

502.174  
Ш66

**ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ**

**Шкіца Леся Євстахіївна**



УДК 551.131

**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГІРНИЧОПРОМИСЛОВИХ  
КОМПЛЕКСІВ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ**

П/ІНВ

**Спеціальність: 21.06.01 - екологічна безпека**

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора технічних наук



## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Для нашої держави на поточному етапі розвитку та в її найближчому майбутньому значну і все зростаючу роль буде мати проблема закриття гірничих підприємств та трансформації техногенних ландшафтів в природний стан, наскільки це можливо з точки зору технічних, технологічних, економічних умов в контексті вирішення пріоритетних екологічних проблем. Значна кількість гірничопромислових комплексів або вже реалізувала свій економічно доцільний ресурсний резерв корисних копалин, або потребують нової методологічної основи з точки зору реалізації екологічної безпеки довкілля. В Західному регіоні України в найближчі роки будуть послідовно ліквідовані вугільні шахти Львівсько-Волинського басейну, соляні рудники та кар'єри Передкарпаття, сірчані кар'єри, отже є необхідність визначення основних оптимізаційних заходів щодо керованого контролю станом довкілля після завершення гірничодобувної діяльності та ліквідації гірничопромислового комплексу. Головним і загальним недоліком існуючих досліджень є недостатня реалізація системного підходу в науковому вирішенні гірничо-екологічних завдань.

Вивчення та прогнозування небезпечних геологічних процесів та явищ є важливою складовою забезпечення екологічної безпеки території, зокрема, оцінка напружено-деформованого стану порід в місцях розвитку геомеханічних та інженерно-геологічних порушень і аналіз геохімічних змін в місцях накопичення гірничих відходів. Існує необхідність використання аналітичних та експериментальних досліджень для прогнозування стану довкілля в межах впливу гірничих підприємств та практична їх реалізація на гірничопромислових комплексах Західноукраїнського промислового регіону.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертація виконана у відповідності до Постанови Кабінету Міністрів України від 31.08.1999 р. №1606 „Про Концепцію поліпшення екологічного становища гірничодобувних регіонів України” та „Програми екологічної реабілітації гірничодобувних регіонів України”. Наукові та методологічні основи геоекологічного аналізу гірничопромислових комплексів дослідженні в рамках держбюджетної тематики Д-8-04-Ф „Дослідження нових технологій підвищення ефективності видобування вуглеводнів в тому числі з низькодебітних свердловин” (№держреєстрації 0104U004086). Виявлені потенційно-небезпечні зони розвитку деформацій з використанням методу природного імпульсного електромагнітного поля Землі на території Калуського гірничопромислового району (тема №2/2003-К „Проект на проведення комплексних геофізичних досліджень капстових явищ на території Прикарпаття та Закарпаття”, шифр

НТБ  
ІФНТУНГ



as1102

**Мета і завдання дослідження.** *Метою роботи є розробка та впровадження наукових та методологічних основ екологічної безпеки гірничопромислових комплексів на стадії ліквідації (на прикладі гірничодобувних підприємств Західноукраїнського промислового регіону).*

*Для реалізації вказаної мети в роботі вирішуються наступні завдання:*

- аналіз методів, засобів оцінки техногенних впливів гірничих підприємств на стан довкілля та способів відновлення території впливу;
- розробка наукових основ геоекологічного аналізу системи “гірниче підприємство – природне середовище” на різних стадіях функціонування;
- формулювання принципів екологічної безпеки гірничодобувних районів та методів контролю екологічної безпеки на стадії ліквідації гірничого виробництва;
- проведення комплексної оцінки впливу на довкілля процесу експлуатації соляних та сірчаних родовищ Передкарпаття;
- обґрунтування, дослідження, синтез методів керованого контролю техногенно-екологічною безпекою гірничопромислових комплексів;
- розробка наукового методу моделювання та прогнозування розповсюдження забруднення довкілля відходами гірничого виробництва;
- впровадження методів та заходів керованого контролю екологічною безпекою на території Яворівського та Калуського гірничопромислових комплексів.

**Об’єкт дослідження** – природно - техногенна система “гірниче підприємство – природне середовище” в межах Західноукраїнського регіону.

**Предмет дослідження** – методи та засоби забезпечення екологічної безпеки природно – техногенної системи гірничопромислового комплексу на стадії ліквідації.

**Методи дослідження.** Наукові основи аналізу природно – техногенних систем гірничопромислових комплексів ґрунтуються на використанні ретроспективного аналізу статистичної інформації про динаміку розвитку антропогенних змін природних компонентів в межах впливу гірничих комплексів, логічному аналізі літературних джерел та існуючих нормативних документів з обраного наукового напрямку. Методи числового моделювання використовувались для прогнозування розповсюдження забруднень довкілля шкідливими витоками із сховищ відходів гірничого виробництва та лежать в основі розробленого методу оцінки розповсюдження забруднень. Геофізичні дослідження методом природного імпульсного електромагнітного поля Землі дозволили оцінювати напружено-деформований стан гірських порід гірничопромислових районів. Картографічне моделювання лежить в основі створеної автоматизованої інформаційно-довідкової системи гірничого комплексу.

**Основні положення, що захищаються:**

- Методологія геоекологічного аналізу гірничопромислових комплексів.

- Принципи та методи контролю екологічної безпеки гірничодобувних районів.
- Нові способи моделювання та прогнозування забруднень довкілля відходами гірничого виробництва.
- Наукове обґрунтування трансформації природно-техногенних систем гірничих комплексів.
- Методи керованого контролю станом природно-техногенної системи гірничопромислового комплексу.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в наступному:

- вперше розроблені наукові основи геоекологічного аналізу гірничопромислового комплексу на різних стадіях функціонування, які базуються на розгляді природно-техногенної системи гірничого комплексу з точки зору ієрархічної, функціональної, компонентної структур з визначеними функціональними характеристиками антропогенних змін складових довкілля і дозволяють розробляти, впроваджувати ефективні методи та засоби моніторингу територій порушених гірничодобувною діяльністю;
- вперше розроблено метод прогнозування гідрохімічної ситуації в зоні впливу відходів гірничого виробництва на основі математичного моделювання гідродинамічних процесів фільтрації рідини в пористому середовищі через розв'язок задачі про дію плоского джерела, що вважався практично неможливим внаслідок складності аналітичного розв'язку просторової моделі;
- встановлено закономірності фільтрації шкідливих витоків з хвостосховищ в процесі формування ареалу забруднення ґрунтових вод, де джерелом шкідливих витоків вважається площа дна хвостосховища, яка моделюється множиною паралельних ліній, розташованих в одній площині з деяким кроком, на відміну від відомих раніше досліджень, що нехтували вивченням першоджерела формування ареалів розсіювання;
- набула подальшого розвитку методологія оцінки екологічної безпеки гірничого комплексу на основі аналізу зон техногенного впливу навколо окремих техногенних об'єктів гірничого комплексу та формування екологічної інформаційної системи гірничого комплексу з метою розробки програми відновлення втрачених властивостей природних ландшафтів у відповідності із характером змін;
- удосконалені принципи керованого контролю екологічною безпекою гірничопромислового комплексу, які ґрунтуються на врахуванні вимог в межах державних законів і програмних документів, виділенні і локалізації найбільш процесонебезпечних територій з проведенням оцінки техногенного ризику територій впливу гірничопромислових комплексів.

**Практичне значення одержаних результатів:**

- систематизовані порушення геологічного середовища в районах розробки родовищ корисних копалин з врахуванням складових технологічного процесу

видобутку породи та причинно - наслідкових схем формування порушень природного довкілля, які дозволять ефективно накопичувати та використовувати геоecологічну інформацію про стан довкілля;

- проведено комплексний екологічний аналіз гірничих комплексів Передкарпатської соленосної та сірконосної провінцій з точки зору їх впливу на екологічний стан геологічного середовища, який дозволив виділити зони з розвитком небезпечних геологічних процесів та запропонувати заходи щодо керованого контролю та управління екологічною безпекою Яворівського та Калуського гірничопромислового районів;

- запропонована методика та створений алгоритм реалізації математичної моделі розповсюдження забруднень від місць накопичення відходів гірничого виробництва дозволяють проводити прогностичні розрахунки для неоднорідних пористих середовищ з врахуванням фільтрації потоку ґрунтових вод та прогнозувати формування ареалів забруднень в реальних умовах;

- проведені еколого-геофізичні дослідження в районах розробок відкритим методом калійних та сірчаних родовищ дозволили визначити напружено-деформований стан гірських порід в зонах впливу гірничих підприємств та виділити процесонебезпечні ділянки;

- результати науково-дослідної роботи використовуються в навчальному процесі, як навчальні елементи дисциплін „Мінерально-сировинні ресурси” та „Регіональна екологія і природні ресурси України”;

- розроблена автоматизована інформаційна довідкова система гірничопромислового комплексу на стадії завершення експлуатації дозволяє виробляти екологічно оптимальні рішення на етапі ліквідації підприємства і використовується для оперативного задоволення потреб зацікавлених організацій та громадян щодо стану навколишнього середовища державним управлінням екології і природних ресурсів в Івано-Франківській області;

- запропоновані для розгляду доповнення до нормативних актів: „Гірничого закону України”, „Кодексу України про надра”, проекту закону “Про ліквідацію гірничих підприємств” на основі аналізу нормативно - правового забезпечення ліквідаційного процесу гірничого комплексу та проведених теоретичних досліджень.

**Особистий внесок здобувача** полягає у розробці наукових та методологічних основ екологічної безпеки гірничопромислових комплексів та способів їх впровадження. Дисертація виконана з використанням фактичного матеріалу, зібраного автором під час навчання в магістратурі Гірничого інституту (м.Алес, Франція) за спеціальністю „Безпека і охорона навколишнього природного середовища в гірництві” (2000-2001р.), проходження наукового стажування в Краківській гірничо-металургійній Академії ім.Сташца (Польща) на тему „Екологічна безпека сірчаних та соляних комплексів Польщі”(2002,2003р.), так і в

бібліотеках різних наукових та виробничих установ. Ідея роботи, постановка проблеми та шляхи її вирішення запропоновані автором. Експериментальні та прикладні дослідження, їх впровадження проводились за безпосередньою участю здобувача.

Особистий внесок здобувача у роботах, опублікованих у співавторстві, полягає в наступному: [1,24] - науково-методологічні основи системного підходу з метою розв'язку природоохоронних завдань гірничих комплексів; [2] - аналіз досвіду Франції у вирішенні питання реабілітації земель порушених гірничими роботами та способів подолання негативних явищ спровокованих гірничодобувною діяльністю; [3] - методологічні підходи до оцінки техногенно-екологічної безпеки соледобувних комплексів; [4] - функціональна структура природно-техногенних систем гірничих комплексів; [5] - оцінка екологічної ситуації гірничопромислових комплексів сірчаної галузі, які знаходяться на стадії ліквідації; [6] - методика керуючого контролю станом геологічного середовища гірничого комплексу після завершення експлуатації родовища; [7] - аналіз мінерально-сировинного комплексу Західного регіону України та систематизація екологічних проблем гірничопромислових районів; [11] – розробка механізму прогнозування зсувів; [12, 19, 24] - планування експериментів з дослідження напружено-деформованого стану території Домбровського кар'єру та виявлення потенційно-небезпечних зон розвитку деформацій; [16] - постановка завдання, розробка алгоритмів розрахунку; [17,18,26] - систематизація порушень геологічного середовища в районах розробки калійних родовищ при різних режимах розробки; [22] - аналіз та перелік аварій, пов'язаних з функціонуванням гірничих комплексів.

