

502.174
M19

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

МАЛИШЕВСЬКА ОЛЬГА СТЕПАНІВНА

УДК 504.064.2.001.18:(504.064.3:528.8)

НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЗМЕНШЕННЯ
ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ В РАЙОНІ
ЗАТОПЛЕНИХ КАЛІЙНИХ ШАХТ (на прикладі рудника «Калуш»)

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ – 2006

Дисертацією є рукопис.

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

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор **Семчук Ярослав Михайлович**, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, завідувач кафедри безпеки життєдіяльності, м. Івано-Франківськ.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор **Шмандій Володимир Михайлович**, завідувач кафедри екології Кременчуцького політехнічного університету, м. Кременчук;

доктор технічних наук, професор **Лабій Юрій Михайлович**, професор кафедри екології та рекреації Прикарпатського національного університету ім. В. Стефаника, м. Івано-Франківськ.

Провідна установа: Національний університет "Львівська політехніка", кафедра екології та охорони навколишнього середовища Міністерство освіти і науки України, м. Львів.

Захист відбудеться
ради СРД 20.052.05
за адресою 284018, У

ої вченої
ти і газу,

З дисертацією мож
університету нафти і

хнічного
ка, 15

Автореферат розіс

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
доктор технічних наук, професор



Паневник О.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На Прикарпатті, де розробка калійних родовищ розпочалась більше як століття тому, проникнення прісних вод у гірничі виробки спричинило виникнення екологічної небезпеки для довкілля. Прісні води інтенсивно розчиняють соляні відклади, що складають водозахисну стелю, руйнують надсолеві теригенні породи, внаслідок чого проходить просідання земної поверхні, провалуотворення та значні депресійні зниження у водоносних горизонтах. Процес безперервний і некерований та продовжується аж до затоплення гірничих виробок, і руйнування рудника в цілому. Так, наприклад, на калійному руднику «Калуш» Калуш-Голинського родовища виник раптовий провал земної поверхні над шахтним полем, який вивів із експлуатації 40 житлових будинків. На місці провалу утворилась мульда осідання, а в її центрі - водоймище площею 30 га та глибиною 3,7 м.

Із метою зменшення впливу природного затоплення вперше серед країн СНД на руднику «Калуш» у 1989-91 рр. здійснили регульоване затоплення гірничих виробок високомінералізованими розсолами, що значно зменшило руйнівний вплив рудника на довкілля: призупинилося карстоутворення, сповільнилося осідання земної поверхні над виробками. Однак, карстові провали, стовбури шахт, пошукові свердловини, що пробурені крізь соляний поклад, стали каналами гідродинамічного зв'язку між шахтними розсолами і водоносними горизонтами, що приводить до локального засолення вод, які використовуються для питного водопостачання.

Тому, для оптимізації екологічної ситуації на ліквідованих рудниках і тих, що ліквідуються методом регульованого затоплення, постала необхідність у розробці методів і засобів зменшення та охорони довкілля від негативного впливу затоплених калійних шахт, що є однією з основних причин представлення даної дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами. Дисертаційна робота підготовлена у відповідності з договором із Західно-Української геофізичною розвідувальною експедицією Державного геофізичного підприємства „Укргеофізика” згідно поб'єктного плану Державного комітету природних ресурсів за темою „Прогнозування деформації земної поверхні над відпрацьованими шахтними полями рудника „Ново-Голиць” за результатами геофізичних досліджень 1995-2004 рр.” (0104U009628).

Мета і задачі дослідження. *Метою даної роботи* є розробка науково-технічних методів та засобів зменшення техногенного впливу затоплених калійних шахт на навколишнє середовище.

Задачі, які необхідно вирішити для досягнення поставленої мети:

- провести аналіз стану досліджень впливу затоплених калійних шахт на довкілля та встановити масштаби гідрохімічного та гідродинамічного впливу витіснених шахтних розсолів із затоплених виробок, на підземну та поверхневу гідросфери;
- розробити нові методи і засоби зменшення наслідків впливу керованого затоплення калійних шахт Прикарпаття на навколишнє середовище;
- створити та впровадити автоматизовані системи довгострокового прогнозу зміни забруднення підземних вод та передбачити технічні заходи для його запобігання;
- розробити комплекс заходів та засобів з метою утилізації розсолів;
- удосконалити установку та розробити методи роботи відходів калійного виробництва, з метою зменшення техногенного впливу на довкілля та охорони водних ресурсів.



Об'єктом досліджень є геосистеми – Калуш-Голинського та Стебницького калійних родовищ і їх трансформація під антропогенним впливом.

Предмет досліджень – оцінка геоекологічної ситуації та шляхи її оптимізації, розробка природоохоронних та відновлювальних заходів у соленосних районах.

Методи досліджень - представляють комплекс, що містить: аналіз сучасного стану екологічної ситуації в соленосних калійних районах (аналіз наявної інформації про масштаби і наслідки впливу розробки, експлуатації та ліквідації калійних рудників на екологічну ситуацію в регіонах); геофізичні (електророзвідка території - виявлення та встановлення місцезнаходження підземних порожнин, стану навантаження ціликів у затоплених виробках і т.п.), гідрохімічні (відбір та аналіз проб підземних, поверхневих і шахтних вод, з метою оцінки фактичних масштабів і наслідків впливу виносу солей із затоплених шахтних виробок на підземну і поверхневу гідросферу), геодинамічні (маркшейдерські спостереження по прокладених профільним лініям, з метою встановлення змін у динаміці просідання земної поверхні над ліквідованими рудниками) методи досліджень; фізичне та математичне моделювання з використанням ГІС-технологій та розроблених автором систем автоматизованого просторово-часового прогнозування (з метою прогнозування і оцінювання просторово-часових та кількісних змін масштабів і наслідків впливу виносу солей із затоплених шахтних виробок калійних рудників на підземну і поверхневу гідросферу); лабораторні (хімічні - встановлення оптимального складу, технології підготовки відходів калійного виробництва для переробки; фізичні – розробка лабораторної установки для випаровування донасичених розсолів) та натурні (розробка та впровадження пілотної установки для переробки калійних відходів) експерименти.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

1. Вперше розроблені та впроваджені: математичні, що лягли в основу методик і систем автоматизованого просторово-часового прогнозування, для встановлення масштабів забруднення розсолами підземних водоносних горизонтів.
2. Вперше, на основі порівняльного аналізу технічних рішень щодо утилізації розсолів, обгрунтовано перевагу їх переробки у порівнянні з захороненням у підземні водоносні горизонти та скидом у поверхневі водотоки.
3. Вперше, на основі удосконалення технології утилізації високомінералізованих розсолів шляхом їх випаровування, встановлено оптимальний склад вихідної сировини та визначена технологія підготовки відходів калійного виробництва для переробки на розробленій випарній установці, а також визначений оптимальний режим роботи промислових установок, що дає можливість реалізувати замкнуту екологічно-безпечну схему переробки відходів з одержанням товарної продукції.
4. Дістала розвиток концепція регульованого затоплення соляних виробок розсолами, шляхом її впровадження для ліквідації калійних шахт „Стебник” і „Ново-Голинь”, доведено її переваги над іншими методами ліквідації, після проведеного аналізу даних багаторічних спостережень за просіданням земної поверхні, зсувах і провалах.

Практичне значення одержаних результатів.

Сьогодні на Прикарпатті проводиться регульоване затоплення рудника «Ново-Голинь» Калуш-Голинського та рудника №2 Стебницького калійних родовищ. Для дослідження масштабів і наслідків екологічної небезпеки ліквідації шахтних виробок високомінералізованими розсолами, роз-

розроблено та реалізовано в програмному вигляді: моделювання процесу площинного забруднення підземних вод розсолами під впливом витіснення останніх із затоплених шахтних виробок через канали гідродинамічного зв'язку (САПР „Ореол”), що покладено в основу „Методики тривимірного прогнозування розповсюдження забруднюючих речовин у підземному водоносному горизонті”, яку впроваджено на Стебницькому державному гірничо-хімічному підприємстві «Полімінерал»; моделювання процесу дифузійного виносу солей із затоплених шахтних виробок через канали гідродинамічного зв'язку (САПР „Еколог”), на основі якого розроблено „Методику розрахунку прогнозування розповсюдження забруднюючих речовин по каналах гідродинамічного зв'язку”, яку впроваджено на ДП «Калійний завод» ВАТ «Оріана» та отримано Деклараційний патент України № 67391 А. Для зменшення екологічної небезпеки, що створюють розміщені у шахтних виробках і акумулюючи ємностях розсоли та відходи калійного виробництва, розроблено спосіб та установку з їх переробки на товарну продукцію. На спосіб та установку з переробки отримано патенти України № 75177, № 76241.

