в прибортових частинах кар'єру.

Згідно Національних доповідей про стан техногенної та природної безпеки за останні роки внаслідок надзвичайних ситуацій (НС) геологічного характеру Україна зазнає багатомільйонних збитків.

Зазначені НС в основному пов'язані з розвитком екзогенних геологічних процесів, у тому числі карстових. 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 воронко об'ємом 7.6 млн. м³. У зоні розвитку карсту розташовано близько 1300 житлових будинків п'яти населених пунктів та 23 промислові споруди. Окрім Калуш-Голинського родовища, спостерігається карстопровальна небезпека в районі Стебницького родовища калійної солі. Тому дослідження карстопровальних процесів та їх прогнозування є актуальною задачею сьогодення.

Пошукові та розвідувальні роботи на соляних родовищах Передкарпаття супроводжувались геофізичними дослідженнями. Це відносяться до всіх без винятку родовищ, що були задіяні до експлуатації: Солотвинське родовище кам'яної солі (Закарпатська обл.), Стебницьке родовище калійної солі (Львівська обл.), Калуш-Голинське родовище кам'яної та калійної солі (Івано-Франківська обл.).

Прогноз розвитку просідання поверхні землі та карстопровальних явищ геофізичними методами дає можливість швидко та оперативно передбачити аварійні ситуації та вжити заходи щодо їх запобігання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась у відповідності з науковими темами «Еколого-геофізичні дослідження в західному регіоні України з метою простеження розвитку природного і техногенного карсту та супутніх процесів» (№ ДР 0199U001186), «Прогнозування деформацій земної поверхні над відпрацьованими шахтними полями рудника «Ново-Голинь» за результатами геофізичних досліджень 1995 – 2004 рр.» (№ ДР 0104U009628), «Проведення моніторингових спостережень над шахтними полями Калуш-Голинського родовища калійних солей», (№ ДР 0108U007562), «Продовження моніторингових спостережень над шахтними полями Калуш-Голинського родовища калійних солей у 2009 році» (№ ДР 0109U004372).

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень є розробка наукового підґрунтя геофізичного моніторингу Калуш-Голинського родовища калійної солі в Передкарпатті та його реалізація для окреслення негативних наслідків експлуатації і прогнозування надзвичайних ситуацій геологічного спрямування.

Для досягнення цієї мети поставлені та розв'язані наступні задачі.

1. Ґрунтовний аналіз літературних і фондових матеріалів щодо надзвичайних ситуацій техногенного характеру, спричинених унаслідок видобутку калійної і кам'яної солі, як у світі в цілому, так і в Україні зокрема; огляд та зазначення

результативності геофізичних методів дослідження розвитку негативних процесів (карст, підтоплення, засолення, провали).

2. Обґрунтування можливості використання геофізичних методів здійснення геолого-екологічного моніторингу для конкретних умов Калуш-Голинського родовища шляхом вирішення прямих геофізичних задач як на стадії попереднього прогнозування, так і детального окреслення причин розвитку надзвичайних ситуацій.

3. Розробка та удосконалення існуючих методик обробки та інтерпретації геофізичної інформації для методів природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ), вертикального електричного зондування (ВЕЗ), зондування становленням електромагнітного поля (ЗС), гравіметрії з урахуванням конкретних геологічних умов та окреслених геологічних задач.

4. Створення геолого-геофізичних інтерпретаційних моделей покладів солі Калуш-Голинського родовища, які передбачають встановлення динаміки осідання та провально-просадкової небезпеки, а також визначення забруднення ґрунтових вод водоносного горизонту із прогнозуванням зазначених процесів у просторі та часі.

Об'єктом дослідження є небезпечні геологічні процеси.

Предметом дослідження є осідання земної поверхні, провально-просадкової являща і забруднення литного водоносного горизонту.

Методи дослідження - геофізичні.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Уперше виконано оцінку можливості застосування геофізичних методів для здійснення моніторингу геологічного середовища для Калуш-Голинського родовища калійної солі на основі створених автором фізико-геологічних моделей та відповідних геофізичних аномалій, що відповідають зонам розвитку небезпечних геологічних процесів (осідання земної поверхні, карстоутворення, провали, забруднення підземних вод).

2. Уперше сформовані класифікаційні характеристики аномалій ПЕМПЗ у відповідності до розвитку деформаційних процесів у масивах гірських порід, спричинених наявністю підземних видобувних камер, і визначені критерії якісної інтерпретації даних польових вимірювань, що відповідають прогнозним оцінкам щодо розвитку осідань та провалів на поверхні землі.

3. Удосконалено класифікацію геогустинних аномалій, підпорядкованих геологічній будові, наявності видобувних пустот та розвитку соляного карсту. Зазначену класифікацію використано при побудові інтерпретаційних моделей за даними режимних гравіметричних спостережень із відображенням зон розуцільнення гірських порід і розвитку їх у часі.

4. Дістала подальший розвиток методологія комплексної інтерпретації електроопорових та індукційних зондувань, яка полягає в ідентифікації спільних інтерпретаційних елементів (шарів розрізу) та узгодженні їх електричних опорів, що дозволило виконати побудову узагальненого геоелектричного розрізу для окремих шахтних полів із коригуванням фаціального складу літологічних різновидів та визначенням ступеня розмиву соляного дзеркала як передвісника провалів. Крім того, запропонована та розрахована для просторової імовірнісної оцінки розвитку карсту функція комплексного показника даних електрометричних методів.

5. Дістав подальший розвиток метод оцінки мінералізації ґрунтових вод за результатами вимірів електричного опору, який полягає у встановленні кореляційних зв'язків між геофізичними характеристиками, притаманними водоносному горизонту, та мінералізацію ґрунтових вод, що в результаті дозволило за даними площинних геофізичних досліджень конкретизувати джерела та окреслити площу та ступінь засолення, встановити напрям руху фронту засолення та його швидкість для розв'язку кінцевої задачі – прогнозу засолення водоносного горизонту та річкового басейну.

Практичне значення одержаних результатів. Застосування одержаних результатів дає можливість у стислі терміни дослідити ділянки, що пов'язані з можливими осіданнями земної поверхні, провальньо-просадковими небезпечними процесами та можливими забрудненнями території, надати вихідні дані для подальшого планування та прийняття управлінських дій. Надійний прогноз дозволяє передбачити заходи по: 1) переносу важливих промислових об'єктів (будівель, автомагістралей, залізниць, водоводів, продуктопроводів, ліній електропередач); 2) відселенню та переносу житлових об'єктів; 3) зменшенню екологічного навантаження на водоносний горизонт, що є єдиним питним горизонтом для м. Калуш.

Матеріали досліджень впроваджені та апробовані в ДГХП «Полімінерал», ДНДІ «Галургія» та ДП «Калійний завод», що підтверджується відповідними актами.

Особистий внесок здобувача.

Автор приймав участь у виконанні польових робіт на відпрацьованих шахтних полях Калуського гірничопромислового комплексу, під час яких одержано первинні матеріали для подальшої інтерпретації геолого-геофізичних даних. Також використано фондові матеріали ДГП "Укргеофізика" (Західно-Української геофізичної розвідувальної експедиції) та ДП «Спецгеологорозвідка».