**Апробація результатів дисертації.** Результати дисертаційної роботи були представлені на IX науково-практичній конференції по моделюванню в прикладних наукових дослідженнях „НЕДРА-2002” (Одеса); V-ому Севастопольському Міжнародному семінарі „Фундаментальные и прикладные проблемы мониторинга и прогноза природных, техногенных и социальных катастроф” „СТИХИЯ-2002” (Севастополь); міжнародній науково-практичній конференції „The Carpathian geodata. Unification and evaluation for energy and environmental purposes” – „САРТА” (Яремча - 2002); міжнародному симпозиумі „Environnement – securite, protection et gestion” (Клуж - Напока - 2002, Румунія); республіканській науково-практичній конференції „Регіональні рекреаційні зони Українських Карпат: проблеми геоєкології і масового медико-оздоровчого використання” (Івано-Франківськ - 2003); 14-th International Scientific and Technical Conference (Закопане – 2003, Польща), Форумі гірників – 2003 (Дніпропетровськ); III Всеукраїнській науково-методичній конференції „Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика” (Рівне – 2004); науково-практичній конференції „Сучасний стан навколишнього природного середовища промислових та гірничопромислових регіонів. Проблеми та шляхи вирішення” (Алушта – 2004); 4-міжрегіональній нараді

„Екологічні і техногенні проблеми регіонів України в аспекті національної безпеки та шляхи їх вирішення” (Львів-2006).

**Публікації.** Результати дисертації опубліковані в 1 монографії, 17 статтях у наукових журналах, 3 збірниках наукових праць, 6 матеріалах конференцій, в тому числі 20 статей у фахових виданнях, з них 8 одноосібних.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел з 302 найменувань на 30 сторінках, 5 додатків на 56 сторінках. Повний обсяг – 378 сторінок, з них основний текст – 291 сторінка. Робота містить 53 рисунки та 12 таблиць (з них 30 на окремих сторінках).

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета, ідея та завдання досліджень, наведена наукова новизна і практична значимість, а також результати апробації та реалізації основних положень роботи.

У першому розділі проведений аналіз методів, засобів оцінки техногенних впливів гірничих підприємств на стан навколишнього середовища та способів відновлення території впливу.

Встановлено, що екологічний стан більшості гірничопромислових комплексів є критичним, а розширення масштабів порушення навколишнього середовища надалі випереджає ріст об'ємів та ефективності природоохоронних робіт. Негативні наслідки результатів гірничої діяльності безпосередньо пов'язані із складним технологічним процесом видобутку породи, який на сьогодні ведеться трьома методами: підземна розробка родовищ; відкрита розробка, геотехнологічний метод і формує такі джерела підвищеного екологічного ризику, як кар'єр, шахта, зони накопичення відходів виробництва (відвал, хвостосховище).

Проведений аналіз аварій та катастроф спровокованих гірничопромисловою діяльністю та систематизація екологічних наслідків цієї діяльності вказує на необхідність оцінки напружено-деформованого стану порід в місцях розвитку геомеханічних та інженерно-геологічних порушень та оцінки геохімічних змін в місцях накопичення гірничих відходів. Вивчення та прогнозування небезпечних геологічних процесів та явищ є важливою складовою забезпечення екологічної безпеки території.

Вчасно організовані спостереження дозволяють своєчасно прогнозувати і оцінювати характер і ступінь безпечності виникаючої ситуації та рекомендувати міри захисту. На сьогоднішній день достатньо широке розповсюдження отримали такі методи визначення показників екологічного стану довкілля: експериментальні (здійснюються за допомогою технічних засобів вимірів та контролю); розрахункові (здійснені за допомогою розрахунків з використанням параметрів, що знайдені іншим методом); експертні (базуються на врахуванні думок групи спеціалістів);



органолептичні (не передбачають використання технічних засобів вимірювань та контролю).

Гірничопромислова діяльність завжди приводить до зміни напруженого стану та деформаційних властивостей порід, які можуть привести до просідань земної поверхні над гірничими виробками, провалів, зсувів бортів кар'єрів і т.д. Вивчення напружено-деформованого стану масиву гірських порід лежить в основі виявлення різних геодинамічних явищ та дозволяє оцінювати та прогнозувати стабільність території.

Важливо вміти прогнозувати процеси геодинамічної активності гірських порід з метою попередження аварійних ситуацій. Геофізичні методи останнім часом знаходять все більш широке використання у вивченні цієї проблеми. Метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі доведений до практичного використання для рішення різних завдань, щоб отримати уточнену інформацію щодо розподілу зон підвищеного напружено-деформованого стану гірських порід і зон релаксації напружень для визначення меж території з можливим розвитком деформаційних процесів, а також визначити просторову неоднорідність в загальному полі механічних напружень. Головною перевагою вказаного методу варто вважати можливість проведення оперативного контролю геодинамічного стану докілья гірничого комплексу.

Негативний вплив на геологічне середовище мають відвали, ставки-накопичувачі соляних відходів (розсолів), які є джерелами засолення ґрунтів та підземних вод. При створенні сховищ шкідливих відходів виробництва у відкритих водоймах спостерігається проникнення рідини через дно водойми в ґрунт і подальша її фільтрація з формуванням ареалу. З екологічної точки зору важливе значення має форма і розміри ареалу, розподіл концентрації шкідливих відходів і термін формування.

З метою обґрунтування заходів, спрямованих на охорону підземного водяного басейну від засолення в районах розробки родовищ, необхідно мати достовірний прогноз зміни в часі гідрохімічної ситуації в зоні впливу солевідвалів, акумулюючих басейнів, хвостосховищ. В зв'язку з цим виникає необхідність оцінити розміри і час формування зони розповсюдження засолених підземних вод. Закономірності формування ареалу забруднень ґрунтових вод шкідливими витоками з хвостосховищ доцільно вивчати, використовуючи математичне моделювання гідродинамічних процесів фільтрації рідини в пористому середовищі. Лабораторні дослідження не зможуть дати реальної картини гідродинамічного процесу в зв'язку з необхідністю дотримання умов геометричної і гідродинамічної подібності одночасно. Натурні дослідження не дають змогу отримати загальну картину процесу.

Слід підкреслити, що в роботі використовуються аналітичні та експериментальні дослідження для прогнозування стану докілья в межах впливу

гірничих підприємств і практично реалізуються на гірничопромислових комплексах Західноукраїнського промислового регіону.

В межах Прикарпаття основу сировинної бази складають соленосні та сірконосні родовища, які на сьогодні знаходяться на стадії ліквідації і вимагають вирішення проблеми забезпечення екологічної безпеки та відновлення порушених територій.

В процесі ліквідації гірничопромислового комплексу необхідно усунути негативні екологічні наслідки гірничих робіт, запобігти негативним явищам, які супроводжують самовідновлення ландшафту після припинення робіт з підтримки екологічної рівноваги та створити новий техногенний ландшафт у відповідності із цільовим призначенням. Проблемам забезпечення екологічної безпеки на стадії ліквідації калійних родовищ присвячені роботи Семчука Я.М., Кориня С.С., особливо що стосується ліквідації підземних рудників. Проекти рекультивациі сірчаних кар'єрів розробляли Гайдин А.М., Зозуля І.І. Питанням інженерного захисту сірчаних та соляних родовищ Передкарпаття присвячені роботи Рудька Г.І. та Бондаренко М.Д., але варто відмітити їх вузьке спрямування в плані вирішення окремо взятої проблеми, спровокованої гірничодобувною діяльністю. Відмінність даної роботи від розглянутих полягає в комплексному підході до питання охорони довкілля в межах гірничопромислових комплексів з певними елементами універсальності і адаптації цих об'єктів до реальних об'єктів.

Відповідно до вимог діючого природоохоронного законодавства всі землі порушені в результаті добування та переробки корисних копалин, підлягають відновленню. Відновлений ландшафт виникає як результат взаємодії комплексу ліквідаційних, відновлювальних і рекультивацийних робіт після завершення експлуатації родовища з процесами природного самовідновлення. Програма ліквідації гірничопромислового підприємства повинна забезпечувати фізичну і хімічну стабільність порушених територій, регулювати гідрогеологічні та гідрологічні стосунки, пропонувати систему моніторингу, зведену до необхідного мінімуму. Майбутній власник території повинен знаходити інформацію по опису небезпек і умов використання території. Програма ліквідації підприємства є системним опрацюванням, що містить відношення до прав власності на наявні споруди, залишкові запаси; оцінку ризику для середовища; технологію ліквідації; методи і засоби моніторингу; умови використання після ліквідації.

В питаннях ліквідації гірничих підприємств країни Західної Європи є добрим прикладом для переймання досвіду, так як вони пройшли різні стадії розвитку та функціонування гірничодобувної галузі та на власному досвіді навчилась усувати негативні явища від гірничої діяльності. Такі держави, як Франція, Німеччина, Великобританія володіють науково-методичною та правовою базою для забезпечення екологічної безпеки закритих гірничопромислових підприємств та

практичним досвідом по відновленню деградованих гірничою діяльністю територій, а також зміням надавати новий подих життя зруйнованим територіям.

В світовому масштабі, найбільший доробок в напрямку розробки проектів рекультивації сіркодобувних комплексів та їх реалізації належить польським науковцям. Варто відмітити їх беззаперечне лідерство, тому досягнення польських колег можуть бути використані для ліквідації екологічних наслідків сіркодобувної промисловості в інших державах, зокрема Україні. Реалізовані процеси ліквідації гірничих виробок, що представлені в роботі, разом з рекультивацією деградованих територій та знешкодженням відходів виробництва дозволили створити привабливий та безпечний ландшафт для подальшого рекреаційного використання.

Очевидно, необхідний нетрадиційний підхід до оцінки ефективності гірничого виробництва, враховуючи пряме та опосередковане втягнення багатьох природних ресурсів в процес добування та переробки корисних копалин, використання цих природних ресурсів. Іншими словами, необхідно проектувати, оцінювати ефективність і створювати не окреме гірниче підприємство, а природно-техногенну систему, в якій взаємодіють технологічні, техногенні і природні елементи та процеси.

Загальним для всіх існуючих науково-технічних рішень з вирішення завдань охорони довкілля та оптимізації техніко-технологічних чинників є або їх вузька направленість (по галузевим інтересам, по окремих напрямках впливу на природне середовище), або відсутність єдиної наукової основи при більш широкому підході. Головним і загальним недоліком є недостатня реалізація системного підходу в науковому вирішенні гірничо-екологічних завдань.

Результати проведеного аналізу дали можливість сформулювати значимість наукової проблеми та основні напрямки досліджень.

У **другому розділі** викладено наукові та методологічні основи геоекологічного аналізу природно-техногенних систем гірничопромислових комплексів.

Гірничопромисловий комплекс автором розглядається як природно-техногенна система (ПТС), що має обмежений період існування і розглядається на стадії проектування, оптимального функціонування, ліквідації. Природна система представляє сукупність природних ресурсів і процесів, які в них відбуваються, а також показників, які описують стан природних ресурсів та процесів. Під техногенною системою розуміють гірничий комплекс із всіма його об'єктами та процесами, об'єднуючими ці об'єкти та їх елементи. Елементи, як в природних, так і в технологічних системах пов'язані певними залежностями, процесами, які змінюються в часі та в просторі. Структура системи, тобто відношення її елементів, є просторово-часовою. Просторовий аспект відображає порядок розташування елементів у системі, часовий – зміну стану системи з часом і як наслідок рух системи. При цьому теоретичні аспекти проблеми базуються на розгляді системи з точки зору ієрархічної, функціональної та компонентної структур (рис.1).