Особистий внесок здобувача. Полягає у безпосередній його участі на всіх етапах виконання - від формування завдань і експериментальних досліджень до розробки проектів і їх впровадження.

При активній участі дисертанта розроблено: у лабораторних умовах спосіб та установку для переробки відходів одержаних при переробці полімінеральних калійних руд [6, 10, 11, 20]; математична модель прогнозування розповсюдження забруднених речовин по каналах гідродинамічного зв'язку [9]; технічне рішення, щодо утилізації розсолів шляхом їх підземного захоронення [3].

Автором особисто розроблено: замкнуту екологічно-безпечну схему руху розчинів у способі та установці для переробки соляних відходів [6, 10, 11, 20]; САПР „Ореол” та „Еколог” забруднення підземних водоносних горизонтів розсолами [7, 22]; імовірнісну математичну модель прогнозу забруднення підземних водоносних горизонтів [22]; метод розрахунку допустимих об'ємів відведення розсолів у маловодні ріки та на його основі створено основні положення регламенту відведення розсолів [5, 18]; проведено розрахунок промислового закачування розсолів у підземний поглинаючий горизонт [3, 19]; запропоновано технічні заходи щодо запобігання розповсюдження забруднення у підземних водах [8, 21].

На окремих етапах згаданих робіт, результати яких були використані у дисертації, брали участь співавтори Бараненко О.Б., Книгіницька Л.П., Семчук Я.М., Осипчук М.М. разом з якими були опубліковані наукові праці та одержані 3 патенти і два проходять експертизу.

– **Апробація роботи.** Основні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на 14 Міжнародних конференціях: „Україна наукова „2003” (м. Дніпропетровськ, 2003 р); „Проблеми комплексного освоєння горнодобуваючих регіонів” (м. Дніпропетровськ-Кривий Ріг, 2003 р); „Динаміка наукових досліджень „2003” (м. Дніпропетровськ-Черкаси-Одеса, 2003 р); „Нагальні питання вирішення проблеми підтоплення ґрунтовими водами територій міст та селищ міського типу” (м. Харків, 2003 р); „Наука і освіта „2004” та „2005” (м. Дніпропетровськ, 2004, 2005 рр.); „Безпека життя і діяльності людини – Освіта. Наука. Практика” (м. Рівне, 2004 р); „Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів” (м. Донецьк, 2004 р); „Сучасний стан навколишнього середовища промислових та гірничопромислових регіонів. Проблеми та шляхи вирішення” (м. Київ, 2004 р); „Екологія. Людина. Суспільство.” (м. Київ, 2004 р); „Динаміка наукових досліджень „2004” (м. Дніпропетровськ, 2004 р) та на наукових семінарах кафедри безпеки життєдіяльності ІФНТУНГ (2001- 2006 Івано-Франківськ).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 22 наукові праці, серед яких 8 у фахових науково-технічних виданнях та збірниках наукових праць, що передбачені переліком ВАК України, 11-ти збірниках матеріалів і тез Міжнародних та Всеукраїнських науково-технічних конференцій, отримано три патенти України та один проходить кваліфікаційну експертизу.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, додатків. Повний обсяг дисертації - 232 стор., із них 17 додатків на 73 стор. Дисертація містить 23 рисунки, 17 таблиць і посилання на 153 літературні першоджерела на 13 стор.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність, мету та завдання роботи, об'єкт і предмет дослідження, розкрито наукову новизну і практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі на підставі аналізу літературних джерел окреслено етапи розв'язання проблеми розробки природоохоронних заходів у гірничо-видобувних соленосних районах, наведено геологічну і гідрогеологічну характеристику досліджуваного району, їх трансформацію під техногенним впливом шахтної розробки і ліквідації калійних шахт.

У вирішення проблем охорони довкілля в гірничо-видобувних соленосних районах вагомий внесок внесли вітчизняні та закордонні вчені: Адаменко О.М., Бочевєр Ф.М., Орадовська А.Е., Гаркушин П.К., Козлов С.С., Липницький В.К., Корінь С.С., Джинорідзе Н.М., Кузьменко Е.Д., Мироненко В.А., Мольський Е.В., Руминін В.Г., Рудько Г.І., Семчук Я.М., Тєсля Н.І., Шокін Ю.П., Янін Е.П та інші. Результати досліджень цих науковців дозволили закласти теоретичні основи та впровадити на практиці методи захисту геологічного середовища в гірничо-видобувних соленосних районах.

Проте проблема, що розглядається, є складною та багатогранною і ще далека від свого вирішення.

Основними з калійних родовищ Передкарпаття є Калуш-Голинське і Стебницьке, що розробляються більше 100 років. Родовища приурочені до внутрішньої зони Передкарпатського передового прогину, що зумовлює їх складну тектонічну будову. Промислові поклади калійних солей належать до ворогиченських, стебницьких та балицьких відкладів та представлені каїнітом, лангбейнітом і полігалітом. Перспективні для розробки на Передкарпатті є Рунгурське, Делятинське, Блажєвське калійні родовища.

У розділі детально розглянуті наслідки техногенного впливу шахтної розробки Калуш-Голинського і Стебницького Прикарпатських калійних родовищ на навколишнє середовище.

На Калуш-Голинському (рудники Калуш, Голинь, Ново-Голинь) та Стебницькому (рудники №1, №2) калійних родовищах, де застосовувалась камерна система розробки з відкритим очисним простором, покрівля якого підтримується міжкамерними ціликами. Цілики з часом деформуються і проходять незворотні зміни геологічного середовища, гідрохімічної та гідродинамічної обстановки над підробленою територією. Зміни викликають зсув гірських порід покрівлі у бік відпрацьованого простору та активізації карстово-провальних процесів і, як наслідок, деформацію земної поверхні, провалоутворення, руйнування об'єктів, затоплення земельних угідь. Провали стають каналами гідродинамічного зв'язку між поверхневими, підземними і шахтними водами, що викликає: засолення підземних та поверхневих вод; підвищення напорів підземних вод і зростання швидкості фільтрації; появу нових об-

ластей живлення і розвантаження водоносних горизонтів (у тому числі і техногенно створених).

Накопичений науковий і практичний досвід застосування природоохоронних заходів не забезпечує збереження родовищ та запобігання нових техногенних катастроф - за останні 15 років було затоплено 3 рудники та сталися дві крупні аварії, тому перспективність проведення досліджень у цьому напрямку не викликає сумніву.

На основі проведеного аналізу сучасного стану проблеми сформульовано мету та завдання дисертаційної роботи.

У другому розділі подано результати статистичного аналізу та лабораторних досліджень за зміною: мінералізації підземних, поверхневих і шахтних вод, їх рівнів та геодинамічної обстановки над затопленим рудником «Калуш», що проводяться протягом 15 років із моменту його ліквідації.

Для зменшення осідання земної поверхні, збереження суцільності водозахисної стеліни і зниження негативного впливу солевідходів на довкілля застосовується закладка виробленого простору рудників.

Найбільш ефективним за продуктивністю і якістю є гідравлічний спосіб закладки, що забезпечує практично 100 % закладання відпрацьованого простору. Він застосовується при надходженні надсольових вод у рудник, що може привести до природного затоплення, спосіб реалізують, шляхом регульованого затоплення порожнин. Матеріал закладки - вода, розсоли з різною концентрацією солей, тверді відходи виробництва та їх суміш. Враховуючи розчинність соляних порід, необхідною умовою є не агресивність матеріалу закладки відносно порід, які складають виробки. Даним способом ліквідовано рудники Солікамська, Німеччини, „Калуш”, ліквідують - „Ново-Голинь” та „Стебник”.

