

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
НАФТИ І ГАЗУ

На правах рукопису

СЕМЧУК

Ярослав Михайлович

НАУКОВІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ОХОРОНИ  
ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА В РАЙОНАХ  
РОЗРОБКИ КАЛІЙНИХ РОДОВИЩ  
/на прикладі Передкарпаття/

Спеціальність - II.00.II Охорона навколишнього  
середовища та раціональне використання  
природних ресурсів.

А в т о р е ф е р а т  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора технічних наук

Івано-Франківськ-1994



дисертація в рукописі.

Робота виконана в Державному науково-дослідному інституті галургії Міністерства промисловості України.

Офіційні опоненти:

1. Доктор геолого-мінералогічних наук, професор  
РУДЬКО ГЕОРГІЙ ІЛІЧ
2. Доктор технічних наук, ЄФРЕМОВ МИХАЙЛО ВАСИЛЬОВИЧ
3. Доктор технічних наук, професор УСАЧЕНКО БОРИС МИРОНОВИЧ

Провідна організація- інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, м. Львів.

Захист відбудеться "4" <sup>1430</sup> 01 1995 р. о годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.09.02.02 в Івано-Франківському державному технічному університеті нафти і газу за адресою: 284018, Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

З дисертацією можна познайомитися в бібліотеці Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу.

Автореферат розісланий "2" <sup>зручнє</sup> 1994 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради,  
доктор технічних наук Б. Гавриш Б. НАВРОЦЬКИЙ

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність і ступінь дослідженості тематики. Ні один вид трудової діяльності людини не впливає так руйнівно на геологічне середовище, як розробка калійних родовищ. Насамперед вплив виявляється в найважливішій особливості калійних руд і соленосних порід - їх легкій розчинності. Ця особливість значною мірою ускладнює розробку калійних родовищ при припливі надсолевих вод у гірничі виробки. Води інтенсивно розчиняють соляні відклади, які складають водозахисну товщу, руйнують надсолеватеригенні породи, внаслідок чого проходить зсув земної поверхні, формуються провальні карстові воронки і значні депресійні зниження у водонісних горизонтах. Процес безперервний і некерований й продовжується аж до затоплення шахти:

Другою особливістю розробки калійних руд є відносно низький вміст у них корисного компоненту і, як наслідок, великий об'єм відходів при їх переробці - 0,6-0,7 т на 1,0 т руди. В цілому, в процесі переробки і збагачуванні мінеральних руд на калійних підприємствах накопичується десятки мільйонів тонн "промислових" розсолів, глинисто-солевих шламів і твердих галітових відходів. Крім цього, внаслідок розчинення солей із маси солевідвалів, акумуляції атмосферних опадів у шламосховищах та інших ємкостях щорічно утворюються додатково мільйони метрів кубічних високомінералізованих розсолів, які в результаті фільтраційних витоків приводять до засолення ґрунтів, поверхневих і підземних вод, утворюючи ареали засолення. Останні формуються не тільки в місцях розміщення джерел засолення, але далеко за їх межами. Так, у результаті прориву розсолів на Стебницькому хвостосховищі, ареали засолення в ґрунтових водах розповсюдилися на десятки кілометрів.

Забруднення водоносних горизонтів скорочує ресурси питного й технічного водопостачання промислових районів, які зв'язані з калійною промисловістю, а також утруднює використання поверхневих водотоків, гідрохімічний режим яких у значній мірі формується під впливом підземного стоку.

Низький рівень ступеня дослідженості тематики з охорони геологічного середовища при розробці калійних родовищ та відсутність досвіду раціонального його використання є основною причиною постановки даної роботи.

Вибір і актуальність даної роботи зумовлені ще й тим, що в Передкарпатському прогині плануються до підземної і відкритої розробки нові родовища, такі як Марково-Росільнянське, Велика Беліна, Нежухів, Тростянець і інші. А тому розроблені в дисертації методичні і наукові основи з охорони геологічного середовища можуть бути використані при експлуатації цих, а також інших вітчизняних й зарубіжних родовищ зі схожими геологічними та гідрогеологічними умовами.

Мета роботи: дослідження впливу техногенних факторів на геологічне середовище калійних родовищ та розробка наукових і методичних основ охорони його внутрішньої /підземної/ і зовнішньої /приповерхневої/ зони.

Основні завдання наукових досліджень. Відповідно до мети, програмою досліджень передбачено вирішення наступних завдань:

- виконати аналіз техногенних змін геологічного середовища в районах розробки калійних родовищ;
- дослідити причини розсолопроявів у калійних шахтах і опрацювати методи боротьби з ними;
- вивчити вплив вологості на фізико-механічні властивості соляних порід та швидкість їх розчинення у воді і розсолах;

- розробити методичні основи регульованого затоплення калійних шахт;

- виявити закономірності формування і розповсюдження ареалів сольового забруднення в підземних водах;

- опрацювати технологічні, профілактичні і локалізаційні водоохоронні заходи в калієносних регіонах;

- провести комплексні дослідження фільтраційних і фізико-механічних властивостей глинистих порід для спорудження проти-фільтраційних екранів;

- обґрунтувати методику досліджень при розвідці калійних родовищ для прогнозої оцінки зміни природного стану геологічного середовища.

#### Теоретична цінність досліджень.

У дисертаційній роботі розвивається новий напрям комплексних досліджень, як теоретичних, так і експериментальних для розробки природоохоронних заходів при розробці калійних родовищ. Власне, на основі аналізу гідрогеологічних умов основних калійних і кам'яносоляних родовищ світу виділено типи геологічного середовища, які неоднозначно реагують на дію техногенних факторів. Теоретично обґрунтовані зони можливого припливу вод у гірничі виробки і стабільність їх розвитку.

Опрацьована концепція розчинення полімінеральних руд у розсолах різної концентрації, з врахуванням дифузійних і гідродинамічних критеріїв, лягла в основу розробки методичних основ регульованого затоплення калійних шахт у загальному і, власне, для розробки схеми затоплення шахти "Калуш".

Теоретично обґрунтоване явище зниження водопроникності порід гіпсо-глинистої шалки, при великій концентрації фільтруючого розчину.

Практична цінність досліджень і їх реалізація. Результати роботи з дослідження впливу вологості на соляні породи і з вив-

чення процесів розчинення їх в розсолах різної мінералізації дозволили розробити схему регульованого затоплення калійних шахт із видобутку сильвініт-каїнітових руд, яка реалізована на шахті "Калущ" Калущ-Голинського родовища, внаслідок чого значно зменшилися процеси утворення карстових провальних воронок і зсуву земної поверхні над гірничими виробками.

Розроблений спосіб відкритого видобутку калійних руд з внутрішнім відвалоутворенням, реалізований при розробці північної ділянки Домбровського кар'єру, що дозволив зменшити кількість розсолів, утворених вилуговуванням соляних уступів атмосферними опадами та не залучати значні площі родючих земель під складування легкорозчинних розкритих порід.

Результати робіт з вивчення проникності та фізико-механічних властивостей порід гіпсо-глинистої шапки реалізовані для спорудження гідроізоляційних екранів із цих порід під солевідвали, хвостосховища і акумулюючі басейни; застосування таких екранів дозволить звести до мінімуму негативний вплив джерел високомінералізованих розсолів на режим підземних вод при підземній і відкритій розробці калійних солей у Прикарпатті.

Реалізація та впровадження результатів досліджень підтверджується відповідними актами і розрахунками економічного ефекту:

#### Наукова новизна:

- визначені геохімічні критерії виявлення зон можливого припливу вод у гірничі виробки при підземній розвідці калійних родовищ та виділено стадії його розвитку;

- у процесі проведення експериментальних досліджень одержано склад розсолів неагресивних до соляних порід, розміщення яких у гірничих виробках забезпечує стійкість міжкам'єрних ціликів і суцільність земної поверхні; іонний склад розсолів, мас. %:  $Mg^{2+}$  - 2,51+3,25;  $SO_4^{2-}$  - 4,0+4,79;  $Cl^-$  - 15,72+15,81;  $K^+$  - 3,42+

+3,50; Na<sup>+</sup> 4,25+4,36;

- вперше розроблена технологія відкритої розробки соляних родовищ з внутрішнім відвалоутворенням у кліматичних умовах Передкарпаття, що значно зменшує кількість розсолів, які утворюються внаслідок розчинення соляних уступів кар'єру атмосферними опадами, а також усуває вплив на геологічне середовище заскладованих у відроблені виробки розкривних порід;

- вивчено і науково обгрунтовано явище водопроникності порід гіпсо-глинистої шапки при фільтрації високомінералізованих розсолів, однотипних за складом з природними поровими водами і цим вперше доведено, що із порід гіпсо-глинистої шапки можна споруджувати протифільтраційні екрани;

- розроблено методику прогнозування зміни геологічного середовища в регіонах розміщення калійних родовищ, які плануються до розробки.

Достовірність сформульованих висновків і рекомендацій обгрунтована наведеними в дисертації результатами експериментальних досліджень, виконаних у лабораторних і натурних умовах і захищена авторськими свідоцтвами.

Декларація конкретного особистого внеску автора у розробку наукових досліджень.

Дисертаційна робота підготовлена на матеріалах науково-дослідних робіт, які виконувалися в 1976-1993 рр. у Державному науково-дослідному інституті галургії м.Калуша; керівником і відповідальним виконавцем робіт був автор. Значна частина досліджень проведена згідно Постанови ДКНТ СРСР від 31.03.1981 року, №81, якою затверджено "План НДР на 1981-1985 рр. з розробки науково-технічних і економічних заходів з охорони геологічного середовища і рекультивації земель порушених дією гірничо-видобувних підприємств". Крім цього, автор був керівником наукових ро-

біт з природоохоронної тематики яка виконувалася за господарськими і державними замовленнями; результати досліджень висвітлені у 30 наукових звітах.

Як керівник і відповідальний виконавець, автор організував і очолював експедиції з проведення гідрохімічних зйомок в районах розташування калійних підприємств; розробляв програми і методичні підходи з дослідження вологості соляного масиву і її впливу на фізико-механічні властивості соляних порід, з вивчення швидкості розчинення калійних руд у воді і розсолах різної мінералізації та з проникності глинистих ґрунтів; брав участь у виконанні лабораторних і шахтних експериментів, обробці і їх аналізі, узагальненні вихідної інформації, обґрунтуванні теоретичних висновків, у реалізації природоохоронних заходів при підземній і відкритій розробці калійних родовищ.

Об'єкт і методи досліджень. Робота виконана на базі Калуш-Голинського і Стебницького калійних родовищ Передкарпаття, освоєння яких проводиться ще з минулого століття.

