

УДК 622.267.023.67:624.138.4
№ держреєстрації 0108U000542
Инв. №

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"
(Державний ВНЗ "НГУ")

49005, Дніпропетровськ, пр. К.Маркса, 19, тел. (0562)47-32-09, факс: 744-622-14
телекс: 14-34-57 "AGAT SU", e-mail: HomenkoO@nmu.org.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи
д-р техн. наук, професор

_____ О.С. Бешта

_____ 2010 р.

ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

РОЗРОБКА РЕГІОНАЛЬНОГО ПРОГНОЗУ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ
РИЗИКІВ ПРИ ЗАКРИТТІ ШАХТ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

по темі ГП-412
(заключний)

Начальник НДЧ,
канд. техн. наук, доц.

О.Є. Хоменко

Керівник теми,
д-р техн. наук, проф.

С.Ф. Власов

2010

Рукопис закінчено 5 грудня 2010 р.

Результати роботи розглянуто науково-технічною радою, протокол № 4 від
09.12.2010 р.

СПИСОК АВТОРІВ

Науковий керівник
д-р техн. наук, проф.

С. Власов
(вступ, розділи 2-4, висновки)

Виконавці:

Старший науковий
співробітник,
канд. техн. наук

Ю. Демченко (розділ 4)

Асистент

Т. Ямнич
(розділи 1-4)

Асистент

О. Сідельников
(розділи 1-4)

Старший лаборант

М. Євсюков
(оформлення звіту)

Лаборант

В. Теодорович
(оформлення графічних
матеріалів)

Нормоконтролер

Л. Шломіна

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 98 с, 27 рис., 9 табл., 29 джерело, 3 додатки.

Об'єкт дослідження – процес аналізу та прогнозування еколого-економічних ризиків, які викликані гірничовидобувними роботами.

Мета проекту – розробка методики регіонального прогнозу еколого-економічних ризиків, можливість виникнення яких зумовлена техногенним впливом вугільних шахт, що функціонують або закриваються.

Мета етапу – апробація розробленої методики регіонального прогнозу еколого-економічних ризиків з урахуванням взаємного впливу шахтних комплексів Західного Донбасу, що працюють та закриваються.

На основі результатів проведення експериментального моделювання еколого-економічного ризику для шахт родовища Західного Донбасу та аналізу розроблених моделей еколого-економічних ризиків отримано якісні й кількісні показники, які дали можливість розробити набір керуючих заходів для мінімізації наслідків функціонування або закриття шахтних комплексів.

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ РИЗИКИ, ФАКТОРИ, ПАРАМЕТРИ, МОДЕЛЬ, МЕТОДИКА РЕГІОНАЛЬНОГО ПРОГНОЗУ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВИНИКНЕННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ РИЗИКІВ, АНАЛІЗ НАСЛІДКІВ ВЕДЕННЯ ГІРНИЧОВИДОБУВНИХ РОБІТ ТА ШЛЯХІВ ЇХ УСУНЕННЯ.....	8
1.1 Аналіз чинників, що спричиняють основний вплив на ступінь комплексного еколого-економічного ризику, викликаного веденням гірничодобувних робіт.....	9
1.1.1 Природно-техногенні процеси, що виникають при закритті шахт.....	9
1.1.2 Надходження мінералізованих шахтних вод в підземні та поверхневі водні об'єкти.....	10
1.1.3 Підтоплення і заболочування територій.....	12
1.1.4 Зсуви, обвали і просідання гірських порід.....	14
1.2 Обґрунтування параметрів і розробка структури моделі оцінки і прогнозування еколого-економічних ризиків	17
1.2.1 Обґрунтування методики економічної оцінки наслідків техногенного впливу на екосистему регіону.....	22
1.2.2 Розробка методики регіонального прогнозу еколого- економічних ризиків.....	25
2 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ РЕГІОНАЛЬНОГО ПРОГНОЗУ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ РИЗИКІВ.....	44
2.1 Обґрунтування вибору програмного інструменту, що буде використаний як основа програмного комплексу, який розроблюється для реалізації методики регіонального прогнозу еколого-економічних ризиків.....	45
2.1.1 Система GeoniCS Рельєф.....	46
2.1.2 Система SurvCADD 2000.....	47
2.1.3 ArcView3.2.....	49
2.1.4 Система MapInfo.....	50
2.1.5 Можливості MATLAB	52
2.1.6 СКБД MySQL.....	54
2.2 Розробка експертної системи для обґрунтування керуючих заходів щодо зменшення еколого-економічних ризиків.....	55
2.3 Розробка програмного комплексу	60
3 АПРОБАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ РЕГІОНАЛЬНОГО ПРОГНОЗУ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ РИЗИКІВ З УРАЗУВАННЯМ ВЗАЄМНОГО ВПЛИВУ ШАХТНИХ КОМПЛЕКСІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ ТА ЗАКРИВАЮТЬСЯ.....	64
3.1 Розробка бази даних	64

3.2	Проведення експериментального моделювання еколого-економічного ризику шахт Західного Донбасу "Павлоградська" і "Тернівська" з урахуванням їх взаємозв'язку.....	72
3.2.1	Моделювання і прогнозування еколого-економічних ризиків для шахти "Павлоградська".....	72
3.2.2	Моделювання і прогнозування еколого-економічних ризиків для шахт "Павлоградська" і "Тернівська".....	77
3.3	Проведення експериментального моделювання еколого-економічного ризику шахт Західного Донбасу.....	81
ВИСНОВКИ		84
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		87
ДОДАТОК А	Витяг з протоколу засідання кафедри.....	90
ДОДАТОК Б	Витяг з протоколу засідання НТР за напрямом.....	92
ДОДАТОК В	Рецензія.....	96

ВСТУП

Актуальність теми. Проблеми екобезпеки і раціонального природокористування під час видобутку корисних копалин у більшості країн Світу завжди лишатимуться пріоритетними при визначенні рівня природоохоронної діяльності гірничовидобувних підприємств. Прагнення України до Європейського вектору розвитку потребує нових світоглядних підходів до розробки родовищ корисних копалин і в першу чергу з точки зору екобезпеки та раціонального природокористування.

Родовища вугілля в Західному Донбасі є унікальними як за своїми запасами, так і за своєю якістю. Площа гірничого відводу 11 шахт складає близько 400 кв. км. На цьому родовищі залягає від 5 до 11 вугільних пластів, які мають середню потужність близько 0,7 – 0,9 м. При вийманні вугільних пластів виникає зсув порід над вугільною структурою, внаслідок чого опускання денної поверхні може скласти від 4,0 до 9,0 м. У процесі активної розробки деякі шахти цього родовища вичерпають свої запаси вже до 2030 року, тому виникне проблема їх закриття. Головним способом закриття шахт на теперішній час є їх мокра консервація. Реалізація цієї технології, яка ще не вивчена до кінця, суттєво погіршить екологічні проблеми, пов'язані з втратою родючих земель у зоні проведення очисних робіт.