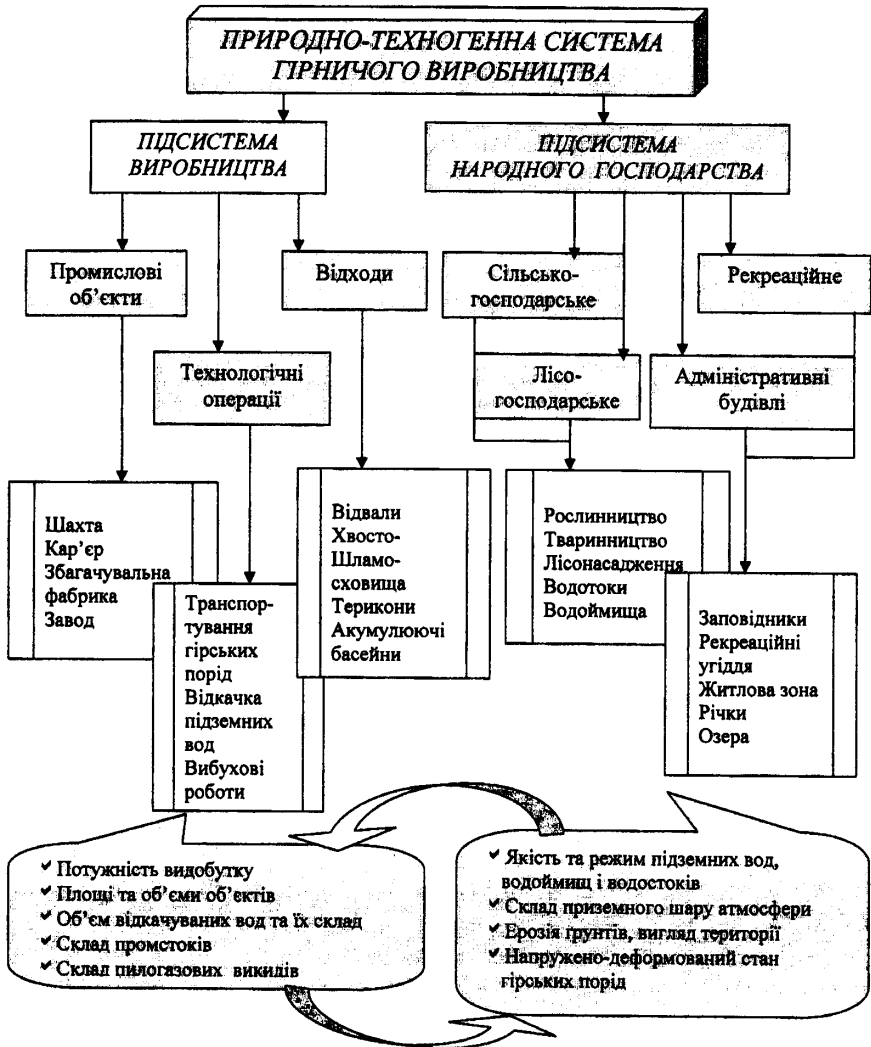


Рис. 1. Структура природно-техногенної системи гірничопромислового комплексу

Реальний процес формування та розвитку ПТС супроводжується закономірним використанням природних ресурсів  $\Delta g$  та антропогенними змінами біогеоценозів природних ландшафтів або властивостей екосистеми  $\Delta e$  зі сторони об'єктів

природи. Причому характер змін  $\Delta g(t)$  та  $\Delta e(t)$  обумовлений регіональними особливостями трансформованих природних ландшафтів. В реальних умовах число нагромаджених локальних змін  $\Delta g$ , а також послідовність їх проявів та характер змін  $\Delta g = f(t)$  - випадкові фактори та їх статистичні характеристики зв'язані із функцією екологічної надійності системи.

В такій постановці, накопичувані локальні зміни  $\Delta g$ , можна розглядати як систему із закономірною тенденцією зниження стійкості по відношенні до зовнішнього техногенного впливу. Поступово в системі формується перехід із одного стану в інший, спочатку без явного накопичення антропогенних змін, тобто рівновага системи не порушується, далі відбувається локальна втрата рівноваги ( $\Delta g(t) \Rightarrow \Delta e(t)$ ) і кінцевий варіант – це перехід системи в граничний стан.

Надійність системи розкривається в ряді таких властивостей як: стійкість, рівновага, живучість, безпека і є задачею, яка відноситься до класу інженерно-технічного забезпечення природоохоронних функцій. Методологічною основою теорії надійності є дослідження потоків відмов або втрат для ПТС гірничого комплексу. За накопиченою інформацією про екологічні втрати приходиться вирішувати дві задачі. Перша з них – статистична оцінка екологічної ситуації в ПТС за результатами обмеженого екологічного контролю. Існує два варіанти постановки цієї задачі: встановлення відповідності характеристики екологічної безпеки системи заданим вимогам і визначення кількісних критеріїв настання часткових і повних відмов. В першому варіанті розв'язок звичайно шукається шляхом використання методу оцінки параметрів розподілу шляхом співставлення результатів експериментальних досліджень із даними попереднього інженерного прогнозу.

Друга задача - за результатами інженерно-екологічних досліджень розробити заходи по забезпеченню надійного захисту складових довкілля. Варто відмітити, що екологічний регламент функціонування гірничопромислового комплексу характеризується допустимими антропогенними рівнями відповідних факторів, тому важливо, щоб функціональні характеристики не були зростаючими функціями часу антропогенних змін.

Аналіз таких факторів та функцій методологічно оправданий із позиції теорії надійності складних систем із накопиченням порушень, так як в його основі лежить припущення про те, що поява порушень не викликає моментальної відмови системи (будь-якому об'єкту природи властивий захисний механізм, який забезпечує локальну опірність, адаптацію, компенсаційну можливість).

Вивчення техногенних порушень довкілля в їх взаємозв'язку із структурою гірничого виробництва дозволило встановити, що вплив відбувається по напрямках, які відповідають природним ресурсам, залученим прямо або опосередковано в виробничий процес. Навколо кожного технологічного об'єкту формується, як правило, декілька зон техногенного впливу на компоненти природи (зона

забруднення атмосфери, зона відчуження земель, зона геохімічного забруднення і т.д.). Кожному джерелу впливу на оточуюче середовище може відповідати декілька зон техногенного впливу. Отже, основою екологічного аналізу та прогнозування є виділення зон техногенного впливу від окремих джерел гірничого підприємства, зокрема технологічних об'єктів, зон накопичення відходів, технологічних операцій.

Закономірний процес техногенно-антропогенних змін природно-техногенної системи в період її експлуатації обумовлює об'єктивну необхідність відновлення втрачених властивостей природних ландшафтів у відповідності із характером змін. Суть відновлення системи полягає в тому, щоб шляхом направлених організаційно-технічних дій попередити прояв небезпечних порушень стійкості системи і забезпечити збереження її екологічної безпеки. При цьому слід виділити дві форми екологічного відновлення: природне – за рахунок власних ресурсів природи і штучне – за рахунок керування техногенними процесами.

Розробка чіткої зональної класифікації території гірничопромислового комплексу дозволить вибрати екологічну модель відновлення території. Наприклад, перший тип території - ландшафти, які володіють високими рекреаційними показниками. Збереженість їх повинна забезпечуватись інженерним облаштуванням, постійним відновленням рослинного покриву, локалізація джерел підвищеного навантаження на ґрунтово-рослинні комплекси. Інший тип ландшафтів – ландшафти, які можуть використовуватись для отримання сільськогосподарської продукції. Слід також виділити зони ландшафтів придатних для промислового та цивільного будівництва та ландшафти для створення кутків дикої природи. Звичайно, у виділенні зон майбутнього використання території слід враховувати географічне районування. Кожна екологічна група, що відповідає конкретній зоні освоєння території, однозначно визначає допустимий рівень техногенного впливу та критичні розміри зміненого ландшафту.

Детальний аналіз стану навколишнього середовища території гірничопромислового комплексу в період завершення періоду оптимального функціонування підприємства служить вихідними параметрами з розробки плану ліквідації та технічної програми рекультивациі.

Вихідними даними для проведення моніторингу є карти розміщення об'єктів техногенного впливу, якими є гірничі виробки, зони накопичення промислових відходів з короткою інформацією кожного з них (висота (м), ширина (м), площа заснування (м<sup>2</sup>), об'єм складеної породи (м<sup>3</sup>)). Результатом проведених досліджень є карти з виділенням зон техногенного впливу кожного джерела. Ця інформація є складовою інформаційно-довідкової системи по території комплексу на період завершення експлуатації. Частина інформації буде представляти наявні екологічні втрати природно-техногенної системи, наприклад, виділенні зони закислення (глибина, площа, інтенсивність розповсюдження), ареали забруднення ґрунтів, ґрунтових вод, провали (глибина (м), діаметр (м), кут нахилу (градус), площа (м<sup>2</sup>)).

Обов'язковою умовою моніторингу є виділення втрат потенційних, що представляються у вигляді виділених зон напружено-небезпечних ділянок території.

Післяліквідаційна система геоекологічного моніторингу залежить від реалізованої програми відновлення території. У випадку відсутності належного та вчасного фінансування рекультиваційних робіт необхідною умовою залишається питання вивчення процесів самовідновлення елементів довкілля: гідрогеологічний режим регіону, активізація зсувонебезпечних процесів. Контроль якості вод залишається першочерговим завданням в післяліквідаційний період.

Необхідною організаційно-методичною та матеріально-технічною основою керування процесами формування та розвитку ПТС є інформаційно-діагностичне забезпечення (ІДЗ), що складає комплекс направлених заходів по накопиченню та ефективному використанню різнохарактерної інформації. Структура ІДЗ реалізується через безпосередній збір інформації, використання її початкових видів оцінки стану об'єктів та вирішення задач регулювання та ефективного керування формуючих процесів. На основі ІДЗ вирішуються завдання: оптимального нормування, раціонального планування, а також оперативного та довгострокового прогнозування показників стану системи.

У **третьому розділі** запропоновані способи моделювання та прогнозування розповсюдження забруднень довкілля шкідливими витоками із сховищ відходів гірничого виробництва.

Відходи гірничого виробництва, такі як відвали, акумулюючі басейни, хвостосховища часто є джерелами гідрохімічних змін в зоні впливу. Експлуатація вказаних об'єктів ставить такі практичні важливі задачі, як термін формування ареалу забруднень, радіус розповсюдження забруднення і розподіл концентрації в просторі. Поставлені задачі з врахуванням багатофакторного впливу параметрів на процес формування ареалу забруднень можуть бути вирішені тільки на основі математичного моделювання, оскільки фізичні лабораторні моделі не дозволяють забезпечити подібності за критеріями гомохронності і використовуються лише для оцінки певних констант, промислові дослідження не забезпечують варіацію всіх параметрів, що впливають на процес.

При створенні математичної моделі формування ареалу шкідливих витоків з сховища прийнято наступні припущення:

- інтенсивність просочування рідини в ґрунт постійна в часі і відома;
- фільтрація рідини в ґрунті лінійна і підпорядкована закону Дарсі;
- фільтрація ґрунтових вод і фільтрація витоків з сховищ є незалежні процеси.