Основні теоретичні положення та методичні результати, наведені в дисертаційній роботі, отримано здобувачем особисто і достатньою мірою висвітлені в наукових працях (у т.ч. фахових).

Основні результати досліджень відображені у публікаціях [1 - 22]. Роботи [1-4, 7-22] опубліковані у співавторстві. Автором в роботах [1, 2, 13- 15, 17] здійснено моделювання та оцінку ефективності застосування геофізичних методів для моніторингу на відпрацьованих шахтних полях родовищ кам'яної та калійної солі. Результати обробки автором даних комплексного геофізичного моніторингу відпрацьованих шахтних полів Калуш-Голинського родовища наведені в працях [8, 10, 12, 13, 16, 18, 19], зокрема, автором доведено, що в якості першочергового методу досліджень слід розглядати метод ПЕМПЗ [21]. В роботах [7, 15] автором побудовано узагальнений електричний розріз Калуш-Голинського родовища з урахуванням розвитку карстових процесів за даними ВЕЗ і ЗС. У працях [3, 4, 6, 10, 12, 13, 16] автору належать проведення комплексної інтерпретації геолого-геофізичних даних та узгодження виявлених аномалій і провальньо-просадкових процесів на кількісному рівні. У роботі [8] автором виконано класифікацію геогустинних аномалій та встановлено їх зв'язок із геологічною будовою. Визначення зон забруднення калійними солями представлено у роботі [9], де автору

належить інтерпретація та побудова геоелектричних розрізів та карт забруднення території. У роботі [11] автором запропоновано методу розрахунку кількісних характеристик просідання земної поверхні на підставі аналізу розушлілення гірських порід, зафіксованих в режимі моніторингу методом гравіметрії.

Апробація результатів дисертації. Основні результати наукових досліджень неодноразово доповідалися на ряді міжнародних та Всеукраїнських наукових з'їздів, конференціях, симпозіумах, нарадах, зокрема: V Міжнародній науковій конференції “Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища”, (м. Київ, 7-9 жовтня 2004 р), Всеукраїнській науковій конференції “Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища”, (м. Київ, 21-24 вересня 2006 р), матеріали наради “Можливості супутникових технологій у сприянні вирішення проблем Львівщини”, (м. Львів, 11 червня 2009 р), IX Міжнародній науковій конференції “Моніторинг геологічних процесів”, (м. Київ, 14-17 жовтня 2009 р), Міжнародна наукова конференція “Геофізичні дослідження та моделювання фізичних полів Землі”, (м. Львів - Чинадієво, 16-18 вересня 2010 р та 20-22 вересня 2012 р), Міжнародній науково-практичній конференції «Нафтогазова геофізика – Інноваційні технології» (м. Івано-Франківськ 25-28 квітня 2011 р), XII, XIV Міжнародній конференції «Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти» (м. Київ, 13-16 травня 2013 р та 11-14 травня 2015 р), XVIII Міжнародному науково-технічному симпозіумі «Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GNSS і GIS-технології», (м. Алушта 10-15 вересня 2013 р).

Публікації. Основні положення, викладені у дисертації, представлені у вигляді 22 наукових публікацій, у тому числі 11 статей у фахових виданнях, рекомендованих ВАК України (одна в закордонному виданні яке індексується РИНЦ Science Index). 11 тез доповідей, з яких 2 реферуються БД SCOPUS.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна роботи складається із вступу, 5 розділів, додатків. Повний обсяг дисертації – 163 сторінок, з них 4 додатки на 8 сторінках. Дисертація містить 39 рисунків, 23 таблиці та посилання на 120 літературних першоджерел на 14 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовано актуальність теми, сформувано мету і завдання досліджень, наведено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, наведено результати апробації та реалізації основних положень роботи.

У першому розділі на основі літературних джерел розглянуто найбільші родовища калійних солей та основні проблеми, які пов'язані їх експлуатацією, а саме затоплення, осідання земної поверхні, провали на шахтних полях та забруднення водоносного горизонту в межах діяльності видобувних підприємств у світі та Україні. Детально наведені характеристики основних калійних родовищ світу, таких як Саскачеванський калієносний басейн (Канада), Верхньокамський соленосний басейн (Росія), Цехштейновий галогенний басейн (Німеччина), Прип'ятська соленосна формація (Білорусь), Прикарпатський калієносний басейн (Україна) та Делаверський калієносний басейн (США).

Усього у світовій практиці за весь період діяльності підземного солевидобування зафіксовано більше 80 випадків аварійного руйнування рудників.

Прикладом можуть слугувати масштабні аварії в Конго (1977), Росії (Соль-Ілецьк, 1983, 2010; Солікамськ, 1995; Березняки, 2007), Німеччині (Роненберг, 1976), Україні (Солотвино, 2008, 2012) та інших країнах світу.

На території України слід відмітити небезпечне руйнування гірничого масиву над підземними виробками рудника ім. Шевченка Артемівського родовища кам'яної солі, яке триває протягом багатьох десятиліть (Дніпрово - Донецька впадина), затоплення Домбровського кар'єру та шахт у Калуші і 2-го рудника в Стебнику (Передкарпаття), катастрофічні провали в Солотвино (Закарпаття), що спричинило втрату основних сировинних запасів та критичне загострення екологічної ситуації.

Таким чином, на найбільших калійних рудниках світу, а також і в Україні, спостерігається техногенний вплив на геологічне середовище, що пов'язаний із затопленням рудників, осіданням земної поверхні, провалами та забрудненням поверхневих вод від солевідвалів і шламосховищ. Практично на всіх родовищах широко використовують прямі методи визначення стану геологічного середовища, у першу чергу, це спостереження за осіданням земної поверхні на відпрацьованих гірничих територіях та методи ведення гідрогеологічного моніторингу.

Із зазначеного огляду випливає: 1) геофізичні методи успішно використовуються на калійних та кам'яних родовищах світу; 2) для кожного родовища це окремі комплекси геофізичних досліджень із своїм підходом; 3) доцільним слід вважати розроблення та впровадження комплексного підходу до оцінки вивчення території Калуського гірничопромислового району в межах відпрацьованих шахтних полів геологічними, геофізичними та інженерно-геологічними методами з подальшим прогнозом провальньо-просадкової небезпеки; 4) щодо забруднення території і кожного окремого літологічного комплексу гірських порід відходами калійного виробництва слід шукати присутні для цієї території кореляційні зв'язки між геофізичними параметрами відносних горизонтів та мінералізацією підземних вод.

У другому розділі наводиться геологічна, тектонічна, гідрогеологічна характеристика Калуш-Голинського родовища калійних солей та наслідки впливу розробки на геологічне середовище.

З геологічної точки зору соляні родовища Карпатського регіону розташовані в зоні розповсюдження неогенових евапаритових відкладів у Передкарпатському та Закарпатському прогинах.

У Передкарпатському крайовому прогині встановлено три геологічні формації, пов'язані з неогеновими відкладами. Соляні відклади мають субкарпатське простирання та простежується на протязі не менше 1000 км (Польща, Україна, Румунія) при ширині полоси їх розповсюдження в десятки кілометрів. Перша галогенна формація пов'язана із внутрішньою зоною (Бориславсько-Покутська зона), друга та третя - із зовнішньою зоною прогину (Самбірська та Більче-Волицька зона). В Україні в Передкарпатті розроблялись два крупних родовища калійної солі (кожне із запасами понад 100 млн. тон): Стебницьке та Калуш-Голинське. Перше відноситься до внутрішньої зони прогину, друге - до зовнішньої.