Ці екологічні проблеми є дуже гострими у всіх гірничодобувних регіонах, проте вже для Донбасу, Кривбасу та Львівсько-Волинського басейну вони набули масштабного характеру. Особливо гостро ці проблеми проявилися у ході реалізації Програми закриття неперспективних шахт та розрізів. Програмою було передбачено протягом 1996 – 2008 років закрити 100 шахт – тобто третю частину усього шахтного фонду України.

Фактично робота з фізичної ліквідації завершена на 25 вугледобувних об'єктах. Проте вже одразу виникли проблеми, пов'язані з підтопленням та заболоченням територій, розширенням зон витоку високомінералізованих шахтних вод, погіршенням властивостей гірських порід, ґрунтів тощо.

Так, закриття шахт "Ясинівська" ВАТ "Макіїввугілля" та ім. С. Тюленіна ВАТ "Краснодонвугілля" в режимі мокрої консервації призвело до підтоплення сільськогосподарських угідь, присадибних ділянок та підвалів житлових будинків. Самовилив води на шахті ім. С. Тюленіна спричинив підтоплення території площею 48 га в межах м. Краснодон. У зв'язку з тим, що шахтні води є високомінералізованими (середня мінералізація становить 2 – 4 г/дм³) та містять значну кількість токсичних речовин, існує реальна загроза забруднення водоносних горизонтів і родючого шару ґрунту.

Тому розробка моделі комплексної оцінки та прогнозу еколого-економічних ризиків з урахуванням різноманітних факторів та технологічних способів їх мінімізації для шахт, які функціонують або закриваються, є актуальною проблемою для збереження екосистеми не тільки для Дніпропетровської області та вугледобувних регіонів України, але і для всієї країни у цілому.

Зважаючи на вищевикладене і беручи до уваги, що забезпечення екологічно-безпечного існування всіх природних об'єктів є однією з основних проблем сучасності, а екологічна безпека на цей час є невід'ємним елементом національної безпеки країни, то розробка регіонального прогнозу еколого-економічних ризиків при закритті шахт Західного Донбасу є надзвичайно актуальним науково-технічним завданням.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВИНИКНЕННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ РИЗИКІВ, АНАЛІЗ НАСЛІДКІВ ВЕДЕННЯ ГІРНИЧОВИДОБУВНИХ РОБІТ ТА ШЛЯХІВ ЇХ УСУНЕННЯ

Ведення гірничодобувних робіт протягом тривалого часу призвело до виникнення значних змін в масиві гірських порід, а саме: змінилися фізико-механічні властивості гірських порід, режим підземних вод та їх фізико-хімічні властивості. Все це призвело до значних деформацій і осідання земної поверхні тощо. Наслідками таких порушень є збільшення тріщинуватості, утворення розломів в гірських породах, за допомогою яких відбувається міграція вибухонебезпечних газів і забруднених, високомінералізованих підземних вод на земну поверхню, в підземні та поверхневі водні об'єкти, що також призводить до затоплення, заболочування і засолення земель.

У той же час ліквідація вугільних шахт, яка здійснювалася і дотепер проводиться без урахування прогнозних оцінок екологічних наслідків і з частими порушеннями природоохоронного законодавства, в умовах фінансування за залишковим принципом призводить до істотного ускладнення екологічної ситуації у вугледобувних регіонах. Закриття шахт призводить до зміни стану навколишнього природного середовища (особливо при невиконанні природоохоронних вимог з урахуванням геологічних та інших природних умов) в ще більшій мірі, ніж їх спорудження. Таким чином, екологічна ситуація в Західному Донбасі стає загрозливою.

Існує декілька способів закриття шахт. **Суха консервація** – це спосіб закриття, що припускає постійне відкачування води після закінчення ведення гірничих робіт. **Напівсуха консервація** припускає постійне відкачування води з шахти і підтримання необхідного рівня підземних вод. Проте найчастіше застосовується **мокра консервація** – затоплення шахти водою, яка відкачується під час її роботи [1, 2]. Даний процес є маловивченим, але його негативний вплив на екологію очевидний.

Можна зробити висновок, що як ведення, так і припинення гірничодобувних робіт призводить до виникнення еколого-економічних ризиків, під якими мається на увазі поява економічного збитку внаслідок екологічних порушень. Виконання аналізу наслідків техногенного впливу закриття шахт Західного Донбасу надасть можливість оцінити розмір даного збитку й обґрунтувати вибір заходів щодо мінімізації екологічних ризиків [3, 4]. Для визначення цих заходів необхідно розробити методику оцінки і прогнозування цих еколого-економічних ризиків, що дозволить визначити економічну ефективність запропонованих заходів у порівнянні з економічною оцінкою наслідків закриття шахти.

Для побудови моделі оцінки і прогнозування еколого-економічних ризиків, спричинених гірничодобувними роботами, необхідно розглянути складно-формалізовані процеси виникнення і зміни екологічних ризиків на функціонуючих шахтних комплексах, які закриваються, і виділити групи даних, необхідних для моделювання, що дозволить розробити методику аналізу і прогнозування еколого-економічних ризиків.

Розглянемо докладніше основні природно-техногенні процеси, які викликані функціонуванням і закриттям шахтних комплексів.

1.1 Аналіз чинників, що спричиняють основний вплив на ступінь комплексного еколого-економічного ризику, викликаного веденням гірничодобувних робіт

1.1.1 Природно-техногенні процеси, що виникають при закритті шахт

У цілому серед безлічі чинників, що впливають на еколого-економічні ризики, можна виділити **4 основні** негативні екологічні процеси:

- надходження мінералізованих шахтних вод в підземні й поверхневі водні об'єкти та їх забруднення, прискорення міграції техногенних забруднень в геологічне середовище і біологічні об'єкти;
- підтоплення та заболочування земельних угідь і територій промислово-цивільної забудови;
- переміщення та обвали масивів гірських порід, просідання денної поверхні;
- практично неконтрольоване розширення шляхів міграції вибухонебезпечних газів [1, 5].

Аналіз причин і наслідків вказаних процесів дасть можливість виділити основні групи даних, необхідних для побудови моделі оцінки і прогнозування еколого-економічних ризиків.