Неможливість створення універсального методу, за допомогою якого можна розв'язати численні завдання з охорони геологічного середовища в калієносних районах, викликало необхідність використання при їх дослідженнях цілого комплексу, який включає:

- методи статистичної обробки та аналізу;
- методи лабораторних і натурних досліджень фізико-механічних властивостей соляних порід та засоленних глинистих ґрунтів;
- методи математичного і фізичного моделювання відповідно для визначення критичного рівня розсолів у гірничих виробках та вивчення процесів формування багатокomпонентних ареалів у підземних водах;
- методи аналогії для кількісної прогнозу оцінки зміни природного стану геологічного середовища калійних родовищ, які плануються до розробки.

Основні положення, що виносяться на захист.

1. В районах підземної і відкритої розробки калійних солей і їх переробки інтенсивність дії техногенних факторів на геологічне середовище залежить від його типу, причому погіршення природного стану зовнішньої та внутрішньої зон середовища виявляється в усіх компонентах - у гірничих породах, поверхневих й підземних водах і ландшафтах, у результаті чого утворюються взаємопов'язані в часі та просторі інженерно-геологічні і гідрохімічні аномалії.

2. Регульоване затоплення соляних шахт водою, недонасиченими та насиченими розсолами є ефективним природоохоронним заходом, так як дає можливість уникнути або припинити неконтрольований прорив вод у гірничі виробки, усунути розвиток карстових процесів, зсув земної поверхні, а також відвести небезпеку від об'єктів, розташованих над відробленими дільницями.

3. Вивчення процесів міграції солей у підземних водах і прогнозування зміни гідрохімічної обстановки у районах розміщення солевідвалів, хвостосховищ, акумулюючих басейнів, в умовах Передкарпаття доцільно проводити за допомогою фізичного моделювання, так як формування багатоконпонентних ареалів засолення у підземних водах ускладнюється процесами фільтрації, дисперсії, гравітаційної сегрегації.

4. При розробці калійних солей і їх переробці ефективними є технологічні, профілактичні і локалізаційні природоохоронні заходи, які спрямовані на зменшення кількості відходів виробництва, ізоляцію джерел забруднення від атмосферного розчинення, на обмеження засолення поверхневих і підземних вод та відновлення якості водоносних горизонтів.

5. Одним із основних водоохоронних заходів на ділянках складування відходів калійних виробництв є протифільтраційні екрани

виготовлені із порід гіпсо-глинистої шапки.

6. Прогнозування напрямку і характеру зміни природного стану геологічного середовища проводиться ще на стадіях розвідки калійних родовищ або шляхом визначення природних і техногенних критеріїв, або методом аналогії для родовищ зі схожими геологічними та гідрогеологічними умовами із такими, що експлуатуються.

Апробація роботи. Основні положення дисертації опубліковані у 43 наукових працях.

Результати досліджень доповідались на республіканських науково-технічних конференціях та нарадах /Київ 1978, 1990; Кохтла-Ярве 1980, 1982; Львів 1985, 1989, 1991; Івано-Франківськ 1991/, на I Всесоюзному з'язді інженерів-геологів, гідрогеологів і геокріологів /Київ 1988/, на Міжнародному симпозиумі /Львів 1994/, на семінарах Гірничого інституту /Санкт-Петербург 1983, 1989/, інституту "ВОДГЕО" /Москва 1987, 1990/.

Науково-практичні роботи обговорювалися на науково-технічних радах Державного науково-дослідного інституту галургії Мініхімпрому СРСР, Всесоюзному об'єднанні "Союзкалій", Калуському концерні "Оріана", Стебницькому державному гірничому підприємстві "Полімінерал".

Об'єм і структура роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох частин, дев'яти розділів, загальних висновків та додатків. Її загальний об'єм - 304 сторінки, включаючи 233 машинописного тексту, 48 рисунків і 23 таблиці. Список використаної літератури нараховує 142 назви.

## ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

ЧАСТИНА I. ТЕХНОГЕННЕ ПОРУШЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА  
В КАЛІЄНОСНИХ РЕГІОНАХ.РОЗДІЛ I. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОГЕННИХ ЗМІН  
ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА.

Більш як столітній світовий досвід освоєння калійних родовищ дозволив накопичити багатий фактичний матеріал про негативну дію його на геологічне середовище. Аналіз цього матеріалу показує, що виникнення і розвиток техногенних факторів, які змінюють геологічне середовище, зумовлені видобутком і переробкою калійних руд. Вони пов'язані спочатку з будівництвом шахти, фабрики та інших інженерних споруд, а потім із проведенням гірничих робіт та з розміщенням на денній поверхні промислових відходів. Отже, при виробництві калійних добрив формуються три основні групи техногенних факторів /мал. I/.

Сфера негативного впливу техногенних факторів поширюється від поверхні землі до максимальної глибини відробки родовища, яка в різних регіонах змінюється від 250 м /Верхньокамське родовище, Росія/, до 1100 м /шахта Фолькенрода, Німеччина/. В загальному, ця глибина визначає потужність геологічного середовища калієносних регіонів, яке слід розділити на дві взаємно пов'язані зони: зовнішню, приповерхневу і внутрішню, підземну. В свою чергу, зовнішня зона геологічного середовища охоплює такі компоненти, як поверхневі і підземні води, ґрунти, ландшафти, рослинний шар з біоценозами, а внутрішня зона - надра. За границю між верхньою і нижньою зонами геологічного середовища слід приймати "соляне дзеркало" - покрівлю водозахисної стеліни, складену із непрониклих соляних порід, яку залишають на всіх калійних родовищах при їх відробці.



У межах України і за рубезем виявлені і частково вивчені ка- лієносні басейни: Передкарпатський /Україна/, Верхньокамський /Росія/, Прип'ятський /Білорусія/, Магдебург-Гальберштадський, Нижньосаксонський, Гессен-Тюрінгенський /Німеччина/, Ельзаський /Франція/, Каталонський і Наваррський /Іспанія/, Сіцилійський /Італія/, Саскачеванський /Канада/ і Карлсбадський /США/. Вивчен- ня та аналіз геологічних, гідрогеологічних умов родовищ даних регіонів дозволило виділити 4 типи геологічного середовища.

Геологічне середовище першого типу характерне для родовищ з горизонтальним або пологим заляганням пластів. Надсольова товща складена переважно глинистими і глинисто-мергелистими пластичними породами. Водоносні горизонти розміщені у верхній частині геоло- гічного розрізу і відокремлені від соляних відкладів слабопроник- ними породами надсольової товщі /Старобинське, Калуж-Голинське, Ельзаське і Карлсбадське/.

Геологічне середовище другого типу характерне для родовищ з пологозалягаючими пластами калійних солей. Безпосередньо в покрів- лі залягають роздроблені глинисті породи, над якими залягають пласти кам'яної солі. Водоносні горизонти в надсольовій товщі відсутні /Центральна частина Південного Гарцу, область Верра і Гаурдакське /Середня Азія/.

Геологічне середовище третього типу належить до родовищ, що мають складну будову. Контакт соляних відкладів з надсольовими породами переважно обводнений, причому надсольові розсоли і води верхніх горизонтів гідравлічно зв'язані між собою /Верхньокам- ське, Стебницьке родовища/.

Геологічне середовище четвертого типу характерне для соляно- купольних родовищ. Породи надсольової товщі в багатьох випадках розірвані і зсунуті на схили куполів, завдяки чому води верхніх горизонтів мають доступ до калійних солей. Такі умови характерні

для Ганноверського, Стасфуртського, Солотвинського і Індерського калійних і кам'яносолиних родовищ. Кожний тип геологічного середовища неадекватно реагує на дію техногенних факторів. Найбільше піддаються негативному впливові родовища третього типу.

## РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗМІН ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА В КОНКРЕТНИХ РАЙОНАХ РОЗРОБКИ І ПЕРЕРОБКИ КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ.

Результати досліджень проблеми охорони геологічного середовища в гірничо-добувних районах викладені в роботах О.М.Адаменка, А.М.Андреевича, Ф.Н.Боचेвера, В.В.Колодія, В.А.Мироненка, А.Є.Орадівської, Б.М.Усаченка, М.В.Єфремова, Г.І.Рудька, В.М.Шестопалова, В.К.Ліпницького, В.І.Лялька і інших. Більшість з них присвячені встановленню масштабів забруднення поверхневих і підземних вод при розробці рудних, нафтових і газових родовищ; кількість публікацій з вивчення впливу підземної і відкритої розробки калійних родовищ на геологічне середовище обмежена, хоча саме цей процес супроводжується максимальними несприятливими факторами.

Дослідження умов експлуатації калійних шахт показує, що при застосуванні будь-яких систем розробки, відбуваються зміни геологічного середовища під дією навантажень від вищезалегалих порід. Проходить деформація і руйнування міжкамерних ціликів, обрушування покривел гірничих виробок, утворення зон тріщиноватості і розшарування у водозахисній надсолійовій товщі. Всі ці фактори створюють сприятливі умови для прориву надсолійових вод у калійні шахти; при цьому проходить розчинення водозахисної стеліни, міжкамерних ціликів, обвалюється покривля виробок. Утворюються додаткові карстові порожнини, заповнення яких вищезалегалими відкладами зумовлює значне просідання земної поверхні, появу глибоких провалів, руйнування житлових будинків, споруд, комунікацій.

Внаслідок осідання земної поверхні трансформується рельєф, змінюються інженерно-геологічні властивості порід і режим підземних вод. Пропорційно з осіданням земної поверхні зменшується глибина залягання рівня ґрунтових вод. На площах з неглибоким заляганням підземних вод розвиваються процеси підтоплення, заболочування і затоплення земель.

У цьому розділі дисертації наведені конкретні приклади із світової практики про згубну дію некерованого затоплення природними водами калійних і кам'яносоляних шахт. Аварійні ситуації під час природного затоплення гірничих виробок створювалися на шахті "Калуш" Калуш-Голинського родовища, на шахті БКРУ-3 Верхньокамського родовища, на семи шахтах Солотвинського родовища, на 81 шахті у Німеччині. В даний час, внаслідок прориву надсолевих вод у гірничі виробки Стебницького родовища, проходить руйнування шахти №2. У районі припливу вод утворилася обширна депресійна воронка, в межах якої рівні надсолевих вод знизилися на 28 м, у порівнянні з 1978 роком /до початку аварії/.

Незахищеність верхньої зони геологічного середовища від дії техногенних факторів призводить до її забруднення високомінералізованими розсолами солевідвалів, хвостосховищ, акумулюючих басейнів. Головними компонентами-забруднювачами є сульфати і хлориди натрію та калію. Вони мігрують в іонній формі, накопичуються у ґрунтах, підземних та поверхневих водах і викликають розвиток процесів засолення.