Вивченням геологічної будови Калуш-Голинського родовища калійних солей займалися С. М. Кореневський, В. П. Телегин, Н. М. Джинридзе та інші.

Тектонічні процеси наклали свій відбиток на текстурні особливості порід. Основною рисою тектоніки є наявність довгих лінійних структур, насунутих одна на одну, які простягаються в основному у Карпатському напрямку (в Україні) – із північного заходу на південний схід. Численні поперечні порушення виникли у результаті горизонтальних і вертикальних переміщень внаслідок чого соленосні відклади набули брекчівидної текстури.

Вивченням впливу розробки Калуського гірничопромислового комплексу на геологічне середовище займалися А.М. Гайдін, В.В. Долін, І.Ю. Костів, Е.Д. Кузьменко, Я.М. Семчук, Л.Є. Шкіца, Є.О. Яковлев та інші.

До об'єктів підвищеної екологічної небезпеки в зоні виробничої діяльності Калуського гірничопромислового комплексу відносяться перш за все рудники «Калуш», «Голинь» і «Ново-Голинь», Домбровський кар'єр, солевідвали №1 і №4 Домбровського кар'єру, хвостосховища №1 і №2 та акумулюючі ємності.

На шахтних полях відбуваються осідання земної поверхні та просядко-провальні процеси з утворенням солоних озер за рахунок розсолів, витіснених із підземних порожнин. Територія навколо солевідвалів, хвостосховищ та акумулюючих ємностей є досить незахищеною від природних опадів, які розчиняють галіти та надалі інфільтруються у водоносний горизонт. Таким чином, екологічна небезпека означеної території полягає в засоленні горизонту підземних вод, подальшому руху цих вод у природному напрямку та забрудненні річкової системи басейну р. Дністер. Окрім того, забруднення водоносного горизонту загрожує функціонуванню водозабірних споруд, які постачають питну воду в місто Калуш.

У третьому розділі дисертаційної роботи наводиться оцінка ефективності геофізичних методів для моніторингу геологічного середовища в межах відпрацьованих шахтних полів та об'єктів, які прилягають до нього.

У результаті деформацій гірські породи знаходяться в збудженому стані, що викликає розрядні явища та варіації імпульсного електромагнітного поля.

Інтенсивність геоелектричних процесів залежить від ряду причин: склад і властивості порід різних ярусів, ступень їх активності, потужність деформованих мас, характер деформацій. Складний напружений стан тіла викликає різне протікання механоелектричних явищ. У результаті проходить сумування сигналів, тобто накладання полів. Генерування їх здійснюється різними джерелами.

У відповідності до праць розробника методу А. Воробйова, а також даних дослідників, що використовували його в практичних умовах (В.М. Саломатін, А.Ф. Безсмертний, Г.І Рудько) прогнозування за даними ПІЕМПЗ може засновуватись на наступних положеннях:

- визначення напруженого стану масиву гірських порід і прогноз умов можливого його переходу в критичний стан;
- прогноз кінетики незворотних деформацій у породах і прогноз переходу їх у катастрофічну фазу розвитку.

Немає сумніву, що метод, заснований на вивченні закономірностей зміни та розвитку властивостей порід, є найбільш доречним при прогнозуванні, тому що саме він дає інформацію про явища, які передують зміщенню порід. Із застосуванням методу ПІЕМПЗ здійснюється переважно якісне вирішення цих питань, при цьому автором визначено, які аномалії можна отримати і як їх класифікувати для

конкретних умов, що пов'язані з осіданням земної поверхні та провальюно-просадковими процесами.

Ці аномалії притаманні: міжкамерним ціликам (стінками камер); стелинам гірничої виробки; ряду гірничих виробок.

Важливим є факт розвитку аномалій ПЕМПЗ на виділеній автором передпочаткової (латентній) стадії осідання земної поверхні, коли зазначені осідання ще не фіксуються геодезичними спостереженнями.

Окремим важливим етапом модельних досліджень ПЕМПЗ є запропонований автором розрахунок глибинності методу для конкретних геологічних умов. Цього достатньо для відслідковування процесів розвитку соляного карсту, розмиву та руйнування соляної брекчії та відповідно вищезалягаючих горизонтів. Вплив деформації порід на імпульсне електромагнітне поле на більш значних глибинах фіксується опосередковано, шляхом геологічної взаємодії нижче- і вищезалягаючих горизонтів.

Питання вивчення розушільнення методом гравіметрії за рахунок розвитку соляного карсту розглядалися раніше в працях С.Г. Анікєєв, О.П. Вдовиної, Е.Д. Кузьменко.

Для з'ясування можливостей високоточної гравіметрії при прогнозуванні карстоутворень, провалів, осідання земної поверхні та вивчення динаміки їх розвитку автором розрахований гравітаційний ефект від них на прикладі геологічного розрізу ділянки рудника «Ново-Голинь». Профіль для гравіметричного моделювання обрано по лінії реперних точок геодезичних спостережень. Геологічний розріз по профілю складається з відкладів стебницької світи, що представлені розсланцьованими глинами з прошарками гіпсу й алевроліту, які підстиляють соленосні глини, брекчії з лінзами та пласти калійних солей нижньобалицької світи; вище залягають породи верхньобалицької світи, які представлені глинами. Для рудного каїнітового пласта, який знаходиться у відкладах нижньобалицької світи, густина складає $2,25 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$, а для гірничих виробок (камер), що заповнені пульпою і розсолами, вона становить $1,27 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$. Для зони розушільнення соленосної нижньобалицької світи, яка знаходиться в рудному пласті і вище нього, густина прийнята $2,20 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Соляні камери, локальні зміни густини розчину законсервованих гірничих виробок, а також зони розушільнення, які розвинуті в результаті порушення цілісності гірських порід над камерами, зумовлюють від'ємні локальні аномалії гравітаційного поля. Ці локальні аномалії техногенного походження в сумарному гравітаційному полі є корисною компонентою.

Для підвищення достовірності виділення із сумарного поля та інтерпретації техногенної аномальної складової виконано оцінку гравітаційного ефекту від можливих техногенних явищ, змодельованих на прикладі реального геологічного розрізу родовища калійної солі.

Аномальні гравітаційні ефекти визначено для наступних варіантів густинних моделей:

1) модель однорідних товщ без провалів, соляні камери насичені розсолами, густина розсолів – $1,30 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$;

2) модель з локальною зоною розвитку провалу над пластом солі, породи у межах провалу розушільнені на $0,10 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; максимальний ефект пониження рівня гравітаційного поля (відносно модельного поля за першим варіантом) склав $-0,075 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$;

3) модель без провалів зі зміненою густиною розсолів (що можливо за рахунок руйнування ціликів, прориву ґрунтових вод, тощо) на $\pm 0,2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; аномальний гравітаційний ефект склав $\pm 0,05 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$;

4) модель без провалів зі зміненою густиною розсолів на $\pm 0,1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; аномальний гравітаційний ефект $-\pm 0,025 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$.

Також для порівняння гравітаційних ефектів виконано моделювання для варіанту розрізу, у якому камери не заповнені розсолами та у якому камери відсутні.