1.1.2 Надходження мінералізованих шахтних вод в підземні й поверхневі водні об'єкти

Необхідно відзначити, що розробка родовищ кам'яного вугілля сприяє змінам у водообміні та гідрохімічному режимі підземних вод на території, що значно перевищує площу гірничих робіт. Як показав аналіз результатів багаторічного екологічного моніторингу в Західному Донбасі, внаслідок збільшення техногенного навантаження на гідросферу відбувається розвиток декількох десятків локальних осередків забруднення підземних вод і стійке зростання мінералізації води (за останні 30 років від 0,5 – 1,0 до 1,5 – 3,0 г/л і більше). За даними лабораторії екології ґрунтів Луганського інституту агропромислового виробництва, води з мінералізацією вище за 2,5 г/л непридатні не тільки для пиття, але і для поливу земельних присадибних ділянок. При цьому площа розвитку прісних підземних вод з солевмістом до 1 г/л скоротилася в 4 рази, а води з підвищеною мінералізацією (1,5 – 3,0 г/л) виявлені на 83% територій регіону [1].

Із різким зростанням припливу підземних вод в шахти та зміни їх рівня в період масового закриття, а також внаслідок збільшення кількості техногенних джерел забруднення проблема охорони і відновлення якості ресурсів підземних вод на територіях, прилеглих до зон впливу закритих шахт, ще більш загострилася. Після закриття шахт залишаються проблеми охорони водних об'єктів від забруднення, що існують при роботі, та ще до них приєднується низка інших проблем, пов'язаних з негативним впливом виведення шахти з експлуатації.

По-перше, заповнення шахт відбувається високомінералізованими і забрудненими водами, що мали геологічний контакт з розрізами шахт, шламонакопичувачами, фільтрувальними ставками-накопичувачами шахтних вод, відстійниками, складами отрутохімікатів і мінеральних добрив, териконами та хвостосховищами промислових стоків. Гідроізоляція днищ і бортів цих споруд, як правило, відсутня, накопичувачі розташовуються в ярах, балках, тому вони є інтенсивними джерелами фільтрації в підземні води і забруднення водних ресурсів фенолами, нітратами, нафтопродуктами, ціанідами та іншими токсичними елементами. Мінералізована шахтна вода може мігрувати під поверхнею землі на значні відстані, оскільки на вугільних шахтах Західного Донбасу давно прийнято сполучати згасні підприємства з суміжними шахтами за допомогою так званих збійок. Ланцюжки підземних виробок з роками нарощувалися, і сьогодні їх можна прослідкувати на відстані 30 – 40 км [6].

Всі зміни, що відбуваються в закритих шахтах, неминуче впливають і на працюючі шахти.

По-друге, у зв'язку зі скороченням виробництва і закриттям шахт загальний об'єм шахтного водовідливу зменшився, внаслідок чого проектна потужність очисних споруд на низці шахт значно перевищує фактичне надходження шахтних вод. Високомінералізовані шахтні води обробляються в очисних спорудах механічного і фізико-хімічного очищення, де знижується тільки вміст завислих речовин, тому практично весь об'єм шахтних вод, що пройшов очищення, віднесений до категорії недостатньо очищеного за мінеральним складом. Їх мінералізація, як правило, перевищує допустиму норму 1 г/л і коливається від

1,5 – 1,7 до 20 – 50 г/л. Дуже високий вміст солей у воді на шахтах підприємств "Павлоградвугілля" (до 35 г/л), "Красноармійськвугілля" (24 г/л), "Стахановвугілля" (20 г/л), "Краснодонвугілля" (7,5 г/л), "Донецьквугілля" (8,32 г/л). У шахтних водах міститься велика кількість завислих (25 – 150 мг/л), забруднюючих і шкідливих речовин. Проте проектами з ліквідації шахт, як правило, передбачається або будівництво кущових очисних споруд, або використання вже існуючих, які можуть забезпечити виключно механічне очищення шахтних вод, внаслідок чого знижується тільки вміст завислих речовин.

Попадання мінералізованих і забруднених шахтних вод в мережу гідрографії та ґрунт викликає збільшення мінералізації річкових і підґрунтових вод у 2 і більше разів. Тільки у Луганській області частину шахтних вод, яка відводиться в природні водні об'єкти, складає 48% від загального об'єму оборотних вод і досягає 625 тис. м³/доб (228 млн м³/рік). У маловодні роки ситуація загострюється, оскільки річки регіону приймають забруднені води у 2 – 3 рази більше, ніж об'єми їх природного стоку. Проте сьогодні в більшості випадків населення бере воду для питних потреб саме з поверхневих водоймищ або підґрунтових колодязів.

Високомінералізовані і забруднені шахтні води, просочуючись по капілярних системах ґрунту, можуть також викликати невідновне знищення родючого шару землі. Небезпека утворення зон так званої хімічної пустелі існує всюди, де вирішено закривати неперспективні шахти, тобто практично на всій території Західного Донбасу і значної частини України.

1.1.3 Підтоплення і заболочування територій

Шахти під час видобутку корисних копалин порушують шари залягання підземних вод і, з одного боку, дозволяють їм з великих глибин підніматися на поверхню, а з іншого – сприяють виникненню водної так званої депресійної воронки. Зазвичай на шахті виймається вугілля в радіусі понад десять кілометрів від її центрального ствола, воронка ж виходить в 2 рази ширше. Особливо си-

льно діяльність шахт впливає на нормальні умови експлуатації водозаборів. Істотно впливають гірничі роботи і на поверхневі води. Підробка водних об'єктів призводить в деяких випадках до повного зникнення річок, водоймищ і багатьох видів рослин [7].

Якщо ж підприємство зупиняється і, відповідно, припиняється водовідлив, підземні води прагнуть відновити свій природний рівень. Вода затоплює шахту і з часом може виходити на поверхню. Зупинка водовідливу шахтних вод у зв'язку з вилученням із експлуатації великої кількості шахт і переведенням їх на мокру консервацію різко змінила гідрологічний і гідрохімічний режими річок, в які тривалий час здійснювалося скидання шахтних вод і промислових стоків. Станом на початок 2004 р. для Донецького басейну середньорічний приплив шахтних вод в гірничі виробки склав 90 тис. м³, з яких на технічні потреби використовувалося 13 – 15 %, а решта скидалася в ставки-накопичувачі, річки та інші водоймища. У межах гірничопромислових районів Західного Донбасу 20 – 40% територій виявилися підтопленими і заболоченими. У цілому площа підтоплених ділянок на шахтарських околицях Донецька складає 5,2 тис. га, в межах м. Луганська – понад 4 тис. га, в Макіївці – 1,7 тис. га [1].