У роботі детально розглянута гідравлічна закладка, шляхом регульованого затоплення, Північного та Центрального каїнітових полів рудника «Калуш» та її наслідки. Поштовхом до ліквідації стали значні зміни геологічного середовища в межах рудника: раптовий провал земної поверхні розміром 200×180×8,5 м; інтенсивний розвиток карстово-суфозійних процесів (утворилось 11 провалів діаметром до 34 м і глибиною до 22 м) (рис. 1, 2); наявність неконтрольованого постійно зростаючого припливу в рудник надсольових вод (200 м³/добу), все це викликало аварійну ситуацію –загрозу природного затоплення рудника. Для її запобігання проф. Семчуком Я.М. були розроблені основні положення схеми регульованого затоплення шахти.



Рис. 1. Наслідки раптового провалуутворення земної поверхні над відпрацьованими виробками шахти «Калуш» по вул. Вітовського м. Калуша.



Рис. 2. Провал №7, що виник серед новобудов м. Калуша (07.06.1987).

Дана схема є простою, економічною, екологічно безпечною та впроваджена в мінімальні строки. Просторова відокремленість полів рудника „Калуш”, різноманітність мінерального складу порід виробок, вимагали автономного заповнення відроблених просторів. Тому шахтне поле було розділено на три окремі ділянки двома гідроізоляційними перемичками. У першу, ввійшли виробки Центрального, в другу – Північного каїнітового, а в третю – виробки Хотінського полів.

Центральне поле затопили розсолами неагресивними до порід виробок, склад яких встановили дослідним шляхом, що мало виключити розчинення і вилугування міжкамерних ціликів, і запобігти зсуву поверхні. Затоплення проводилось 27 місяців (1988-90 рр.). Контролювали склад розсолів що зміни при невідповідності складу розсіл направлявся на донасичення. Закачано 1 млн. 210 тис. м³ розсолів.

Північне каїнітове поле заповнили ненасиченими розсолами, що не виключало розчинення міжкамерних ціликів у межах глибини розповсюдження техногенних тріщин, яка не враховується при розрахунку запасу міцності ціликів і не повинно привести до збільшення осідання земної поверхні. Ліквідація проходила протягом 16 місяців (1989-90 рр.). Закачано 1 млн. 240 тис. м³ розсолів.

Ліквідація Північного та Центрального каїнітових полів дозволила уповільнити, а частково і зупинити просідання земної поверхні та вберегти від руйнування важливі об'єкти і споруди.

До заливки над Центральним полем проходила початкова стадія просідання зі швидкостями 10-15 мм/рік. Під час заливки швидкості зменшувались і в 1990 році склали від 2 до 5 мм/рік. На кінець 2005 р. накопичене осідання складає на від 19 мм до 2,25 м. Максимальна швидкість - 3 мм/рік. Крім цього, спостереження вказує на протікання локальних процесів просідання зі швидкостями від 4 до 21 мм/рік біля засипаних провалів та стовбурів шахт.

До заливки максимальні швидкості осідання над Північним полем сягали 20-25 мм/рік. Під час заливки спостерігалось їх збільшення в 5-10 разів, а після закінчення осідання зменшилось до 5-8 мм/рік (рис. 3). Плавне осідання прослідковується по всій ділянці і складає на кінець 2005 року від 34 мм до 2,94 м. Максимальна швидкість осідання 5 мм/рік.

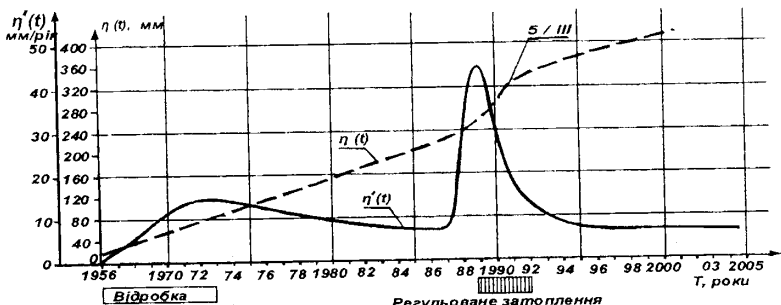


Рис. 3. Графік осідання (η) і швидкості осідання (η') на репері № 5/III (спостережного профілю III-III) Північного каїнітового поля.

За схемою ліквідації рудник „Калуш” мали затопити на 40 м нижче водоносного горизонту, щоб виключити його засолення, однак провали і зсув земної поверхні створили гідродинамічний зв'язок затоплених виробок з р. Сівкою, що сприяло дозатопленню рудника вище безпечного рівня і на даному етапі спостерігається розповсюдження ареалу засолення ґрунтів та підземних вод.

Для спостереження за наслідками та масштабами впливу затоплених виробок рудника „Калуш” на підземні і поверхневі води над Центральним та Північним каїнітовим полями у 1990 році була організована спостережна мережа складена: гідрогеологічними свердловинами і колодзями для спостереження за зміною мінералізації вод гравійно-галькових відкладів; глибоких свердловин, для дослідження зміни рівнів та мінералізації техногенно-створеного розсольного горизонту; пунктів спостереження за зміною мінералізації поверхневих вод. На основі її даних: розсоли у виробках насичені при концентрації 360-400 г/дм³, їх рівень у затоплених виробках утримується на рівні р.Сівки з 1994 р (тобто з цього часу підземні і поверхневі води є гідравлічно зв’язаними із шахтними розсолами), що привело до формування ареалу засолення підземних і поверхневих вод площею 47,5 га; при проходженні над затопленими виробками, води ріки Сівки збільшують мінералізацію на 2,3 – 13, 5 г/дм³; води гравійно-галькових відкладів після проходження піку мінералізації (9,76 г/дм³) у 2001 році (останнє провалутворення) утримують мінералізацію а межах 1 г/дм³ (± 0,25), крім проб відібраних у колодзях і свердловинах біля провалів і стовбурів шахт, тут мінералізація сягає – 4-6,5 г/дм³, що говорить про формування локальних ареалів засолення.

Для прогнозування розповсюдження наявних ареалів засолення в просторі і часі та для вибору і розробки максимально ефективних природоохоронних заходів, щодо їх локалізації і ліквідації, стала необхідною розробка систем автоматизованого просторово-часового прогнозування (САПР).

У третьому розділі проведено аналіз математичних моделей міграції і розсіювання забруднюючих речовин у водоносному горизонті та на основі даних лабораторних і натурних спостережень розроблено математичні моделі і відповідні їм САПР „Еколог” і „Ореол”, що відтворюють і моделюють механізми змін мінералізації підземних вод у районі впливу підземних джерел забруднення.

На основі даних спостережної мережі для прогнозування зміни концентрації підземних вод з часом, під впливом виносу солей у випадку повного заповнення каналу зв’язку між шахтними розсолами і підземними водами, була розроблена математична модель розрахунку прогнозування розповсюдження забруднюючих речовин по каналах гідродинамічного зв’язку, що лягла в основу САПР „Еколог”. САПР „Еколог” прогнозує кількісний вплив дифузійного винесення солей у вищезалегачий водоносний горизонт, у випадку повного заповнення каналу зв’язку шахтними розсолами, з відтворенням результатів зміни мінералізації підземних вод у часі.

Задача полягала у розв’язанні рівняння дифузійної міграції (теплопровідності) – закон Фіка:

$$\frac{dC}{dt} = D \cdot \frac{d^2C}{dx^2}, \quad t > 0, \quad 0 < x < h \quad (1)$$

$$\text{з початковою умовою } - C(0, x) = C^0, \quad (C^0=0,58 \text{ г/дм}^3); \quad (2)$$

та граничними умовами:

а) на відмітці критичного рівня розсолів (підшві водоносного горизонту):

$$C(t, 0) = C_0, \quad (C_0=350 \text{ г/дм}^3); \quad (3)$$

б) на перерізі каналу зв’язку:
$$\frac{\partial x(t, h)}{\partial t} = - \left(\frac{D_k}{h} \cdot \frac{\partial C}{\partial x} - \frac{V_g}{h} \cdot C \right) \Big|_{x=h} \quad (4)$$

У формулах (3-6): C^0 - мінералізація вод водоносного горизонту, г/дм³; C - концентрація солей, г/дм³; t - час, доба; x - ордината, яка відраховується від рівня високо мінералізованих розсолів у напрямку знизу-вверх; C_0 - мінералізація шахтних розсолів, г/дм³; D_k - коефіцієнт молекулярної дифузії в каналі зв'язку, см²/с; V_g - дійсна швидкість припливу розсолів з каналу зв'язку, см/с; h - глибина на якій розташовано затоплену шахтну виробку, (м).