Геологічне тлумачення та класифікацію зон розушільнення наведено в табл. 1

Таблиця 1

Класифікація зон розушільнення

Приуроченість зони (розушільнення)	Інтенсивність розушільнення, 10^3 кг/м^3	Розміри гравітаційних аномалій, м^2	Інтенсивність гравітаційних аномалій 10^{-5} м/с^2	Природа явища
Пов'язані з камерою	0.1 – 0.4	$50 \div 200 \times 50 \div 200$	$0 \div -0.2$	Розробка камер та порушення цілісності масиву
Пов'язані з соляним дзеркалом	0.15 – 0.45	$25 \div 150 \times 25 \div 150$	$0 \div -0.1$	Розмив поверхні соляного дзеркала
Пов'язані з верхньою частиною розрізу	0.05 – 0.35	$\leq 50 \times 50$	$0 \div -0.05$	Інфільтрація гірських порід

За результатами модельних розрахунків для умов Калуш-Голинської площі досліджень осідання земної поверхні і провальньо-просадкових процесів, що обумовлені камерами, а відповідно і від'ємними аномаліями інтенсивністю до $-0.2 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$, будуть відображатись у гравітаційному полі. Імовірні зони будуть знаходитись на рівні соляного дзеркала (рівні глибин $70 \div 90 \text{ м}$) та вище - до $-0.01 \div -0.1 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$. Розміри аномалій в плані становлять не менше $80 \div 100 \text{ м}$.

Інтенсивність та розміри розрахованих аномалій гравітаційного поля для моделей реальних змін техногенного походження по розрізу підтверджують можливість ефективного контролю екологічного стану геологічного середовища за допомогою високоточної гравірозвідки.

Електророзвідувальні роботи (методом ВЕЗ, ЗС) на родовищах калійної солі Передкарпаття для картування карсту виконували у різні роки С.А. Дешиця, Е.Д. Кузьменко, В.І. Шамотко, О.Д. Шуровський та інші.

За здійсненим автором моделюванням електророзвідки наведено можливі криві вертикального електричного зондування. Для досліджуваної території це – чотирьохшарові криві типу HK, KQ, QQ . На підставі численних фактичних даних польових робіт автором узагальнені результати статистичного аналізу для опорів $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4$ та потужностей h_1, h_2, h_3 . Встановлено, що статистичні розподіли цих

параметрів однозначно узгоджуються з логнормальним законом, що підтверджує їх витриманість у розрізі. Разом з тим зазначається можлива двомодальність закону розподілу ρ для четвертинного горизонту при засоленні підземних вод, притаманним гіпсо-глинистим породам.

У цілому в третьому розділі:

- доведено, що на початковій стадії розвитку деформацій, змішень та руйнування масивів зміни гірничого тиску за рахунок механо-електричних перетворень будуть відображатись в полі ПІЕМПЗ, тобто цей метод буде прогнозним для побудови геологічних моделей.

- встановлено ефективність можливостей високоточної гравиметрії для прогнозування карстоутворень, провалів, осідання земної поверхні та вивчення динаміки їх розвитку, розрахований гравітаційний ефект від них на прикладі геологічного розрізу ділянки рудника «Ново-Голинь».

- встановлена відповідність електричного опору літологічним різновидам верхньої частини розрізу та доведена принципова можливість визначення його забруднення (засолення) за даними електричних зондувань.

У четвертому розділі дисертації наведено результати застосування геофізичних методів для моніторингу та прогнозування провальо-просадкових проявів на земній поверхні.

Основні результати досліджень за осіданням земної поверхні методом ПІЕМПЗ. Відповідність аномалій ПІЕМПЗ стадіям просідання на Калуш-Голинському родовищі зазначена в запропонованій автором класифікації таблиця 2. Геофізичні дослідження методом ПІЕМПЗ виконано на всіх шахтних полях рудників Калуш-Голинського родовища. Таким чином, накопичено значний за обсягом геофізичний матеріал. Для більшості ділянок виконано метод ПІЕМПЗ в режимі моніторингу, а також режимні геодезичні спостереження за просіданням земної поверхні. Ефективність та достовірність методу ПІЕМПЗ підтверджується результатами режимних спостережень, приклад яких наведено на рис. 1.

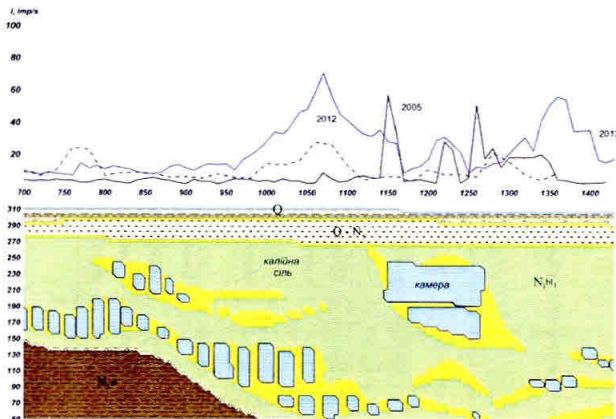


Рис. 1 Моніторингові спостереження методом ПІЕМПЗ

Таблиця 2

Відповідність аномалій ПЕМПЗ стадіям дослідження на Калуш-Голинському родовищі

Рудник	Рудне поле, ділянка	Максимальна вспливаюча осадина поверхні землі, м	Максимальна швидкість осадина	Стадія осадина	Характеристика аномалій ПЕМПЗ						Інші геофізичні методи	
					В плані			За формою	По опорним профілям			Інші методи
					За інтенсивністю імпульс	За розміром м х м	За інтенсивністю імпульс		За розміром	За інтенсивністю імпульс		
«Калуш»	Хотинське сільвинне поле	2,8	211 мм/рік	Запухання	65 - 85 значні	100 x 100 250 x 250 та більш та більш великі	кільцеві, ізометричні	профілі відсутні	від 20 до 70 м	Гравіметрія, ВЕЗ, ЗС		
											40 - 65 середні	40 - 65 середні
«Ново- Голинь»	Західна частина Східна Голинь частина	0,385	17 мм/рік	Початкова Активна	40 - 65 середні	40 x 40 95 x 95 середні	кільцеві, ізометричні	профілі відсутні	від 20 до 70 м	Гравіметрія, ВЕЗ, ЗС		
											20 - 50 малі	20 - 50 малі
«Ново- Голинь»	Північна частина Південна частина	0 0,255	11 мм/рік	Латентна Початкова	40 - 65 середні	до 20 x 20 малі	буль-які ізометричні	профілі відсутні	від 20 до 85 м	Гравіметрія, ВЕЗ, ЗС		
											40 - 65 середні	40 - 65 середні
«Голинь»	Голинь	1,37	24 мм/рік	Запухання	спостережень не було			від 60 до 180 м	Не встановлено			

У 2005 році над камерами спостерігались три пікоподібні аномалії в 25 – 50 імп/с, які відповідали наявності динамічних деформацій у пристінних зонах камер і над стелиною. Просідань земної поверхні при цьому не спостерігалось, тобто стадія є латентною (передпочатковою). У 2012 році зона деформацій за розмірами розширилась і супроводжувалась просіданням на початковій стадії. У 2013 році інтенсивність аномалій електромагнітного поля значно збільшилась (до 65 імп/с) при збереженні просторового розміру у попередньому році, а стадія осідання перейшла в активну. Наявність зазначених аномалій поля, згідно даних гравіметрії, пояснюється розвитком зон розуцільнення, пов'язаних із деформаційними процесами і можливо з вимиванням солі з порід при інфільтрації поверхневих вод у камери. Слід відмітити також збільшення інтенсивності поля в лівій частині профіля порівняно з фоном 2005 року, що свідчить про розвиток деформаційних процесів, зумовлених наявністю нижнього ряду камер.

