

502.175  
П14

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

ПАЛІЙЧУК ОЛЕКСАНДРА ВОЛОДИМИРІВНА

УДК 551.131

**КОНТРОЛЬ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ  
ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В РАЙОНІ  
КАЛУСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ**

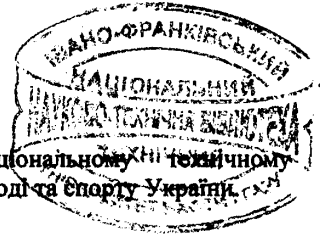
Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

**Автореферат**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ – 2011

Дисертацією є рукопис.

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



Науковий керівник: доктор технічних наук, професор  
**ШКІЦА Леся Євстахіївна**,  
Івано-Франківський національний  
технічний університет нафти і газу  
Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України,  
завідувач кафедри інженерної та  
комп'ютерної графіки

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор  
**АДАМЕНКО Ярослав Олегович**,  
Івано-Франківський національний  
технічний університет нафти і газу  
Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України  
завідувач кафедри екології

кандидат технічних наук, доцент  
**БОРИСОВСЬКА Олена Олександрівна**  
Національний гірничий університет  
Міністерства освіти і науки, молоді  
та спорту України, (м. Дніпропетровськ)  
доцент кафедри екології

Захист відбудеться "17" березня 2011 р. о 11<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д20.052.05 в 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 «11» лютого 2011 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради Д20.052.05

В.Р.Хомин

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Вперше у світовій практиці відкрита розробка родовища калійних солей проводилась в Домбровському кар'єрі Калуського гірничопромислового комплексу. За увесь період експлуатації родовища утворились взаємозумовлені і взаємопов'язані в часі та просторі інженерно-геологічні та гідрохімічні аномалії. Території, які були охоплені розробкою, потребують детального аналізу, контролю та прогнозування техногенно-екологічної безпеки на різних етапах функціонування гірничого підприємства та виконання прогнозних оцінок змін складових навколишнього природного середовища з використанням різноманітних методів та заходів.

Калійний кар'єр, на відміну від відкритих гірничих розробок інших корисних копалин, має свої геологічні, гірничотехнічні, санітарно-гігієнічні та ландшафтні особливості, внаслідок чого пряме перенесення відомого досвіду в багатьох випадках є неможливим. Актуальність роботи зумовлена ще й тим, що на Прикарпатті є родовища калійних солей, які мають подібні геологічні і гідргеологічні умови з Калуш-Голинським родовищем: Нежухівське, Білина Велика, Тростянецьке, і отриманий досвід експлуатації кар'єру, проведений аналіз техногенно-екологічної безпеки навколишнього середовища можна застосувати при їх розробці.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню важливого науково-прикладного завдання з вивчення і прогнозування небезпечних геологічних процесів та явищ, розробці і впровадженню природоохоронних заходів та засобів на території відкритої розробки калійних родовищ як в період розробки родовища, так і після завершення експлуатації.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертація виконана у відповідності до "Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2010 року", яка передбачає проведення спеціалізованих робіт та досліджень, пов'язаних із закриттям гірничодобувних підприємств та розробленням рекомендацій щодо безпечної консервації гірничого простору, зокрема підприємств Прикарпаття. Методи геофізичного контролю геомеханічних порушень на території Калуського гірничопромислового комплексу досліджені в рамках держбюджетної тематики Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу Г-4 "Створення методів і засобів геофізичного контролю геомеханічних процесів і явищ, які супроводжують гірничі роботи в нафтогазових і гірничих галузях промисловості, а також в зонах глибинних розломів земної кори" (№ держреєстрації 0193U020516).

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є розробка та впровадження методів і засобів прогнозування стану навколишнього природного середовища та заходів забезпечення екологічної безпеки на території відкритої розробки калійних родовищ (на прикладі Домбровського кар'єру).

НТБ  
ІФНТУНГ



an2155

Для реалізації вказаної мети необхідно вирішити такі *завдання*:

- провести аналіз сучасного стану проблеми з екологічної безпеки в районі промислових калійних виробництв;
- вдосконалити методи оцінки екологічної безпеки довкілля в районі відкритої розробки родовищ калійної солі на різних стадіях експлуатації;
- обґрунтувати, дослідити і застосувати методи контролю техногенно-екологічної безпеки калійних гірничих комплексів;
- розробити методи моделювання і прогнозування розповсюдження забруднень та провести перевірку їх ефективності на прикладі Домбровського кар'єру;
- розробити природоохоронні заходи та визначити напрямки функціонального призначення території Домбровського кар'єру після завершення експлуатації родовища.

*Об'єкт дослідження* – вплив процесу відкритої розробки родовища калійних солей на екологічний стан навколишнього середовища.

*Предмет дослідження* – методи та засоби контролю і прогнозування стану навколишнього середовища, природоохоронні заходи на території гірничопромислового комплексу з видобутку калійних солей.

*Методи дослідження.* Аналіз та узагальнення світового досвіду, застосування системного підходу аналізу фактичного матеріалу щодо проблеми охорони навколишнього середовища та розробки методів прогнозування стану екологічної безпеки для території калійних гірничопромислових комплексів покладені в основу розроблених методів оцінки стану навколишнього середовища. Методи числового моделювання використовувались для розрахунку розмірів санітарно-захисної зони Домбровського кар'єру та моделювання процесу зміни концентрації розчиненої солі в кар'єрі. Польові геофізичні дослідження методом природного електричного поля дозволили оцінювати напружено-деформований стан гірських порід над зруйнованими калійними виробками і на території Домбровського кар'єру. Електромагнітні дослідження проводилися методом високочастотних індукційних зондувань у ближній зоні джерела поля (ЗСБ) для виявлення масштабів розповсюдження ареалів засолення і оцінки ступеня забруднення водоносного горизонту розсолами із відвалів.

*Наукова новизна одержаних результатів* полягає в наступному:

- вперше розроблений метод визначення електричного заряду на сколи зразка гірської породи, який забезпечує можливість вивчення механоелектричних явищ, які відбуваються в гірській породі і використовується при прогнозуванні геомеханічних порушень на території гірничих комплексів;
- набув подальшого розвитку метод оцінки екологічної безпеки гірничих комплексів з видобутку калійних солей, який враховує відкритий характер їх розробки, складні кліматичні умови та різні етапи функціонування гірничодобувного підприємства;
- удосконалено методи прогнозування гідрогеологічних та інженерно-геологічних процесів у районі Домбровського кар'єру шляхом математичного моделювання процесу зміни концентрації розчиненої солі в кар'єрі в різні

моменти часу та оцінювання ареалу розповсюдження і ступеня забруднення водоносного горизонту;

- визначено і обґрунтовано нові підходи в розробці природоохоронних заходів для забезпечення екологічної безпеки калійних гірничих комплексів після завершення їх експлуатації.