В основу математичної моделі покладено рівняння нестационарної плоскої фільтрації рідини в пористому середовищі, в якій джерело моделюється за допомогою функцій Дірака.

Будемо вважати, що до початку дії джерела ( $t = 0$ ) система знаходиться в спокої і швидкість фільтрації у всіх точках площини була рівна нулю, тобто  $w(x, y, 0) = 0$ .

Нехай в процесі дії джерела поверхня ґрунту залишається непроникною, тобто при  $t > 0$  маємо  $w(x, 0, t) = 0$ .

Очевидно, дно хвостосховище не можна вважати точковим джерелом при заданні граничних умов на безмежності по лінійних координатах. За таких умов результати моделювання будуть неадекватними, а врахування геометричних розмірів джерела при вирішенні об'ємної задачі надто ускладнює її реалізацію. Тому необхідні певні спрощення моделі з метою досягнення можливості її реалізації.

Першим спрощенням є перехід від об'ємної задачі до плоскої її постановки. Очевидно, що по довжині хвостосховища можна зробити ряд паралельних перерізів в вертикальній площині, для кожного з яких можлива реалізація двовірної задачі. Така постановка завдання дозволяє представити об'ємну задачу через реалізацію ряду плоских задач. Перерізів можна вибрати багато з невеликим кроком між ними, що практично адекватне реалізації трьохвимірної задачі. На практиці вказані перерізи достатньо вибрати тільки в характерних місцях хвостосховища, що відрізняються геометричними розмірами, умовами гідроізоляції дна і т.д. Таким чином, вказане спрощення не приводить до зниження точності отриманих результатів чи порушення адекватності фізичної картини процесу формування ареалу забруднень.

Другим суттєвим спрощенням є розділення загального процесу формування ареалу забруднень на складові. Оскільки, концентрація інгредієнтів в дифузійному процесі і швидкість фільтрації рідини лінійно пов'язані між собою, то доцільно побудувати поле швидкостей фільтрації рідини і потім при необхідності перейти до поля розподілу концентрацій, використовуючи експериментальні значення ефективного коефіцієнту дифузії. Таким чином, можна суттєво спростити математичну модель без втрати точності в отриманні результатів прогнозування. Джерелом шкідливих витоків вважається площа дна хвостосховища, яка моделюється множиною паралельних ліній, розташованих в одній площині з деяким кроком (рис.2). Розглядається плоска задача в середовищі нормального перерізу хвостосховища і області формування ареалу забруднень, в якій джерелами забруднень вважаються точкові джерела. Тому на початковому етапі розглядається математична модель розповсюдження витоків в пористому середовищі від одного точкового джерела. Довкілля вважається однорідним пористим середовищем, в якому відсутній рух ґрунтових вод. Отримані розв'язки дозволили реалізувати більш складну і більш реальну задачу фільтрації витоків в пористому середовищі при дії плоского джерела витоків. Таким чином, розв'язано задачу про фільтрацію витоків в пористому середовищі для випадку, коли джерелом витоків є площа.



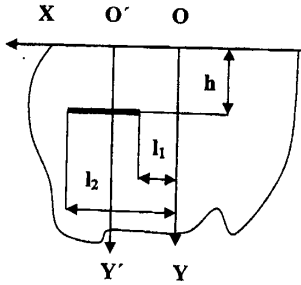


Рис.2. Розрахункова схема плоского джерела фільтрації

Швидкість фільтрації  $W$  в системі координат  $XOY$  є розв'язком поставленої задачі:

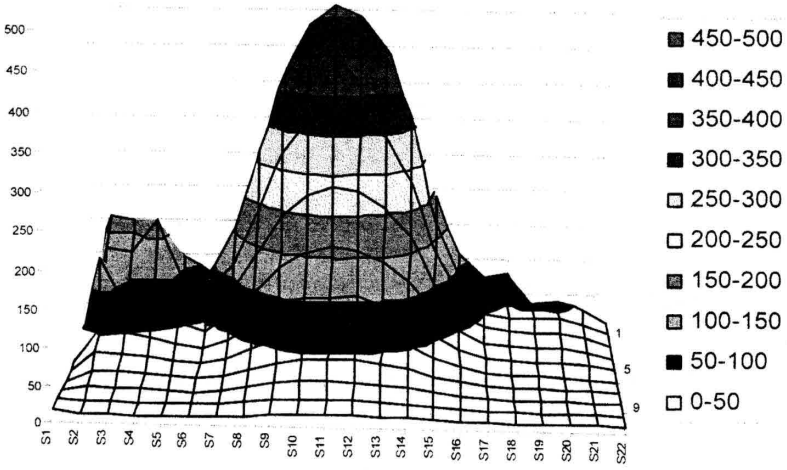
$$W = \frac{q^*}{\pi \lambda_1} \int_0^{\infty} \frac{\cos p \left( x - \frac{l_1 + l_2}{2} \right) \sin p \left( \frac{l_2 - l_1}{2} \right)}{p^2} f(y, \tau, p) dp. \quad (1)$$

де  $q = \frac{m}{F}$  - питома інтенсивність джерела,  $\lambda_1$  - коефіцієнт, що характеризує масообмін з атмосферою.

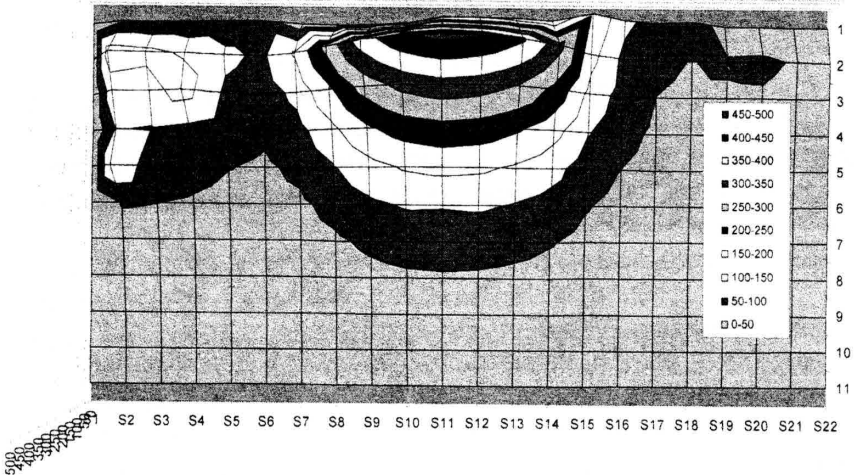
Результати розрахунків процесу формування ареалу забруднень (рис.3) показують, що швидкість фільтрації має максимальне значення 100% на границі джерело-грунт і в подальшому різко зменшується. На відстані по вертикалі 1 м величина швидкості фільтрації зменшується на 48-50%. Різке падіння швидкості фільтрації спостерігається до відстані по вертикалі близько 3-4 м.

На цій відстані швидкість зменшується до 20-25% від максимальної, а в подальшому спостерігається більш плавне її падіння. Так на відстані наступних 4 м швидкість фільтрації зменшується до 6-8%. В горизонтальному напрямку картина аналогічна.

Розрахунки, виконані для різних величин проникливості ґрунту, показали, що на геометричні розміри ареалу і характер розподілу швидкостей фільтрації забруднень проникність в межах її реальної зміни, впливу немає. Однак, зменшення проникності середовища призводить до зростання часу формування ареалу забруднень. Так, при проникності 0,5 дарсі повний безрозмірний час формування ареалу забруднень складає  $\tau_{\Pi} = 8,8$ , в тому числі тривалість першої фази  $\tau_{1\phi} = 0,9$ . При зменшенні проникності до 0,25 дарсі повний безрозмірний час формування ареалу забруднень зростає до  $\tau_{\Pi} = 10,8$  в тому числі тривалість першої фази  $\tau_{1\phi} = 1,08$ .



а) величина швидкостей фільтрації



б) лінії рівних швидкостей фільтрації

Рис. 3. Динаміка формування ареалу забруднень

Для обчислення інтегралів було розроблено алгоритми та програми з підпрограмами, які написані на алгоритмічній мові ФОРТРАН – 77. Основна програма TENST1 дозволяє формувати глобальні параметри для підпрограм, а також

вести розрахунки числовими методами для обчислень складних інтегралів. За підпрограмами закріплені локальні функції обчислення деяких виразів.

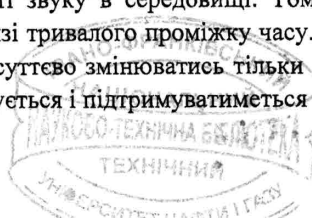
Лінійне джерело витоків формується з точкових джерел, розміщених на горизонтальній площині з кроком  $\delta x_q$ . Першочерговим завданням в цьому плані є визначення інтенсивності кожного з точкових джерел, їх необхідної кількості та кроку між ними. Очевидно, що для забезпечення адекватності моделі необхідно виходити з сумарної кількості витоків  $Q_p$  за певний проміжок часу (наприклад, за рік). Відтак, припускаючи часову рівномірність дії точкового джерела, можна визначити його інтенсивність в вигляді:

$$q = \frac{Q_p}{\tau \cdot k \cdot n}, \quad (2)$$

де  $k$  – коефіцієнт нерівномірності, що враховує сезонну нерівномірність коливання температури;  $n$  – число точкових джерел в моделі лінійного джерела.

Щодо вибору відстані між точковими джерелами в моделі лінійного джерела, то її доцільно вибирати такою, щоб дискретність точкових джерел не вносила в результати розрахунку похибку, співставну з точністю обчислень. Очевидно, що крок між точковими джерелами під даним кутом зору залежить від кроку координатної сітки. Аналіз результатів розрахунків по моделі показав, що якщо крок між точковими джерелами в моделі лінійного джерела прийняти не більшим від 20% кроку координатної сітки, то спотворення від дискретності точкових джерел внесуть похибку в результати розрахунків швидкості фільтрації, яка не перевищить 0,5%. Тому рекомендовано при моделюванні лінійного джерела дискретним набором точкових джерел крок між останніми вибирати з умови:  $\delta x_q = 0,2 \Delta x = 0,2 \Delta y$ , де  $\Delta x$  і  $\Delta y$  – кроки координатної сітки. Тоді кількість точкових джерел в моделі лінійного джерела загальною довжиною  $l_g$  визначиться з умови:  $n = 1 + \frac{l_g}{\delta x_q}$ .

Іншими параметрами моделі, що визначають її адекватність, є проникливість ґрунту  $k$ , в'язкість фази  $\eta$ , густина  $\rho$  і швидкість розповсюдження звуку в середовищі  $c$ , які утворюють коефіцієнт п'єзопровідності. Якщо проникливість ґрунту можна вважати сталою на протязі деякого проміжку часу за рік, то в'язкість та густина рідкої фази будуть змінними, оскільки спостерігатиметься процес змішування витоків з ґрунтовими водами. Змінність густини рідини призведе до нестійкості швидкості звуку в середовищі. Тому, коефіцієнт п'єзопровідності не буде сталим на протязі тривалого проміжку часу. Однак, розрахунки показують, що його величина буде суттєво змінюватись тільки для початкових моментів часу, а в подальшому стабілізується і підтримуватиметься на приблизно сталому рівні.