Основні результати досліджень провальньо-просадкових процесів методом гравіметрії

За результатами інтерпретації високоточної гравіметрії опрацьовано геологугустинні моделі як по профілю, так і по ділянках спостереження. В результаті опрацювання сформовано класифікацію геогустинних аномалій. За результатами інтерпретації геолого-геофізичних даних автором виділено типи геогустинних аномалій (зони розуцільнення), що пов'язані з наступними геологічними процесами:

- інфільтрація гірських порід;
- розмив поверхні соляного дзеркала;
- руйнування міжкамерних ціликів і стелини камери.

Побудовано просторові петрофізичні моделі розподілу геогустинних аномалій для шахтних полів «Хотінь» і «Голинь» в режимі моніторингу (рис.2). На даний час, на шахтному полі «Голинь» стадія осідання оцінюється як початкова, а на «Хотіні» осідання в центральній частині поля досягло 2,8 м, тобто має активну стадію.

Враховуючи, що роботи виконані в режимі моніторингу, автором запропоновано визначати максимально можливу ступінь осідання земної поверхні за рахунок процесів руйнації (розуцільнення) гірських масивів над шахтними полями за даними режимних гравіметричних спостережень.

Запропоновано формулу для перерахунку розуцільнення на глибину:

$$\Delta h(x_i) \leq \sum_i \frac{1}{\sigma} \cdot \int_{h_{j-1}}^{h_j} \Delta \sigma_i(h) dh$$

де $h_{j-1} + h_j$ - товщина j-го пласта;

$\Delta \sigma_i(h)$ - розподіл розуцільнення по осі Z у межах j-го пласта;

σ_j - початкова модельна густина j-го пласта;

x_i - координата i-тої точки по профілю.

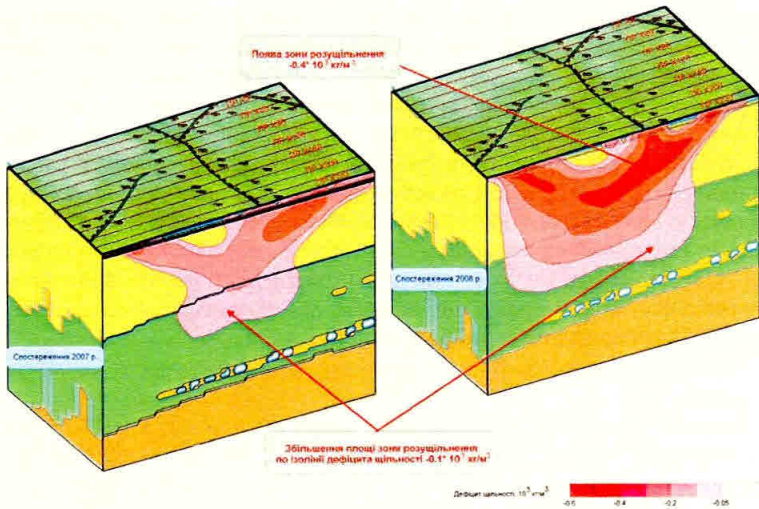


Рис. 2 Геолого-петрофізичні моделі на експериментальній ділянці «Хотінь»: а) спостереження проведені в 2007 р; б) – спостереження проведені в 2008 р.

За результатами розрахунку осідання земної поверхні за розсушіннями по розрізу встановлено, що для шахтного поля «Голинь» за даними гравіметрії на час виконання робіт максимальне прогнозне осідання оцінюється в 6.2 м при плановому 19 м (за даними ДП «НДІ Галургія») при фактичному 385 мм (за даним реперних геодезичних спостережень). Таким чином, стадія осідання переходить із початкової в активну, а отримані дані свідчать про необхідність розгляду питання відселення. Зменшення прогнозної цифри осідання за даними гравіметрії слід пояснювати затопленням горизонтів розсолами, що зменшило розмив природного масиву.

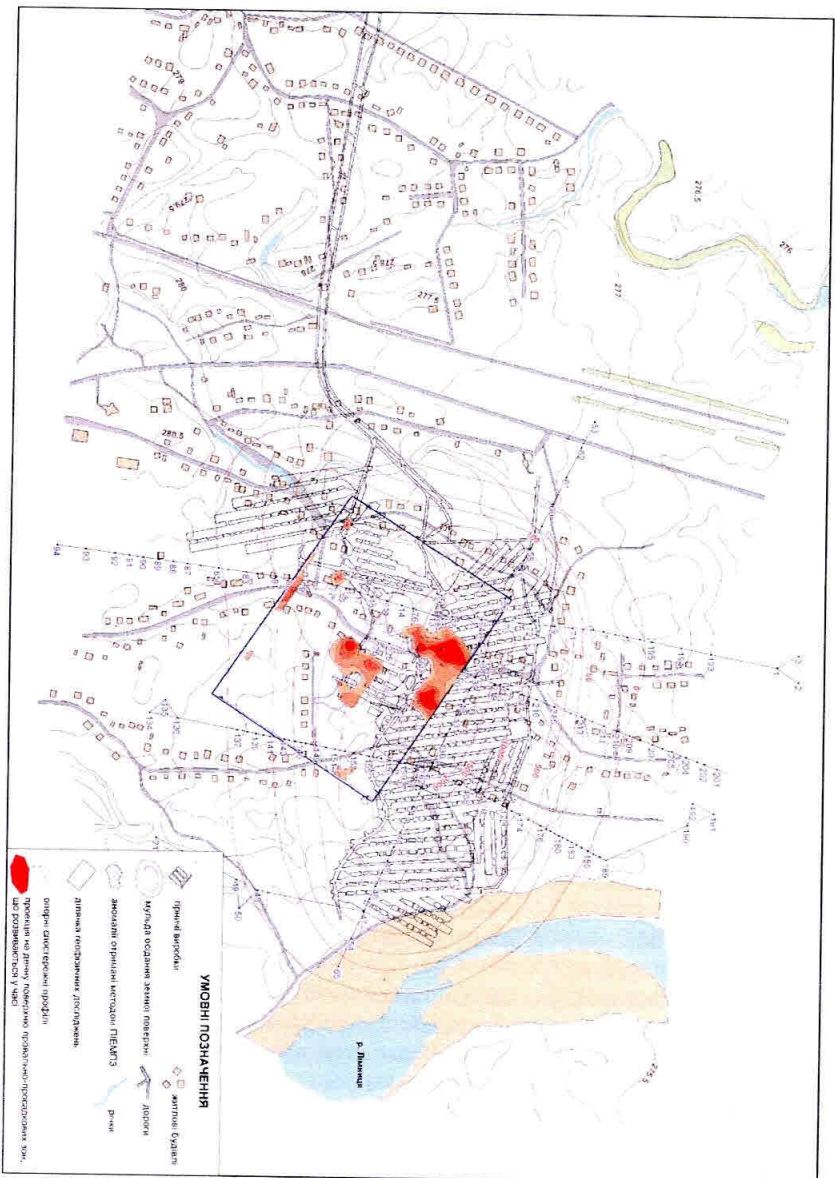
Основні результати досліджень провальних-просадкових процесів методами ВЕЗ та ЗС.