За даними досліджень у різних калієносних регіонах /Мустель, 1986, Мироненко, Мольський, 1986, Вельтюков, 1992, Клементев, Степанов, 1973, Семчук, 1988, 1989, 1991/ на площах складування відходів калійних виробництв і далеко за їх межами утворюються крупні ареали засолення, які охоплюють зону активного водообміну, потужність якої іноді досягає 200 м /Верхньо-

камське родовище/.

Наведені приклади негативного впливу розробки калійних родовищ на внутрішню і зовнішню зони геологічного середовища вимагають розробки природоохоронних заходів.

ЧАСТИНА П. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ОХОРОНИ ВНУТРІШНЬОЇ  
/ПІДЗЕМНОЇ/ ЗОНИ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА  
КАЛІЙНИХ РОДОВИЩ ВІД ПРИРОДНОГО ЗАТОПЛЕННЯ  
ГІРНИЧИХ ВИРОБОК.

РОЗДІЛ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА РОЗСОЛОПРОЯВІВ У КАЛІЙНИХ  
ШАХТАХ ТА МЕТОДИ БОРОТЬБИ З НИМИ.

У цьому розділі наведені результати багаторічного вивчення характеристик розсолів, які проявляються у калійних шахтах. Виділяються 4 генетичні групи розсолів: 1/ розсоли вилуговування соляних порід або розсоли, зв'язані з надсольовими водами; 2/ внутрішньосолеві розсоли /седиментаційні, метаморфізовані, тектогенні/; 3/ розсоли підсолевих відкладів; 4/ конденсаційні /вентиляційні/ розсоли. Кожна із виділених груп характеризується своїми особливостями хімічного складу, величинами мінералізації. Найбільш агресивні до соляних порід є розсоли вилуговування. Основними шляхами припливу розсолів у гірничі виробки є шахтні стволи, геологорозвідувальні свердловини, техногенні і природні порушення. При експлуатації Стебницького і Калуш-Голинського родовищ зафіксовано більше 120 водо- і розсолопроявів. Більшість капежів < I л/доба і течей > I л/доба/ належать до контактів калійних пластів із вміщувчими глинистими породами, над якими утворюється максимальна кількість розсолів. Розсоли мігрують вниз по глинистих породах на контакт з калійними пластами і по промарках у середині пластів, викликаючи вторинне мінералоутворення, яке виявляється у появі шеніту, леоніту, астраханіту і глазериту. Процес руйнування родовищ проходить незалежно від того, будемо їх відросіяти чи ні, а гірничі роботи призводять лише до його активізації.

У розвитку процесів формування течей на калійних родовищах можна виділити стадії /Корінь, Семчук, 1986/:

1. Стадія вторинного мінералоутворення з формуванням на глибини, під дією на каїніт-лангбейнітові породи капілярних розчинів, шеніту і леоніту.

2. Стадія утворення мінералів зони гіпергенезу /мірабіліт, астраханіт, глазерит/, а також зволоження породи, яка розкрита гірничою виробкою або свердловиною. Якщо вміст вторинних мінералів вищий 2%, то дільницю треба ізолювати і залишити водоохоронний цілик. Відробку руди на дільниці треба проводити при ліквідації шахти.

3. Стадія, яка характеризується появою вторинних мінералів попередніх стадій, а також капежем розсолів сульфатно-хлоридного або хлоридно-сульфатного магнієво-натрієвого складу з дебітом до 1 л/доба. Поява таких розсолів засвідчує про їх рух із ділянок гіпсо-глинистої шапки над калійним пластом. Стадія аварійна і під час проведення гірничих робіт загрожує збільшенням припливу розсолів. Дільницю треба ізолювати і залишити водоохоронний цілик.

4. Стадія, яка характеризується проривом розсолів, у складі яких переважають сульфати натрію. В цей період дренуються розсоли із шапки вторинних солей. Надалі склад розсолів може змінюватися на хлоридно-натрієвий, що засвідчує про вилуговування не тільки вторинних солей, але і галітовміщуючих порід. Вся товща гіпсо-глинистої шапки над калійними пластами і соленосними породами діє як єдина гідравлічна система. При цьому формується депресійна воронка, в межах якої проходить поповнення дренуючих розсолів за рахунок інфільтрації атмосферних опадів і псверхневих водотоків. Кількість розсолів, які попадають у гірничі виробки, залежить від проникності порід гіпсо-глинистої шапки. Течі важко ізолювати, а

тому створюється загроза затоплення шахти.

Боротьба з припливами вод на калійних шахтах здійснюється активними і пасивними методами: шахтним водовідливом, локалізацією водоприпливу слабопроникними завісами, ізоляцією обводнених гірничих виробок перемичками, заповненням відроблених порожнин відходами хімічного виробництва. Але, як показав вітчизняний і зарубіжний досвід, вище перелічені методи боротьби з проникненням розсолів у калійні шахти є малоефективні, і одним із основних заходів у цьому випадку є регульоване затоплення калійних шахт.

#### РОЗДІЛ 4. РЕГУЛЬОВАНЕ ЗАТОПЛЕННЯ КАЛІЙНИХ ШАХТ.

Метою регульованого затоплення калійних шахт є ліквідація відроблених порожнин /"базису ерозії"/ - зони розвантаження природних надсолєвих вод. При реалізації цього заходу не повинні бути порушені такі компоненти навколишнього середовища, як надра, режим поверхневих і підземних вод, земна поверхня, промислові і цивільні споруди. Під час регульованого затоплення шахт контролюються місця подачі розсолів або вод, їх витрати, мінералізація, час і повнота заповнення гірничих виробок та стан земної поверхні.

Великий досвід регульованого затоплення гірничих виробок накопичений в солєносних регіонах Німеччини, де на початок 1980 року було ліквідовано п'ять калійних шахт: Пльомнітц, Ашерслебен, Вільгельмсхаль, Штаєфурт, Шенебек. На цих шахтах добувалися руди різноманітного мінерального складу, видобуток їх проводився різними способами, шахти мали різні гірничо-геологічні умови і об'єми відробленого простору. Затоплення їх проводилося прісними водами і розсолами різної мінералізації. Встановлено, що даний захід є ефективним проти природного /некерованого/ затоплення шахт, розвитку провальних воронок на земній поверхні, її зсуву.

При розміщенні розсолів у гірничі виробки важливим є встанов-

лення глибини поширення техногенних тріщин у соляному масиві його природної проникності, дослідження впливу розсолів на міцність міжкамерних ціликів, визначення параметрів їх розчинення.

Дослідженнями на Калуш-Голинському родовищі /Глоба, 1987/ і на Верхньокамському /Зільбершміт, 1977/ встановлено, що глибина розвитку тріщин при комбайновій виїмці становить 0,4-0,6 м, при вибуховій - 0,8-1,0 м, а при комбінованій - 1,3 м.

Природна вологість соляного масиву з багатьох досліджень змінюється в д 0,2-1,0% до 0,8-1,5%. Вивчення глибини зволоження соляних порід у натурних умовах /у затоплених гірничих виробках шахти "Калуш" Семчук, 1977/ показало, що аномальна вологість простежується на глибину 1,4-2,0 м, а за даними /Сівоконь, 1966/ - до 3,0 м. На Верхньокамському родовищі /Зільбершміт, 1977/ вологість стінок камер, які пройдені буровибуховим способом, змінюється від 0,85% на контурі, до 0,2-0,3 % на глибині 1,0-1,2 м. У стінках камер, які відроблені комбайнами, вологість змінюється від 0,5 % на контурі до 0,2-0,3 % на глибині 0,4-0,5 м.

Питаннями розчинення мономінеральних соляних порід /галіт, сильвін, карналіт/ займалися П.А.Кулле, Г.А.Аксельруд, А.В.Здановський, М.П.Бельди, Б.П.Глухов, С.В.Верткова і інші. Огляд їхніх праць показав, що одержані результати досліджень слід враховувати, але не можна механічно переносити на процеси розчинення полімінеральні соляних порід, для яких відсутні характеристики розчинення.

Дослідження кінетики розчинення полімінеральних порід у воді і розсолах різної мінералізації /Семчук, Ходіна, Калачніков, 1979/ проводилося на взірцях кубічної форми. Площа грані взірців каїнітової і лангбейнітової порід, яка піддавалася розчиненню, становила 100 см<sup>2</sup>. У посудині, заповненою рідиною, вони фіксувалися під кутом 0°, 90°, 180°, тобто імітувалися покрівля, цілик і

і днище камери. Дослідження показали, що розчинення соляної поверхні, розміщеної під кутом  $180^\circ$ , проходить значно швидше, ніж поверхні, розміщеної під кутами  $90^\circ$  або  $0^\circ$ . Наприклад, швидкість розчинення каїнітової породи у прісній воді досягає  $4,8 \text{ кг/год.м}^2$ , лангбейнітової -  $2,9 \text{ кг/год.м}^2$  при куті розчинення поверхні  $180^\circ$ ; при куті розчинення  $0^\circ$  ця величина становить відповідно  $0,08-0,09 \text{ кг/год.м}^2$ .

Процеси розчинення соляних порід вивчалися автором також за допомогою фізичного моделювання. Для подібності процесів, які проходять у природі і моделі використані дифузійні і гідродинамічні критерії Релея, Нусельта, Архімеда.

Соляні моделі виготовлялися із силвінітової та каїнітової порід і являли собою елементарний об'єм одиноких камер, кожна із яких складалася із двох "ціликів", "підшви" і "покрівлі"; передня стінка замінювалася пластинкою з оргскла. Всього було виготовлено 6 моделей: 3 - із силвінітових та 3 - із каїнітових порід. Виходячи із параметрів відроблених камер на шахті "Калуш" /ширина - 12 м, висота - 10 м, ширина цілика 10 м/, виготовлені моделі у масштабі 1:50 мали розміри: висота 20 см, ширина 24 см, ширина "цілика" 20 см, довжина моделі 20 см.