Технологічні продукти і відходи виробництва, що накопичуються впродовж тривалого часу в депресійній воронці Донецько-макіївської агломерації, внаслідок зміни гідрогеологічного режиму можуть викликати забруднення води в зоні питних водозаборів, проникнути у функціонуючі гірничі виробки. Особливий неспокій викликають території, де за радянських часів проводилися ядерні випробування, в результаті яких в підземних порожнечах осіли величезні об'єми радіоактивних хімічних речовин і відходів. При підтопленні даних місць може виникнути радіоактивне і токсичне забруднення водоносних горизонтів і довколишніх територій [8].

Дослідження показали, що зміна рівня ґрунтових вод внаслідок закриття шахт також сприяє розвитку процесу заболочування і пов'язаного з ним засолювання й осланцювання ґрунтів.

Також під час підтоплення і затоплення територій різко зростає інтенсивність розчинення техногенних забруднювачів у ґрунтах, де прогресує міграція забруднень в поверхневі і підземні водні об'єкти, оскільки води проникають у відвали і шламонакопичувачі та насичуються там всілякими забруднювачами.

Тільки через 5 – 10 років після виходу шахтної води на поверхню передбачається незначне зниження вмісту в ній забруднюючих речовин і деяка стабілізація її якості.

1.1.4 Зсуви, обвали і просідання гірських порід

Західний Донбас – один з найбільш старих і крупних гірничопромислових районів у світі. Історія його розвитку налічує понад 200 років. Тут на площі близько 15 тис. км² залежно від збільшення глибини ведення гірничих робіт і зниження рівня підземних вод під впливом шахтного водовідливу наростало стійке регіональне порушення рівноваги геологічного середовища в системі "мінеральний скелет гірських порід – підземні води". В результаті **виникла низка необоротних геологічних процесів**, до яких відносяться:

- просідання земної поверхні і переміщення породного масиву в зонах прямого впливу гірничих робіт;
- зниження механічної міцності порід в зонах обвалення, просідання, переміщень і розвитку техногенної тектонічної тріщинуватості, а також внаслідок впливу водонасичення, вилуговування водорозчинних мінералів тощо;
- руйнування регіональних водотривів і пов'язана з цим активізація міграції мінералізованих вод глибоких горизонтів у поверхневі водні об'єкти, а також зміна структури потоків вибухонебезпечних газів;
- розвиток гідрогеомеханічної напруги і ударів внаслідок затоплення гірничих виробок і об'ємного розподілу гідростатичного тиску, результатом якого можуть бути локальні землетруси (з обвалами міжшахтних ціликів і ізолюючих перемичок, деформацією земної поверхні та руйнуванням наземних споруд);

- загальне підвищення сейсмічної активності на 1 – 2 бали навіть при фонових значеннях землетрусів на рівні 4 – 5 балів.

Вже зараз опускання території земної поверхні, що знаходиться в зонах гірничих робіт, сягає в деяких місцях 6 м, у середньому ж воно складає 1,5 м. Просідання сприяє підтопленню і затопленню територій. Наприклад, просідання ґрунту на полях шахт "Благодатна" і "Павлоградська" в заплаві річки Самари на 3 – 5 м призвело до утворення 4-х озер загальною площею 2 км². Заповнення цих озер шахтною водою зумовило підвищення рівня мінералізації води в них до 30 г/л.

Західний Донбас відрізняється високою концентрацією населення, житлових і промислових об'єктів, систем трубопровідного і залізничного транспорту, а також потенційно екологічно небезпечних підприємств (хімічних, металургійних, нафтопереробних). Більшість цих об'єктів достатньо чутлива до геологічних змін поверхні: просідань, зсувів ґрунту. На думку геологів, потрібно враховувати регіональне збільшення масштабів зміни геологічного середовища, викликаного практично нерегульованим затопленням шахт. Результатом цього стане розширення зон просідань і провалів поверхні, її затоплення й утворення болот та інших водних об'єктів. З часом геологічне середовище почне приходити до нового рівня рівноваги, супроводжуючись накопиченням в його верхній зоні великих об'ємів потенційної енергії (тобто збільшенням ентропії або пониженням стійкості) у значних за масштабами породних масивах. Внаслідок чого будуть активізовані процеси просідань, карсту, обвалів, провалів, гідромеханічних ударів. У майбутньому це може істотно ускладнити функціонування інфраструктури, що забезпечує енергією системи промисловості, житлових приміщень, трубо- і шляхопроводів.

Всі негативні наслідки експлуатації шахт і в ще більшій мірі – їх закриття – накопичувалося роками, оскільки тривалий час екологічні та гідрогеологічні проблеми ігнорувалися. Освоєння природних ресурсів йшло зростаючими темпами і було основною метою. Гірничі виробки ставали все більш масштабними, руйнуючи природне середовище та видозмінюючи ландшафт. І тому з часом

дисбаланс між збільшенням техногенного навантаження на геологічне середовище і природоохоронними заходами збільшувався [9,10].

У XXI столітті у зв'язку з експлуатацією і закриттям вугільних шахт продовжуватимуться наступні **зміни гідросфери і геологічного середовища**, які можуть негативно відбитися на екосистемі регіонів:

- деформація земної поверхні;
- затоплення і підтоплення територій, населених пунктів;
- забруднення підземних і поверхневих вод;
- зростання опору русла річок, в які скидаються забруднені і мінералізовані шахтні води, що зумовлює втрату здатності водотоків самоочищатися;
- засолення ґрунтів, падіння врожайності сільськогосподарських культур;
- погіршення сейсмічності територій;
- повне або часткове зникнення водотоків, водоймищ;
- прояв вторинного тектогенезу, що може викликати додаткові деформації будівель і споруд;
- необоротні зміни вологості в зоні аерації, які можуть призвести до повного зникнення деяких видів рослин і тварин, до втрати частини поверхневого стоку річок [5].

Таким чином, серед наслідків виникнення ризиків при видобутку вугілля можна виділити 5 груп (рис.1.1).

Необхідно відзначити, що питанням гідрологічних порушень, що виникають при веденні гірничовидобувних робіт, присвячена значна кількість досліджень. Питаннями впливу гірничих робіт на гідрологію гірничовидобувних підприємств займаються вчені провідних ВНЗ і НДІ країни [2].

Неконтрольоване розширення шляхів міграції газів є складним завданням, яке залежить як від зміни стану масиву гірських порід, так і від зміни гідрогеологічного режиму підземних вод. Оскільки виділення газів є вторинним процесом, то в роботі ці питання не розглядаються.