Автором запропоновано комплексну інтерпретаційну модель методів ВЕЗ та ЗС та побудовано узагальнений геоелектричний розріз для окремих шахтних полів Калуш-Голинського родовища. Побудова таких розрізів стала можливою при здійсненні автором прив'язки методів до спільного інтерпретаційного елемента третього горизонту – з подальшим корегуванням границь та опорів за встановленими кореляційними зв'язками.

Це дає можливість уточнення літологічного складу верхньої частини гірських порід окремих шарів із встановленням текучих глинистих різновидів і встановлення ступеня розмиву соляного дзеркала.

Враховуючи вище наведене, розраховано функцію комплексного показника для окремих шахтних полів та побудовано відповідні карти критерію провальних-просадкової небезпеки (рис. 3).

Рис. 3 Карта критерію провалюно-просадкової небезпеки за геофізичними та геодзичними спостереженнями



Зазначену функцію комплексного показника розраховано за формулою

$$\theta_i = \sum_{i=1}^p \gamma_{ij} - \sum_{i=1}^k \gamma_{im},$$

де: p та k – кількість параметрів (методів), які дають відповідно додатній та від'ємний ефект над аномальним об'єктом.

Формула запропонована Г.С Вахромєєвим для комплексної інтерпретації і надалі з успіхом застосована в інженерно-геологічних прогнозах (І.В. Крив'юк, Е.Д. Кузьменко).

Для розвитку провальньо-просадкових процесів на території розвитку соляного карсту зазначений підхід запропоновано автором.

У п'ятому розділі дисертації демонструються результати геофізичного моніторингу та оцінка забруднення підземних вод Калуш-Голинського гірничопромислового району.

У роботі встановлено залежність електричного опору водонасичених гірських порід від ступеня мінералізації підземних вод за результатами співставлення результатів свердловинного опробування підземних вод та електрометричних вимірювань (коефіцієнт кореляції $K=0,81$), що зображено графічно та занотовано у вигляді емпіричної формули $M = 2,042 \cdot \rho^{-0,8626}$.

За результатами інтерпретації ВЕЗ з урахуванням формули переходу від електричного опору до мінералізації побудовано карти ступеня мінералізації підземних вод у межах території дослідження в режимі моніторингу. Одна з цих карт представлена на рис. 4.

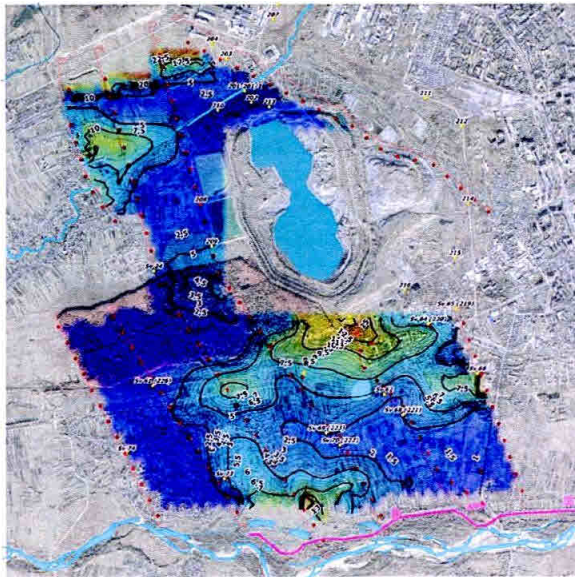


Рис. 4 Карта забруднення водоносного горизонту за даними ВЕЗ

Аналіз отриманих карт засолення дозволяє стверджувати наступне:

- основними джерелами забруднення є хвостосховища, солевідвали та акумулюючі ємності;

- територія, де горизонт підземних вод заражений розсолами і має підвищену мінералізацію (більше 1 г/л), складає ≈ 65 га, тобто 52 % території досліджень. У межах засолення знаходяться значна кількість помешкань навколишніх сіл;

- за даними режимних електрометричних спостережень визначено швидкість переміщення соляного ореолу забруднення водоносного горизонту, яка складає 200 м на рік у південному напрямку та 700 м на рік у східному.

Завдяки комплексу наведених досліджень отримано матеріали, достатні для попереднього наближеного розрахунку щодо збільшення мінералізації вод ріки Лімниця і надалі ріки Дністер за рахунок можливого дренажу ними забруднених вод алювіального горизонту території Калуського гірничо-промислового району.

ВИСНОВКИ

Теоретичні та експериментальні дослідження, що виконані автором, дозволяють зробити такі висновки.

1. У даний час питання прогнозування провальних-просадкових процесів, деформації земної поверхні землі та забруднення територій, що пов'язані з відпрацьованими шахтними полями, є актуальними. Оптимальним слід вважати комплексний підхід до вирішення зазначених задач із використанням інженерно-геологічних, топо-геодезичних і геофізичних даних.

2. Автором запропоновано та здійснено моніторинг ділянок шахтних полів Калуш-Голинського родовища із застосуванням геофізичних методів. Показано, що першочерговим методом досліджень має бути метод ПІЕМПЗ. У роботі вперше сформовані класифікаційні характеристики аномалій ПІЕМПЗ, які узгоджені із причинами та характеристиками деформаційних процесів, сформовані критерії якісної інтерпретації для прикладів конкретних геологічних ситуацій, а також продемонстровано ефективність методу для прогнозу розвитку просідань на стадії експрес-інформації. Карти аномалій ПІЕМПЗ побудовані для ділянок, на яких означені аномальні зони.

3. При інтерпретації гравіметричних даних встановлено та запропоновано класифікацію геогустинних аномалій у їх зв'язку з геологічною будовою, наявністю камер та розвитку соляного карсту. Моделювання геогустинних розрізів та відповідних гравіметричних полів є підґрунтям для інтерпретації даних гравіметрії, результати якої дозволили встановити зони розущільнення, означити їх розвиток у часі і таким чином стверджувати, що гравіметрія є надійним методом детального прогнозу карстопровальних явищ. Достовірність методів гравіметрії та ПІЕМПЗ підтверджено встановленням кореляції між геофізичними та геодезичними даними.

4. У роботі обґрунтована комплексна інтерпретаційна модель методів ВЕЗ та ЗС та побудовано узагальнений електричний розріз для окремих шахтних полів Калуш-Голинського родовища з урахуванням розвитку карстових процесів. Це дало можливість корегування геологічних розрізів у частині уточнення літологічного складу гірських порід окремих шарів, що дозволило зазначити можливість окреслення площі розповсюдження текучих глин і встановлення ступеня розмиву

соляного дзеркала незалежно від наповнення камер, тобто отримати незалежні дані щодо просідання та провалів.

5. Автором запропоновано використати відомий для вирішення геолого-геофізичних задач підхід – розрахунок функції комплексного показника – для просторового картування підземних карстових форм. При цьому використані нові фізичні передумови для комплексу застосованих методів. Як результат отримано карти розподілу критерію імовірності розвитку карсту на північному борті Домбровського кар'єру. Встановлено, що загроза прориву річкових вод у кар'єр є реальною. За результатами геофізичних досліджень отримані вихідні дані для проектних рішень.