Моделювання проводилося в таких межах значень фізичних властивостей розчинів і критеріальних залежностей:  $T=16-18^\circ\text{C}$ ;  $D=1,830-1,838 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$  /для  $\text{Cl}^-$ /;  $\nu=1,088-1,486 \cdot 10^2 \text{ см}^2/\text{с}$ ;  $\rho_n=1,26-1,31 \text{ г/см}^3$ ;  $Ra=3-6 \cdot 10^3$ ;  $Nu=8-12$ ;  $Az=2-5 \cdot 10^7$ , при початкових і граничних умовах:  $0 \leq x \leq \frac{L}{2}$ ;  $0 \leq y \leq H$ ;  $0 \leq z \leq L$ ;  $C=f(x, y, z, T)$ ;  $T=0$ ,  $C(0, H, L, 0)=C_0$ ;  $T=T_i$ ,  $C(0, H, L, T_i) \rightarrow C_H$ ;  $T=T_n$ ,  $C(\frac{L}{2}, H, L, T_n)=C_n$ . де  $Ra$  - число Релея;  $Nu$  - число Нусельта;  $Az$  - число Архімеда;  $L$  - довжина поверхні вилуговування;  $\nu$  - коефіцієнт кінематичної в'язкості розчину;  $\rho_n$  - густина насиченого розчину;  $D$  - коефіцієнт дифузії солі у водному розчині хлористого калію;  $x, y, z$  - декар-

тові координати;  $H$  – висота моделі;  $\delta$  – ширина моделі;  $\delta$  – товщина пограничного шару на границі розділу стінки моделі-розчин;  $\tau$  – час;  $C_0, C_H$  – початкова і кінцева концентрація розчину. Встановлено, що після заповнення водою моделей формування багатокомпонентної системи  $Na^+, K^+, Mg^{2+} // SO_4^{2-}, Cl^-$  у кожній моделі проходило у послідовності  $Cl^- \rightarrow SO_4^{2-} \rightarrow Na^+ \rightarrow K^+ \rightarrow Mg^{2+}$  і припинялося при досягненні іонами значень мас. %:  $Mg^{2+}$  – 2,51-3,25;  $SO_4^{2-}$  – 4,0-4,79;  $Cl^-$  – 15,72-15,81;  $Na^+$  – 4,25-4,36;  $K^+$  – 3,42-3,50.

Одержані результати досліджень дозволили зробити висновок про можливість захоронення розсолів у відроблені гірничі виробки і опрацювати методичні основи регульованого затоплення соляних шахт і, власне, схеми затоплення калійної шахти "Калуш", де створилася аварійна ситуація, зумовлена природним припливом надсолевих вод, який призвів до неможливості експлуатації 40 житлових будинків, внаслідок зсуву земної поверхні.

Просторова відокремленість шахтних ділянок, різні параметри відробки та умови залягання рудних покладів різноманітного мінерального складу, вимагали автономного заповнення гірничих виробок. З цієї метою відроблений простір шахти був розділений гідроізоляційними перемичками на три окремі шахтні поля: Північне каїнітове, Центральне і Хотінське.

Виходячи з охорони частини житлових будинків м. Калуша в межах Центрального поля, його виробки затоплювалися розсолами, неагресивними до каїнітових і сильвінітових порід, склад яких був одержаний у процесі проведення експериментів на соляних моделях. Спеціально приготовлені розсоли на хімічній фабриці мали середній склад, мас. %:  $Mg^{2+}$  – 2,43;  $SO_4^{2-}$  – 4,80;  $Cl^-$  – 15,67;  $K^+$  – 4,04;  $Na^+$  – 4,16. Середній міслчний об'єм розсолів, який подавався у шахту, становив 36,8 тис. м<sup>3</sup>. Контроль за заповненням шахтного поля здійснювався безпосередньо із гірничих виробок та через спеціаль-

ні свердловини. Загальний об'єм розсолів, який розмістили у гірничі виробки Центрального поля, становить I млн. 210 тис. м<sup>3</sup>.

Північне каїнітове поле заповнювалося ненасиченими розсолами, що не виключає розчинення міжамерних ціликів, але у межах глибини розповсюдження техногенних тріщин, яка не враховується при розрахунку запасу міцності ціликів. Затоплення проводилося протягом I6 місяців із середнім дебітом 63,2 тис. м<sup>3</sup> в місяць та середнім вмістом компонентів, мас. %: Mg<sup>++</sup> - 1,69; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> - 3,19; Cl<sup>-</sup> - 15,15; K<sup>+</sup> - 2,75; Na<sup>+</sup> - 4,15. Всього у виробки подано I млн. 240 тис. м<sup>3</sup> розсолів.

Затоплення Хотинського поля пропонується провести прісною водою.

Шахтні розсоли, при певному рівні у гірничих виробках, можуть стати джерелом засолення прісних надсолювих вод через шахтні стводи або провальні воронки. Для визначення критичної глибини рівня розсолів, при якому засолення вод не проходить або можливе тільки дифузійно, автором розроблена дифузійна модель, в основі якої використано диференціальне рівняння Фіка:  $\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$  де, C - концентрація солей, г/л; t - час, с; D - коефіцієнт молекулярної дифузії, см<sup>2</sup>/с; X - ордината, яка відраховується у напрямку знизу вгору. Рівняння розв'язане при таких початкових і граничних умовах: на відмітці підшви водоносного горизонту C/t=0=C<sup>0</sup>; на відмітці критичного рівня розсолів C/x=0=C<sub>0</sub>; на перерізі "каналу" зв'язку  $\frac{\partial C}{\partial x} \Big|_{x=h} = - \left( D_x \frac{\partial C}{\partial x} + \frac{V}{h} \right) \Big|_{x=h}$

У наведених формулах: C<sup>0</sup> - мінералізація вод алювіальних відкладів; C<sub>0</sub> - мінералізація шахтних розсолів; D<sub>x</sub> - значення коефіцієнта молекулярної дифузії у каналі зв'язку /для Cl<sup>-</sup>/; V - дійсна швидкість водного потоку; h - критична глибина;

Розв'язування рівняння Фіка методом відокремлених змінних /метод Фур'є/ одержано у вигляді:

$$C(x,t) = C_0 \left( t - \frac{V \cdot h}{D_k + Vh} \right) - \sum_{k=1}^{\infty} a_k(0) e^{-2k \frac{D_k}{h^2} t} \cdot \sin \frac{kx}{h}$$

при  $t \rightarrow \infty$   $e^{-2k \frac{D_k}{h^2} t} \Big|_{t \rightarrow \infty} \rightarrow 0$ , то і  $\left[ \left( \sum_{k=1}^{\infty} \right) \rightarrow 0 \right]$

$$\text{тоді } C(x, \infty) = C_0 \left( t - \frac{Vh}{D_k + Vh} \right) \Rightarrow C_0 \frac{D_k}{D_k + Vh};$$

так як  $C(h, \infty) = C^0$ , то  $C^0 = C_0 \frac{D_k}{D_k + Vh}$ , звідки  $t = \frac{D_k}{V} \left( \frac{C_0}{C^0} - 1 \right)$

Підраховано, що в межах затопленої калійної шахти "Калуш" / при  $C^0 = 3$  г/л;  $C_0 = 320$  г/л;  $D_k = 5 \cdot 10^{-4}$  см<sup>2</sup>/с;  $V = 1 \cdot 10^{-4}$  см/с / критична глибина рівня розсолів повинна бути нижче на 5 м від підшви гравійно галькових відкладів; при меншому її значенні проходить тиме конвективний знос солей у водоносний горизонт.

Результати регульованого затоплення шахти "Калуш" показують, що суттєво знизилася активність зсуву земної поверхні і розвиток карсту над гірничими виробками. У межах Центрального поля швидкість осідання земної поверхні зменшилася з 120 мм/рік до 10 мм/рік. Над виробками Північного калійного поля, де їх затоплення, швидкість осідання земної поверхні доходила до 470 мм/рік, то після затоплення /1993 р./ зменшилася до 0.

Наведені лабораторні і наукові дослідження, з врахуванням регульованого затоплення зарубіжних соляних шахт і шахти "Калуш", дозволили розробити методичні основи для розв'язання цієї проблеми:

1. Регульоване затоплення соляних шахт є ефективним заходом, оскільки дає можливість уникнути або припинити неконтрольований прорив вод у гірничі виробки, зменшити або припинити розвиток карстових процесів, зсув земної поверхні, а також усунути небезпеку для об'єктів, розташованих над відробленою територією.

2. Затоплення соляних шахт найефективніше проводити розчинами, насиченими компонентами, з яких складаються породи. Склад розсо-

лів для шахт з полімінеральними рудами, мас. %:  $Mg^{2+}$  - 2,51-3,25;  $SO_4^{2-}$  - 4,00-4,79;  $Cl^-$  - 15,72-15,81;  $Na^+$  - 4,25-4,36;  $K^+$  - 3,42-3,50.

3. Затоплення соляних шахт насиченими розсолами повністю запобігає осіданню земної поверхні, яке зумовлене деформаціями міжкамерних ціликів, якщо їх запас міцності перевищує 1,7, оскільки, як показали розрахунки, у два рази зменшує діючі на них навантаження і збільшує їх несучу здатність.

4. Місця для подачі насичених розсолів вибирають безпосередньо над гірничими виробками.

5. При затопленні гірничих виробок прісними водами або недонасиченими розсолами на обмежених за розмірами ділянках земної поверхні, які примикають до місць подачі їх у відроблений простір, проходить локальне збільшення деформацій земної поверхні і навіть можуть утворюватися провальні воронки, внаслідок розчинення і розмиву міжкамерних ціликів.

6. Для одержання найбільшого ефекту від регульованого затоплення соляних шахт необхідно місця подачі слабомінералізованих вод розмішувати на такій віддалі від ділянки земної поверхні, яка охороняється, при досягненні якої воді наситяться солями рудовміщуючих порід.

7. Затоплення шахт доцільно проводити в найкоротші строки, щоб якнайшвидше створити гідравлічний протидіючий гірничому тиск, який розвантажить міжкамерні цілики і збільшить їх несучу здатність.

8. Кількість пунктів і швидкість подачі води у відроблений простір необхідно регулювати таким чином, щоби протягом всього періоду затоплення шахти, розміщені недалеко від цих пунктів цілики не встигли розчинитися до стану втрати несучої здатності і руйнування.

9. Шахтні стволи для запобігання їх руйнування під час затоплення засипають грубоуламковим матеріалом /щебінь, галька, валуни/, а потім перекриваються двома залізобетонними плитами: перша гідроізоляційна улаштовується нижче підшви горизонту надсолевих вод, а друга - на устя ствола.

10. Під час затоплення калійних шахт проводиться контроль за повнотою заповнення гірничих виробок, мінералізацією шахтних розсолів, станом земної поверхні за допомогою гідрогеологічних, геофізичних і маркшейдерських спостережень.

### ЧАСТИНА Ш. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ОХОРОНИ ЗОВНІШНЬОЇ ЗОНИ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ВІД СОЛЕВОГО ЗАБРУДНЕННЯ.

#### РОЗДІЛ 5. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ АРЕАЛІВ СОЛЕВОГО ЗАБРУДНЕННЯ.

Масоперенос у підземній сфері, який проходить у вигляді площинних і просторових ареалів, описаний у працях С.П.Албула, В.А.Баума, Ф.М.Бочевера, А.Є.Орадовської, А.А.Бродського, Д.Л.Бруха, Р.Стріта, М.М.Веригіна, В.А.Грабовнікова, А.Огати, К.Уанга, Р.Ченга, Б.Ханта, Б.С.Шержукова та інших авторів.