***Практичне значення одержаних результатів.***

У дисертаційній роботі на основі розроблених методів і засобів:

- виконана систематизація техногенних змін навколишнього середовища під дією впливу розробки калійних родовищ залежно від конкретних фізико-географічних, геолого-структурних, інженерно-геологічних, гідрогеологічних умов;

- запропоновані і обґрунтовані способи та засоби створення нормалізованої атмосфери в кар'єрі з використанням вентиляційно-зрошувальних установок для штучного провітрювання кар'єру, розроблені вимоги і рекомендації щодо їх використання та на прикладі Домбровського кар'єру розраховані розміри санітарно-захисної зони;

- визначено напружено-деформований стан гірських порід, встановлені масштаби розповсюдження ареалів засолення та оцінений ступінь забруднення водоносного горизонту в районі розробки відкритим способом родовища калійних солей. Результати досліджень частково використовуються Західно-Українською геолого-розвідувальною експедицією, що засвідчено актом;

- проведені експериментальні дослідження розчинення соляних уступів кар'єру шляхом зрошування, які дозволили встановити закономірності формування профілів відкосів, утворення на соляних поверхнях розсолів та виконати розрахунок процентного вмісту солей в розсолах та їх складу.

Крім того, результати науково-дослідної роботи використовуються в навчальному процесі, як навчальні елементи дисциплін "Мінерально-сировинні ресурси", "Основи екології", "Електророзвідка".

***Особистий внесок здобувача.*** Основні теоретичні та методичні результати, які винесено на захист, отримані здобувачем особисто. Особистий внесок здобувача у роботах, опублікованих у співавторстві, полягає в наступному: [1, 16] – аналіз джерел та інтенсивності пиловидалення в кар'єрі, розробка рекомендацій для зменшення пилового забруднення атмосфери; [2] – аналіз природних і техногенних факторів, що впливають на якість підземних вод, аналіз методів дослідження; [5] – постановка завдання, обґрунтування результатів дослідження; [6,12,18] – систематизація екологічних наслідків гірничодобувної діяльності в районі відкритої розробки калійних родовищ, аналіз методів контролю екологічної безпеки; [7] – обґрунтування методики експериментальних досліджень, інтерпретація отриманих результатів; [8,17] – аналіз методів утилізації відходів, участь у розробці схеми установки для утилізації побутових та промислових відходів, формування висновків; [9,13,14] – проведення експериментальних досліджень, обробка статистичного матеріалу, формування висновків; [11] – визначення шляхів прогнозування стану навколишнього середовища в районі відкритої розробки калійних ро-

довищ; [15] – проведення прогнозної оцінки появи або активізації несприятливих геологічних процесів та явищ на території гірничопромислового комплексу при розробці калійних родовищ.

**Апробація результатів дисертації.** Результати дисертаційної роботи були представлені на: Міжнародній науково-методичній конференції, присвяченій 50-річчю кафедри буріння нафтових і газових свердловин (м. Івано-Франківськ, 1995); Міжнародній науково-технічній конференції "Ресурсозберігаючі технології в нафтогазовій енергетиці" "ІФНТУНГ-40" (м. Івано-Франківськ, 2007); Науково-практичній конференції "Екологічна безпека: моніторинг, оцінка ризику, перспективні природоохоронні технології" (м. Львів, 2007); International symposium "Mineral resources and environment engeneering" (Baia Mare (Румунія), 2008); IV Всеукраїнській науково-практичній конференції "Охорона навколишнього середовища промислових регіонів як умова сталого розвитку України" (м. Запоріжжя, 2008); Всеукраїнській науково-практичній конференції "Сучасні наукові досягнення – 2008" (м. Миколаїв, 2008); I Міжнародному конгресі "Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування" (м. Львів, 2009).

**Публікації.** Результати дисертації опубліковані в 20 наукових працях (з них — 5 одноосібних), у тому числі 6 статей у фахових наукових виданнях, 1 авторське свідоцтво, 1 патент на корисну модель, 2 статті в збірниках наукових праць, 10 праць у збірниках матеріалів конференцій.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел із 149 найменувань, 3 додатки. Повний обсяг – 174 сторінок, з них основний текст – 158 сторінок. Робота містить 22 рисунки та 13 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та завдання, визначено об'єкт та предмет досліджень, охарактеризовано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів. Надано інформацію щодо апробації та впровадження результатів роботи.

У першому розділі на основі аналізу численних літературних джерел розглянуто основні етапи експлуатації калійних родовищ світу та екологічні наслідки діяльності; висвітлені існуючі методи контролю та прогнозування екологічних ситуацій в межах впливу гірничопромислових комплексів; обґрунтовано вибраний напрям дослідження.

Результати досліджень з проблеми охорони навколишнього природного середовища калійних гірничопромислових комплексів викладені в роботах Я.М.Семчука, А.А.Варламова, О.М.Адаменка, Г.І. Рудька, Л.Є.Шкіци, С.І.Кореневського, С.С.Кориня, В.М.Гольдберга, Е.Д.Кузьменка, Б.Г.Тарасова, В.Ф.Захарова, М.С.Мальованого, П.К.Гаркушина, І.І. Зозулі, А.М.Гайдина та ін.

Комплексний техногенний вплив гірничодобувної діяльності призводить до порушень геологічного середовища. При оцінці впливу на навколишнє природне середовище об'єктами досліджень стають окремі елементи біосфери, що піддаються зміні: поверхневі та підземні води, повітряний басейн, ґрунтовий покрив, надра.

Особливістю експлуатації Калуш-Голинського родовища є відкрита його розробка, тобто існує Домбровський кар'єр з об'ємом біля 40 млн.м<sup>3</sup>, з них близько 6 млн.м<sup>3</sup> – розсоли. Площа зовнішніх солевідвалів складає 48 і 39 га. Додаткові джерела забруднення – хвостосховища та акумулюючі ємності.

Вивчення напружено-деформованого стану масиву гірських порід є основою для виявлення різних геодинамічних явищ та прогнозування стабільності території. У дисертаційній роботі застосовуються геофізичні методи досліджень для прогнозування геомеханічних порушень в районі Домбровського кар'єру в різні періоди експлуатації і представлені лабораторні дослідження, що проводились з метою підтвердження розроблених теоретичних положень на зразках гірських порід.

Висока інформативність індукційних електромагнітних зондувань для спостережень за зміною параметрів приповерхневого геологічного середовища дає змогу прогнозувати розвиток процесу засолення гравійно-галькового водоносного горизонту, виявляти масштаби розповсюдження ареалів засолення та забруднення водоносного горизонту розсолотоками з відвалів розкривних порід та оцінки стану і динаміки змін стану ґрунтів.

Відкриті гірничі виробки в соляних пластах великої глибини заповнені водою є екологічно небезпечними, з одного боку, і можуть служити джерелом для видобутку солі, з іншого боку. Тому важливим завданням з погляду охорони навколишнього природного середовища і економіки є дослідження розчинення і дифузії солей у водному середовищі, яке доцільно проводити використовуючи математичні моделі. Вивченню піддавалась гідрохімічна ситуація в кар'єрі та прикар'єрній зоні. Для кількісної оцінки наслідків впливу атмосферних опадів на соляні породи проведені експериментальні дослідження на уступах Домбровського кар'єру, які дозволили встановити закономірності формування їх профілів.

Гостро постала проблема аеротехногенного забруднення, оскільки поступлення шкідливих газів та пилу в чашу відкритих гірничих виробок відбувається як від внутрішніх, так і від зовнішніх джерел. Отже, в період оптимального функціонування кар'єру необхідно розглядати різноманітні способи і засоби створення нормалізованих санітарно-гігієнічних умов праці.