6. Відбір проб води з окремих спостережних свердловин та їх аналіз дають підстави стверджувати наявність засолення ґрунтових вод. У дисертації доведено наявність тісних кореляційних зв'язків між засоленням та електричними параметрами. Записане рівняння регресії дозволило за результатами площинних геофізичних досліджень скласти детальну карту ступеня засолення та визначити основні забруднювачі. За отриманими даними щодо напрямку і швидкості пересування фронту засолення та відповідними розрахунками зроблено висновок про відсутність на даний час небезпеки водотокам басейну р. Дністер.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Стан розвитку природно-техногенного карсту на Стебницькому калійному родовищі (за геофізичними даними) / **С.М. Багрій**, В.А Бучинський, Р.П. Денисюк, М.В. Штогрин // Науковий вісник Національної гірничої академії України. – 2002. - №4. – С. 93 – 94. (*особистий внесок –20%*)

2. Кузьменко Э.Д. К вопросу картирования соляного карста в Закарпатье / Э.Д. Кузьменко, **С.М. Багрий**, Н.В. Штогрин // Науковий вісник Національної гірничої академії України. – 2003. - №6. – С. 82 – 87. (*особистий внесок –40%*)

3. Комплекс геофізичних методів прогнозування розвитку соляного карсту в Передкарпатті / Е.Д. Кузьменко, **С.М. Багрій**, О.П. Вдовина, М.В. Штогрин, В.А Бучинський // Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Серія “Геологія”. – Випуск 26 - 27. – С. 43 – 50. (*особистий внесок –30%*)

4. Ефективність комплексного підходу при геофізичному вивченні карстових процесів над відпрацьованими шахтними полями родовищ кам'яної та калійної солі / Е.Д. Кузьменко, **С.М. Багрій**, О.П. Вдовина, І.Є. Хмара, Б.Т. Бараненко // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2007. –№4(25).– С. 41 – 49. (*особистий внесок –40%*)

5. **Багрій С.М.** Оцінка можливості прориву річки Сівка в Домбровський кар'єр Калуш-Голинського родовища калійної солі / **С.М Багрій** // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2009. – №43(22).– С. 44 – 52.

6. **Багрій С.М.** Про необхідність комплексування геофізичних методів при дослідженні природно-техногенного карсту (на прикладі соляних родовищ Передкарпаття) / **С.М. Багрій** // Геодинаміка. – 2011. – № 2 (11). – С. 24-26.

7. Кузьменко Е.Д. Про доцільність дослідження карсту на родовищах калійної та кам'яної солі електричними методами / Е.Д. Кузьменко, **С.М. Багрій** // Геодинаміка. – 2011. – № 2 (11). – С. 134-137. *(особистий внесок –80%)*

8. **Багрій С.М.** Гравіметричний моніторинг стану геологічного середовища в межах Калуш-Голинського родовища калійної солі // **С.М. Багрій**, О.П. Вдовина, С.Г. Анікеєв / Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2012. – № 2. – С.118-127. *(особистий внесок –90%)*

9. **Багрій С. М.** До питання оцінки забруднення підземних вод геофізичними методами / **Багрій С. М.**, Кузьменко Е. Д. // Геодинаміка. - №2(15) / 2013. – С. 93-96. *(особистий внесок –75%)*

10. Особливості геодезичного моніторингу та прогнозування геотехногенної динаміки на шахтних полях калійних родовищ // К.О. Бурак, Е.Д. Кузьменко, **С. М. Багрій**, М.Я. Гринішак, Г.Г. Мельниченко, В.П. Михайлишин, В.М. Ковтун / Вісник геодезії та картографії. - 2014. - № 5. - С. 12-18. *(особистий внесок –20%)*

11. **Багрій С.М.** Оцінка ступеня просідання земної поверхні на шахтних полях Калуського гірничо-промислового району за даними високоточної гравіметрії / **Багрій С.М.**, Кузьменко Е.Д., Анікеєв С.Г // Сборник научных трудов SWorld : Научный мир, г. Иваново – 2016. – Том 13. – Випуск №1(42). – С. 40 – 48 (база РИНЦ Science Index). *(особистий внесок –80%)*

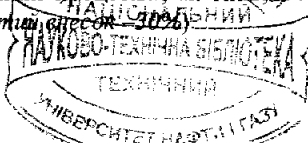
12. Кузьменко Е.Д. Попередній прогноз карстових процесів за даними геофізичних досліджень на Калуш-Голинському родовищі калійної солі / Е.Д.Кузьменко, **С.М Багрій**, О.П. Вдовина // Матеріали V міжнар. наук. конф. «Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища, 7 – 9 жовтня 2004 року, м. Київ. – К.:ВПЦ «Київський університет». - 2004. – С. 93 – 94. *(особистий внесок –40%)*

13. Кузьменко Е.Д. Ефективність комплексного підходу при вивченні карстових процесів на соляних родовищах / Е.Д.Кузьменко, **С.М Багрій**, О.П. Вдовина // Матеріали Всеукраїнської наук. конф. «Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища», м. Київ, 21-24 вересня 2006 р. – К., 2006. – С. 282 – 284. *(особистий внесок –30%)*

14. Кузьменко Е.Д. Сучасні інформаційні технології дослідження карсту геофізичними методами (на прикладі Стебницького родовища калійної солі) / Е.Д.Кузьменко, **С.М Багрій** // Можливості супутникових технологій у сприянні вирішення проблем Львівщини: матеріали наради 11 червня 2009 р. – Львів, 2009. – С. 23 – 24. *(особистий внесок –50%)*

15. Кузьменко Е.Д. Ефективність методів електрометрії при дослідженні карсту на родовищах солі Прикарпаття / Е.Д.Кузьменко, **С.М Багрій** // Матеріали ІХ Міжнародної наук. конф «Моніторинг геологічних процесів», м. Київ, 14-17 жовтня 2009 р. – К., 2009. – С. 110 – 111. *(особистий внесок –80%)*

16. Кузьменко Е.Д. Загроза прориву річкових вод у Домбровський кар'єр Калуш-Голинського родовища калійної солі – реальність чи фантазія? / Е.Д.Кузьменко, **С.М Багрій** // Матеріали ІХ Міжнародної наук. конф «Моніторинг геологічних процесів», м. Київ, 14-17 жовтня 2009 р. – К., 2009 – С. 145 – 147. *(особистий внесок –80%)*



17. Кузьменко Е.Д. Геолого-геофізична характеристика Калуш-Голинського родовища калійної солі /Е.Д.Кузьменко, **С.М.Багрій** // Міжнародна наук. конф. «Геофізичні дослідження та моделювання фізичних полів Землі» м. Львів – Чинадієво, Закарпатська обл., 16 – 18 вересня 2010 р. ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – С.145 – 150. *(особистий внесок –75%)*

18. **Багрій С.М.** Гравіметричний моніторинг у межах Калуш-Голинського родовища калійних солей / **С.М.Багрій**, С.Г.Анікеев // Матеріали доповідей науково-практичної конф. «Нафтогазова геофізика – інноваційні технології» 25-29 квітня 2011 р., м. Івано-Франківськ.– м. Івано-Франківськ, 2011. – С. 17 – 20. *(особистий внесок –70%)*