У той же час питання, що стосуються шкоди, нанесеної земельним ресурсам, на нашу думку, мають першорядне значення і до того ж недостатньо ви-

вчені. Тому в даній роботі розглядаються еколого-економічні ризики, пов'язані з порушеннями земель, викликаних деформацією земної поверхні, зсувом і обвалами масивів гірських порід, а також їх підтопленням і заболочуванням. Порушення земель призводить до неможливості їх використання згідно цільового призначення, що завдає значного збитку економіці регіону.

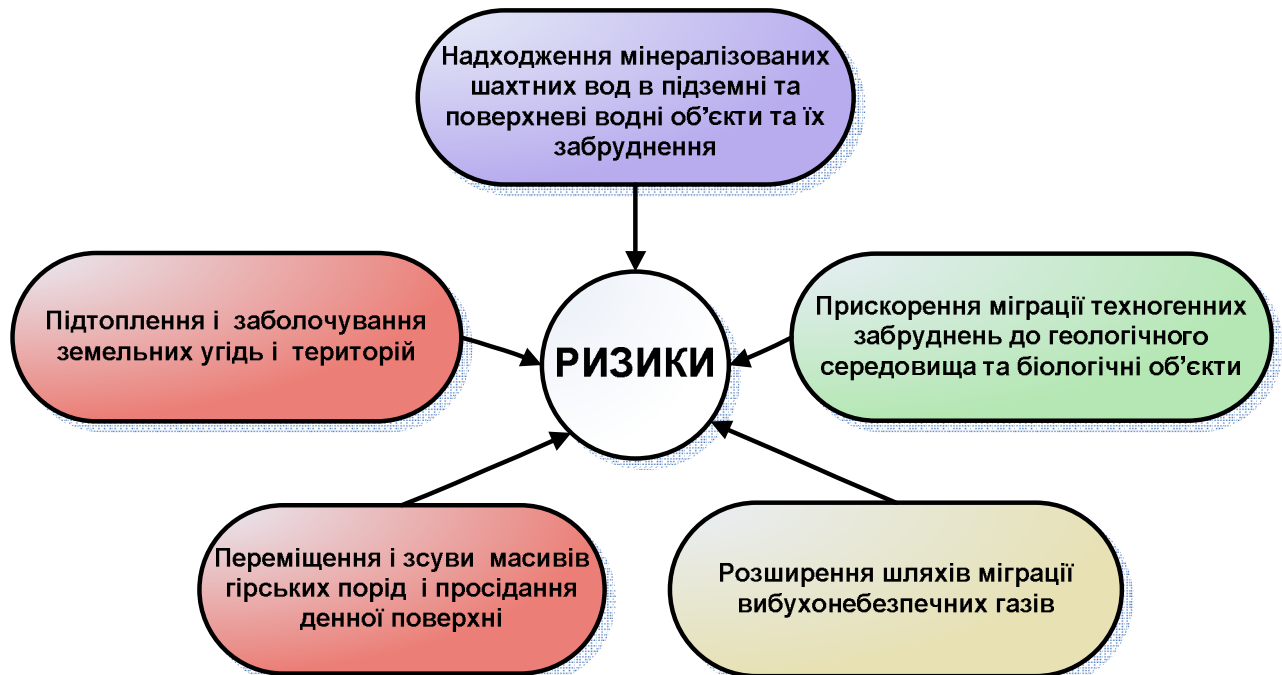


Рисунок 1.1 – Структура ризиків

1.2 Обґрунтування параметрів і розробка структури моделі оцінки і прогнозування еколого-економічних ризиків

У результаті аналізу причин виникнення еколого-економічних ризиків внаслідок ведення гірничовидобувних робіт було зроблено висновок, що для вирішення поставленого завдання необхідно використовувати атрибутивну і просторову інформацію, яка представлена кількісними та якісними групами галузевих даних.

Таким чином, модель даних являє собою всю структуровану інформацію, яка використовується в моделі оцінки та прогнозуванні еколого-економічних ризиків. Структура цієї моделі цілком зумовлена процесами, необхідними для вирішення поставленого завдання.

Для оцінки збитків від втрати земель внаслідок ведення гірничих робіт необхідно визначити:

1. Величину осідання земної поверхні після виймання кожного вугільного пласта.
2. Площу зони затоплення.
3. Цільове використання затопленої ділянки.
4. Збитки, нанесені земельному фонду внаслідок втрати земельної ділянки визначеного цільового призначення.
5. Вартість рекультиваційних робіт, як методу зниження еколого-економічних ризиків.

Таким чином, модель даних буде складатися з 5 груп кількісних та якісних даних (рис. 1.2).

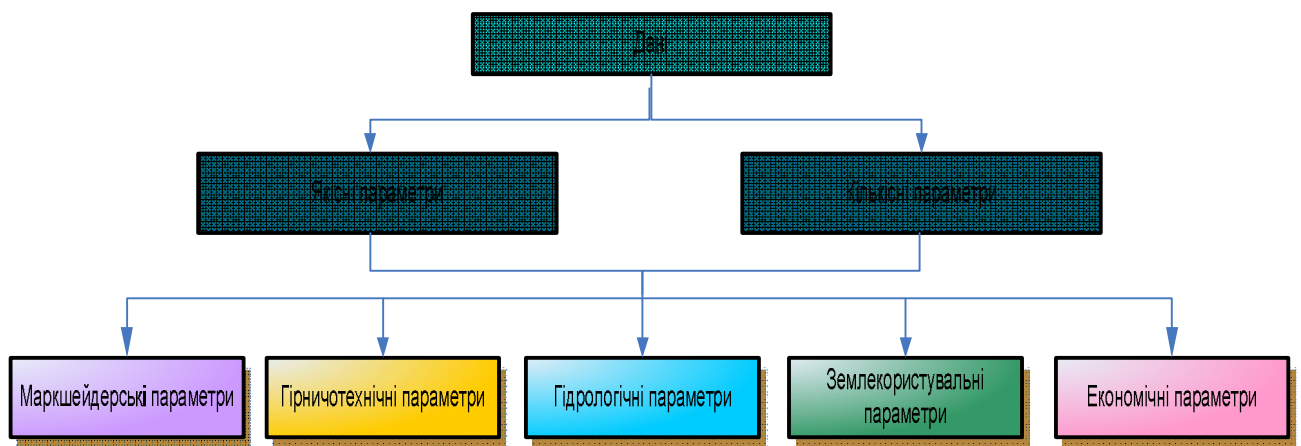


Рисунок 1.2 – Структура груп кількісних та якісних характеристик

Для визначення величини осідання земної поверхні після виймання кожного пласта необхідно мати інформацію про:

- кількість пластів;
- кут нахилу пластів;
- потужність пластів, що виймаються.