На стадії ліквідації калійних гірничих підприємств після завершення експлуатації родовища особливої уваги потребують зони зі змінним напружено-деформованим станом гірських порід, де можуть розвиватись процесо-небезпечні явища, та необхідне прогнозування гідрогеологічних та інженерно-геологічних процесів.

Слід зазначити, що для прогнозу змін різних компонентів геологічного середовища, необхідно використовувати різноманітні методи досліджень. У

дисертаційній роботі розглянуто комплексний підхід до питання забезпечення екологічної безпеки території, де проводиться відкрита розробка родовища калійної солі на різних стадіях функціонування гірничодобувного підприємства із застосуванням системного підходу в науковому вирішенні гірничо-екологічних завдань.

У другому розділі представлені результати екологічних досліджень Калуського гірничодобувного комплексу в період оптимального функціонування, зокрема, аналізувались забруднення атмосферного повітря забруднюючими речовинами та оцінювався техногенний вплив на якість підземних вод.

Кар'єр є потужним джерелом забруднення навколишнього атмосферного повітря шкідливими домішками, основними з яких є гази – карбон (II) оксид і нітроген (II) оксид. Викиди Домбровського кар'єру всіма внутрішніми джерелами на кінець відробки складають 329-364 т умовного СО на рік. Кар'єрний пил внаслідок підвищеної вологості повітря і значної величини опадів самовиділяється з атмосфери і випадає на незначній відстані від джерела викиду. При розрахунках ступеня забруднення повітря, що виходить з кар'єру, враховувалася висока ефективність природного динамічного повітрообміну, яка забезпечує винос всіх шкідливих газів, що виділяються без їх накопичення, при швидкостях вітру значно менших від середньорічних. Концентрація умовного СО у повітряному потоці ( $C_{вих}$ , мг/м<sup>3</sup>), що виходить з кар'єру у перший момент після перемішування з внутрішньокамерною атмосферою газів пилогазової хмари, коли вона не викидається за межі зони рециркуляції і загальмованої частини сталого потоку, визначається за формулою:

$$C_{вих} = \frac{G_{п.г.х.}}{V_k}, \quad (1)$$

де:  $G_{п.г.х.}$  – кількість шкідливих газів у пилогазовій хмарі (мг умовного СО);  $V_k$  – об'єм кар'єру, м<sup>3</sup>.

Вважаючи форму пилогазової хмари кулеподібною, розраховували горизонтальну відстань від місця вибуху до перерізу, де вміст шкідливих газів у хмарі вже не буде перевищувати ГДКм.р.

Залежно від метеорологічних умов, рівня забруднення атмосферного повітря кар'єру застосовують способи провітрювання: спосіб перемішування – розрідження забрудненого повітря в об'ємі кар'єру з доведенням концентрації шкідливих речовин до 0,3 ГДК; спосіб винесення – видалення забрудненого повітря з кар'єру (застосовується при помірному і сильному забрудненні, коли концентрація шкідливих речовин є вищою від ГДК); комбінований спосіб; спосіб пилогазопридушування та загальнокар'єрного провітрювання. Останній спосіб є універсальним та рекомендується для застосування насамперед для умов сильного і тривалого забруднення, великих від'ємних вертикальних градієнтів температури і штилю в кар'єрі.

Створення повітрязабору для об'єму досліджень забезпечить підвищення повітрообміну у 1,18 рази при вітрах ПнЗ, ПнПнЗ та частково вітрах північних напрямків, з річною повторюваністю 22,5%. Крім того, північне крило



кар'єру є перешкодою на шляху розповсюдження шкідливих речовин від зовнішнього джерела.

Відчутного впливу від розробки та переробки солей зазнає гідросфера, що охоплює річки та гравійно-гальковий горизонт, які є джерелом питної води. Вони майже не захищені від потрапляння небезпечних речовин та піддаються швидкому впливу забруднюючих об'єктів, до яких належать кар'єр, відвали розкритих порід, хвостосховища, акумулюючі басейни. Велика кількість солей потрапляє у довкілля із Домбровського кар'єру, що є особливо небезпечним для збільшення засолення підземних і поверхневих вод. У результаті взаємодії соленосних порід з атмосферними опадами утворюються соляні розсоли. Їх об'єм становить 1,1 млн.м<sup>3</sup> /рік при середній нормі атмосферних опадів 700 мм/рік та коефіцієнті водовіддачі – 0,9.

Існуючу систему відкладів на хвостосховищах вважають закритою або екологічно ізольованою, але вона є неоднорідною і нестабільною: відбуваються процеси руйнування дамб, вимивання товщі порід та водно-міграційне надходження солей у системи навколишнього природного середовища. Свідчення цього є утворення провальних ліжок карстового типу на поверхні хвостосховищ та великих конусів винесення солей на зовнішніх схилах бортів. Концентровані розсоли безперешкодно потрапляють на прилеглу територію, створюючи ареали засолення водоносного горизонту ізометричної форми.

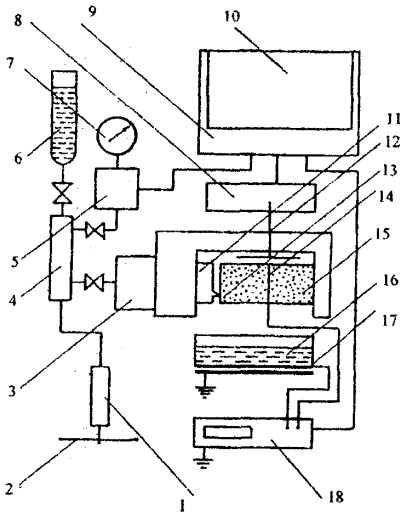
Аналіз результатів досліджень геологічних, гідрогеологічних та гірничотехнічних умов розробки родовищ калійних солей відкритим способом показує, що формування ареалів засолення поверхневих і підземних вод відбувається під дією як природних факторів (висока розчинність та міграційна здатність калійних солей; неглибоке залягання калійної руди та надсолевих розсолів; велика кількість атмосферних опадів), так і техногенних факторів (недостатня надійність протифільтраційних екранів у основі хвостосховищ, солевідвалів, акумулюючих басейнів; відкрите складування водорозчинних відходів; водозниження за допомогою відкачування води із свердловин та з кар'єру). Вивчення природних факторів є необхідним для правильного вибору ділянок розміщення хвостосховищ, солевідвалів, акумулюючих басейнів та прогнозування розвитку засолення підземних вод; гідрогеологічного обґрунтування природоохоронних заходів. Облік техногенних факторів дозволить визначити заходи, які виключають або обмежують розвиток негативних процесів засолення поверхневих і підземних вод.

У третьому розділі досліджуються механоелектричні перетворення в гірських породах та проводяться геофізичні дослідження геомеханічних порушень на території відкритої розробки родовища калійної солі.

Вибраний напрям досліджень полягає в пошуках зв'язків між механічними і електричними явищами на основі польових досліджень на природних об'єктах та лабораторних досліджень, що базуються на створенні умов для вивчення механізму створення електричного поля на зразку породи під час збільшення або зменшення механічної напруги та при руйнуванні зразка породи. Вивчаються причини виникнення електричного заряду на новоутворе-

ній поверхні. Порівняльні дослідження дають можливість з певною достовірністю виділяти частину електричного поля, пропорційну до змін і розподілу механічної напруги в масиві.