Задачі 1 і 4 розв'язані чисельним методом. Змінні t та x дискретизовано із сталими кроками Δt і Δx , тобто знайдено значення функції $C(t, x)$ у вузлах дискретної сітки: $x_i = i \cdot \Delta x$, $i = \bar{0}, \bar{M}$; $t_j = j \cdot \Delta t$, $j = \bar{0}, \bar{N}$.

Одержати значення невідомої функції в кожний наступний момент часу t_{j+1} , маючи її значення в момент часу t_j у всіх внутрішніх точках x , можна позначивши $C_{i,j} = C(t_j, x_i)$, через різницевий аналог рівняння (1)

$$C_{i,j+1} = C_{i,j} + \Delta t \cdot D_k \cdot \left(\frac{C_{i+1,j} - 2C_{i,j} + C_{i-1,j}}{\Delta x^2} \right), \quad (5)$$

при цьому початкова умова (2) веде до $C_{i,0} = C^0$ (6), а з граничної умови (3) одержуємо $C_{j,0} = C_0$ (7).

У граничних точках x_0 значення $C_{j,0}$ задає рівність (7), а в x_M значення $C_{M,j+1}$ знаходимо з різницевого аналогу рівняння (4) позначивши $C_{i,j} = C(t_j, x_i)$:

$$C_{M,j+1} = C_{M,j} - \Delta t \cdot \left(\frac{D_k}{h} \cdot \frac{C_{M,j} - C_{M-1,j}}{\Delta x} - \frac{V_g}{h} \cdot C_{M,j} \right). \quad (8)$$

Підібравши відповідним чином значення Δt та Δx для збіжності описаного різницевого методу, із врахуванням експериментально встановлених початкових і граничних умов на основі даних спостережень на руднику "Калуш" з 1990-2005 рр. та ввівши їх в розроблену САПР „Еколог”, одержали (рис.4).

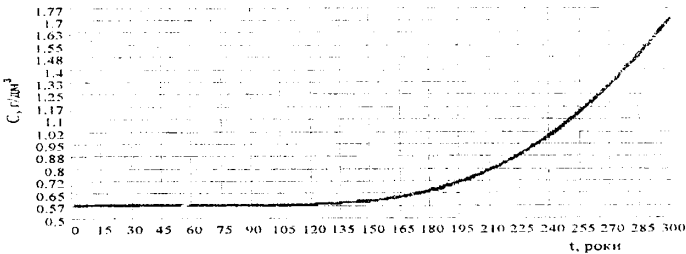


Рис. 4. Графічний результат роботи САПР „Еколог”. Графік зміни мінералізації підземних вод з часом під впливом привнесень солей із каналів зв'язку шляхом молекулярної дифузії.

З метою: кількісної оцінки процесу площинного розповсюдження ареалів засолення у підземному водоносному горизонті та визначення концентрації забруднюючої речовини у будь-який час і будь-якому місці ареалів; прогнозування форми і розмірів ареалів та їх просторово-часових змін; було розроблено математичну модель тривимірного прогнозування розповсюдження забруднюючих речовин у підземному водоносному горизонті та на її основі САПР „Ореол”.

В основу САПР „Ореол” покладено розв'язання тривимірного імовірнісного диференціального рівняння випадкового дифузійного процесу з вектором переносу та матрицею дифузії при площинному розповсюдженні забруднення у підземному водоносному горизонті.

Траекторія руху частинки в середовищі під дією теплового руху молекул середовища та макроскопічного руху описується, як реалізація $\bar{x}(t)$ випадкового дифузійного процесу з вектором переносу \bar{a} та матрицею дифузії B . Такі реалізації одержують, розв'язавши стохастичне диференціальне рівняння:

$$d\bar{x}(t) = \bar{a} \cdot dt + B \cdot d\bar{w}(t) \quad (9)$$

де $\bar{w}(t)$ - тривимірний стандартний вінерівський процес, з початковою умовою $\bar{x}(0) = \bar{x}_0$.

Знайшовши ймовірність $P(t, \bar{x}_0, T)$ попадання дифузійного процесу, який стартував у точці \bar{x}_0 , за час t в область Γ , знаходимо концентрацію забруднювача в кожній точці \bar{x}_0 водоносного горизонту в будь-який момент часу t :

$$C(t, \bar{x}) = C_0 \cdot v \cdot \lim_{V(\Gamma_{\bar{x}}) \rightarrow 0} \frac{1}{V(\Gamma_{\bar{x}})} \int_0^t d\tau \int_E P(\tau, \bar{y}, \Gamma_{\bar{x}}) d\bar{y}, \quad (10)$$

де $\Gamma_{\bar{x}}$ - окіл точки \bar{x} ; $V(\Gamma_{\bar{x}})$ - об'єм області $\Gamma_{\bar{x}}$; E - область поступлення у водоносний горизонт забруднювача.

Результат представлено у вигляді матриці: перший стовпчик відповідає за розповсюдження забруднення по осі OY , другий - OX , третій - OZ ; перший рядок дає нам значення концентрації забруднювача на віддалі 1 м від джерела по осі ореолу забруднення, другий - на $1/4$ віддалі до кінця ореолу забруднення, третій - на $1/2$ віддалі до кінця ореолу забруднення, четвертий - на $3/4$ віддалі до кінця ореолу забруднення, п'ятий - на кінці ореолу забруднення; та графіків (рис. 5).

$$\text{Con}(NT - 1, 0) \cdot C_0 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot v \cdot \text{rad}^2 \cdot 10^{-3} = \begin{pmatrix} 99.23 & 197.00 & 100.11 \\ 42.52 & 48.51 & 43.41 \\ 30.49 & 31.69 & 28.35 \\ 22.93 & 23.81 & 22.24 \\ 0.00 & 0.13 & 0.00 \end{pmatrix}$$

У четвертому розділі подано загальну характеристику способів захисту підземних та поверхневих вод від забруднення. Розроблено метод розрахунку допустимих об'ємів відведення розсолів у маловодні ріки, проведено розрахунки з приймальності та зони впливу на Кампанський водоносний горизонт (верхня крейда) захоронення надлишкових розсолів, для зменшення екологічної небезпеки засолення гідросфери в досліджуваному регіоні.

Для локалізації ареалу засолення, що виник під впливом витіснення високомінералізованих розсолів через провали та шахтні стовбурів автором запропоновано застосування баражних завіс по контуру ареалу, провалів, разом із зоною тріщинуватості, і стовбурів та приведено розрахунок впливу на одиницю довжини баражної завіси.

Сьогодні у наземних спорудах міститься 8 млн. m^3 розсолів із мінералізацією 370 г/дм^3 , ця величина щороку зростає на $1,8 \text{ млн. м}^3$ і після заповнення порожнин відпрацьованих калійних рудників вони будуть стравлюватись у поверхневі та підземні води в ще більших об'ємах. В якості спеціальних технічних водоохоронних способів захисту поверхневих та підземних вод від засолення нами розроблено метод розрахунку допустимих об'ємів відведення розсолів у маловодні ріки.

Розроблений метод проілюстровано на прикладі скиду розсолів калійного виробництва ВАТ „Оріана” у р. Сівку, що має статус рибогосподарської категорії водокористування, тобто загальний

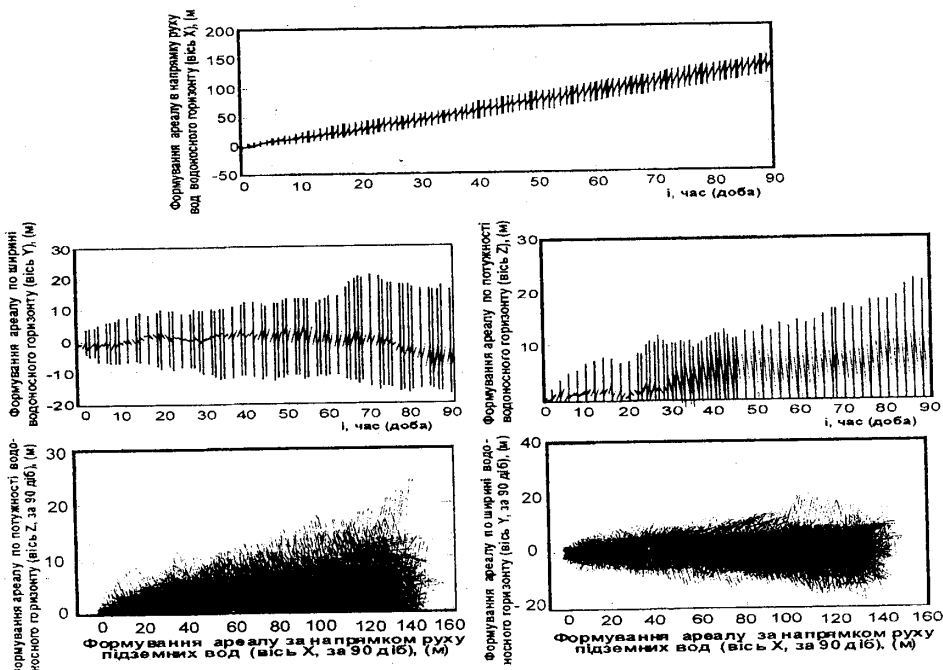


Рис. 5. Графічна інтерпретація результатів САПР „Ореол”.