На основі залежності отриманої для швидкості фільтрації витоків виконуються обчислення величини швидкості фільтрації в кожному з вузлів координатної сітки окремо від точкового джерела. Напрямок вектора швидкості фільтрації визначає пряма лінія, що з'єднує даний вузол координатної сітки з джерелом. Це дає змогу встановити величини плоских кутів між векторами швидкості фільтрації в кожному вузлі координатної сітки від кожного з точкових джерел і знайти геометричну суму цих векторів, яка визначить результуючий вектор швидкості фільтрації для даного вузла координатної сітки. Таким чином, в результаті розрахунків отримаємо поле швидкостей фільтрації, які графічно представлені у вигляді ізоліній.

Якщо при прогнозуванні формування ареалу забруднень довкілля необхідно враховувати горизонтальну фільтрацію ґрунтових вод, то слід скористатися принципом незалежності рухів. Вектор вертикальної фільтрації шкідливих витоків в кожній точці координатної площини направлений нормально до побудованої ізолінії. Напрямок вектора горизонтальної фільтрації ґрунтових вод в загальному випадку відомий. Тому для отримання вектора сумарної швидкості в кожній точці координатної площини необхідно знайти геометричну суму вказаних векторів. Отже, створена математична модель дозволяє прогнозувати формування ареалу шкідливих витоків з сховищ відходів виробництва.

У четвертому розділі приведений детальний аналіз екологічної безпеки соляних та сірчаних гірничих комплексів Західноукраїнського регіону.

Розробка калійних родовищ Передкарпаття здійснювалась підземним способом на рудниках Калуш, Голинь, Ново - Голинь та Стебницьких рудниках СтКР-1 і СтКР-2. Вироблений простір рудника Калуш заповнено насиченими розсолами, таким же чином здійснюється ліквідація рудника Ново - Голинь з об'ємом вироблених порожнин 12,0 млн.м<sup>3</sup>. Відкрита розробка родовищ калійних солей вперше у світовій практиці здійснюється на Прикарпатті Домбровським кар'єром, який почав функціонувати у 1967 році розміром у плані 100x100 м. На протязі кількох останніх років гірничодобувні підрозділи та переробний комплекс не працюють, а самі підприємства знаходяться на стадії закриття.

Підземна розробка викликає перерозподіл напруг над підземними гірничими виробками; проходять деформування і переміщення всієї маси порід і земної поверхні. Процес зсуву приводить до утворення зон порушення суцільності порід. В покрівлі гірничих виробок утворюються зони завалів, тріщин і проходить розшарування порід. Внаслідок осідання земної поверхні трансформується рельєф, змінюються інженерно-геологічні властивості порід та 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. Збільшення впливу на довкілля при підземній розробці калійних родовищ, відбувається внаслідок прориву в гірничі виробки агресивних вод до соляних порід. Цей вплив проявляється

насамперед, у формуванні на поверхні землі провальних карстових ліжок і мульд зсуву. Значні зміни при цьому відбуваються в гідродинамічному режимі надсолевих вод, а саме: інтенсивне зниження напорів надсолевих вод у межах великих площ, зростання швидкості фільтрації, збільшення ступеню взаємозв'язку поверхневих та підземних вод, поява нових областей живлення і розвантаження водоносних горизонтів, обезводнення верхніх зон гідрогеологічних структур. Екологічні проблеми при відкритій розробці родовищ висвітлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Природні та техногенні фактори, що викликають зміни компонентів довкілля при відкритій розробці калійних солей в Домбровському кар'єрі

№	Фактори	Характер змін довкілля
1	Висока розчинність і міграційна здатність калійних солей	- підвищення мінералізації та густини природних вод, - формування багатокомпонентних розчинів, - погіршення якості води водоносних горизонтів.
2	Велика кількість атмосферних опадів	- розчинення соляних і соленосних уступів кар'єра, поверхні солевідвалів.
3	Вітрова ерозія солевідвалів, кар'єра	- засолення ґрунтів, - засолення поверхневих вод.
4	Наявність хвостосховищ, акумулюючих басейнів, солевідвалів	- фільтрація високомінералізованих вод у водоносний горизонт, - підтоплення та заболочування прилягаючих зон.
5	Відкачка води із свердловин та кар'єра	- пониження рівня водоносних горизонтів, - збільшення карстових та суфозійних процесів, - розвантаження надсольових розсолів.
6	Відкрите складування водорозчинних відходів	- відчуження родючих земель, - формування великої кількості розсолів засолення ґрунтів, поверхневих та підземних вод.
7	Формування кар'єрної виїмки значних розмірів	- деформація земної поверхні, - розвиток зсувонебезпечних процесів на уступах кар'єра, - зміна рельєфу місцевості.

В процесі збагачення та переробки руд на калійних заводах утворилось десятки мільйонів промислових розсолів, глинисто-солевих і твердих галітових відходів. Крім того, внаслідок розчинення солей із маси солевідвалів, акумуляції атмосферних опадів у шламосховищах та інших ємностях-накопичувачах щорічно утворюються мільйони кубічних метрів високомінералізованих розсолів, які в результаті фільтрації витоків призводять до засолення ґрунтів, поверхневих і підземних вод, створюють ареали засолення цілих територій. Останні утворюються не тільки в місцях розташування джерел засолення, але далеко за їх межами. Розповсюдження розсолів у водоносних горизонтах скорочує ресурси питного, технічного водопостачання промислових районів, в яких розвинена калійна промисловість, а також ускладнює використання поверхневих водотоків, гідрохімічний режим яких значною мірою формується під впливом підземного стоку. Щорічні фільтраційні витoki розсолів на калійних підприємствах Калуша складають 1.5 млн.м<sup>3</sup>, на Стебницькому Державному гірничо-хімічному підприємстві "Полімінерал" - 0.6 млн.м<sup>3</sup>.

Таким чином, при розробці калійних родовищ, зміни природного стану геологічного середовища завжди проходять у гіршу сторону, і забезпечення рівноваги вимагає природоохоронних заходів. Оскільки вичерпаний ресурс більшої частини соляних родовищ, то постає питання реабілітації великих територій, які знаходились в зонах впливу гірничопромислових комплексів. Важливим завданням є розробка методики трансформації порушеного ландшафту із забезпеченням екологічної безпеки території для наступного її використання. Вимагається вчасне проведення робіт природоохоронного напрямку: рудники – закладку відроблених порожнин; кар'єр – водовідлив кар'єрних засоленних вод та рекультиватії зовнішніх поверхневих породних відвалів; збагачувальна фабрика – захоронення шкідливих відходів, накопичених у хвостосховищах. Складні проблеми стоять перед підприємством при ліквідації будівель і споруд рудників та технокомплексу. На протязі багатьох років на рудниках не розібрані напіваварійні надшахтні будівлі. Стволи не засипані і не перекриті постійними залізобетонними плитами.

Шляхи аналізу екологічної надійності соляних гірничопромислових комплексів полягають в оцінці гідрохімічної ситуації в місцях впливу відходів виробництва, контролю напружено-деформованого стану порід над підземними гірничими виробками, контролю надійності дамб хвостосховищ та бортів кар'єру. Комплексне вирішення поставлених завдань дозволить розробити заходи забезпечення екологічної безпеки в регіоні.

Видобуток самородної сірки Передкарпаття проводився відкритим методом розробки та методом підземної виплавки на базі Роздольського, Немирівського, Подорожненського, Язівського родовищ. Функціонувало три сірчаних кар'єри: Роздольський (1958-1992р., 563га), Подорожненський (1971-1993р., 570га), Яворівський (1978-1993р., 932га) та дві сірководувні ділянки Немирівського

рудника ПВС-250 та Язівського рудника ПВС-600. На базі цих родовищ розвивалась сіркодобувна, сіркопереробна та хімічна промисловість. До великих сіркодобувних підприємств слід віднести в першу чергу Роздільське і Яворівське Державне гірничо-хімічне підприємство (ДГХП) "Сірка".

Сірчані кар'єри і технологічний комплекс з переробки сірчаної руди запроєктовані в 60-х роках минулого століття, коли в гірничій науці панувала ідея відкритого способу розробки родовищ із застосуванням обладнання великої потужності. За час розробки родовищ утворені кар'єри значних розмірів. Так, Яворівський кар'єр має глибину до 100 м, ширину 2-3 км і довжину – 5 км. Видобувні роботи були припинені в 1992 році, продовжувались тільки роботи з підтримки життєдіяльності кар'єрів: велась відкачка підземних вод і відведення поверхневих вод – перекачка річок, що були перерізані виїмкою. На сьогоднішній день почалось часткове відновлення території і стоїть завдання контролю та прогнозування стану довкілля в межах впливу неробочих гірничих комплексів.

Ситуація в районі дії Яворівського сірчаного кар'єру почала змінюватись з травня 2002 року, коли згідно проекту відновлення ландшафту, розробленого інститутом "ГРХІМПРОМ", річка Шкло потекла в кар'єрну виїмку і розпочалось формування Яворівського озера. На цій території повинно утворитись Яворівське озеро з площею акваторії 10 км<sup>2</sup> і довжиною берегової лінії 12 км.

На початковому етапі рекультивації кар'єру потрібно формувати безпечну рекреаційну зону на території майбутнього озера. Береги озера в більшості будуть стрімкі та обривисті, викладені слизькою глиною, глибина озера навіть біля берегів буде 20-25 м, а в найглибшому місці до 70 м. Для створення безпечних умов купання потрібно зробити штучні мілководні ділянки. Запропоновано відмовитись, в зв'язку із економією коштів на відновлювальні роботи, від спорудження дорогого водотривкого екрану на дні кар'єрної виробки, а для підвищення якості води в майбутньому озері передбачити: заповнення виїмки прісною водою з річок; тампонаж шляхів фільтрації сірководневих вод відходами збагачення. Також, передбачається рекультивація земель на сіркодобувних полях закритих Немирівського та Язівського рудників підземної виплавки сірки. Ліквідації підлягає 4380 свердловин. Після ліквідації свердловин ведеться очистка території.

Експлуатація кар'єру привела до значних деформацій земної поверхні та зміни напружено-деформованого стану гірських порід, які є джерелом розвитку негативних геологічних процесів. Зовнішній контур кар'єру представляє собою уступ, складений пухкими четвертинними відкладеннями, які розроблялись методом гідромеханізації. Вже це вказує на їх легку розмитість. Затоплення кар'єру без попереднього викладання бортів призведе до зсувів берегів і до їх хвильового розмивання. Борти кар'єру на деяких ділянках деформуються навіть в сухому стані. Освоєння сірчаного родовища поклало початок техногенному етапу розвитку карсту. Під впливом осушення кар'єру сформувалась депресійна воронка глибиною

90 м, швидкість фільтрації води збільшилась на порядок. Почалось масове обрушення порід над карстовими порожнинами, зумовлене як їх розширенням, так і збільшенням геостатичного тиску внаслідок осушення порід.

Основний сірковмісний забруднювач сіркодобувних комплексів – сірчаний газ і сірководень. Відомо, що попадання їх в атмосферу викликає підкислення атмосфери і ґрунтів, поширює процеси внутрішньогрунтового вивітрювання і суспензійного переносу, стимулює міграцію органічної речовини в ґрунтах, перешкоджає синтезу високомолекулярних органічних сполук, а в екстремальних випадках призводить до диспергування і вивезення накопиченого раніше ґрунтового гумусу. Водні розчини сірчаного газу можуть суттєво впливати на міграцію різних мікроелементів в ґрунтових водах.