Для деяких схем одержані аналітичні, часто приблизні, розв'язки, які відображують ті чи інші процеси, викликаючи і супроводжуючи міграцію речовин у підземних водах /конвективний перенос, дифузія, дисперсія, сорбція, гравітаційна сегрегація та ін./.

Враховуючи багатокомпонентний склад розсолів у багатьох калійних регіонах /  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  /, велику роль їх густини при взаємодії з прісними підземними водами і складність відображення цього фактору в аналітичних розв'язках, для вивчення формування ареалів засолення успішно застосовують фізичне моделювання /Грабовніков, 1977, Атрощенко, 1982, Семчук, 1988/.

У 1990-1992 рр. фізичним моделюванням виконано прогнозування

формування ареалу засолення в районі хвостосховища у напрямку Домбровського кар'єру. Ареал утворився внаслідок витоку з хвостосховища розсолів. Лабораторні дослідження проведені у фільтраційному лотку, який заповнений кварцовим піском /розмір зерен 0,1-0,2 мм/. Грунтовий потік створився подачею постійного розходу води з мінералізацією 1 г/л у камеру живлення. Зверху на фіксовану ділянку поверхні піску подавали розчин /індикатор/ з постійною у кожному досліді загальною мінералізацією 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 г/л. Мікропроби води для аналізу відбиралися із 96 п'єзометрів, розміщених на боковій стінці лотка. Досліди виконані при різних значеннях дійсної швидкості руху води.

У розвитку ареалу виділяються три стадії: утворення солевого ареалу поблизу ділянки входу розсолів і занурювання його на дно моделі під дією гравітаційних сил; формування дисперсної зони при горизонтальному просуванні засолення; стабілізація концентрації солей у будь-якій точці спостереження по всій області моделі.

Вивчення формування ареалів засолення при надходженні розсолів різної концентрації у тримірне пористе середовище при однорічному фільтраційному потоці, проведено за допомогою 28 дослідів. У дослідях спостерігалася зміна у часі вмісту кожного компоненту системи /  $Na^+ - K^+ - Mg^{2+} - SO_4^{2-} - Cl^-$  / і загальної мінералізації вод /розсолів/.

Спостереження за зміною концентрації розсолів показали, що у будь-якій точці моделі вміст солей у фільтраційному потоці спочатку зростає з часом, при цьому чим більша мінералізація розсолу-індикатора, тим швидше проходить збільшення мінералізації води по всій області моделі і тим швидше проходить зачурювання ареалу на дно моделі.

Швидкість руху різних іонів  $V_i$  близька до дійсної швидкості

поток  $V_g$  або менша її, при цьому аніони перемішуються з трохи більшими швидкостями, ніж катіони, що зв'язано з різною інтенсивністю іонного обміну на частинках кварцового піску, так наприклад, при  $V_g = 1,80$  м/доба,  $V_c$  для іонів  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  склали відповідно 1,79; 1,78; 1,77; 1,59; 1,37; м/доба. Формування ареалу засолення проходить до певного періоду, коли вміст солей в усіх точках спостереження досягає певної величини. Стабільні концентрації встановлюються, коли досягається співвідношення:  $C_k \cdot Q = C_0 \cdot g$ , де  $C_0$  - початкова концентрація індикатора;  $g$  - розхід індикатора;  $C_k$  - концентрація солей на виході водного потоку;  $Q$  - сумарний розхід індикатора і водного потоку. Загальний час стабілізації системи  $Na^+ - K^+ - Mg^{2+} - SO_4^{2-} - Cl^-$  залежить від характеру зміни кожного компоненту в часі. Швидше всього досягають стабільного стану аніони  $Cl^-$  і  $SO_4^{2-}$ . Встановлено також, що величина часу досягнення стабільної концентрації компоненту прямопропорційна віддалі між точкою спостереження і місцем запуску індикатора і обернено пропорційна концентрації розсолів.

Кількісний перехід від фізичної моделі ареалу до натурних умов здійснюється за допомогою критеріїв подібності і масштабних коефіцієнтів, одержаних із зіставлення рівнянь гідродинаміки для моделі і природи:

$$-\delta_{x_i} \frac{\partial}{\partial x_i} \left( K_{x_i} \frac{\rho}{\mu} \cdot \frac{\partial H}{\partial x_i} \frac{\partial C}{\partial x_i} \right) + \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \frac{K_{x_i} \rho}{\mu} \cdot \frac{\partial H}{\partial x_i} \cdot C \right) = n \frac{\partial C}{\partial t} \quad 1/1$$

$$Q_x = -K_{x_i} \frac{\rho}{\mu} \frac{\partial H}{\partial x} \cdot dy \cdot dz \quad 1/2$$

$$-V_{gx} = \frac{dx}{n dt} = \frac{K_{x_i} \rho}{n \mu} \frac{\partial H}{\partial x} \quad 1/3$$

Прийняті позначення  $K_{x_i}^0$  - компоненти проникності;  $X, Y, Z$  - декартові координати;  $H$  - напір;  $t$  - час;  $V$  - швидкість руху потоку;  $Q$  - витрата фільтраційного потоку;  $n$  - пористість;  $\mu, \rho$  - відносні в'язкість і густина розчину;  $\delta_x, \delta_y, \delta_z$  - компоненти параметру гідродисперсії.

Одержано такі безрозмірні масштабні коефіцієнти, які зв'язують натурні і модельні величини: для лінійних розмірів

$$\alpha_x = \frac{x}{x^M}, \quad \alpha_y = \frac{y}{y^M}, \quad \alpha_z = \frac{z}{z^M}, \quad H = \alpha_z \cdot H^M$$

для фільтраційних витрат  $\alpha_Q = \frac{Q}{Q^M}$ , для коефіцієнтів фільтрації:

$$\alpha_{K_x} = \frac{K_x}{K_x^M}; \quad \alpha_{K_y} = \frac{K_y}{K_y^M}; \quad \alpha_{K_z} = \frac{K_z}{K_z^M};$$

для часу:  $\alpha_t = \frac{t}{t^M}$ , для пористості:  $\alpha_n = \frac{n}{n^M}$ , індексом М позначені модельні величини.

Для тотожності рівнянь в натурі і в моделі необхідно, щоб дотримувалися такі критеріальні залежності:

$$\frac{\alpha_x^2}{\alpha_{K_x}} = \frac{\alpha_y^2}{\alpha_{K_y}} = \frac{\alpha_z^2}{\alpha_{K_z}}; \quad \alpha_x = \alpha_y = \alpha_z \sqrt{\frac{\alpha_{K_x}}{\alpha_{K_y}}}$$

$$\alpha_{Q_x} = \alpha_{K_x} \frac{\alpha_H}{\alpha_x} \alpha_y \cdot \alpha_z; \quad \alpha_{v_x} = \frac{\alpha_x}{\alpha_t} = \frac{\alpha_{K_x} \cdot \alpha_z}{\alpha_n \cdot \alpha_x}; \quad \alpha_t = \frac{\alpha_x \alpha_n}{\alpha_z \alpha_{K_x}}$$

Відмітимо, що значення  $\mu, \rho$  у моделі і натурі прийняті однаковими. У зв'язку з незначною потужністю водоносного горизонту на ділянці досліджень у порівнянні з його довжиною виникають труднощі в одержанні рівності вертикальних і планових масштабів у моделі. В цих умовах коефіцієнт вертикального лінійного масштабу  $\alpha_z$  / визначений приблизно по відношенню потужностей пласта:

$$\alpha_z = \frac{m}{m^M}$$

При обчисленні масштабних коефіцієнтів взяті вихідні дані дослідів на фізичній моделі і досліджень на ділянці /прототипі/.

$$\alpha_x = \alpha_y = \alpha_{x,y} = 280; \quad \alpha_z = 30; \quad \alpha_{K_x} = \alpha_{K_y} = 0,88;$$

$$\alpha_{K_z} = 0,01; \quad \alpha_n = 0,93; \quad \alpha_{v_x} = 0,1; \quad \alpha_{Q_x} = 790; \quad \alpha_t = 2760.$$

Наведені вище критерії подібності і масштабні коефіцієнти дозволяють використати результати моделювання для вивчення процесів засолення підземних вод на реальному об'єкті розміром 340x75 метрів. При переході від моделі до натурі із результатів фізичного моделювання одержані наступні характеристики динаміки розвитку

ареалу засолення підземних вод:

- тривалість занурювання розсолів густиною  $1,237 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup> в нижню частину водоносного горизонту до його підшови становить 0,5 року;

- середня швидкість просування ареалу в плані - 42 м/рік;

Результати моделювання узгоджуються з польовими гідрогеологічними дослідженнями, які проводились у районі хвостосховища з метою оцінки впливу його на гідрохімічний режим підземних вод і підтверджують можливість використання останніх для прогнозування розвитку солевих ареалів.

#### РОЗДІЛ 6. ВОДОХОРОННІ ЗАХОДИ ПРИ РОЗРОБЦІ КАЛІЙНИХ РОДОВИЩ

Узагальнення результатів багаторічних досліджень впливу калійних підприємств на гідрохімічний режим поверхневих і підземних вод дозволило розробити комплекс природоохоронних заходів /табл.І/.

Технологічні заходи орієнтовані на зменшення кількості і утилізацію твердих відходів, стічних дренажних і водовідливних вод, і розсолів шляхом: повної переробки відходів у корисний продукт; зміни конструкції солевідвалів для зменшення площ складування порід і відходів; скидання мінералізованих вод і розсолів у глибокочаляючі горизонти; використання слабомінералізованих вод у технологічному процесі; осушення соляних кар'єрів за допомогою дренажних траншей; поетапне розкриття соляних покладів, їх відробка із внутрішнім відвалоутворенням.

Профілактичні заходи призначені для запобігання засолення природних вод. До них відносяться, в першу чергу, обґрунтований вибір земельних угідь під будівництво солевідвалів, хвостосховищ, акумулюючих басейнів. Розміщувати їх потрібно на ділянках, де підземні води захищені від інфільтрації слабпроникними відкладами.