солеміст не має перевищувати 1 г/дм³. Сьогодні він складає 1,67 г/дм³, тобто вже фонові мінералізація вод перевищує ГДК.

Середній хімічний склад розсолів, який планується скидати у ріку: Cl⁻ (104 г/дм³); SO⁴ (35 г/дм³); загальний солеміст (150 - 250 г/дм³). Оскільки хлориди є лімітуючим показником, по якому потрібна найбільша кратність розведення до ГДК, то регульований скид можна проводити лише з урахуванням вмісту хлоридів.

При існуючих витратах води асимілююча здатність р. Сівки вже повністю використана існуючими неконтрольованими скидами. Тому скид можливий лише в умовах проходження весняно-літніх повеней і паводків. Згідно проведених розрахунків за розробленою методикою встановлено, що при витраті води у ріці більше 20000 м³/год стає можливим регульований скид розсолів, що будуть асимілюватись рікою і не матимуть негативного впливу на її екологічний стан.

Для розрахунку відведення стоків у водний потік використовують рівняння (для консервативних речовин):

$$g = \gamma \times (Q/n), \quad (11)$$

де g - витрата стічних (скиданих) вод, м³/год; Q - витрата води в річці, м³/год; n - кратність розведення стічних вод річковою водою, разів; γ - коефіцієнт змішування.

Враховуючи інтенсивне перемішування водної маси в річці, яке зумовлене значними швидкостями

ми водного потоку, невеликими глибинами і значною нерівністю русла та дна, допускаємо майже повне перемішування річкових і стічних (скиданих) вод у контрольному створі; коефіцієнт $\gamma = 0,75$.

Кратність розведення одержуємо з формули:

$$n = (C_{ст} - C_{гдк}) / (C_{гдк} - C_{фон}), \quad (12)$$

де $C_{ст}$ - концентрація забруднюючої речовини в стічних водах, мг/дм³; $C_{фон}$ - концентрація забруднюючої речовини в річковій воді, мг/дм³; $C_{гдк}$ - гранично допустима концентрація забруднюючої речовини, мг/дм³.

Згідно проведених розрахунків, для розсолів з мінералізацією 250 г/дм³ кратність розведення $n = 436$ разів (для хлоридів), для розсолів з мінералізацією 150 г/дм³ кратність розведення $n = 335$ разів.

Для зменшення навантаження на гідростітку під час скиду розсолів, випуск розсолів повинен бути розосередженим (суміші розсолів з водою); регульованим, шляхом спостережень за витратою води у ріці та хіманалізом проб води, на основі яких корегується зміна витрати розсолів, які скидають.

Закачування розсолів у підземні поглинаючі водоносні горизонти пропонується для горизонтів, які не є об'єктами для водозабезпечення, бальнеологічних та інших цілей.

На Калуш-Голинському родовищі було споруджено дві поглинаючі свердловини на глибину до 2000 м, побудовано насосну станцію. Максимальна потужність закачування суміші розсолів і води (3:1) була 1000 м³/добу. Згодом закачування було припинено, а насосну станцію демонтовано в зв'язку із високою собівартістю закачуваних розсолів та на даному етапі, можна рекомендувати відновити нагнітання у зв'язку із загостренням проблеми утилізації розсолів.

Для скиду стоків, у межах району, виділено два перспективних горизонти: верхньоюрський, складений тріщинуватими, кавернозними вапняками потужністю більше 100 м і кампанський (верхня крейда), складений дрібнозернистими слабозцементованими пісковиками потужністю 80-250 м, що прослідковуються у вигляді смуги шириною 12-14 км, довжиною близько 70 км. Глибина залягання верхньоюрського горизонту більше 1500 м, кампанського – 1000 м. Потужна (1000 м і більше) товща неогенових порід складених глинистими породами із рідкісними і тонкими прошарками газоносних пісковиків, є надійним екраном, що гарантує безпеку захоронення розсолів у надрах.

Верхньоюрський горизонт не відрізняється постійністю фільтраційних властивостей, тому перспективним для скиду стоків є горизонт кампанських пісковиків, колекторні властивості якого, у межах досліджуваної площі, є витримані.

Згідно запропонованого методу підрахунком тисків необхідних для закачування різного об'єму розсолів у поглинаючі горизонти встановлено: кампанський горизонт при надлишковому тиску на гирлі свердловини 50-60 ат може приймати через одну свердловину до 900 м³/добу розсолів; юрський горизонт можна експлуатувати з тисками на гирлі 90-135 ат з приймальністю до 250 м³/добу розсолів. Тому кампанський горизонт, що володіє значно більшою приймальністю у порівнянні із юрським горизонтом, можна розглядати, як основний експлуатаційний горизонт, а юрський - рахувати резервним.

Для розрахунку ореолу розповсюдження розсолів від свердловини приймемо рух розсолів від свердловини по всій потужності пласта умовно рівномірним і радіальним, тоді радіус розповсюдження розраховується за формулою:

$$R^2 = \frac{V}{\pi \cdot M_{\text{эф}} \cdot n}, \quad (13)$$

де V – об'єм закачуваних розсолів, м^3 ; $M_{\text{эф}}$ – ефективна потужність пласта в м ; n – середня пористість порід колектора.

Проведений розрахунок розповсюдження розсолів у підземному горизонті показав, що при закачуванні $685 \text{ м}^3/\text{добу}$ їх об'єм через 50 років $V = 12,5 \text{ млн. м}^3$, а радіус ореолу розповсюдження розсолів у горизонті через 50 років становитиме $504,2 \text{ м}$.

Незважаючи на широке застосування в світі відведення надлишкових розсолів у водойми і ріки та утилізацію у підземні поглинаючі горизонти, їх слід розглядати як вимушені тимчасові природоохоронні заходи, які спрямовані на охорону водних об'єктів від засолення до впровадження способів і пристроїв та мало- і безвідходних технологій з переробки та утилізації розсолів.

У п'ятому розділі наведено хіміко-технологічні методи переробки високомінералізованих розчинів морського типу із зміною та без їх агрегатного стану. Розроблено установку і спосіб, призначені для переробки відходів калійного виробництва – високомінералізованих розсолів донасичених галітово-лангбейнітовим залишком, з метою одержання товарної продукції – кухонної та технічної солей і хлор-магнієвого розчину – сировини для виробництва штучного карналіту (міндобриво), що є екологічно-безпечними внаслідок замкнутості системи руху розчинів в установці із виведенням лише готової продукції, що сприяє покращанню екологічної ситуації регіону.

Враховуючи те, що на методі термічної переробки ґрунтуються розроблені спосіб та установка то основну увагу, у даному розділі, приділено оцінці та характеристикі процесів та установок з термічної переробки зі зміною агрегатного стану розчину.

Вихідною сировиною для досліджень були розсоли мінералізацією $350\text{-}365 \text{ г/дм}^3$ складу, мас. %: K^+ - 2.18; Mg^{2+} - 1.55; Na^+ - 4.39; Ca^{2+} - 0.02; Cl^- - 11.92; SO_4^{2-} - 1.83; H_2O - 78.11. Згідно розробленого способу, розсоли попередньо донасичували галітово-лангбейнітовим залишком сульфатної фабрики складу, мас. %: K^+ - 4.37; Mg^{2+} - 3.26; Na^+ - 18.12; Ca^{2+} - 2.24; Cl^- - 29.65; SO_4^{2-} - 21.31; H_2O - 13.07 в результаті одержали освітлений розчин складу, мас. %: K^+ - 1.93-2.10; Mg^{2+} - 1.33-1.48; Na^+ - 7.29-7.732; Cl^- - 15.46-16,08; SO_4^{2-} - 2.49-2.76; Ca^{2+} - 0.02-0.05 H_2O - 69.86-71.17, який обробляли гідролізованим аміачним поліакриламідом, відстоювали і декантували.