Отже, враховуючи проведений аналіз для подальшого дослідження процесів самовідновлення порушених земель, розробки заходів по підвищенню їх господарської цінності і екологічної безпеки необхідна програма науково-дослідних робіт на період відновлення та рекультивації земель, яка включала б наступні етапи:

- дослідження змін гідрогеологічних умов території з метою попередження забруднення підземних вод, підтоплення території та інтенсифікації карсту;
- дослідження геодинамічних процесів на берегах озера, схилах відвалів і дамбах;
- вивчення параметрів порушених ґрунтів для уточнення норм внесення нейтралізаторів, мінеральних та органічних добрив;
- оцінка рекреаційного потенціалу та формування рекомендацій з створення і удосконалення рекреаційної інфраструктури.

Процеси формування якості озерної води при затопленні кар'єру сумішшю річкових і підземних вод, а також процеси самовідновлення ландшафту дуже складні і потребують постійного контролю та додаткового вивчення. Тому, для усунення можливості виникнення непередбачуваних негативних явищ необхідно впроваджувати моніторинг природно-територіального комплексу.

У п'ятому розділі обґрунтовані, впровадженні методи керованого контролю екологічною безпекою гірничопромислових комплексів на стадії ліквідації та розроблені заходи для Яворівського та Калуського гірничих районів.

Екологічна безпека як найбільш дієвий критерій стану території визначає можливість появи екологічно екстремальних ситуацій, а традиційний напрям аналізу природно-техногенних систем полягає у вивченні закономірних тенденцій розвитку екстремальних ситуацій. На стадії ліквідації підприємства варто розглядати поєднання природного та штучного відновлення території, де кожне з них може привести до порушення стабільності екологічної ситуації і потребує певних етапів контролю.

Керований контроль станом ПТС представляє собою комплекс направлених заходів по накопиченню та ефективному використанню різнохарактерної інформації, яка використовується для оптимального нормування, раціонального



планування та оперативного довгострокового прогнозування показників стану природно-техногенної системи, що дозволять запобігти розвитку небезпечних геологічних процесів.

Процедура оцінки стану довкілля в межах визначення стратегії керування базується на співставленні природних і техногенних умов і чинників, які дозволяють встановити параметри стійкості досліджуваної частини геологічного простору при існуючій техногенній ситуації. Картографічною базою для розробки стратегії керування є низки карт, що характеризують стан різноманітних елементів навколишнього середовища, так наприклад карта ураженості території екзогенними геологічними процесами, карта оцінки фонового техногенного навантаження на довкілля. Стратегія керованого контролю базується на постановці проблеми, яка відображає зміст задачі в межах досліджуваної частини довкілля. Основні стратегічні завдання контролю території впливу гірничопромислового комплексу є, зокрема, дослідження розвитку геодинамічних процесів, з виділенням зон напружено-деформованого стану гірських порід, оцінка стану поверхневої і підземної гідросфери, спостереження та оцінка геохімічних параметрів. Рішення тактичних завдань визначає деталізацію стратегічної оцінки системи до вибору обґрунтованих умов взаємодії або інформаційних комірок відповідного масштабу. Фактичним матеріалом, покладеним в основу розробки тактики керованого контролю, є результати геологічних, гідрогеологічних та інженерно-геологічних досліджень.

Механізм керуючих дій екологічною безпекою ґрунтується на:

- врахуванні вимог в межах державних законів і програмних документів;
- використанні загальних та розробки нових наукових положень у формуванні і розвитку довкілля;
- диференціації обмежень до регіональних обставин;
- визначенні економічної ефективності і екологічних наслідків впливу;
- виділенні і локалізації найбільш процесонебезпечних територій, які потребують першочергової реалізації технічних методів впливу на довкілля.

Освоєння сірчаних та соляних родовищ в Передкарпатті кар'єрним методом привело до порушення екологічної рівноваги природного середовища, яке формувалось на протязі тривалого часу, і це стосується всіх сфер Землі. Для отримання інформації про ті процеси, які протікають в надрах, скористаємось одним з найбільш інформативних фізичних полів – електромагнітним полем. Дослідними ділянками для використання вказаного методу є зсувонебезпечні борти кар'єрів, дамби хвостосховищ, провалонебезпечні ділянки над підземними виробками та карстовими порожнинами.

Нами проводились експерименти в районі Калуського гірничого району, які включали дослідження борту Домбровського кар'єру (рис.4), дамби хвостосховища та стійкості вулиці Глібова (м.Калуш), що знаходиться над камерами підземних

виробок методом природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ). Результати вимірювань представлялись у вигляді карт-схем та графіків зміни інтенсивності ПЕМПЗ. Основними завданнями були: виявлення підземного фільтраційного потоку в районі дамби та оцінка напружено-деформованого стану вздовж борту кар'єру та на вулиці міста.

На рисунку 4 вздовж борта кар'єру на віддалі 10-15 м від краю чітко виділяються зони високонапружених порід, що представляють потенційно небезпечну зону розвитку деформацій з утворенням обвальнo-зсувних явищ. На території Яворівського гірничопромислового району вказаним методом досліджувались зсувонебезпечні ділянки бортів кар'єру.

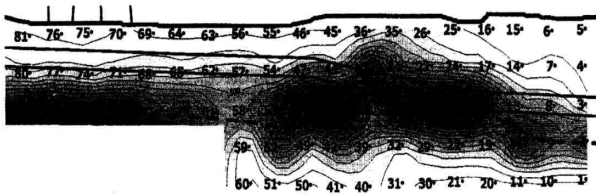


Рис. 4. Карта-схема інтенсивності ПЕМПЗ борту Домбровського кар'єру

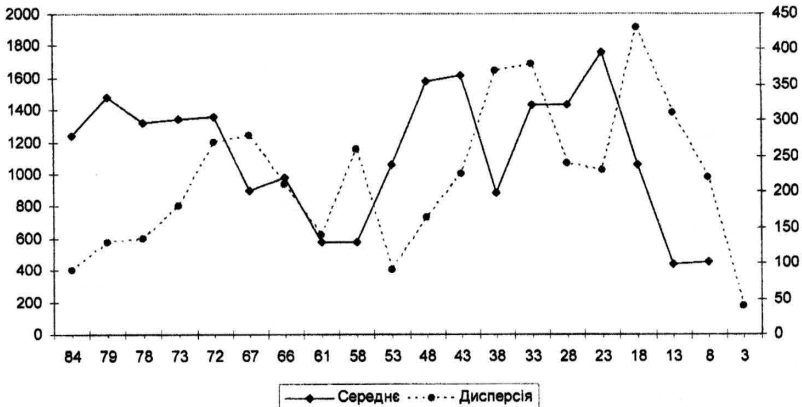


Рис. 5. Графік зміни інтенсивності ПЕМПЗ вздовж профілю борту кар'єру

Еколого-геофізичні дослідження в районі Яворівського і Домбровського кар'єрів показали перспективність використання методу ПЕМПЗ для виявлення та

прогнозу екологічно небезпечних геологічних процесів. Для більш об'єктивної оцінки змін, що відбуваються, та побудови геомеханічної моделі потрібні режимні короткоперіодичні спостереження на середньомасштабному та детальному рівні.

З метою оцінки адекватності побудованої математичної моделі проводилась її апробація в умовах хвостосховищ ДП "Калійний завод" ВАТ "Оріана". Метою апробації була оцінка точності прогнозних і фактичних даних з розповсюдження ареалів забруднень ґрунтів витоками із хвостосховищ. В першу чергу оцінювалась адекватність вертикальної фільтрації витоків. Такий підхід пояснюється тим, що величина горизонтальної швидкості фільтрації, викликана рухом ґрунтових вод, значно перевищує швидкість вертикальної фільтрації, що не дозволяє оцінити адекватність моделі.

У відповідності до закону Фіка, концентрація забруднень зв'язана з швидкістю

$$\text{фільтрації рівнянням} \quad W = -De \frac{dC}{dx}, \quad (3)$$

де  $W$  - швидкість фільтрації;  $De$  - ефективний коефіцієнт дифузії;  $C$  - концентрація забруднень;  $x$  - лінійна координата.

Величина ефективного коефіцієнта дифузії визначена на основі експериментальних даних. Іншим методом, на основі закону Фіка концентрація солей визначена з рівняння

$$C = \frac{1}{D_e} \int_0^x W(x) dx. \quad (4)$$

Як свідчать дані про відносну похибку прогнозних і фактичних результатів, тільки близько поверхні землі ця похибка складає близько 10%. Очевидно, що причиною такої ситуації можуть бути відносно малі абсолютні значення концентрації. На решту горизонтал похибка коливається від мінімального значення 0.74% до максимального 4.13%, що є свідченням адекватності моделі.

Ліквідація гірничопромислового комплексу є складним процесом, який залежить від великої кількості факторів і потребує чіткого дотримання запроектованих дій. Ландшафти, змінені під впливом гірничодобувної діяльності, схильні до розвитку процесів самовідновлення території, які можуть супроводжуватись зсувами, провалами, затопленнями і т.п. Природа сама регулює напружено-деформований стан гірських порід, який на багатьох ділянках досягнув критичного стану. Прогнозування процесів самовідновлення повинно бути складовою ланкою програми ліквідації, що в деяких випадках дозволить зекономити кошти на рекультивацию, а в інших - передбачити розвиток небезпечних геологічних процесів. Система моніторингу, яка проводиться на завершальному етапі, повинна гарантувати визначення наявних екологічних втрат природно-техногенної системи та виділити втрати потенційні.

Основною проблемою гірничих підприємств на стадії ліквідації, на сьогоднішній день, є фінансування в повному об'ємі проведення рекультиваційних відновлювальних робіт. Отже, грамотний, правильний проект ліквідації не є повним гарантом забезпечення екологічної безпеки території порушеної гірничодобувною діяльністю без послідовності виконання запроектованих етапів, вчасного реагування на неплановані зміни елементів довкілля та аварійні ситуації.

Територія гірничого комплексу часто є зоною підвищеного ризику і перелік тих небезпек (ймовірність заподіяння шкоди народному господарству, матеріальним цінностям, здоров'ю людини), інформація про них, які вона несе повинні бути доступні для громадськості. Оптимізувати систему обміну інформацією можна шляхом створення інформаційно-довідкової системи гірничопромислового комплексу.

В дисертаційній роботі розроблена структура інформаційно-довідкової системи гірничого комплексу, яка дозволяє користуватись нею користувачам широкого загалу. Основними складовими системи є:

- картографічна база: місцезнаходження гірничопромислового району, виділена площа гірничого відводу, техногенний ландшафт гірничодобувного підприємства, екологічні карти району (геомеханічні порушення, гідрогеологічні порушення, зони підвищеного екологічного ризику);
- фотографії окремих складових техногенного ландшафту (відвали, кар'єр, хвостосховища, технологічний комплекс, стволи рудників, акумулюючі ємності із зонами екологічного ризику);
- текстова інформація про складові техногенного ландшафту (час експлуатації, потужність, площі, об'єми об'єктів та перелік основних екологічних небезпек вказаного об'єкта).

Загальна система інформаційного забезпечення містить екологічні, географічні та інші інформаційні підсистеми. За роки становлення екологічного і природоохоронного законодавства ця структура набула свого правового визначення. Однак нормативні, методологічні, науково-технічні і організаційні засади створення та функціонування інформаційних систем у сфері екологічного управління в екологічному законодавстві поки не розвинуті.