Водоохоронні заходи в районах розробки  
калійних родовищ

Заходи	Цільова спрямованість заходу
<b>I. Технологічні</b>	
Повна переробка калійних руд.	Зниження об'ємів солевих відходів.
Поетапне розкриття калійних покладів при відкритій розробці родовищ.	Зменшення кількості розсолів вилугування.
Захоронення рідких відходів /розсолів/ у глибокі і підземні гірничі виробки.	Скорочення площ земельних угідь, відчужених під будівництво солевідвалів, хвостосховищ, акумулюючих басейнів.
Збільшення висоти і смкості зовнішніх солевідвалів. Проведення внутрішнього відлегалування.	Зменшення кількості розсолів вилугування і інтенсивності засолення ґрунтів, природних вод.
<b>II. Захисно-профілактичні.</b>	
Влаштування в основі солевідвалів, хвостосховищ, акумулюючих басейнів, протифільтраційних екранів.	Виключення попадання розсолів у водонесні горизонти, поверхневі водотоки.
Влаштування горизонтальних дрен для водопониження при відкритій розробці калійних солей.	Зменшення інтенсивності розвитку карстових процесів.
Технічна і біологічна рекультивация відроблених секцій хвостосховищ і солевідвалів.	Запобігання розвитку процесів розчинення, вилугування техногенних порід, захист від вітрової ерозії.
Розвиток моніторингу якості поверхневих і підземних вод.	Спостереження за гідрохімічним режимом поверхневих і підземних вод, вивчення ареалів засолення.
<b>III. Локалізаційні.</b>	
Локалізація утворених ареалів засолення підземних вод за допомогою баражних стінок, ін'єкційних і гідродинамічних завіс.	Ізоляція у водонесному горизонті ареалів забруднення.
Інтенсивний дренаж в межах ареалу забруднення.	Збільшення фільтраційних і концентраційних градієнтів.
Очищення <i>in situ</i> .	Нагнітання в підземі води хімічних компонентів або мікроорганізмів.

Для обмеження і запобігання засолення підземних вод при наземному складуванні соленосних порід і соляних відходів застосовують в основному протифільтраційні екрани; в меншій мірі гідроізоляційні покриття, придамбові дренажі і інші заходи.

Локалізаційні заходи спрямовані на ізоляцію вогнищ засолення, які утворилися у водоносних горизонтах. Ізоляція забруднення проводиться за допомогою: баражних стінок, протифільтраційних завіс, створення дренажних систем для відкачки підземних вод, зміни швидкості і напрямку їх руху.

#### РОЗДІЛ 7. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ І ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЛИНИСТИХ ГРУНТІВ ДЛЯ УЛАШТУВАННЯ ПРОТИ- ФІЛЬТРАЦІЙНИХ ЕКРАНІВ.

Пошуки нових глинистих матеріалів для будівництва екранів зв'язані з тим, що використання з цією метою природних суглинків у калієносних регіонах не виправдалось. Це зв'язано з підвищеною проникністю суглинків, а також з явищем збільшення проникності глинистих ґрунтів при фільтрації мінералізованої води, відоме із праць В.М.Гольдберга, Г.М.Березкіної, І.Ф.Бондаренка, І.А.Брілінґа, Л.І.Кульчицького, В.М.Павілонського, В.Ф.Рельтова, К.М.Сергієва, М.П.Скворцова, М.А.Сунцова, Г.Ф.Требіна, Я.М.Семчука та інших дослідників.

В пошуках матеріалу, придатного для будівництва гідроізоляційних екранів, автором, протягом 10 років, вивчалися породи гіпсо-глинистої шапки /ГГШ/ - кори вивітрювання калієних покладів. На перспективність використання порід ГГШ для екранів указують: однотипність хімічного складу цих засоленних порід і розсолів у хвостосховищах; мала водопроникність, яка підтверджує збереження неглибокозалягаючих калієних солей. У зв'язку з цим виконано порівняльне вивчення алювіальних суглинків і порід ГГШ відносно мінерального і гранулометричного складу порід, хімічного складу по-

рових розчинів, складу фільтратів при русі прісної води і розчинів, після чого були проведені натурні дослідження на дослідних екранах, а також оцінена протифільтраційна і економічна ефективність дослідно-промислового екрану із порід ГШ.

Загальна засоленість порід ГШ на Прикарпатських родовищах збільшується з глибиною і складає 2,9-15,6 г/100 г породи; кількість легкорозчинних солей /хлориди кальцію, натрію, сульфати натрію і магнію/ 0,26-8,31 г/100 г породи, вміст гіпсу 1,5-10 г на 100 г породи. Вміст фракцій менших 0,005 мм в породах ГШ складає 27,3-55,7%; в алювіальних суглинках 10,3-24,6%; за даними рентгено-дифрактометричного вивчення цих фракцій у породах ГШ присутні слюдино-монтморилонітове утворення, гідрослюда, хлорит у суглинках - хлорит, гідрослюда, мінерали каолінової групи. Зміну структури взірців порід ГШ і суглинків до і після фільтрації розсолів досліджено за допомогою електронного мікроскопу.

Мінералізація порових розчинів у породах ГШ 56-126 г/л; вони належать до хлоридно-сульфатно-натрійового типу. Порові розчини в алювіальних суглинках належать до гідрокарбонатно-кальцієвого типу, загальна мінералізація їх 0,6-2,2 г/л.

Фізико-механічні властивості порід ГШ і алювіальних суглинків характеризуються такими показниками відповідно щільність частин ґрунту 2,65-2,80 і 2,50-2,65 г/см<sup>3</sup>; щільність ґрунту 2,07-2,10 і 1,80-1,92 г/см<sup>3</sup>; щільність сухого ґрунту 1,73-1,85 і 1,56-1,72 г/см<sup>3</sup>, кут внутрішнього тертя 26-30° і 18-20°, зчеплення 0,042-0,051 МПа і 0,026-0,030 МПа.

Лабораторні дослідження зміни водопроникності порід ГШ і алювіальних суглинків, у залежності від мінералізації фільтруючої води, виконані на взірцях, взятих із спеціально пробурених свердловин. Використано 8 розчинів з мінералізацією від 1 до 350 г/л. У процесі дослідів виявилось, що характер зміни коефіцієнта фільтра-

ції є різним: у породах ГТШ із збільшенням мінералізації розсолів водопроникність зменшується, а в алювіальних суглинках - збільшується. Так, при  $C_0=350$  г/л через 340-360 діб для суглинків КФ збільшився до  $1 \cdot 10^{-2}$  м/доба, для порід ГТШ Кф зменшився до  $4,8-9,7 \cdot 10^{-5}$  м/доба; початкові значення Кф цих порід, які визначені при фільтрації прісної води, склали відповідно  $2-5 \cdot 10^{-4}$  м/доба і  $1,1-1,7 \cdot 10^{-2}$  м/доба. Це зумовлено різницею природи формування пористості і проникності порід, які відрізняються мінеральним і гранулометричним складом і кількістю солей, воднофізичними властивостями. У породах ГТШ висока мінералізація порового розчину з перевагою катіону натрію, присутність солей у твердій фазі і їх однотипність із солями фільтруючої рідини, знижена загальна і активна пористість, підвищена густина, великий вміст глинистих частин зумовлюють випадання солей при фільтрації і закупорці пор.

В алювіальних суглинках при фільтрації мінералізованої води проходило зменшення кількості зв'язаної води із збільшенням порового простору, а також поява кристалів гіпсу при змішуванні гідрокарбонатних порових розчинів з розсолами сульфатного типу, що викликало порушення структури суглинків і додаткове збільшення їх пористості і водопроникності.

Виконане вивчення зміни фізико-механічних властивостей ґрунтів дослідних екранів після фільтрації розсолів з мінералізацією від 50 до 350 г/л через взірці алювіальних суглинків і порід ГТШ, відібраних із дослідних екранів. У початковий період фільтрації /через 30 діб/ в алювіальних суглинках із збільшенням мінералізації розсолів збільшується щільність ґрунту /з 1,80 до 1,81-1,98 г/см<sup>3</sup>, щільність сухого ґрунту /з 1,60 до 1,63-1,76 г/см<sup>3</sup>/, а також кут внутрішнього тертя і зчеплення, які визначалися при навантаженні 0,1-0,3 МПа. У породах ГТШ при фільтрації розсолів з мінералізацією до 150 г/л проходить вилугування частини солей, що викликає

зменшення щільності порід з 2,02 до 1,95-1,98 г/см<sup>3</sup> та щільності сухого ґрунту з 1,81 до 1,79 г/см<sup>3</sup>, але при фільтрації більш мінералізованих розсолів щільність ґрунту збільшується до 1,92 г/см<sup>3</sup>, а також збільшуються опір зсуву і кут внутрішнього тертя.

Після тривалої фільтрації /340-360 діб/ високомінералізованих розчинів проходить покращення міцностних властивостей порід ГТШ.

Можливість і ефективність використання порід ГТШ для улаштування протифільтраційного екрану перевірена при будівництві і експлуатації дослідно-промислового екрану. Він був збудований у 1980 р. на Домбровському кар'єрі Калуш-Голинського родовища під солевідвал №4. Площа екрану 50 га, вміст воднорозчинних солей у породах ГТШ 5,6-7,3 г/100 г породи, при укладці вологість була 14-20 %, щільність ґрунту 1,99-1,03 г/см<sup>3</sup>, щільність сухого ґрунту 1,67-1,71 г/см<sup>3</sup>, питоме зчеплення 0,032-0,033 МПа, кут внутрішнього тертя 25-27 град.

Розрахунок стійкості солевідвалу, виконаний за методом круглоциліндричних поверхонь зсуву на БОМ, по програмі ПАР-ГТ6 /ВОДГЕО, Росія/ показав, що на екрані із порід ГТШ висота стійкості солевідвалів може досягнути 100 м, а на екрані із суглинків - 50 м.

За даними спостережень хімічний склад підземних вод аловіального горизонту навколо солевідвалу №4 протягом 1980-1992 рр. не змінився.

#### ЧАСТИНА ІУ. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІН ПРИРОДНОГО СТАНУ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА КАЛІЙНИХ РОДОВИЩ, ЯКІ ПЛАНУЮТЬСЯ ДО РОЗРОБКИ.

#### РОЗДІЛ 8. ТИПІЗАЦІЯ І РАЙОНУВАННЯ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА КАЛІЙНИХ РОДОВИЩ.

При проведенні геологорозвідувальних робіт спочатку визначають тектонічний тип геологічного середовища калієносного регі-

ону /басейну/, а потім тип геологічного середовища конкретного родовища за ознаками, які наведені у першому розділі роботи. Наприклад, крупні калієносні регіони такі як Передкарпатський, Прип'ятський, Верхньокамський, Ельзаський та інші, належать до тектонічних структур I, II, III порядків. Власне, Передкарпатський прогин відноситься до структури I порядку. Калійні родовища розміщені у межах Внутрішньої зони прогину, тобто структури II порядку. Отже, тектонічний тип геологічного середовища Передкарпатського калієносного регіону визначається як структура II порядку.