На основі досліджень вибрали оптимальний технологічний режим процесу підготовки розсолів для переробки: тривалість процесу донасичення 10 хв; співвідношення між розсолем і залишком – (3-4):1; температура донасичення від 30 до 40 °С.

Процеси випаровування супроводжуються витратою великої кількості дорогої пари нагрівання. Її зменшення можна досягти шляхами збільшення кількості корпусів у випарних установках або розширенням корисної різниці температур між розчином у першому та останньому корпусах. Підвищення температури випаровування в першому корпусі обмежується кристалізацією вторинних калійно-магнієвих мінералів, тому необхідно було дослідити граничні температури і можливу глибину випаровування донасиченого розсолу.

Багаторазове використання нагрівальної пари дозволяє суттєво зменшити її розхід на одержання кухонної солі та кондиційного лангбейнітово-полігалітового концентрату, тому, для підви-

щення ефективності використання теплоти гріючої пари необхідно розширювати інтервали температур випарювання між корпусами у вакуумно-випарювальній установці (ВВУ). Для цього досліджували процес випарювання донасиченого розчину при високих температурах, щоб встановити гранично можливий ступінь випарювання, при якому ще виділяється чиста сіль.

Значення граничного ступеню випарювання, при якому кристалізується чиста сіль, залежить від температури випарювання. Залежність граничної концентрації магнію у випарюваному розчині (C , %) від температури (t , $^{\circ}\text{C}$) може бути наближено описана емпіричним рівнянням Нивлта:

$$C = 7,9 - 0,0365 \cdot t \quad (14)$$

Вище вказаної концентрації кухонна сіль забруднюється твердими домішками калійно-магнієвих солей, тому перевищення її є неприпустимим.

У результаті досліджень встановлено, що при температурах випарювання у першому корпусі випарної установки від 120 до 140 $^{\circ}\text{C}$ донасиченого розчину, з концентрацією по магнію від 1,5 % до 4,5 %, при кількості корпусів установки 3 і більше в першому корпусі досягається концентрація магнію в розчині значно менша її граничної величини (C) і в тверду фазу кристалізується достатньо чистий NaCl . Домішки солей у осаді знаходяться, в основному, у вигляді розчину для просочування, і частково у вигляді кристалічних калійно-магнієвих солей. При досягненні визначеної концентрації магнію в розчині починає збільшуватись концентрація іонів калію, магнію і сульфатів у осаді. Максимально можлива кількість корпусів (до 6) обмежується величиною корисної різниці температур між корпусами та економічною доцільністю.

Основою для запропонованої установки, стала трикорпусна прямоточна вакуумно-випарювальна установка (ВВУ), за допомогою якої на калійному виробництві одержували технічну сіль. Установка містить три послідовно встановлені вакуумно-випарювальні апарати з винесеними камерами нагрівання і сепараторами змішування, та вимушеною циркуляцією розчину. В описаній установці одержується технічна сіль, яка є непридатною для споживання людьми внаслідок її забруднення калійно-магнієвими домішками. Установка не забезпечує виділення максимальної кількості корисної сировини, так-як випарювання закінчується стадією одержання солі, а одержані концентровані калійно-магнієві розчини повертаються в шламо- та хвостосховища.

Виходячи з проведених експериментальних досліджень, стало можливим збільшення температури випарювання у першому корпусі ВВУ і встановлення додаткового корпусу ВВУ, в результаті чого пропонується наступний режим випарювання (рис. 6). Спочатку розчин випарюється у високотемпературному 1 корпусі при температурі від 115 до 140 $^{\circ}\text{C}$ (оптимальна 137 $^{\circ}\text{C}$ (± 2 $^{\circ}\text{C}$)) тиск у сепараторі першого корпусу від 0,11 до 0,22 МПа, потім при температурі від 95 до 110 $^{\circ}\text{C}$ у 2 корпусі (оптимальна 104 $^{\circ}\text{C}$ (± 5 $^{\circ}\text{C}$)) та після цього при температурі від 75 до 80 $^{\circ}\text{C}$ у 3 корпусі (оптимальна 78 $^{\circ}\text{C}$). Із 3 корпусу суспензія кухонної солі виводиться на гідроциклон, де розділяється. Для видалення з одержаної солі домішок, осад після випарювання необхідно репульпувати вихідним донасиченим розчином, у співвідношенні 1:1 протягом 5 хв, і після цього його відділити від розчину і промити водою. В сумарній кількості 10 % від маси солі. У результаті одержали промиту сіль складу (табл. 1), яка відповідає продукту вищого гатунку (ДСТУ 3583-97). Ступінь випарювання розчину для виділення кухонної солі без домішок - 48,7 %, а ступінь виділення продукту із розчину складає 79,0 %.

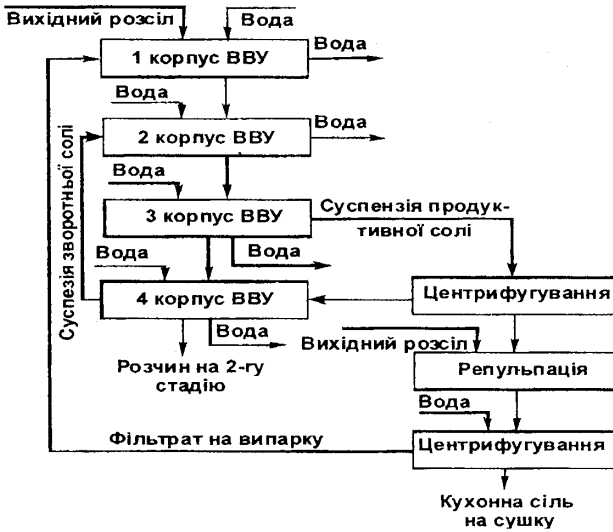


Рис. 6. Блок-схема чотирьохкорпусної ВВУ для випарювання донасичених розчинів.

Таблиця 1.

Середній хімічний та сольовий склад розчинів, що поступають і одержують на установці.

Назва продукту	Склад, мас. %							Склад солей, мас. %					
	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	H ₂ O	MgSO ₄	MgCl ₂	KCl	NaCl	CaSO ₄	H ₂ O
Вихідний розчин	2,10	1,47	0,01	7,29	15,46	2,7	70,97	3,35	3,11	4,0	18,53	0,03	70,97
Розчин з I корпусу	2,97	2,08	0,01	6,49	15,98	3,82	68,65	4,76	4,39	5,67	16,50	0,03	68,65
Розчин з II корпусу	3,84	2,7	0,01	5,69	16,5	4,94	66,32	6,16	5,71	7,32	14,46	0,03	66,32
Розчин з III корпусу	4,72	3,31	0,01	4,89	17,03	6,06	63,98	7,56	6,99	9,0	12,43	0,03	63,98
Розчин з IV корпусу	5,59	3,92	0,02	4,09	17,55	7,18	61,65	8,93	8,28	10,66	10,39	0,06	61,65
Непромита сіль	1,16	0,42	0,03	34,19	53,96	1,51	8,73						
Промита сіль	0,08	0,04	0,01	36,98	57,05	0,13	5,73						

Аналіз результатів досліджень показав, що випарений розчин після виділення NaCl за складом практично відповідає розчину після першої стадії випарювання і його разом із основним потоком можна подавати на другу стадію випарювання. Згущена суспензія кухонної солі виводиться на розділення в центрифугі з виведенням продуктивної солі, а розчин з концентрацією магнію 3,0-3,8 % поступає на випарювання в 4 корпус при температурі від 47 до 55 °С, оптимальна 53 °С, де випаровується до кінцевої концентрації (4,0-4,5 % Mg²⁺). Одержана в 4 корпусі суспензія забрудненої солі розділяється на гідроциклони, розчин поступає на другу стадію випарювання, а згущена суспензія насосом повертається у другий апарат, в якому викристалізовані раніше домішки розчиняються, а кристали кухонної солі виводяться з потоком у 3 корпус, звідки у вигляді готового продукту виводяться.