19. **Багрій С. М.** Про методику високоточного гравіметричного моніторингу та підвищення його інформативності щодо змін у будові геологічного середовища / **С.М.Багрій**, С. Г. Анікеев // Друга міжнародна наук. конф. «Геофізичні дослідження та моделювання фізичних полів Землі» м. Львів – Чинадієво, Закарпатська обл., 20- 22 вересня 2012 р., ЛНУ імені Івана Франка, – 2012. – С.41 – 46. *(особистий внесок –50%)*

20. Кузьменко Е.Д. Еколого-геологічний моніторинг по території Калуського гірничопромислового району – плани та реалії / Е.Д.Кузьменко, **С.М.Багрій** // Матеріали доповідей XII Міжнародної конференції. «Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти» [Електронний ресурс], 13-16 травня 2013 р. – м. Київ: Всеукраїнська асоціація геоінформатики., 1 електрон.опт. диск (CD-ROM), 12 см. (наукометрична база Scopus). *(особистий внесок –40%)*

21. **Багрій С.М.** Особливості застосування методу природного імпульсного електромагнітного поля Землі для прогнозу стійкості масиву гірських порід / **С.М.Багрій**, Е.Д.Кузьменко // XVIII Міжнародний науково-технічний симпозіум «Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GNSS і GIS - технології», 10 – 15 вересня 2013 р., Алушта (Крим, Україна): Збірник матеріалів. – В.: Львівська політехніка, 2013. – С. 173 – 175. *(особистий внесок –80%)*

22. **Багрій С.М.** Просторове моделювання та прогнозування екологічної ситуації при наповненні Домбровського кар'єру / **С.М.Багрій**, Н.В.Гурська, Л.І.Давибіда, Е.Д.Кузьменко, І.В.Фішак // Матеріали доповідей XIV Міжнародної конференції. «Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти» [Електронний ресурс], 11-14 травня 2015 р. – м. Київ: Всеукраїнська асоціація геоінформатики., 1 електрон.опт. диск (CD-ROM), 12 см. (наукометрична база Scopus). *(особистий внесок –45%)*

АНОТАЦІЯ

Багрій С.М. Геофізичний моніторинг геологічного середовища в межах родовищ калійної солі (на прикладі Калуш-Голинського родовища). – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.22 – геофізика, – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2016.

Дисертацію присвячено еколо-геологічним проблемам, які виникли в районі відпрацьованих шахтних рудників Калуш-Голинського родовища калійних солей.

Робота спрямована на виявлення провальньо-просадкових процесів в межах

шахтних полів та забруднення водоносного горизонту відходами гірничовидобувних підприємств з використанням геофізичних методів.

Здійснено моніторинг ділянок шахтних полів Калуш-Голинського родовища із застосуванням геофізичних методів. Показано, що першочерговим методом досліджень має бути метод ПЕМПЗ, а також продемонстровано ефективність методу для прогнозу розвитку просідань на стадії експрес-інформації.

У роботі використано комплексний підхід до застосування геофізичних методів для детального картування зон осідання земної поверхні, провальньо-просадкових процесів та зон забруднення водоносного горизонту.

Для шахтних полів «Калуш», «Ново-Голинь» побудовані просторові моделі та карти критерію провальньо-просадкової небезпеки, оконтурено та встановлено зони забруднення водоносного горизонту із визначенням швидкості переміщення в бік р. Лімниця.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: провальньо-просадкові процеси, геофізичний моніторинг, гравіметрія, електрометрія, розушільнення, електричний опір забруднення, шахтні поля, режимні спостереження.

АННОТАЦИЯ

Багрий С.М. Геофизический мониторинг геологической среды в пределах месторождений калийной соли (на примере Калуш-Голинского месторождения). - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности 04.00.22 - геофизика, - Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 2016.

Диссертация посвящена эколого-экологическим проблемам, которые возникли в районе отработанных шахтных рудников Калуш-Голинского месторождения калийных солей.

Работа направлена на выявление провальньо-просадочных процессов в пределах шахтных полей и загрязнения водоносного горизонта отходами горнодобывающих предприятий с использованием геофизических методов.

Осуществлен мониторинг участков шахтных полей Калуш-Голинского месторождения с применением геофизических методов. Показано, что первоочередным методом исследований должно быть метод ЕИЭМПЗ, а также продемонстрирована эффективность метода для прогноза развития просадок на стадии экспрес-информации.

В работе использован комплексный подход к применению геофизических методов для детального картирования зон оседания земной поверхности, провальньо-просадочных процессов и зон загрязнения водоносного горизонта.

Для шахтных полей «Калуш», «Ново-Голинь» построены пространственные модели и карты критерия провальньо-просадочной опасности, установлены и оконтурены зоны загрязнения водоносного горизонта с определением скорости перемещения в сторону р. Ломница.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: провальньо-просадочные процессы, геофизический мониторинг, гравиметрия, электрометрия, разуплотнение, электрическое сопротивление, загрязнение, шахтные поля, режимные наблюдения.

ABSTRACT

Bagriy S.M. Geophysical monitoring of the geological environment within potassium salt deposits (for example Kalush-Holyn deposit). - Manuscript.

The thesis for the degree of candidate of geological sciences on specialty 04.00.22 - geophysics - Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2016.

The thesis is devoted to ecological and geological problems that have arisen in the area of waste mine fields of Kalush-Holyn potassium salt deposit.

The aim of the paper is using geophysical methods to detect failure-subsidence processes on mine fields and contamination of the aquifer with the waste materials from mining enterprises.

The monitoring of Kalush-Holyn potassium salt deposit mine fields were conducted using geophysical methods. The author shows that NPEMFE method is the most convenient to implement such researches. For the first time the classification characteristics of NPEMFE anomalies were formed and agreed with the causes and characteristics of deformation processes. The author formed the criteria for qualitative interpretation for specific geological situations and demonstrated effectiveness of the method for the prediction of subsidence at the stage of rapid information.

Author offers the method of calculating the quantitative characteristics of surface subsidence based on analysis of decompacted rocks recorded by gravimetry in monitoring mode. Options for calculating for both discrete and gradient environments are represented. The results are necessary with regard to their informativity for further substantiation of managerial decisions on further exploitation of research areas.

Integrated interpretive model of VES and SFF methods was substantiated in this paper. The author has built general electric section for the separate mine fields of Kalush-Holyn deposit taking into account the development of karst processes. This enabled the correction of geological sections in the specification of the lithological composition of rocks of individual layers that allowed the opportunity to outline the area of distribution of fluid clay and establish the degree of erosion of salt mirror regardless of the filling chambers, namely, to get independent information about subsidence and landslides.

The paper presents a comprehensive approach of geophysical methods for detailed mapping of the surface subsidence zones, failure-subsidence processes and contaminated zones of the aquifer.

Spatial models and criterion failure maps of failure-subsidence danger were built for the mine fields "Kalush" and "Novo Holyn", contaminated zones of the aquifer were delineated and defined with the determination of velocity toward the river Limnytsya.

KEY WORDS: failure-subsidence processes, geophysical monitoring, gravimetry, electrometry, decompaction, electrical resistance of contamination, mine fields, subsidence, regular observations.