Аналіз нормативно-правових актів, присвячених питанню ліквідації гірничопромислових комплексів та проведені теоретичні та практичні дослідження, дозволили внести для розгляду ряд доповнень та змін до законодавчих актів. Внесені доповнення до „Гірничого закону України” (стаття 45 „Порядок ліквідації або консервації гірничого підприємства”), „Кодексу України про надра” (стаття 54 „Ліквідація і консервація гірничодобувних об'єктів”) та проекту закону „Про ліквідацію гірничих підприємств” (стаття 14 „Заходи щодо охорони довкілля та забезпечення безпеки об'єктів, розташованих на прилеглих територіях”; стаття 15 „Розгляд результатів фізичного закриття та виконання робіт з охорони довкілля”;

стаття 19 „Запобігання погіршенню стану довкілля”). Зміст вказаних доповнень наступний:

1. Проект ліквідації містить екологічний аналіз діяльності підприємства, екологічний прогноз, систему моніторингу території в процесі ліквідації та в післяліквідаційний період і завершується формуванням інформаційно-довідкової системи екологічного стану території впливу підприємства із забезпеченням вільного доступу до інформації.
2. Програма ліквідації враховує особливості природних ландшафтів, географічне районування території та напрямки майбутнього використання території гірничопромислового комплексу.
3. Інформаційно - довідкова система гірничого комплексу формується на завершення експлуатації гірничодобувного об'єкту, що ліквідується містить інформацію про стан довкілля, зони екологічного ризику і є доступною для зацікавлених підприємств, органів, громадян.
4. Фізичне закриття гірничого підприємства включає роботи по утилізації або нейтралізації відходів гірничого виробництва та забезпечує фізичну та хімічну стабільності місць накопичення гірничих відходів.
5. Після завершення експлуатації гірничого підприємства проводити реєстр підземних та наземних сховищ зберігання гірничих відходів та прогнозу екологічну оцінку стану довкілля, яка передбачає вивчення процесів самовідновлення складових довкілля для випадку припинення або затримки фінансування програми ліквідації.

Інженерна підготовка території гірничопромислового комплексу включає в себе комплекс заходів, які забезпечують приведення порушених гірничими роботами ділянок до стану, придатного для промислового та цивільного будівництва, сільськогосподарського, народногосподарського або рекреаційного користування.

Всі природоохоронні заходи можна розділити на три групи: технологічні, профілактичні і локалізаційні. Технологічні заходи повинні бути орієнтовані на зменшення кількості і утилізації рідких і твердих відходів, стічних дренажних і водовідвідних вод і розсолів, а також на зменшення розвитку небезпечних процесів. Одним із основних природоохоронних технологічних заходів є підземне скидання надлишкових розсолів в глибоко залягаючі, надійно ізольовані поглинаючі горизонти. Захоронення рідких відходів (розсолів) в глибокі водоносні горизонти і підземні гірничі виробки дозволяє скоротити площі земельних угідь, відчужених під будівництво солевідвалів, хвостосховищ, акумулюючих басейнів та нейтралізувати небезпеку, яку несуть місця накопичення відходів виробництва.

До захисно-профілактичних заходів слід віднести технічну і біологічну рекультивация відроблених секцій хвостосховищ і солевідвалів; організацію системи моніторингу якості підземних вод; спостереження за гідрохімічним режимом підземних вод, виявлення ареалів засолення. Локалізації і відновлюючі заходи:

локалізація утворених ареалів засолення підземних вод за допомогою баражних стінок ін'єкційних і гідродинамічних завіс; очищення окремих складових довкілля. Специфіка виробництва і стан основних засобів підприємства при припиненні діяльності і повному закритті обумовлюють розгляд і вирішення двох завдань:

- ліквідація будівель і споруд, які знаходяться в незадовільному стані і утворюють небезпеку для оточення;
- усунення або зменшення впливу негативних техногенних наслідків діяльності підприємства.

Поряд з розробкою нових більш вдосконалених заходів захисту складових довкілля від забруднення, на кожному підприємстві повинна діяти ефективна система моніторингу, система керованого контролю повинна тісно пов'язуватись з конкретними заходами охорони довкілля.

У додатках наведені алгоритм знаходження закону розподілу забруднень ґрунтів, програма розрахунку ареалу забруднень від хвостосховищ, результати вимірювань імпульсного електромагнітного поля Землі в промисловій зоні Калуського гірничопромислового комплексу, інформаційно-довідкова система гірничопромислового комплексу та акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання дисертаційної роботи вирішена важлива науково-прикладна проблема по розробці та впровадженню наукових та методологічних основ екологічної безпеки гірничопромислових комплексів на стадії ліквідації, зокрема набула подальшого розвитку методологія геоекологічного аналізу гірничого комплексу, удосконалені принципи та методи контролю екологічної безпеки гірничодобувних районів, розроблені нові способи моделювання та прогнозування забруднень довкілля відходами гірничого виробництва, запропоновані методи керованого контролю станом природно-техногенної системи гірничопромислового комплексу, запропоновані заходи відновлення території впливу гірничих підприємств порушених гірничодобувною діяльністю після завершення експлуатації родовищ.

1. Проведений аналіз методів та засобів оцінки техногенних впливів гірничих підприємств на стан довкілля та способів відновлення території впливу з врахуванням особливостей функціонування гірничопромислових комплексів, причинно - наслідкових схем формування порушень складових навколишнього середовища та світового досвіду подолання екологічних наслідків гірничодобувної діяльності, показав, що важливою складовою забезпечення екологічної безпеки території є оцінка напружено-деформованого стану порід в місцях розвитку геомеханічних та інженерно-геологічних порушень і аналіз геохімічних змін в

місцях накопичення гірничих відходів, тому існує необхідність використання аналітичних та експериментальних досліджень для прогнозування стану довкілля в межах впливу гірничих підприємств. Виконані дослідження використовуються в навчальному процесі.

2. Розроблено наукові основи геоecологічного аналізу гірничопромислового комплексу на різних стадіях функціонування, які базуються на розгляді природно-техногенної системи гірничого комплексу з точки зору ієрархічної, функціональної, компонентної структур з визначеними функціональними характеристиками антропогенних змін складових довкілля і дозволяють розробляти, впроваджувати ефективні методи та засоби моніторингу територій, порушених гірничодобувною діяльністю, а також проводити оцінку ризику території гірничодобувного комплексу та прогнозування стану довкілля після завершення експлуатації, що в свою чергу є основою для розробки плану ліквідації та технічної рекультивациі території впливу гірничого підприємства.

3. Обґрунтовані принципи ecологічної безпеки та запропонована методологія оцінки ecологічної безпеки території впливу гірничодобувних комплексів на стадії ліквідації підприємства, які полягають у вивченні зон техногенного впливу, що формуються навколо кожного технологічного об'єкту (кар'єр, шахта, відвал, хвостосховище) та забезпеченні фізичної, хімічної стабільності відходів гірничого виробництва, а їх коректне застосування дозволить виключити появу ecологічно екстремальної ситуації після завершення експлуатації родовища і в майбутньому використанні порушених територій.

4. Проведений комплексний ecологічний аналіз соляних та сірчанних комплексів Передкарпаття з переліком та характеристикою геохімічних, гідрогеологічних, інженерно - геологічних порушень досліджуваних територій, що дозволив виділити зони з розвитком небезпечних геологічних процесів та запропонувати заходи щодо керованого контролю та управління ecологічною безпекою Яворівського та Калуського гірничопромислового районів на стадії завершення експлуатації родовищ корисних копалин. На основі виконаних досліджень створена інформаційно-довідкова система Калуського гірничопромислового району, яка використовується державним управлінням ecології та природних ресурсів в Івано-Франківській області для інформування зацікавлених підприємств, органів, громадян про стан довкілля вказаного району.

5. Розроблено метод прогнозування гідрохімічної ситуації в зоні впливу відходів гірничого виробництва на основі створеної математичної моделі гідродинамічних процесів фільтрації рідини в пористому середовищі через розв'язок задачі про дію плоского джерела в масиві ґрунту, що вважався практично неможливим внаслідок складності аналітичного розв'язку просторової моделі. Встановлено закономірності фільтрації шкідливих витоків з хвостосховищ в процесі формування ареалу забруднення ґрунтових вод, де джерелом шкідливих витоків вважається площа дна

хвостосховища, яка моделюється множиною паралельних ліній, розташованих в одній площині з деяким кроком, на відміну від відомих раніше досліджень, що нехтували вивченням першоджерела формування ареалів розсіювання. Проведена апробація моделі в промислових умовах і доведена адекватність моделі.

6. Запропоновані методи контролю напружено-деформованого стану гірських порід і аналізу геохімічної ситуації навколо місць накопичення гірничих відходів та заходи керованого контролю екологічною безпекою природно-техногенних систем гірничопромислових комплексів, які діляться на технологічні, профілактичні і локалізаційні і служать для усунення техногенних наслідків діяльності підприємств, контролю екологічним станом довкілля, реалізовані на прикладі ДП «Калійний завод» та рекреаційної зони на базі озера Яворівського. Проведені еколого-геофізичні дослідження методом природного імпульсного електромагнітного поля Землі в районах розробок відкритим методом калійних та сірчаних родовищ дозволили визначити напружено-деформований стан гірських порід в зонах впливу гірничих підприємств та виділити небезпечні ділянки.

7. Внесені для розгляду доповнення та зміни до законодавчих актів: Гірничого закону України, Кодексу України про надра, проекту закону «Про ліквідацію гірничих підприємств» та запропоновані способи інформатизації громадськості про стан довкілля території впливу гірничопромислового комплексу в результаті обґрунтування стратегії, тактики і дослідження методів керованого контролю техногенно-екологічною безпекою гірничопромислових комплексів.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Монографія

1. Рудько Г.І., Шкіца Л.Є. Екологічна безпека та раціональне природокористування в межах гірничопромислових і нафтових комплексів. – К.: ЗАТ “Нічлава”, 2001. - 528с.

### Статті у наукових фахових виданнях з технічних наук

2. Рудько Г.І., Шкіца Л.Є. Шляхи вирішення екологічних проблем гірничих комплексів України з врахуванням досвіду Франції // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. - 2001. - №1. - С.27-31.
3. Рудько Г.І., Шкіца Л.Є. Техногенно-екологічна безпека солевидобувних гірничопромислових комплексів Передкарпаття // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. - 2001. - № 5-6. - С.68-71.
4. Рудько Г.І., Шкіца Л.Є. Системний підхід до вирішення природоохоронних завдань в межах гірничопромислових комплексів // Науковий вісник Ів.-Фр. нац. техн. ун-ту нафти і газу. - 2002. - №2(3). - С.152-155.