Для визначення кількісних залежностей потенціалу об'єкта дослідження (зразка гірської породи) від величини механічного навантаження на нього, а також заряду уламків, утворених при руйнуванні зразка, нами була спроектована спеціальна установка (рис. 1). Установка повинна забезпечувати одночасне механічне навантаження зразків гірських порід (керна) аж до їх руйнування; запис механічної напруги і електричних потенціалів; можливість візуального спостереження короточасних електричних явищ; вимірювання величини заряду уламків зразка. При інтерпретації електричних явищ враховуються структурні властивості порід, які визначають характер і природу електризації.



- 1 – гідроциліндр; 2 – штурвал;  
 3 – гідравлічний прес; 4 – маніфольд;  
 5 – датчик тиску; 6 – смієсть;  
 7 – зразковий манометр; 8 – підсилювач;  
 9 – самопишучий прилад; 10 – діаграмна стрічка; 11 – поршень з концентратором механічної напруги; 12 – антена;  
 13 – уламок зразка; 14 – електрод;  
 15 – зразок; 16 – електропровідна ріднина;  
 17 – металева кювета; 18 – вольтметр-електрометр

Рис. 1. Функціональна схема установки вимірювання характеристик зразків

Для лабораторних досліджень вибиралися зразки гірських порід із різних родовищ Прикарпаття, перевага надавалася пісковикам і алевролітам. Вимірювання заряду  $q$  уламка та площі  $S$ , утвореної під час відколювання, дає можливість обчислити поверхневу густину заряду, яка є одним з параметрів механоелектричного перетворення, що характеризує гірську породу

$$q = C \varphi, \quad (2)$$

де:  $q$  – заряд;  $C$  – відома електроємність;  $\varphi$  – потенціал, набутий кюветою після падіння уламка.

Поверхнева густина заряду дорівнює

$$\sigma = \frac{q}{S}. \quad (3)$$

Із збільшенням густини гірської породи вона зменшується на сколі зразка.

З метою підтвердження теоретичних положень оцінювання напруженого стану масиву гірських порід (його зміни в часі та під впливом гірничих робіт) для реальних об'єктів паралельно проводилися польові дослідження методом природного електричного поля (ПЕП). Природні електричні поля в рудних родовищах при проведенні гірничих робіт, змінюються внаслідок руйнування суцільності масиву і появи зон, пов'язаних із підвищеними і пониженими механічними напруженнями. Вимірюваннями природних полів при вивченні зсувів гірських порід в результаті їх підробки зареєстровані значні коливання перепаду потенціалу на границях відробленого простору.

Геоелектричне поле завдяки високій техніці вимірювання електричних параметрів та автоматизації їх обробки дає повну інформацію про динаміку зсувних процесів, дозволяє з більшою надійністю визначати небезпечні фази та області цих процесів. При підземній розробці родовищ виникає зсув вище-залягаючої підробленої товщі гірських порід, який відбувається у формі послідовного прогину шарів порід в бік виробленого простору. У першій період, коли вибій лави відійшов від масиву на незначну відстань, безпосередня покрівля пласта знаходиться практично у стійкому стані, зсув її у формі прогину проходить повільно і вимірюється малими величинами. У міру збільшення відходу лави швидкість і величина прогину покрівлі пласта збільшуються, у зсув втягуються вище-залягаючі шари порід, а потім і земна поверхня. За даними спостережень, зсув порід при глибинах робіт до 500 м розповсюджується, коли вибій відійде на відстань приблизно  $0,2H - 0,3H$ , ( $H$  – глибина розробки, м). При подальшому відході вибою лави, прогин шарів порід і земної поверхні збільшується і досягає максимуму, коли забій лави відходить на відстань  $1,4H$ .

На основі цих спостережень, за границі зсуву товщі приймаються прямі лінії, що проходять через границі мульди зсуву на земній поверхні і спрямовані по нормалі до напластування біля нижнього краю очисних робіт і по вертикалі біля верхнього краю по простяганню. Границі мульди зсуву визначаються граничними кутами. Це – зовнішні відносно виробленого простору кути, утворені на вертикальних розрізах в головних перерізах мульди горизонтальною лінією і лініями, що сполучають границі виробленого простору з границями мульди зсуву, величини яких визначаються формулами

$$\delta_0 = 80^\circ - \rho \frac{H_0}{H}, \quad \beta_0 = 80^\circ - 0,8\alpha - \rho \frac{H_0}{H}, \quad \gamma_0 = 80^\circ - \rho \frac{H_0}{H}, \quad (4)$$

де:  $H$  – вертикальна глибина гірничих робіт, м;  $H_0$  – мінімальна глибина гірничих робіт, до якої можуть бути застосовані ці формули, м;  $\rho = 57^\circ$ ;  $\alpha$  – кут падіння пласта, градуси.

Дослідження характеристик процесу зсуву і потенціалу природного електричного поля проводилися над зруйнованими виробками калійних шахт Калузького родовища калійних солей. По периметру контуру передбачуваної мульди зсуву на поверхні за її межами встановлювалися вимірювальні електроди; ширина зони вимірювань вибиралася рівною глибині залягання лави; вимірювання проводилися по профілях, які відповідали головним перерізом

мульди, утвореної від очисної виїмки, з кроком вимірювання 10 м. Високі значення потенціалів на початку і в кінці побудованого нами профілю відображають напружений стан на краях мульди зсуву, а в центральній частині, де відбулися обвалювання і "розгрукка" масиву, значення потенціалу різко зменшилося (рис. 2).

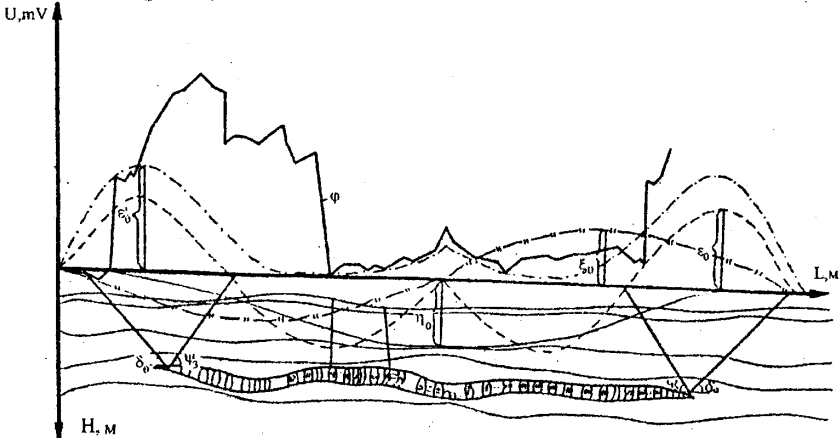


Рис. 2. Характеристики зсуву порід для рудника „Калуш”:

$\eta_x$  – розрахункові криві розподілу вертикальних осідань, мм;

$\epsilon_m$  – горизонтальні зміщення, мм;  $\epsilon_x$  – горизонтальні деформації;  $\phi$  – потенціал природного електричного поля, мВ;  $\psi_3 = \text{const} = 75^\circ$ ;  $\delta_0 = \text{const} = 55^\circ$

Знання розподілу геоелектричних потенціалів у головних перерізах мульди зсуву і коефіцієнтів механоелектричних перетворень дозволяє розрахувати параметри зсуву: горизонтальні деформації, горизонтальні зміщення, вертикальні осідання, нахили, кути зсуву та обвалювання.