Геологічне середовище калійних родовищ, які розміщені у межах цієї структури, неоднорідне за геологічними і гідрогеологічними умовами. Виділення однорідних або ідентичних ознак поверхневої і підземної зон геологічного середовища проводиться шляхом його районування. В даному випадку методом аналогії можна провести кількісне прогнозування зміни природного стану геосередовища калійних родовищ, які плануються до розробки та опрацювати природоохоронні заходи. На територіях промислових районів з різним типом геологічного середовища прогнозування може бути тільки якісне.

Районування тектонотипу калієносного регіону або типу калійного родовища повинно проводитися за фізико-географічними, інженерно-геологічними, геологічними і гідрогеологічними факторами. Причому, два перші фактори дозволяють провести районування зовнішньої зони, а два останні - внутрішньої зони геологічного середовища.

Послідовність формування цих факторів, масштабність і інтенсивність їх впливу в різних калієносних регіонах проявляються по-різному, що зв'язано з нерівноцінною реакцією самого геологічного середовища.

## РОЗДІЛ 9. МЕТОДИ І ВИДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ДЛЯ ПРОГНОЗНОЇ ОЦІНКИ ЗМІНИ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА КАЛІЙНИХ РОДОВИЩ

Масштаб і характер змін геологічного середовища калійних родовищ залежить від виробничої потужності калійних підприємств, технології видобутку і переробки руд, а також від напрямку зміни сучасних природних процесів у зовнішній і внутрішній зоні. Ці фактори згруповані у вигляді техногенних і природних критеріїв для прогнозування змін геологічного середовища /таблиця 2/.

Поєднання техногенних і природних критеріїв дозволяє прогнозувати масштаби і інтенсивність зміни геологічного середовища. Так, наприклад, при розробці калійних родовищ підземним шахтним способом площі затоплення і заболочення можна прогнозувати, знаючи величину кінцевого осідання гірничого масиву над відробленим простором і рівні ґрунтових вод. При розробці родовищ калійних солей відкритим способом прогноуються в першу чергу площі осушення і засолення.

Зміни природного стану геологічного середовища калійних родовищ під дією техногенних факторів виникають з початку їх експлуатації. Змінам піддаються різні компоненти геологічного середовища, які у методологічному відношенні є об'єктами різних досліджень: власне геологічних, гідрогеологічних, інженерно-геологічних, геохімічних. Кожний із цих видів досліджень вносить суттєвий внесок у прогнозування змін геологічного середовища в цілому і тому може бути розглянутий як самостійний метод прогнозу.

Для кількісної оцінки впливу техногенних факторів на природний стан геологічного середовища калійного родовища, яке планується до розробки, розроблений /Семчук, 1987/ метод аналогії для родовища Велика Белина /Передкарпаття/, в межах якого проведені пошуково-оцінні роботи. Родовище планується до відкритої розробки.

Таблиця 2

Методи, види досліджень для визначення критеріїв прогнозування змін природного стану геологічного родовища калійних родовищ.

Метод прогнозу	Види досліджень	Критерії прогнозування
Геологічний	Підрахунок запасів, характеристика мінерального складу руд, визначення їх способу відробки та переробки.	Об'єми відробленого простору, твердих, рідких відходів, площі земельних угідь під хвостосховища, акумулюючі басейни, солевідвали.
Гідрогеологічний	Гідрогеологічна та гідрохімічна зйомка масштабу 1:5000-1:25000; гідрогеологічні спостереження, гідрохімічні, геофізичні дослідження, дешифрування аерофотознімків, космоназнімків, космофотокарт.	Площі природного заболочування, затоплення, і осушення. Характеристика поверхневих водотоків, водно-фізичні властивості порід зони аерації, ступінь захищеності ґрунтових вод.
Геохімічний	Опробування порід, твердих промислових відходів, природних вод; лабораторне вивчення їх хімічного складу, агрохімічна зйомка території.	Хімічний склад корисних копалин промислових відходів, агрохімічна характеристика рослинного шару з біоценозами.
Інженерно-геологічний	Опробування геолого-розвідувальних свердловин і гідрогеологічних свердловин, зйомка масштабу 1:25000 /на стадії попередньої розвідки/ і 1:10000 /при детальній розвідці/; визначення сучасного геодинамічного режиму.	Фізико-механічні властивості теригенних соляних і солоносних порід у природному стані, форми проявів на площі сучасних рельєфоутворюючих процесів.

Вихідні дані для кількісного прогнозу одержані на основі багаторічної експлуатації Домбровського кар'єру Калущ-Голинського родовища. Родовище Велика Белина, як і Домбровський кар'єр, характеризуються схожими геолого-гідрогеологічними умовами. Розрахунки показали, що при розробці родовища Велика Белина, площа соле-

відвалів при висоті складування 60 м дорівнює 200 га, а площа хвостосховищ на кінець освоєння родовища - 170 га, в які за 60 років буде розміщено 176 млн.м<sup>3</sup> розсолів і 54 млн.м<sup>3</sup> солевих шламів.

## В И С Н О В К И

1. Узагальнені результати багаторічних досліджень умов формування та масштабу впливу техногенних факторів на геологічне середовище калієносних регіонів; встановлено, що при підземній і відкритій розробці калійних солей та їх переробці, відбуваються негативні зміни у внутрішній і зовнішній зонах геологічного середовища, які виявляються в його компонентах - у гірничих породах, поверхневих і підземних водах.

2. Розроблено методичні основи охорони внутрішньої зони геологічного середовища від руйнівного впливу природного /некерованого/ затоплення соляних шахт. Для цього виконано наступне:

- а/ визначені гідрохімічні і геохімічні критерії для діагностики генезису розсоліпроєвів та науково обгрунтовано стадійність їх розвитку при розробці калійних родовищ;
- б/ за результатами досліджень отримані дані з впливу вологості соляного масиву на міцність соляних порід різного мінерального складу та з розчинення їх у воді;
- в/ експериментально обгрунтовано склад розсолів, неагресивних до каїніт-сильвінітових порід, розміщення яких у гірничих виробках виключає розчинення міжкамерних ціликів;
- г/ розроблені принципи регульованого затоплення соляних шахт водою, недонасиченими і насиченими розсолами, які реалізовані на шахті "Калуш" Калуш-Голинського родовища, внаслідок чого зменшилися процеси розвитку карсту і зсуву земної поверхні над гірничими виробками.

3. Розроблено теоретичні і методологічні підходи для вирішення проблеми захисту зовнішньої зони геологічного середовища калійних родовищ від сольового забруднення:

- а/ вивчено формування багатоконпонентних ареалів засолення підземних вод при одночасній дії процесів фільтрації, дисперсії, гравітаційної сегрегації методом фізичного моделювання;
- б/ за результатами досліджень розроблений комплекс водоохоронних заходів при підземній і відкритій розробці калійних родовищ;
- в/ опрацьована технологія відкритої розробки соляних родовищ з внутрішнім відвалоутворенням, що значно зменшує кількість розсолів, які утворюються внаслідок вилуговування соляних уступів кар'єру атмосферними опадами. Даний спосіб реалізований при розробці північної ділянки Домбровського кар'єру Калуш-Голинського родовища;

г/ вивчено і науково обгрунтовано явище водопроникності порід гіпсо-глинистої шапки при фільтрації високомінералізованих розсолів, однотипних за складом з природними поровими водами і цим доведено, що із порід гіпсо-глинистої шапки можна споруджувати протифільтраційні екрани; вперше такий екран був впроваджений під солевідвал № 4 Домбровського кар'єру.

4. Запропоновано обгрунтована методика прогнозування зміни природного стану геологічного середовища калійних родовищ, які плануються до розробки. Методом аналогії проведено кількісне прогнозування розвитку техногенних факторів при відкритій розробці родовища Велика Беліна у Передкапатті.

5. Розроблені методичні основи проведення і інтерпретації режимних спостережень за гідрохімічним та гідродинамічним режимом підземних вод у районах розробки калійних родовищ.

## ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНІ

## В ТАКИХ НАУКОВИХ ПРАЦЯХ

1. Геологические условия разработки участка "Пийло" Калуш-Голынского месторождения калийных солей. - Тр. ВНИИГ, вып.78, 1976, с.21-30. /співавтор В.К.Ліпницький/.
2. О соляном карсте в кольцевой дренажной траншее Домбровского калийного карьера. - В кн.: Геологическое строение провинций горючих ископаемых Украины. - Киев: Наукова думка, 1976, с.ІІІ-ІІ6 / співавтори В.П.Телегін, В.О.Ходіна/.
3. Исследование проницаемости глинистых грунтов для устройства экранов под солевые залежи и хвостохранилища на калийных производствах Предкарпатья. - В сб.: Калийная промышленность СССР и окружающая среда. - Минск: Наука и техника, 1983, с.127-131.
4. Исследование влияния природных и техногенных факторов на формирование химического состава грунтовых вод Калуш-Голынского месторождения калийных солей. - В кн.: Эвапориты Украины. - Киев: Наукова думка, 1985, с.143-151.
5. Исследование процессов засоления подземных вод рассолами сложного состава на калийных предприятиях Предкарпатья. - В кн.: Охрана геологической среды на калийных месторождениях. - Л.: ВНИИГ, 1985, с.146-154.
6. Рассолопроявления в стволах калийных рудников Прикарпатья. - Шахтное строительство. №9, 1986, с.13-15 /співавтори С.С.Корінь, Ю.М.Жексембаев/.
7. Прогнозирование рассолопроявлений в калийных рудниках Прикарпатья. - Советская геология, №7, 1987, с.12-15 /співавтори С.С.Корінь, Т.М.Мосора/.
8. Охрана подземных вод при открытой разработке калийных солей. Автореф. канд. дисс. - М.: ПНИИИС, 1988, 22 с.

9. Гидрогеологические и гидрохимические особенности галогенных формаций Прикарпатья. - В сб.: Проблемы морского и континентального галогенеза. - Новосибирск, 1988, с.120-123.
10. Исследование и разработка мероприятий по защите подземных вод от засоления при открытой разработке калийных солей. - В сб.: Добыча и переработка полиминеральных калийных руд Прикарпатья. - Л.: ВНИИГ, 1985, с.96-100 /співавтор С.С.Корінь/.
11. Методы борьбы с водопритоками на калийных рудниках Прикарпатья. - Шахтное строительство. №4, М., 1989, с.7-9 /співавтор П.К.Гаркушин/.
12. Технология строительства глинистых гидроизоляционных экранов под солеотвалы и оценка их прочности. - В сб.: Экологические проблемы районов деятельности калийных предприятий. - В сб.: Охрана подземных и поверхностных вод. - Л.: ВНИИГ, 1989, с.49-54.
13. Отработка околоствольных целиков на калийных рудниках Прикарпатья. - Шахтное строительство. №12, М., 1990 /співавтор П.К.Гаркушин/.
14. Технология закладочных работ на калийных рудниках Прикарпатья. - Подземное и шахтное строительство. №3, М., 1991, с.12-16 /співавтор П.К.Гаркушин/.
15. А.С. №1453355. Способ выявления зон проникновения вод в горные выработки сернокислых калийных солей. Оpubл. в бюл. ОИ, №3, 1989 /співавтори С.С.Корінь, Т.М.Мосора/.
16. А.С. №1257239. Способ ликвидации рудников на месторождениях калийных солей. Оpubл. в бюл. ОИ, №34, 1986 /співавтори Д.Є.Широбоков, В.В.Рибкін, А.А.Дубінюк, В.І.Авраменко, М.П.Нестеров, М.Н.Сосновський, Л.Ф.Шендеров/.