5. Рудько Г.І., Шкіца Л.Є. Техногенно - екологіческая безпека гірничопромислових комплексів серній промисловості Прикарпаття на стадії ліквідації // Розробка рудних месторождений. - 2002. - №79. - С.136-140.
6. Рудько Г.І., Шкіца Л.Є. Моделювання геологічних процесів ліквідації гірничопромислових комплексів та проблема моніторингу // Тр. Одес. Политех. ун-та. - 2002. – спецвыпуск. - С.52-54.
7. Rudko G., Shkitsa L. Ecological consequences of the activity of Western Ukraine mining complexes // Rocznik AGH „Wiertnictwo Nafta Gaz”. - 2002. - Т. 19/2. - Р.415-418.
8. Шкіца Л.Є. Екологічна безпека гірничопромислових комплексів на стадії ліквідації // Вісник нац. ун-ту „Львівська політехніка”. - 2002. - №461. - С.287-291.
9. Шкіца Л.Є. Математична модель формування ареалу забруднень довкілля шкідливими витоками // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2002. - №4(5). - С.65-66.
10. Shkitsa L. Rehabilitation de la mine de soufre dans un contexte hydrogeologique karstique difficile // Buletin stiintific al Universitatii de Nord Baia Mare. - 2002. - Seria D. – Vol.XVI. - P.35-38.
11. Рудько Г.І., Шкіца Л.Є., Шута Р.З. Концепція регіонального прогнозування зсувів та селів Карпатського регіону України // Науковий вісник Ів.-Фр. нац. техн. ун-ту нафти і газу. - 2002. - №3(4). - С.197-200.
12. Шкіца Л.Є., Саломатін М.В. Механоелектричні перетворення в твердих тілах із дефектною структурою та можливе рішення за їх допомогою геолого-екологічних задач // Науковий вісник Ів.-Фр. нац. техн. ун-ту нафти і газу. - 2003. - №1(5). - С.96-98.
13. Shkitsa L. Analytical investigation of the filtration process of harmful leakage from tailing dumps // Buletin stiintific al Universitatii de Nord Baia Mare. - 2003. - Seria D. – Vol.XVII. - P.45-48.
14. Шкіца Л.Є. Закономірності формування ареалу забруднень в процесі створення і експлуатації хвостосховищ // Наук. вісник нац. гірничого університету. - 2003. - №12. - С.74-77.
15. Шкіца Л.Є. Методика прогнозування формування ареалу забруднень шкідливими витоками з сховищ // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2003. - №1(6). - С.116-118.
16. Шкіца Л.Є., Бакунін Є.М. Математичне моделювання розтікання рідини в поровому просторі за наявності точкового джерела // Науковий вісник Ів.-Фр. нац. техн. ун-ту нафти і газу, Ів.-Фр. - 2004. - №3(9). - С.151-152.
17. Семчук Я.М., Шкіца Л.Є. Вплив систем розробки калійних родовищ на геологічне середовище // Уголь Украины. – 2004. - №3. - С.10-11.

18. Семчук Я.М., Шкіца Л.Є. Екологічні проблеми при відкритій розробці калійних родовищ на Прикарпатті // Экотехнологии и ресурсосбережение. - 2004. - №2. - С.52-55.
19. Шкіца Л.Є., Саломатин М.В. Оценка устойчивости территории в районах разработок калийных и серных месторождений в Предкарпатье // Горный журнал. - 2005. - №5. - С.64-65.
20. Шкіца Л.Є. Методологія геоекологічного аналізу гірничопромислових комплексів // Экотехнологии и ресурсосбережение. - 2006. - №1. - С.53-55.
21. Шкіца Л.Є. Трансформація гірничих комплексів після завершення експлуатації // Вісник Кременчуцького політехнічного університету. - 2006. - Випуск 2 (37) частина 2. - С.113-115.

### Матеріали конференцій

22. Рудько Г.І., Шкіца Л.Є. Екологічні аварії пов'язані із діяльністю гірничопромислових комплексів // Матер. V-го Севаст. Межд. сем. „Фундаментальные и прикладные проблемы мониторинга и прогноза природных, техногенных и соц. катастроф», „Стихия-2002” Севастополь, 14-22 сентября 2002 года. - С.21-23.
23. Shkitsa L. Influence des travaux miniers sur le developpement du karst de sulfate a l'ouest de l'Ukraine // Simpozionul international „Mediul – cercetare protectie si gestiune”. - Cluj-Napoca, Romania, 25-26 octombrie 2002. - 4p.
24. Шкіца Л., Саломатин М. Эколого-геофизические исследования в районах разработок открытым способом калийных и серных месторождений в Предкарпатье // 14-th International Scientific and Technical Conference, Zakopane 11-13 June 2003. - P.72.
25. Рудько Г.І., Шкіца Л.Є. Екологічний стан геологічного та суміжних середовищ в межах залізо-марганцевого регіону України // Матер. конф. „Сучасний стан навкол. прир. серед. промислових та гірничопромислових регіонів. Проблеми та шляхи вирішення”, Алушта 2004. - С.67-70.
26. Семчук Я.М., Шкіца Л.Є. Особливості геологічного середовища калійних родовищ // Матер. III Всеукр. науково-метод. конф. „Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика”, Рівне 2004. - С.242-244.
27. Шкіца Л.Є. Екологічний аналіз та трансформація природно-техногенних систем гірничопромислових комплексів // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції „Розвиток наукових досліджень'2005”, Полтава 2005. - С.94-96.

## АНОТАЦІЯ

**Шкіца Л.Є. Екологічна безпека гірничопромислових комплексів Західного регіону України. - Рукопис**

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

Розширено і конкретизовано наукові основи екологічної безпеки гірничопромислових комплексів. Розроблено методологічні засади геоecологічного аналізу територій порушених гірничодобувною діяльністю. Обґрунтовані принципи екологічної безпеки територій гірничого підприємства на стадії ліквідації та запропоновані методики контролю напружено-деформованого стану гірських порід та аналізу геохімічної ситуації навколо місць накопичення гірничих відходів. Проведений комплексний екологічний аналіз соляних та сірчаних комплексів Передкарпаття з переліком основних порушень досліджуваних територій. Створено математичну модель процесів фільтрації витоків із хвостосховищ в ґрунті, яка дозволяє встановити основні закономірності процесу формування ареалу забруднень, а розв'язок задачі виражає залежність швидкості фільтрації від просторових координат і часу та дозволяє реалізувати задачу про дію плоского джерела. Запропоновані методи та заходи керованого контролю екологічною безпекою природно-техногенних систем гірничопромислових комплексів та впроваджені на території Яворівського та Калуського гірничорудних районів для усунення техногенних наслідків діяльності підприємств та контролю за екологічним станом довкілля під час відновлення територій.

**Ключові слова:** екологічна безпека, гірничопромисловий комплекс, природно-техногенна система, кар'єр, відходи, хвостосховище, керований контроль.

## АННОТАЦИЯ

**Шкица Л.Е. Экологическая безопасность горнопромышленных комплексов Западного региона Украины. – Рукопись.**

Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук по специальности 21.06.01 - экологическая безопасность. Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 2006.

Диссертационная работа посвящена решению важной научно-прикладной проблемы по разработке и внедрению научных и методологических основ экологической безопасности горнопромышленных комплексов на стадии ликвидации.

Разработаны научные основы геоecологического анализа горнопромышленного комплекса на разных стадиях функционирования, которые базируются на рассмотрении природно-техногенной системы горного комплекса с точки зрения иерархической, функциональной, компонентной структур с определенными

функциональными характеристиками антропогенных изменений элементов окружающей среды.

Обоснованы принципы и предложена методология оценки экологической безопасности территории, которая находится под влияния горнодобывающих комплексов на стадии ликвидации предприятия, что базируются на изучении зон техногенного влияния от каждого технологического объекта и обеспечении физической, химической стабильности отходов горного производства. Для обеспечения экологической безопасности территории необходима оценка напряженно-деформированного состояния горных пород в местах развития геомеханических и инженерно-геологических нарушений и анализ геохимических изменений в зоне влияния отходов горнопромышленного предприятия, которые проводятся с использованием аналитических и экспериментальных исследований составляющих окружающей среды.

Реализация предложенных методологических принципов разрешает разрабатывать, внедрять эффективные методы и средства мониторинга территорий, нарушенных горнодобывающей деятельностью, а также проводить оценку риска территории горнодобывающего комплекса и прогнозирование состояния окружающей среды после завершения эксплуатации, что является основой для разработки плана ликвидации и технической рекультивации территории предприятия.

Проведен комплексный экологический анализ соляных и серных комплексов Предкарпатья с перечнем и характеристикой геохимических, гидрогеологических, инженерно - геологических нарушений исследуемых территорий. Выделены зоны с развитием опасных геологических процессов и предложены мероприятия по управляемому контролю и управлению экологической безопасностью Яворовского и Калушского горнопромышленных районов на стадии завершения эксплуатации месторождений полезных ископаемых. На основе выполненных исследований создана информационно-справочная система горнопромышленного района, которая используется государственным управлением экологии и природных ресурсов в Ивано-Франковской области для информирования заинтересованных предприятий, органов, граждан о состоянии окружающей среды горнопромышленных предприятий на стадии ликвидации.

Разработан метод прогнозирования гидрохимической ситуации в зоне накопления отходов горного производства на основе созданной математической модели гидродинамических процессов фильтрации жидкости в пористой среде с помощью решения задачи о действии плоского источника в массиве грунта. Установлены закономерности фильтрации вредных веществ из хвостохранилищ в процессе формирования ареала загрязнения грунтовых вод, где источником вредных веществ считается площадь дна хвостохранилища, которая моделируется множеством параллельных линий, расположенных в одной плоскости с некоторым

шагом. Проведена апробация модели в промышленных условиях и доведена ее адекватность.

Предложены методы контроля напряженно-деформированного состояния горных пород и анализа геохимической ситуации вокруг мест накопления горных отходов. Разработаны мероприятия управляемого контроля экологической безопасностью природно-техногенных систем горнопромышленных комплексов, которые делятся на технологические, профилактические и служат для устранения техногенных последствий деятельности предприятий, контроля экологического состояния окружающей среды реализованы на предприятиях Западного региона Украины. Проведены эколого-геофизические исследования методом естественного импульсного электромагнитного поля Земли в районах разработок открытым методом калийных и серных месторождений разрешили определить напряженно-деформированное состояние горных пород в зонах влияния горнодобывающих предприятий и выделить участки с развитием опасных геологических процессов.

Внесены для рассмотрения дополнения и изменения в законодательные акты: „Горного закона Украины”, „Кодекса Украины о недрах”, проекта закона «О ликвидации горных предприятий» и предложены способы информатизации общественности о состоянии окружающей среды территории горнопромышленного комплекса в результате обоснования стратегии, тактики, использования методов управляемого контроля техногенно-экологической безопасностью горнопромышленных комплексов.

Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе для студентов специальности „Экология и охрана окружающей среды”.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, горнопромышленный комплекс, природно-техногенная система, карьер, отходы, хвостохранилище, управляемый контроль.

## ANNOTATION

**Shkitsa L.Y. Ecological Safety of Industrial Mining Complexes of Western Region of Ukraine – Manuscript.**

Thesis for a Doctor Degree in Technical Sciences, Speciality 21.06.01 – Ecological Safety. Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2006.

The thesis deals with the expanded and specified scientific background of the ecological safety of industrial mining complexes at the stage of liquidation. The Methodological principals have been developed for geoecological analysis of the territories destroyed by mining activity. There have been asserted the principals of ecological safety of the territories under mining industry at the stage of liquidation and methods have been offered to control the deformation mode of rocks and analysis of geochemical situation round the places of mining wastes accumulation. A complex

ecological analysis has been conducted of the saline and sulfur complexes of the Precarpathia which included a list of main troubles found on the investigated areas. A mathematical model of the leakage filtration processes from tailing dumps in soil makes it possible to determine the main regularities of the process of pollution areal formation. The solution of the problem shows the dependence of filtration velocity on spatial values and time and permits to consider the problem about the influence of plane source in soil massif. In the thesis there have been offered the methods and measures for the regulated control of ecological safety of natural-technogenic systems of industrial mining complexes. They were successfully applied on the territory of Yavoriv and Kalush mining territories to eliminate the technogenic consequences of enterprises' activity and to control the ecological state of the environment during the process of territory renewal.

**Key words:** ecological safety, industrial mining complex, natural-technogenic system, open-cast mine, wastes, tailing dump, regulated control.



as1102