Ці дані входять до групи первинних гірничотехнічних параметрів.

Також необхідно знати:

- просторові координати розвідувальних свердловин;

- просторові координати ціликів.

Ці дані входять до групи маркшейдерських параметрів.

За результатами розрахунків отримуються висотні відмітки для поверхні осідання після виймання кожного із пластів. Ці відмітки порівнюються з відміткою ґрунтових вод (гідрологічні параметри) і таким чином визначаються зони підтоплення. Координати цих зон в свою чергу порівнюються з просторовими координатами земельних ділянок різного цільового призначення (маркшейдерські параметри), а за допомогою цього визначається тип використання (землекористувальні параметри) втрачених земель. Далі визначається площа затопленої ділянки (землекористувальні параметри) та об'єм необхідних для її відновлення матеріалів (гірничотехнічні характеристики) відносно прийнятої схеми рекультивації.

Використовуючи економічні параметри такі як: нормативи для земель різного цільового використання; коефіцієнт зниження продуктивності угідь, визначається розмір еколого-економічних збитків.

Інформація про схему гірничотехнічної рекультивації дозволяє розрахувати потужність та об'єм шарів чорнозему, лесовидних суглинків, піску та шахтної породи (гірничотехнічні параметри). За допомогою цих даних та економічних параметрів, що характеризують вартість кожного виду робіт (зняття, навантаження, транспортування та планування), обчислюється вартість проведення рекультивації.

Розглянемо поділ параметрів на кількісні та якісні, що необхідно для кращого розуміння моделі даних.

До кількісних даних відносяться:

- просторові координати свердловин, ціликів і земельних ділянок;
- кількість, кут залягання і потужність пластів;
- потужність і об'єми породи для шарів чорнозему, лесовидних суглинків, піску і шахтної породи;
- рівень ґрунтових вод;
- площа затоплених земель;

- нормативи, коефіцієнти, розмір збитку і вартість рекультиваційних робіт.

До якісних показників відноситься цільове призначення ділянок земель.

Всі вищеперелічені показники використовуються для розрахунків і проектування при розробці та реалізації моделі оцінки і прогнозування еколого-економічних ризиків.

Повна модель даних зображена на рис. 1.3.

Зазначена вище модель даних була використана для створення імітаційної моделі оцінки та прогнозування еколого-економічних ризиків (рис. 1.3).

Ця модель описує основні етапи процесів оцінки і прогнозування та включає модель даних, описану в попередньому пункті і складається з наступних модулів, наведених на рис. 1.4.

На початку маємо вхідні дані моделі, котрі описані в попередньому підрозділі. Вони передаються на етапи візуалізації і розрахунку параметрів. Етап візуалізації є дуже важливим для розуміння суті еколого-економічних ризиків. На цьому етапі відбувається побудова карт і поверхонь, що дозволить проводити моніторинг динаміки зміни і деформації земної поверхні й утворення зон затоплення. На другому етапі відбувається розрахунок параметрів, яких не вистачає. Отримані дані передаються на етап візуалізації, для оновлення цифрових моделей, і етап економічної оцінки. На цьому етапі відбувається оцінка еколого-економічних ризиків, а також оцінка вартості заходів щодо їх мінімізації.

Варіанти рекультивації, як метод зниження негативних наслідків еколого-економічних ризиків, вибираються на етапі прийняття рішень. На тому ж етапі відбувається аналіз всіх отриманих результатів. На виході отримуємо систему керуючих заходів, спрямованих на зниження негативного впливу гірничовидобувних робіт.