Тверді фази у всіх корпусах ВВУ представлені NaCl. У четвертому корпусі можливі домішки KCl. Температура зворотної води: взимку від 20 до 22 °С, влітку від 26 до 28 °С. Мінералізація зворотної води за сумою солей від 1,5 до 2,0 мас. %.

Продуктивність установки: а) вихідний розсіл - 90 т/год; б) кухонна сіль - 14 т/год; в) технічна сіль - 12 т/год; г) випарена вода - 48,7 т/год. Додаткові капіталовкладення - 3262,4 тис. грн. Економічний ефект - 1203,79 тис. грн/рік. Окупність - 3-3,5 роки в залежності від режиму експлуатації.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення і вирішення наукової задачі зі зменшення наслідків впливу керованого затоплення калійних шахт Прикарпаття на навколишнє середовище, шляхом розробки та впровадження науково-технічних природоохоронних методів і засобів.

Основні наукові і практичні результати дисертаційної роботи наступні:

1. На підставі виконаного аналізу та проведених досліджень впливу затоплених калійних шахт на довкілля встановлено, що основним джерелом сольового забруднення поверхневих і підземних вод є розміщені у виробках високомінералізовані розсоли ($350 - 400 \text{ г/дм}^3$), забруднення гідроосфери проходить через канали гідродинамічного зв'язку (карстові провали, стовбури свердловин і шахт), між розсолами затоплених шахт і водоносними горизонтами.

2. Запропоновано, для зменшення наслідків впливу керованого затоплення шахт на довкілля, застосувати метод спорудження баражної завіси з місцевих водонепроникних матеріалів навколо вже існуючих провалів і виділений у результаті досліджень ареалів засолення.

3. Розроблена та впроваджена математична модель розрахунку прогнозування розповсюдження забруднюючих речовин по каналах гідродинамічного зв'язку зі створеними на її основі методикою, та САПР „Еколог”, з метою кількісної оцінки впливу виносу солей із затоплених гірничих виробок у підземні та поверхневі водоносні горизонти, шляхом молекулярної дифузії.

Після реалізації даної моделі, для рудника „Калуш”, встановлено, що забруднення водоносного горизонту, за рахунок виносу солей шляхом молекулярної дифузії, носитиме локальний характер і проявиться лише через 130 років після заповнення каналу зв'язку прісними водами (при коефіцієнті молекулярної дифузії із каналу зв'язку $D_w = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ і швидкості руху підземних вод $1,5 \text{ м/добу}$).

4. Розроблена та впроваджена математична модель тривимірного прогнозування розповсюдження забруднюючих речовин у підземному водоносному горизонті зі створеними на її основі методикою, та САПР „Ореол”, для прогнозування процесу площинного розповсюдження ареалу сольового забруднення у підземних водоносних горизонтах. З її допомогою можна: визначити концентрацію забруднюючої речовини у будь-який час, у будь-якому місці ареалу забруднення; дати прогноз щодо форми, розмірів, швидкості просування і зміни у часі та просторі ареалу забруднення у підземних водах; підібрати і впровадити конкретні, максимально ефективні природоохоронні заходи для попередження, локалізації і ліквідації наявного та можливого забруднення.

5. Розроблено метод зменшення негативного впливу на довкілля розсолів, які витісняються із затоплених калійних шахт, шляхом скиду розсолів у маловодні водотоки, підчас повеней і паводків, з урахуванням їх асимілюючих властивостей. Дослідженнями встановлено, що кратність розведення для розсолів концентрацією 250 г/дм^3 має становити 436 (разів для хлоридів, як по переважаючому компоненту), при середній витраті води в річці $7500 \text{ м}^3/\text{год}$ можна скинути $12,9 \text{ м}^3/\text{год}$.

309,63 м³/добу або 113 тис. м³/рік, за умови постійного гідромоніторингу поверхневих вод.

2. Запропоновано відновити утилізацію надлишкових розсолів методом скиду у підземні водоносні горизонти. Для підтвердження його економічної та екологічної доцільності, можливості практичної реалізації, проведено розрахунки приймальності і зони впливу на водоносний горизонт заохоронення надлишкових розсолів. Розрахунками встановлено, що через одну поглинаючу свердловину можна утилізувати від 680 до 890 м³/добу (від 240 до 325 тис. м³/рік) розсолів, а радіус їх розповсюдження у водоносному горизонті через 50 років становитиме всього 504,2 м.

3. Розроблено термічні установка і технологія з переробки відходів полімінеральних калійних руд (розсолів до 630 тис. м³/рік), з одержанням кінцевих продуктів – кухонної – 14 т/год та технічної – 12 т/год солей і сировини для виробництва штучного карналіту (мінеральне добриво).

СПИСОК ОПУБЛЮКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Семчук Я.М., Малишевська О.С. Дослідження процесів розчинення та вилуговування соляних порід для оцінки наслідків затоплення калійних шахт // Хімічна промисловість України. 2002. - №1, с. 9-12.
2. Семчук Я.М., Малишевська О.С. Дослідження порушення соляного масиву навколо виробок калійних шахт та впливу вологості на міцність порід // Уголь України. – 2002. - №2-3, с. 22-23.
3. Малишевська О.С., Семчук Я.М., Бараненко О.Б. Підземне заохоронення промислових стоків // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2004. - №3. – С. 35-38.
4. Малишевська О.С., Семчук Я.М., Книгініцька Л.П. Екологічні проблеми при ліквідації калійних видобувних підприємств Прикарпаття // Екотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. - №3. – С. 51-56.
5. Малишевська О.С. Регульований скид високо мінералізованих розсолів у поверхневій водотоки, як вимушений тимчасовий захід їх знешкодження // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2004. – Вип. 4/2004 (27). – С. 162-164.
6. Малишевська О.С., Семчук Я.М., Книгініцька Л.П. Екологічна ситуація в районах розробки та переробки полімінеральних калійних руд Прикарпаття // Екотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. - №4. – С. 47-53.
7. Малишевська О.С. Геофільтраційна модель визначення зміни концентрації забруднюючих речовин по каналах гідродинамічного зв'язку на прикладі затоплених калійних виробок Калуш-Голинського родовища // Екотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. - №5. – С. 58-63.
8. Малишевська О.С. Соляні шахти Прикарпаття. Водоохоронні заходи у районі затоплених гірничих виробок // Хімічна промисловість України. – 2004. - №3. – С. 37-42.
9. Деклараційний патент України № 67391 А. Малишевська О.С., Семчук Я.М., Бараненко О.Б. Спосіб прогнозування розповсюдження забруднюючих речовин по каналах гідродинамічного зв'язку. Бюл. № 6, 15.06.2004. МПК G01V5/00, 9/00.
10. Патент України № 75177. Книгініцька Л.П., Семчук Я.М., Малишевська О.С. Спосіб переробки відходів, одержаних при переробці полімінеральних калійних руд. Бюл. №3, 15.03.2006. МПК C01D3/00.
11. Патент України № 76241. Книгініцька Л.П., Семчук Я.М., Малишевська О.С. Установка для переробки відходів одержаних при переробці полімінеральних калійних руд. Бюл. №6, 15.06.2006. МПК

B01D 1/12.