**Четвертий розділ** роботи присвячений розробці методів прогнозування гідрогеологічних та інженерно-геологічних процесів в районі Домбровського кар’єру.

При проектуванні та експлуатації кар’єрів з видобутку калійних солей необхідно враховувати особливості їх роботи у складних метеорологічних умовах Прикарпаття, зумовлених легкою розчинністю соляних порід атмосферними опадами, що призводить до утворення високомінералізованих розсолів, зміни кутів відкосів уступів кар’єру та їх руйнування.

Опади, що випадають на сольові поверхні, перетворюються на розсоли, концентрація яких залежить від різновидів сольових руд (каїнітова, лангбейнітова або складніші за мінералогічним складом – лангбейніт-каїнітова або каїніт-лангбейнітова і соленосні глини). Коливання концентрації солей у розсолах пояснюється неоднорідністю лангбейніт-каїнітової породи у відкосі як за складом, так і за вмістом солей. У розсілі переходять всі солі, що містяться в породі. Отримані дані про концентрації солей в розсолах дають змогу вважати, що на уступах, складених калійними

рудами, будуть утворюватися розсоли з високою і майже сталою концентрацією солей. У роботі виконаний розрахунок процентного вмісту солей у розсолах та їх складу із використанням середньорічної суми солей для різновидностей калійних руд.

Основними факторами, що визначають характер вигуговування солей та руйнування відкосу  $\epsilon$ : кут нахилу відкосу; петрографічний склад порід; умови розміщення відкосу у відношенні до напластування розчинних порід; тріщинуватість, що виникла під час проведення вибухових робіт; характер стікання вод по поверхнях відкосу. У процесі руйнування враховується також розчинення та вимивання солей, розмивання при стіканні, знесенні нерозчинних мінералів потоками, а також можливий вплив агентів вивітрювання.

Розглянуто вплив процесу розчинення і дифузії солі у водному середовищі з точки зору охорони навколишнього природного середовища та можливість його вирішення за допомогою використання математичної моделі.

Розглядається поперечний переріз водойми глибиною  $H$  і шириною  $2L$ , стінки і дно якого є джерелами розчинення солі. Сумістимо вісь  $OX$  з поверхнею дна водойми, а вісь  $OY$  з віссю симетрії площі перерізу. Будемо вважати, що в початковий момент часу ( $t=0$ ) рідина у водоймі представлена чистою водою, тобто  $C(x, y, 0) = 0$ . У подальшому на границі області буде проходити розчинення солі зі сталою в часі швидкістю. Вважається, що швидкості розчинення берегів і дна різні. На поверхні дзеркала водойми швидкість розчинення відсутня.

Задача розподілу концентрації по перерізу водойми в часі зводиться до знаходження вигляду функції  $C(x, y, t)$ , яка відповідає рівнянню

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \left( \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} \right), \quad (5)$$

де  $D$  – ефективний коефіцієнт дифузії.

Розв'язок рівняння (5) при однорідних початкових умовах і граничних умовах шукаємо методом інтегральних перетворень, зокрема косинус-перетворення Фур'є.

$$C(x, y, t) = \frac{4Dk}{H} \left( \frac{H^2}{L^2} - 1 \right) + \frac{2DL^2 \left( \frac{H^2}{L^2} - 1 \right)}{H} \times \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ (-1)^n W_2 + \left[ (1)^n - 1 \right] W_b \right\} \times \left( \cos \frac{\pi n x}{L} \cos \frac{\pi n x}{H} + \left[ 1 + e^{-D \frac{(\pi n)^2 t}{L^2 \left( \frac{H^2}{L^2} - 1 \right)}} \right] \right). \quad (6)$$

Описана математична функція розподілу концентрації солі по площі перерізу водойми в часі, яку можна використовувати для моделювання процесу зміни концентрації розчиненої солі у водному басейні в різні моменти часу. З цією метою весь водний об'єм розбивається на окремі вертикальні перерізи, форму яких наближено можна вважати прямокутником, і для кожного з них за одержаною залежністю розраховується зміна концентрації в часі. У подальшому розрахунки концентрації для кожного вертикального перерізу об'єднуються і формується картина змін концентрації солі у всьому водному об'ємі.

Високомінералізовані розсоли з високою міграційною здатністю змінюють гідрохімічний режим поверхневих та підземних вод. Підвищення проникності гірського масиву, що виникає внаслідок деформації, призводить до прогресуючого засолення підземних вод на глибину та по площі із швидкістю 10-70 м за рік.

З метою виявлення масштабів розповсюдження ареалів засолення та оцінювання ступеня забрудненого водоносного горизонту застосовували високочастотні індукційні зондування шляхом становлення електромагнітного поля у ближній зоні джерела. Підвищена внаслідок забруднення мінералізація рідкої фази в зонах розсолостоків та їх фільтрації у водоносні горизонти є причиною підвищення електропровідності таких зон порівняно з консолидованим геосередовищем та є передумовою для застосування ЗСБ.

Об'єктами діагностування були ґрунти в межах західного борту Домбровського кар'єру і прилеглої території в напрямку р. Млинівки. Польові спостереження проводилися в 23 пунктах з кроком вимірювань 50-100 м.

Для електромагнітних досліджень використовувалась установка "контур у контурі" ( $Q-q$ ) з ефективними площами  $Q = 400 \text{ м}^2$ ,  $q = 100 \text{ м}^2$ , що забезпечувало необхідну глибинність зондувань (близько 20 м) при незначних потужностях (15-20 м) приповерхневих відкладів, представлених суглинками та гравійно-гальковими водоносними породами, та відбиття границі корінних порід (близько 30 м).

За результатами обробки сигналів побудовано геоелектричні розрізи (рис. 3), які є відображенням стану геологічного середовища (за зміною електропровідності або опором відповідних горизонтів).

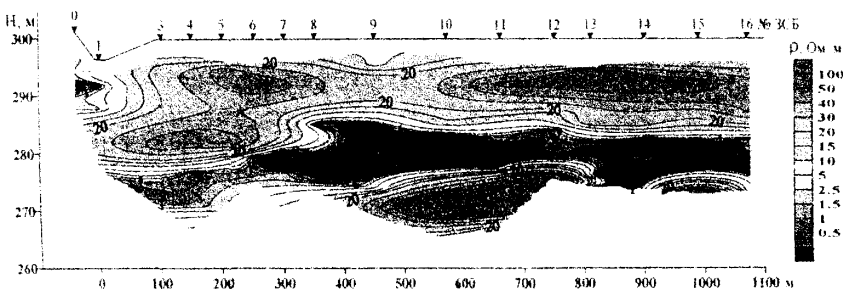


Рис. 3. Геоелектричний розріз західного борту Домбровського кар'єру

Найвищим градієнтом приросту поздовжньої провідності характеризуються низькоомні частини розрізу, пов'язані з підвищеною фільтрацією, проникненням розсолів з кар'єру, та області з надмірним засоленням водоносного гравійно-галькового горизонту. В інтервалі глибин залягання шарів підвищеного опору (слаботріщинуваті ґрунти), де є зниження мінералізації, градієнт помітно зменшується і досягає найменших значень в межах високоомних горизонтів, представлених щільними слабообводненими ґрунтами.