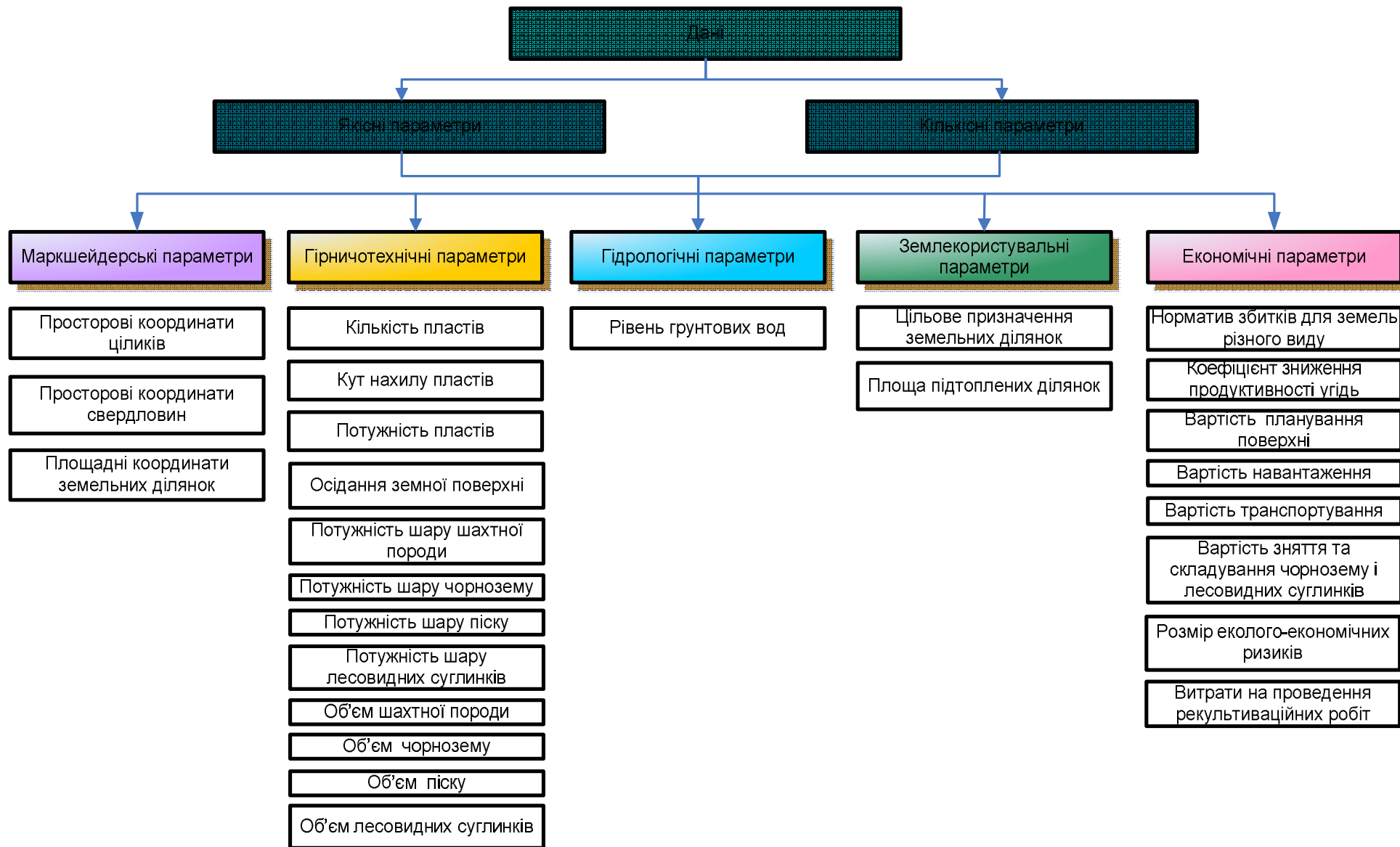


Рисунок 1.3 – Моделі даних оцінки і прогнозування еколого-економічних ризиків, викликаних гірничими роботами

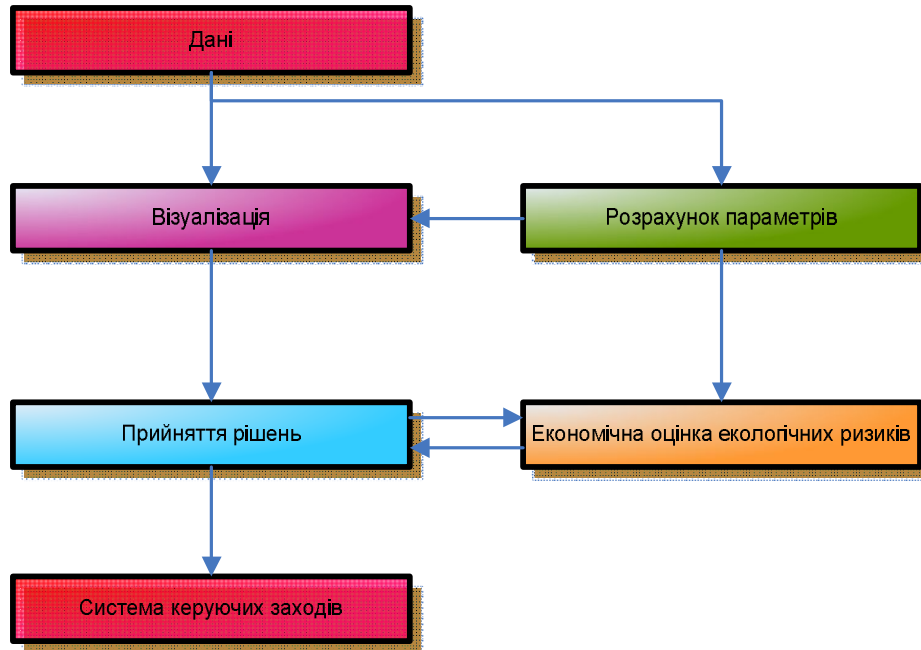


Рисунок 1.4 – Модулі моделі оцінки еколого-економічних ризиків

1.2.1 Обґрунтування методики економічної оцінки наслідків техногенного впливу на екосистему регіону

Під оцінкою еколого-економічних ризиків мається на увазі економічний збиток, який наноситься природним об'єктам в результаті утворення екологічних порушень.

Таким чином, з метою вибору методу оцінки економічного збитку, нанесеного земельним ресурсам внаслідок проведення гірничовидобувних робіт, був проведений аналіз методів оцінки земель.

При оцінці еколого-економічних ризиків необхідно враховувати не тільки площу порушеної ділянки, його вартість, але й цільове призначення. Так само необхідно враховувати зниження продуктивності окремої ділянки; це пов'язано з тим, що дана величина залежить від безлічі чинників, що викликають її зміну.

Тому для оцінки еколого-економічних ризиків, що виникають при проведенні та припиненні гірничовидобувних робіт, була вибрана затверджена Кабінетом Міністрів України 15 лютого 2002 р. № 175 методика оцінки наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру. Ця методика роз-

роблена для визначення розміру збитків, нанесених здоров'ю людей і об'єктам національної економіки [8], та адаптована з урахуванням особливостей завдань, що вирішуються. Методика дозволяє оцінити економічний збиток, нанесений землям будь-якого цільового призначення.

Оцінка еколого-економічних ризиків для земель сільськогосподарського призначення

Згідно цієї методики розрахунок збитків від вилучення або порушення земель сільськогосподарського призначення проводиться на підставі нормативних показників збитку для різних видів сільськогосподарських угідь в областях і обчислюється за наступною формулою:

$$P_{c/z} = P_{c/z1} + P_{c/z2}, \quad (1.1)$$

де $P_{c/z1}$ – збиток від вилучення сільськогосподарських земель з користування, рівний добутку нормативу збитку (узагальнений показник розміру шкоди, що умовно відповідає вартісній мірі неможливості використання земель) на площу вилучуваних сільськогосподарських угідь відповідного виду;

$P_{c/z2}$ – збиток від порушення сільськогосподарських угідь, розраховується на базі коефіцієнта зниження продуктивності по формулі:

$$P_{c/z2} = (1 - k) \cdot H \cdot П, \quad (1.2)$$

де H – норматив збитків для різних видів сільськогосподарських земель;

$П$ – площа сільськогосподарських вилучуваних земель відповідного виду.

Оцінка еколого-економічних ризиків для лісових ресурсів

Розрахунок збитків від втрати деревини та інших лісових ресурсів проводиться для груп лісів по областях з урахуванням коефіцієнта продуктивності лісів за типами лісорослинних умов по формулі:

$$P_{л/z} = P_{л/z1} + P_{л/z2} + P_{л/z3}, \quad (1.3)$$

де $P_{л/з1}$ – збиток від знищення і вилучення земельних ділянок лісового фонду для цілей, не пов'язаних з веденням лісового господарства розраховується за наступною формулою 1.4.

$$P_{л/з1} = H \cdot K \cdot П, \quad (1.4)$$

де H – норматив збитку (узагальнений вартісний показник розміру нанесеного збитку, що умовно відповідає вартісному вимірюванню втрат внаслідок неможливості господарського використання лісів або користі, що пов'язана з природними властивостями деревини та іншої лісової продукції) для груп лісів по областях;

K – коефіцієнт продуктивності лісів за типами лісогосподарських умов областей;

$П$ – площа лісової ділянки, що вилучається або знищується;

$P_{л/з2}$ – збиток від пошкодження лісів; розраховується на підставі коефіцієнта зниження продуктивності лісів за наступною формулою:

$$P_{л/з2} = (1 - k) \cdot K \cdot П, \quad (1.5)$$

де H – норматив збитків для груп лісів по регіонах уточнюється у відповідності з нормативно-методичною базою Держкомлісгоспу на момент нанесення збитку з урахуванням коефіцієнта інфляції;

$П$ – площа пошкодженої ділянки;

k – коефіцієнт зниження продуктивності угідь.