17. А.С. №1521886. Рассол для смешивания с инертным заполнителем при закладке выработанного пространства калийных рудников. Оpubл. в бюл. ОИ №42, 1989 /співавтори Д.Є.Ширококов, В.В.Рибкін, М.П.Нестеров, В.І.Авраменко, Л.Ф.Шендеров/.
18. А.С. №1532703. Способ открытой разработки соляных месторождений. Оpubл. в бюл. ОИ, №48, 1989 /співавтори І.Є.Хмара; В.О.Трусов, В.І.Авраменко, С.С.Корінь, Л.Ф.Шендеров, І.Є.Іванишин, М.Г.Перегінець/.
19. Проблемы охраны геологической среды в районах интенсивного развития горнодобывающей промышленности Украинской ССР. Препринт 88-40 АН УССР. И-т геологических наук. Киев, 1988, 55 с. /співавтори В.М.Шестопалов, В.О.Корженевський/.
20. О рудничных рассолопроявлениях Калуш-Гольинского месторождения. В реф. сб. Калийная промышленность, - М.: НИИТЭХИМ, 1977, вып.2, с.12-13 /співавтор В.К.Ліпницький/.
21. Уточнение водообильности гравийно-галечниковых отложений Калуш-Гольинского месторождения калийных солей. - В реф. сб. Калийная промышленность. - М.: НИИТЭХИМ, 1977, вып.5, с.7-12 /співавтори В.К.Ліпницький, Р.І.Когут/.
22. Динамика рудничного водопритока в районе шахтного ствола №6 рудника "Калуш". - В реф. сб. Калийная промышленность. - М.: НИИТЭХИМ, 1978, вып.2, с.10-13 /співавтор В.К.Ліпницький/.
23. Исследование влияния влажности на прочностные свойства соляных пород Предкарпатья. - В реф. сб. Калийная промышленность. - М.: НИИТЭХИМ, 1978, вып.3, с.3-6 /співавтори В.К.Ліпницький, Г.О.Калачніков/.
24. Натурные и лабораторные исследования характера и скорости растворения соляных пород рудника "Калуш". - В реф. сб. Калийная промышленность. - М.: НИИТЭХИМ, 1979, вып.6, с.15-18 /співавтори В.О.Ходіна, Г.О.Калачніков/.

25. Влияние главного хвостохранилища ПО "Хлорвинил" на засоление подземных вод района. - В реф. сб. Калийная промышленность. - М.: НИИТЭХИМ, 1980, вып.6, с.1-3 /співавтор В.К.Ліпницький/.
26. Гидрогеология Калуш-Гольинского месторождения и перспективы повышения извлечения калийных солей из недр. - В реф. сб. Калийная промышленность. - М.: НИИТЭХИМ, 1981, вып.1., с.14-16 /співавтор В.К.Ліпницький/.
27. Результаты исследования засоления грунтовых вод на калийных предприятиях Предкарпатья. - В реф. сб. Калийная промышленность. - М.,: НИИТЭХИМ, 1983, вып.1, с.9-13.
28. Влияние разработки калийных солей в Домбровском карьере на окружающую среду. - М.: ЦНИИТЭИПищепром, Деп. №1365, 1980, 7 с /співавтор І.М.Мандрик/.
29. Анализ влияния подземной разработки калийных, каменносоляных месторождений на геологическую среду. - Черкассы: ОНИИТЭХИМ, №17ХП-85 Деп., 1984, 14 с.
30. Изучение миграции высокоминерализованных рассолов в районе хвостохранилища Калушского производственного объединения "Хлорвинил" на физической модели. - В сб. Совершенствование технологии добычи и переработки калийных руд Прикарпатья. - Черкассы: ОНИИТЭХИМ, №952ХП-84 Деп., 1985, с.86-95.
31. Обоснование мощности водозащитной потолочины для условий Предкарпатских калийных месторождений. - Черкассы: ОНИИТЭХИМ, №1144ХП-85 Деп., 1985, 6 с /співавтор П.К.Гаркушин/.
32. Охрана геологической среды при открытой разработке калийных месторождений Прикарпатья. - В сб. Исследования в области технологии добычи и переработки калийных руд Прикарпатья. - Черкассы: ОНИИТЭХИМ, №1177ХП-85 Деп., 1986, с.10-18 /співавторі С.С.Корінь, Г.М.Повстен, Т.М.Мосора/.

33. Миграция солей при фильтрации из промышленных бассейнов, солеотвалов и методы их изучения. - Черкассы: ОНИТЭХИМ, №983ХП-89 Деп. /співавтор Т.М.Мосора/.
34. Результаты исследований по ликвидации рудника "Калуш" - Тез. докл. и сообщ. на совещании "Проблемы снижения вредного влияния горных работ на окружающую среду" /23-25 сентября 1980 г., г.Новый Роздол/ - М.: МХП, 1980, с.50-53 /співавтор В.І.Авраменко/.
35. Влияние подземной разработки калийных солей на изменение режима грунтовых вод в районе рудника "Калуш". - Тез. докл. республ. научно-технической конференции "Хозяйственный механизм рационального природопользования при добыче полезных ископаемых". - Таллин, 1980, с.108-III /співавтор Л.Ф.Петрашин/.
36. Исследование солеотвалов Домбровского карьера на геологическую среду. - В сб. Охрана окружающей среды на предприятиях Минудобрений. - Тез. докл. семинара г.Черкассы. - ОНИТЭХИМ 1982, с.113-114.
37. Исследование глинистых экранов с целью охраны геологической среды на калийных предприятиях Предкарпатья. - В сб. Охрана труда и природной среды при добыче и обогащении полезных ископаемых. - Тез. докл. республиканской научно-технической конференции г.Кохтла-Ярве, сентябрь 1982. - Кохтла-Ярве, 1982, с.173-176.
38. Использование вскрышных пород глинистой шляпы /ГТШ/ для экранирования шламохранилищ на Калушском ПО "Хлорвинил". - В сб. Рациональное складирование отходов калийной промышленности. - Тез. докл. совещания г.Харьков. - М., ВОДГЕО, 1983, с.99-101.
39. Прогнозирование изменения геологической среды при открытой

розроботке калійных солей. В сб. "Внедрение достижений научно-технического прогресса в практику геологических и маркшейдерских работ на предприятиях Минудобрений. Тез. докл. научно-технического совещания г.Ивано-Франковск. - М., Минуд., 1987, с.53-55.

40. Зв'язок розсолопроявів у калійних рудниках Передкарпаття з геологічною будовою родовища. Тез. дсп. наради-семінару з розвитку геологорозвідувальних і видобувних робіт у Західному регіоні України, м.Івано-Франківськ. - Івано-Франківськ, 1992, с.59-60 /співавтор С.С.Корінь/.
41. Особливості геологічного середовища калійних родовищ. Тез. доп. на міжнародному симпозиумі "Міоценові евалорити Центрального Паратетису: фації, корисні копалини, проблеми екології", м.Львів - Варшава, 1994, с.75-76.
42. Вплив розробки калійних родовищ на геологічне середовище. Тез. доп. на міжнародному симпозиумі "Міоценові евалорити Центрального Паратетису: фації, корисні копалини, проблеми екології", м.Львів.-Варшава, 1994, с.76-77 /співавтори С.С.Корінь, І.О.Лукаш/.
43. Розсолопрояви в калійних рудниках Прикарпаття і природа їх утворення. Тез. доп. на міжнародному симпозиумі "Міоценові евалорити Центрального Паратетису: фації, корисні копалини, проблеми екології", м.Львів.-Варшава, 1994, с.54-55 /співавтори С.С.Корінь, Т.М.Мосора, І.О.Лукаш, Д.В.Садовий/.

Semchuk Ya. M. The Scientific and Methodical Principles of Geological Environment Protection in the Potassium Deposits Mining Regions ( the Precarpathia is an example ). The thesis for a Doctor's of Technical Sciences degree ; speciality 11.00.11- the environment protection and rational exploration of natural resources. The state gallurgical research institute, Kalush 1994.

There are presented 39 scientific works and 4 author's evidences are defended ; they containing the theoretical and experimental studies of the problem of geological environment protection in the process of potassium deposits mining.

The causes and conditions of the formation of technogenius factors, which have an influence on the geological environment in the regions of underground and opencast mining of potassium deposits, were studied. The methodical principles of regulated water and solution flooding of potassium mines have been worked out. Technological and preventive as well as localizational water protection measures on the plots of potassium production waste storing are suggested. There have been grounded the principles of the forecast of geological environment change in the regions of potassium deposits to be mined.

#### Аннотация

Семчук Я.М. Научные методические основы охраны геологической среды в районах разработки калийных месторождений /на примере Предкарпатья/. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 11.00.11 - охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Государственный научно-исследовательский институт галургии, г.Калущ, 1994.

Защищается 39 научных работ и 4 авторских свидетельств, которые содержат теоретические и экспериментальные исследования

по проблеме охраны геологической среды при разработке калийных месторождений.

Изучены причины и условия формирования техногенных факторов, влияющих на геологическую среду, в районах подземной и открытой разработок калийных месторождений. Разработаны методические основы регулируемого затопления водой и рассолами калийных рудников. Предложены технологические, профилактические и локализационные водоохранные мероприятия на участках складирования отходов калийного производства. Обоснованы принципы прогнозирования изменения геологической среды калийных месторождений, планируемых к разработке.

Ключові слова: калійна шахта, кар'єр, геологічне середовище, техногенні фактори, регульоване затоплення гірничих виробок, солевідвала, хвостосховище, гідробізоляційні екрани.

Пошукач *Я. Семчук* Я. Семчук \*



Підписано до друку 20.ІІ.94 р., ф. 60 x 84.  
І/16, зем. 253, др. арк. 3, тираж 100 прим.  
Івано-Франківський державний технічний  
університет нафти і газу.  
Дільниця оперативної поліграфії, Карпатська 15.



155290

AB 31.486

**AB 31.486**