Дослідження геоелектричних параметрів розрізу середовища, розподілів індукованих сигналів електромагнітного поля по площі та зміни концентрації солей дають можливість визначити контури розповсюдження ареалів засолення та ступінь засолення розсолостокми опадового походження від зовнішніх відвалів розкривних порід кар'єру водоносного гравійно-галькового горизонту. У межах розташування основних джерел забруднення спостерігається дуже низький опір прошарків і аномальне зростання сигналів індукованого поля, площинний розподіл якого чітко відображає основні контури поширення ареалів забруднення та ступінь інтенсивності забруднення водоносного горизонту.

Висока інформативність індукційних електромагнітних зондувань дає змогу прогнозувати розвиток процесу засолення гравійно-галькового водоносного горизонту в часі і просторі, виявляти масштаби розповсюдження ареалів засолення і забруднення водоносного горизонту розсолостокми з відвалів розкривних порід та оцінювати стан і динаміку зміни ґрунтів.

У п'ятому розділі запропонований аналіз стану екологічної безпеки території впливу відкритої розробки родовища калійних солей після завершення його експлуатації та запропоновані шляхи майбутнього використання порушених територій.

Запропонована система моніторингу території гірничодобувного комплексу, яка базується на твердженні, що навколо кожного технологічного об'єкту формується декілька зон техногенного впливу на компоненти природного середовища. Систематизація даних про екологічні наслідки цієї діяльності вказує на необхідність оцінки напружено-деформованого стану порід в місцях розвитку геомеханічних та інженерно-геологічних порушень та оцінки геохімічних змін в місцях накопичення гірничих відходів.

Систематизовані проблеми, які пов'язані з небезпечною еколого-геологічною ситуацією на Калуш-Голинському родовищі калійної солі після завершення його експлуатації. На сьогоднішній день передбачається ліквідація кар'єру затопленням і перетворенням його в озеро. Поданий перелік заходів, спрямованих на попередження та недопущення розвитку небезпечних геологічних процесів.

З метою оцінювання можливості використання території гірничопромислового комплексу з видобутку калійних солей для утилізації відходів розроблений спосіб утилізації побутових і промислових відходів шляхом їх спалювання з наступним захороненням шкідливих продуктів згоряння в затоплених шахтних виробках та кар'єрах калійних солей. Після подрібнення від-

ходів і спалювання разом з горючими сумішами та наступним відбором теплової енергії проводять експрес-контроль шкідливих продуктів і нейтралізують їх певними речовинами, через утилізаційну трубу опускають на дно технічної водойми і там захоронюють. Причому, технічною водоймою можуть слугувати відпрацьовані затоплені підземні шахтні виробки та, наприклад, кар'єри калійних солей (рис. 4).

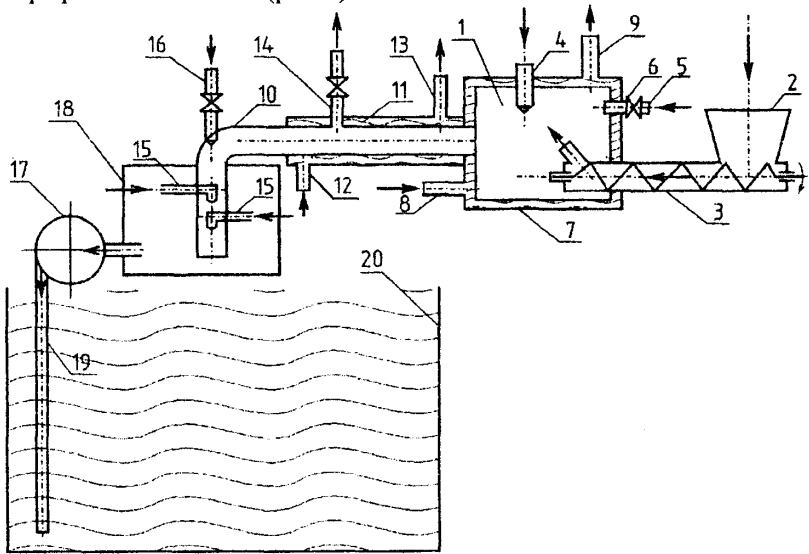


Рис. 4. Схема установки для утилізації побутових та промислових відходів:

- 1 – піч для спалювання відходів; 2 – бункер для завантаження відходів; 3 – шнекова подача; 4 – форсунка для подачі горючих матеріалів; 5 – патрубок для подачі повітря;
- 6 – вентиль для регулювання подачі повітря; 7 – сорочка охолодження печі; 8 – патрубок подачі холодної води; 9 – патрубок відбору гарячої води; 10 – відвідна труба;
- 11 – сорочка охолодження відвідної труби; 12 – патрубок подачі холодної води;
- 13 – патрубок відбору теплої води; 14 – патрубок відбору проб суміші з відвідної труби;
- 15 – патрубки для подачі нейтралізуючих розчинів; 16 – патрубок для спреєрного промивання; 17 – насос для відкачування суміші; 18 – нейтралізуюча ємність;
- 19 – утилізаційна труба; 20 – технічна водойма

Таким чином, продукти утилізації промислових і побутових відходів не мають прямих контактів з атмосферним повітрям і не забруднюють його, а осідають на дні водойми. Енергетичні затрати на реалізацію способу компенсуються за рахунок теплової енергії, отриманої від спалювання відходів.

Після проходження певного часу з суміші продуктів спалювання та донних відкладень утворюються речовини, які за своїми властивостями подібні до азотно-калійних добрив і можуть бути використані в сільському господарстві.

Технічними водоймами можуть бути будь-які штучні об'єми, заповнені водою. Найбільш повно умовам реалізації способу утилізації побутових та



промислових відходів відповідають ліквідовані і затоплені кар'єри та шахти хімічних гірничодобувних підприємств.

Разом з тим, представлено також практичне застосування методу аналогії для оцінки техногенних факторів зміни гідрохімічної ситуації для родовища Белина Велика, яке планується для відкритої розробки калійних солей. Аналогом було Калуш-Голинське родовище, яке розроблялось, та має подібні до родовища Білина Велика геологічні та інженерно-геологічні умови.

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання дисертаційної роботи вирішено важливе науково-прикладне завдання з вивчення і прогнозування небезпечних геологічних процесів та явищ, які виникають при відкритій розробці калійних родовищ на різних стадіях функціонування гірничопромислового комплексу, сутність якого відображають наступні висновки:

1. Проведений аналіз сучасного стану досліджень гірничопромислових комплексів з видобутку калійних солей, класифіковані основні техногенні зміни навколишнього середовища. Обґрунтовано метод оцінки екологічної безпеки території впливу Домбровського кар'єру для різних етапів функціонування гірничодобувного підприємства, який полягає у прогнозуванні геомеханічних порушень, гідрогеологічних та інженерно-технічних процесів з використанням дослідно-міграційних робіт, аналітичних досліджень, геофізичних методів і передбачає аналіз пилового забруднення кар'єру в період оптимального функціонування.