12. Малишевська О.С. Аналіз дослідження механізму розчинення калійних солей // Матеріали науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу ІФНТУНГ. - м. Івано-Франківськ, 2002 р - С. 31-33.
13. Семчук Я.М., Малишевська О.С. Методи боротьби з припливами вод і розсолів на калійних рудниках // Там же. С. 33-34.
14. Малишевська О.С. Вимоги до методів вивчення ареалів розсіювання забруднюючих речовин в підземних водах // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції „Україна наукова”. Том 15. Екологія. – Дніпропетровськ – Івано-Франківськ: Наука і освіта, 2003. - С. 18-19.
15. Малишевська О.С. Причини виникнення карстових лійок та розсолонпроявів на солоносних родовищах Передкарпаття // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції „Проблеми комплексного освоєння горнодобуваючих регіонів” – Дніпропетровськ – Кривий Ріг: 2003. - С. 39-40.
16. Семчук Я.М., Малишевська О.С. Вплив регульованого затоплення калійних шахт рудника „Калуш” на довкілля // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції „Динаміка наукових досліджень „2003”. Екологія. Дніпропетровськ – Черкаси - Одеса: Наука і освіта, Том 14, 2003. - С. 45-46.
17. Малишевська О.С., Бараненко О.Б. Проблема підтоплення на техногенно порушених територіях і можливі шляхи її вирішення // Матеріали II Міжнародній науково-практичній конференції „Нагальні питання вирішення проблеми підтоплення ґрунтовими водами територій міст та селищ міського типу” (м. 28-31 жовтня 2003 р). –Харків: Товариство «Знання» України. - 2003. - С. 23-25.
18. Малишевська О.С., Семчук Я.М. Регульований скид розсолів калійного виробництва у поверхневі водотоки, як вимушений тимчасовий захід їх знешкодження // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених „Екологія. Людина. Суспільство.” – Київ: КПІ «Видавництво «Політехніка». - 2004. - С. 146.
19. Малишевська О.С. Утилізація промислових стоків пляхом закачування у підземні водоносні горизонти // Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції „Динаміка наукових досліджень „2004””. Екологія. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, Том 33, 2004. - С. 51-52.
20. Малишевська О.С., Семчук Я.М. Проблема утилізації розсолів калійного виробництва та шляхи її вирішення // Матеріали III Всеукраїнської науково-методичної конференції „Безпека життя і діяльності людини – Освіта, Наука, Практика”. Рівне: УДУВГП. - 2004. - С. 173-175.
21. Малишевська О.С. Водоохоронні заходи в районі затоплених гірничих виробок калійних шахт // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції „Наука і освіта „2004””. Екологія. – Дніпропетровськ – Наука і освіта, Том 58, 2004. - С. 43-45.
22. Малишевська О.С. Моделювання площинного розповсюдження речовин у підземних водах // Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції „Наука і освіта „2005””. Екологія. – Дніпропетровськ – Наука і освіта, Том 15, 2005. - С. 54-55.

АНОТАЦІЯ

Малишевська О.С. Науково-технічні методи і засоби зменшення техногенного навантаження на довкілля в районі затоплених калійних шахт (на прикладі рудника „Калуш”). - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 - екологічна безпека. - Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. Івано-Франківськ, 2006.

Дисертацію присвячено проблемі зменшення техногенного впливу калійних шахт на довкілля шляхом розробки науково-технічних методів та засобів.

Проведений аналіз і встановлено масштаби гідрохімічного та гідродинамічного впливу затоплених калійних шахт на довкілля.

Доведено переваги регульованого затоплення для ліквідації соляних шахт шляхом аналізу даних з просідання, зсувів і провалів.

Розроблені методика тривимірного прогнозування, математичні моделі і програми, для встановлення масштабів та прогнозу розповсюдження забруднення у підземних водах.

Обґрунтовано переваги переробки розсолів над закачкою в підземні і скидом у поверхневі води.

Удосконалено технологію випаровування розсолів, встановлено склад і технологію підготовки калійних відходів для переробки на розробленій випарній установці. Розроблено замкнуту екологічно-безпечну схему переробки відходів.

Ключові слова: калійні солі, ліквідація соляних шахт, довкілля, випарювання, екологічна безпека.

АННОТАЦИЯ

Малишевская О. С. Научно-технические методы и средства уменьшения техногенной нагрузки на окружающую среду в районе затопленных калийных шахт (на примере рудника "Калуш"). - 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, 2006.

Диссертация посвящена экологической проблеме уменьшение техногенного влияния калийных шахт на окружающую среду путем разработки научно-технических методов и средств.

Доказано преимущество применения регулируемого затопления над другими методами для ликвидации соляных шахт, которые имеют приток надсолевых вод в выработки путем анализа имеющихся данных по проседанию земной поверхности, сдвигов и провалов. А также с экологической и экономической точек зрения (полнота заполнения отработанного пространства шахтных выработок составляет практически 100 %, в качестве материала закладки используют отходы калийного производства – рассолы и шлам).

На основании выполненного анализа и проведенных исследований влияния затопленных калийных шахт на окружающую среду установлены масштабы гидрохимического и гидродинамического влияния вытесненных рассолов из затопленных шахтных выработок на подземную, и поверхностную гид-

росферы. В результате доказано, что основным источником солевого загрязнения поверхностных и подземных вод в районе ликвидированных калийных шахт, методом регулируемого затопления, являются размещенные в шахтных выработках высокоминерализованные рассолы ($350 - 400 \text{ г/дм}^3$).

Установлено, что загрязнения гидросферы проходит через каналы гидродинамической связи между рассолами затопленных шахт и водоносными горизонтами. Каналами связи, в данном случае, выступают карстовые провалы, стволы буровых скважин и шахт.

В результате теоретических и практических исследований разработаны методика трехмерного прогнозирования распространения загрязняющих веществ в подземном водоносном горизонте, математические модели и системы автоматизированного пространственно-временного прогнозирования. Данные научно-исследовательские разработки позволяют: определять концентрацию загрязняющего вещества в любое время, в любом месте ареала загрязнения; прогнозировать форму, размер, скорость продвижения и изменение в пространстве и времени ареала загрязнения в подземных водах; подбирать и внедрять конкретные, максимально эффективные природоохранные методы для предупреждения, локализации и ликвидации существующего и возможного загрязнения. Разработанные на основе математических моделей и методик программные продукты значительно ускоряют и упрощают процессы прогнозирования и моделирования, что значительно сокращает выделение средств на последующий мониторинг окружающей среды ликвидированных рудников.

Обоснованы преимущества переработки рассолов в сравнении с закачкой в подземные водоносные горизонты и отводом в поверхностную гидросеть.

Разработаны технология и регламент сброса рассолов в маловодные реки во время паводков с учётом их ассимилирующей способности.

Усовершенствована технология утилизации высокоминерализованных рассолов путем их выпаривания вакуумно-испарительных установках, установлен оптимальный состав исходного сырья (высокоминерализованных рассолов донасыщенных по NaCl отходами переработки полиминерального калийного производства), для переработки на испарительной установке.

Разработана технология подготовки рассолов и отходов калийного производства для переработки, определён оптимальный режим работы промышленных установок, что в совокупности дает возможность реализовать в промышленных условиях замкнутую экологически-безопасную схему переработки соляных отходов на товарную продукцию – техническую и кухонную соли, хлормagneзиевую щёлочь – сырьё для производства искусственного карналлита (минерального удобрения).

Ключевые слова: калийные соли, ликвидация соляных шахт, окружающая среда, выпаривание, экологическая безопасность, закачка стоков, сброс стоков, природоохранные мероприятия.

ABSTRACT

O.S. Malyshevska. Scientific and technical methods and means of man-caused burden reducing on the environment in the region of water sealed potassium mines (using the example of the mine "Kalush"). – Manuscript.

This thesis is for scientific academic degree taking of candidate of technical science by the specialty 21.06.01 - environmental safety. Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas. Ivano-Frankivsk, 2006.

The thesis is devoted to the ecoproblem of man-caused impact reducing of potassium mines upon the environment by means of development of scientific and technical methods and means.

The analysis of in-depth study of influence of water sealed potassium mines on the environment is carried out. Hydrochemical and hydrodynamical scopes are determined concerning the impact of displacement of mine salt water out of water sealed productions upon underground and surface hydrosphere.

The advantages are shown concerning the application of controlled water sealing for abandonment of the salt-mines which have per salt water increment into their productions by means of data analysis of earth surface drawing, slides and gaps.

Methods of three-dimensional prediction of contaminants spreading into underground water-bearing stratum are developed. Mathematical models and computer-aided systems of space-time forecast for scales determination and time-space change forecast of salt water pollution of underground water-bearing stratum are worked out.

The advantages of salt water processing in comparison with the pumping of elevation of water and liquid extraction into areal river network are given.

The recycling technology of highly mineralized salt waters is improved by means of evaporation. The optimal composition of outgoing raw materials is determined and the waste substances preparation technology of potassium production for recycling on the developed evaporator system is provided. The optimal run of full-scale plants is found which had given an opportunity to provide closed environmentally harmless pattern of salt waste to commodity output.

Key words: potassium salts, salt-mines abandonment, environment, evaporation, environmental safety, wastewater pumping, sewage disposal.