2. Проведений аналіз джерел та інтенсивності пиловиділення в калійному кар'єрі в конкретних кліматичних умовах і запропоновані способи та засоби створення нормалізованої атмосфери в кар'єрі з використанням вентиляційно-зрошувальних установок для штучного провітрювання кар'єру, розроблені вимоги і рекомендації при їх використанні та розраховані розміри санітарно-захисної зони Домбровського кар'єру.

3. Розроблений метод визначення електричного заряду на сколі зразка гірської породи, який розширює можливості вивчення механоелектричних явищ в гірських породах, підвищує достовірність результатів вимірювань при прогнозуванні геомеханічних порушень на території гірничих комплексів. Проведені еколого-геофізичні дослідження в районі розробки відкритим методом родовища калійних солей дозволили визначити напруженедеформований стан гірських порід, виявити масштаби розповсюдження ареалів засолення та оцінити ступінь забруднення водоносного горизонту.

4. Удосконалено методи прогнозування гідрогеологічних та інженерно-геологічних процесів в районі соляного кар'єру на основі аналітичних досліджень процесу розчинення і дифузії солей у водному середовищі, які дозволяють оцінювати зміни концентрації розчиненої солі у кар'єрі в різні моменти часу. Експериментально досліджений процес розчинення соляних уступів кар'єру шляхом зрошування, який дозволив встановити закономірності фор-

мування профілів відкосів і утворення на соляних поверхнях високотемпературних розсолів та виконати розрахунок процентного вмісту солей в розсолах та їх складу.

5. Запропоновано природоохоронні заходи забезпечення екологічної безпеки калійних гірничих комплексів після завершення експлуатації, спрямованих на попередження та недопущення розвитку небезпечних геологічних процесів. Запропоновано спосіб та представлена схема установки утилізації твердих відходів на території відпрацьованих калійних родовищ. На основі методу аналогії зроблена оцінка техногенних факторів зміни гідрохімічної ситуації для родовища Білина Велика.

### СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Семчук Я.М. Способи зменшення пилового забруднення атмосфери при відкритій розробці калійних солей / Я.М.Семчук, О.В.Палійчук // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2007. – № 1(15). – С.164 – 167.

2. Семчук Я.М. Основні завдання і методи досліджень для обґрунтування охорони підземних вод в районі видобутку калійних солей / Я.М.Семчук, О.В.Палійчук // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2007. – № 2(16). – С.165 – 170.

3. Палійчук О.В. Експериментальні дослідження розчинення соляних уступів Домбровського кар'єру шляхом зрошування / О.В.Палійчук // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2008. – № 1(17). – С. 164-170.

4. Палійчук О.В. Аналітичні дослідження процесу розчинення і дифузії солей в гірничих виробках / О.В.Палійчук // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2008. – № 2(18). – С. 34 - 36.

5. Палійчук О.В. Електромагнітні дослідження Домбровського кар'єру і прилеглих територій / О.В. Палійчук, О.І.Романюк // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2009. – № (4) 22. – С.153 – 156.

6. Shkitsa L. Environmental safety of potassium mining enterprises of the Precarpathia at the stage of exploitation completion / L. Shkitsa, O. Palijchuk // Scientific bulletin North University of Baia Mare (Romania). – 2008. – Seria D. – Vol. XXII – P.11 – 14.

7. А.с. 1774292 СССР Способ определения электрического заряда на сколе образца горной породы и устройство для его осуществления / Б.Г.Тарасов, Я.Д.Климишин, Л.И.Гаева, А.Г.Бибик, А.В.Палийчук; заявл. 09.10.90; опубл. 07.11.92. Бюл. №41.

8. Пат. №34622 МПК F23G7/06 Спосіб утилізації твердих відходів / Крижанівський Є.І., Шкіца Л.Є., Палійчук О.В.; заявник і патентодавець Івано-Франківський нац. техн. ун-т. нафти і газу №u200807233, заявл.26.05.08; опубл. 11.08.08. Бюл. №15.

9. Климишин Я.Д. Исследование механоэлектрического эффекта в образцах горных пород / Я.Д.Климишин, А.Г.Бибик, А.В.Палийчук. – М., 1991. – 11 с. – Деп. в ВИЭМС.

10. Палийчук А.В. Определение степени устойчивости откосов методом естественного электрического поля / А.В.Палийчук - М., 1991. – 4 с. – Деп. в ВИЭМС.

11. Шкіца Л.Є. Інформаційне забезпечення технологій відновлення територій на етапі ліквідації гірничодобувних підприємств / Л.Є.Шкіца, О.В.Палійчук // Прикарпатський вісник НТШ „Пульс”. – 2008. – № 4 (4). – С.131 – 138.

12. Шкіца Л.Є. Моніторинг території гірничодобувного комплексу після завершення експлуатації родовища / Л.Є.Шкіца, О.В.Палійчук // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2010. – №1. – С. 70 – 73.

13. Малярчук Б.М. Вимірювання геоелектричного потенціалу в зоні просідання поверхні над зруйнованими калійними виробками/ Б.М.Малярчук, О.В.Палійчук // Тези доповідей. і повідомлень Міжнар. наук. - метод. конф. [“50-річчя кафедри буріння нафтових і газових свердловин ІФНГ” ] (Івано-Франківськ, 14-16 вересня 1995 р.). – Івано-Франківськ.: ІФДТУНГ, 1995. – С.63 – 64.

14. Малярчук Б.М. Визначення ступеня стійкості схилів методом природного електричного поля / Б.М.Малярчук, О.В.Палійчук // Тези доповідей і повідомлень Міжнар. наук. - метод. конф. [“50-річчя кафедри буріння нафтових і газових свердловин” ] (Івано-Франківськ, 14-16 вересня. 1995 р.), Івано-Франківськ.: ІФДТУНГ, 1995. – С.65 – 66.

15. Семчук Я.М.Застосування методу аналогій для кількісного прогнозування зміни геологічного середовища при розробці калійних родовищ /Я.М.Семчук, О.В.Палійчук // Матеріали наук.- практик. конф. [„Екологічна безпека: моніторинг, оцінка ризику, перспективні природоохоронні технології”], (Львів, 2007). Львів: Нац. ун-т. „Львівська політехніка”, 2007. – С. 17 – 18.

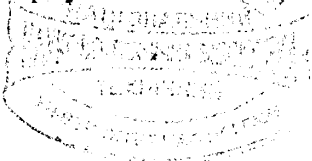
16. Семчук Я.М. Способи та засоби зменшення пилового забруднення атмосфери при відкритій розробці калійних солей / Я.М.Семчук, О.В.Палійчук // Мат. Міжнар. наук.-техн. конф. [“Ресурсозберігаючі технології в нафтогазовій енергетиці” „ІФНТУНГ – 40”], (Івано-Франківськ, 16 – 20 квітня 2007 р.), Івано-Франківськ, 2007. – С. 209.

17. Шкіца Л.Є. Утилізація відходів на території відпрацьованих калійних родовищ / Л.Є.Шкіца, О.В.Палійчук // Збірник статей IV Всеукр. наук. - практик. конф. [„Охорона навколишнього середовища промислових регіонів як умова сталого розвитку України”], (Запоріжжя, 11-12 грудня 2008). – Запоріжжя, 2008. – С. 155 – 158.

18. Shkitsa L. Environmental safety of potassium mining enterprises of the Precarpathia at the stage of exploitation completion / L.Shkitsa, O.Palijchuk //International symposium “Mineral resources and environment engineering”. – Baia Mare (ROUMANI), 2008. – P.13.

19. Палійчук О.В. Утилізація твердих відходів на території ліквідованого гірничого комплексу / О.В.Палійчук // 36. матеріалів Всеукр. наук.-пр. конф. [“Сучасні наукові досягнення – 2008”], (Миколаїв, 29-30 лист. 2008 р.). – Миколаїв, 2008. – С. 49 – 53.

20. Палійчук О.В. Дослідження напруженого стану гірських порід на території гірничопромислових комплексів / О.В.Палійчук // Матеріали I Міжнар. конгр. [“Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване



природокористування"], (Львів, 28-29 травня 2009 р.), Львів: НУ "Львівська політехніка", 2009. – С. 23.

### АНОТАЦІЯ

**Палійчук О.В. Контроль та прогнозування техногенно-екологічної безпеки в районі Калуського гірничопромислового комплексу. – Рукопис.**

Дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2010.

Проведено аналіз сучасного стану досліджень гірничопромислових комплексів з видобутку калійних солей, класифіковані основні техногенні зміни навколишнього середовища. Запропоновано методи оцінки екологічної безпеки території впливу Домбровського кар'єру для різних етапів функціонування підприємства. Розроблений метод визначення електричного заряду на сколі зразка гірської породи, який розширює можливості вивчення механоелектричних явищ в гірських породах. Удосконалено методи прогнозування геомеханічних порушень, гідрогеологічних та інженерно-геологічних процесів в районі гірничопромислового комплексу з використанням дослідно-міграційних робіт, аналітичних досліджень, геофізичних методів. Розроблена математична модель процесу зміни концентрації розчиненої солі у кар'єрі. Експериментально досліджений процес розчинення соляних уступів кар'єру шляхом зрошування. Представлені способи і засоби створення нормалізованої атмосфери в кар'єрі. Запропоновано спосіб та представлена схема установки утилізації твердих відходів на території відпрацьованих калійних родовищ.

**Ключові слова:** екологічна безпека, гірничопромисловий комплекс, кар'єр, калійні солі, метод, прогнозування, навколишнє середовище.

### АННОТАЦИЯ

**Палійчук А.В. Контроль и прогнозирование техногенно-экологической безопасности в районе Калусского горнопромышленного комплекса. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 2010.

Диссертационная работа посвящена решению важного научно-прикладного задания по изучению и прогнозированию опасных геологических процессов и явлений, которые возникают при открытой разработке калийных месторождений на разных стадиях функционирования горнопромышленного комплекса.

Проведен анализ современного состояния исследований горнопромышленных комплексов по добыче калийных солей, классифицированы основные техногенные изменения окружающей среды. Негативное влияние от горнопромышленной деятельности распространяется на внешнюю и внутреннюю

зоны геологической среды. Для получения полного анализа необходимы специальные исследования по каждому источнику влияния в отношении к каждому составляющему элементу геосферы.

Обоснованы методы оценки экологической безопасности территории влияния Домбровского карьера для разных стадий функционирования горнодобывающего предприятия, которые заключаются в прогнозировании геомеханических нарушений, гидрогеологических, инженерно-технических процессов с использованием аналитических исследований, геофизических методов и предусмотрен анализ пылевого загрязнения в период оптимального функционирования.

Проведен анализ источников пылевыведений в калийном карьере в конкретных климатических условиях и предложены способы и средства создания нормализованной атмосферы в карьере с использованием вентиляционных оросительных установок для штучного проветривания карьера, разработаны требования и рекомендации при их использовании, также рассчитаны размеры санитарной зоны Домбровского карьера.

Разработан метод определения электрического заряда на сколе образца горной породы, который расширяет возможности изучения механоэлектрических явлений в горных породах, увеличивает достоверность результатов измерений при прогнозировании геомеханических нарушений. Для определения количественных зависимостей потенциала образца от величины механической нагрузки на него спроектирована специальная установка.

Проведенные эколого-геофизические исследования в районе разработки открытым методом месторождений калийных солей позволили определить напряженно-деформированное состояние горных пород, обнаружить масштабы распределения ареалов засоления и оценить степень загрязнения водоносного горизонта.

Исследования характеристик оползня и потенциала природного электрического поля проводились над разрушенными горными выработками калийных шахт. Для определения масштабов распределения ареалов засоления применяли высокочастотное индукционное зондирование путем определения электромагнитного поля в ближайшей зоне источника.

Усовершенствованы методы прогнозирования гидрогеологических, инженерно-геологических процессов в районе соляного карьера на основе аналитических исследования процесса растворения и диффузии солей в водной среде. Описана математическая функция распределения концентрации соли по плоскости сечения водоема во времени, которую можно использовать для моделирования процесса изменения концентрации растворенной соли в карьере в разные моменты времени.

Экспериментально исследован процесс растворения соляных уступов карьера путем орошения, который дал возможность определить закономерности формирования профилей откосов и выполнить расчет процентного содержания солей в рассолах и их составляющие.

Предложены природоохранные мероприятия обеспечения экологической безопасности калийных горнодобывающих комплексов после завершения

эксплуатации месторождения, направленные на предупреждение и недопущение развития опасных геологических процессов. На сегодня, предлагается ликвидация карьера затоплением и превращение его в озеро.

Предложен способ, который защищен патентом на изобретение, и представлена схема установки утилизации твердых отходов на территории отработанных калийных месторождений.

Представлено практическое использование метода аналогий для оценки техногенных факторов изменения гидрохимической ситуации для месторождения Билина Велика, которое планируется под открытую разработку калийных солей. Аналогом было Калуш-Голинское месторождение, которое имеет похожие геологические, инженерно-геологические условия.

Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, горнопромышленный комплекс, карьер, калийные соли, метод, прогнозирование, окружающая среда.

#### ANNOTATION

**Paliychuk O.V. Control and forecasting of anthropogenic-ecological safety in the area of Kalush mining complex – Manuscript.**

**Thesis on gaining of scientific degree of the Candidate of technical sciences according to the major 21.06.01 – Environmental safety – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2010.**

The analysis of up-to-date state of research devoted to mining complexes, which are connected with the potassium extraction has been conducted and main anthropogenic changes of environment have been classified. The methods have been offered for the evaluation of environmental safety on the territory of Dombrovskyy quarry influence for different stages of enterprise operation. There has been developed the method to determine electric charge on the rock chip sample, which broaden the possibilities for studying dynamoelectric phenomena in rocks. Moreover, the methods have been improved to forecast geomechanical disturbances, hydrogeological and engineering geological processes in the area of mining complex with the usage of research-migratory works, analytical investigations and geopolitical methods. The work includes a developed mathematical model for the process of dissolved salt content change in the quarry. The dissolving process of salt quarry faces by irrigation has been experimentally investigated. The work presents ways and methods to create a normalized climate in the quarry. Besides, there has been offered the way and introduced a scheme of utilization unit for solid wastes on the territory of worked out potassium deposits.

**Key words:** ecological safety, mining complex, quarry, potassium salts, method, forecasting, environment.