$P_{л/з3}$ – збиток у разі переведення лісів в менш цінну групу.

Враховуючи, що при осіданні земної поверхні, підтопленні, заболоченні територій, що сталися внаслідок гірничовидобувних робіт, ділянки лісу гинуть, то $P_{л/з3} = 0$.

Після виконання всіх вказаних етапів у базі даних зберігаються кількісні та якісні показники еколого-економічних ризиків. Ці дані обробляються і на їх основі виконується формування набору керуючих рішень. Ці рішення дозволять оптимізувати процес рекультиваційних робіт [8].

1.2.2 Розробка методики регіонального прогнозу еколого-економічних ризиків

У даному підрозділі наводиться обґрунтування методики, що використовується для аналізу та прогнозування еколого-економічних ризиків в умовах ведення і припинення гірничовидобувних робіт. Описані основні етапи дослідження, джерела даних. Розроблено алгоритм використання методики.

Методика, що пропонується, оснований на комплексному підході до виникнення еколого-економічних ризиків та їх наслідках, охоплює основні етапи їх аналізу та прогнозування, враховує особливості екосистеми регіону, який досліджується (рис. 1.5). Розробка методики ґрунтувалась на формалізації процесів аналізу та прогнозування еколого-економічних ризиків, що дозволить в подальшому розробити інформаційну технологію з метою автоматизації зазначених процесів та, в свою чергу, скоротити часові та трудові витрати на їх реалізацію.

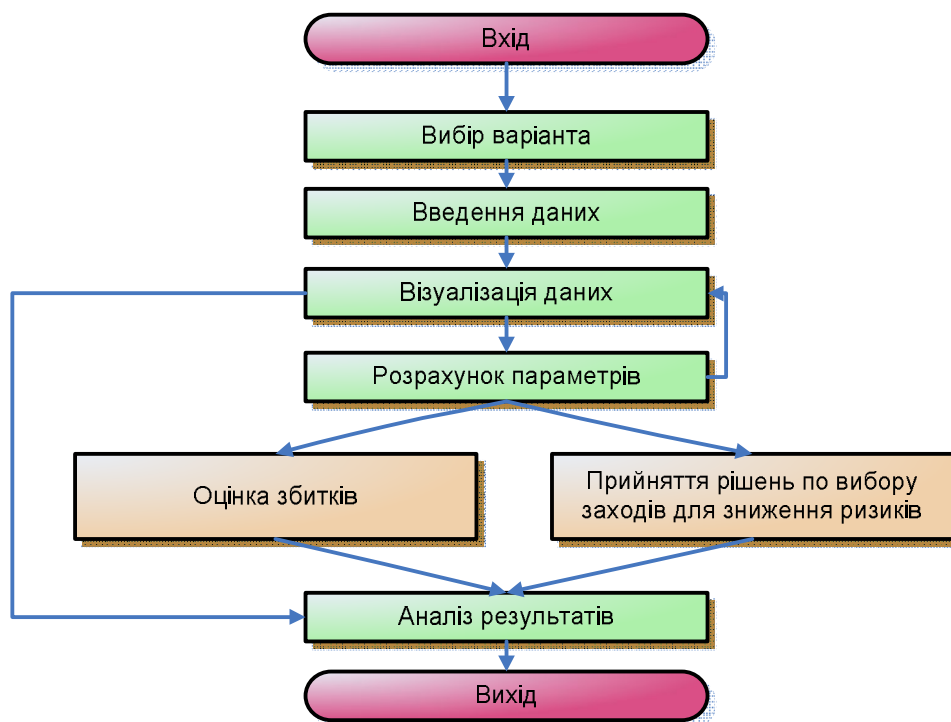


Рисунок 1.5 – Структура методики аналізу та прогнозування еколого-економічних ризиків

Під час роботи використовувались різні групи даних та їх джерела, що дало можливість систематизувати інформацію на кожному етапі її використання.

У табл. 1.1 наведено опис етапів, вхідні дані, що отримуються із раніш розроблених моделей, а також передбачувані результати реалізації кожного з етапів методики, яка пропонується.

На початковому етапі проведення робіт необхідно сформулювати конкретну задачу, від якої буде залежати алгоритм її виконання, ступінь формалізації процесів і необхідні дані. У запропонованій схемі проведення аналізу та прогнозування еколого-економічних ризиків означає, що ми можемо або оцінити збитки, що наносяться гірничими підприємствами екології та економіці регіону, або скласти план проведення відновлювальних заходів, або і те й інше одночасно. Таким чином, результат застосування інформаційної технології буде різним.

Зберігання та накопичення інформації є важливою частиною технологічного процесу, що викликано її постійним використанням та оновленням. Тому утримання інформації в упорядкованому стані є необхідною складовою нормального функціонування інформаційної технології.

Як результат, була отримана модель даних, яка описана в другому розділі, що складається з п'яти груп даних, які будуть використовуватись при розрахунках та візуалізації.

Однією з особливостей методики, що описується, є домінуюча роль візуалізації даних. Мається на увазі, що є можливість графічного відображення початкових та розрахункових даних на будь-якому етапі проведення робіт. Дані, які використовуються при проведенні оцінки, аналізу та прогнозування еколого-економічних ризиків, мають складну структуру, оскільки необхідно виконувати обробку не тільки якісних показників, а і великих масивів просторової інформації. Такі масиви використовуються для побудови тривимірних цифрових моделей поверхонь і двовимірних карт, що досліджуються.

Таблиця 1.1 – Основні етапи методики аналізу та прогнозування еколого-економічних ризиків

Етап	Вхідні дані	Опис етапу	Результати
1	2	3	4
Вибір варіанта	Інформація про об'єкт дослідження	Дослідження предметної області для визначення кінцевого результату дослідження	Параметри дослідження (варіант 1 – оцінка еколого-економічних ризиків, варіант 2 – оцінка вартості рекультивациі, варіант 3 – спільне виконання першого і другого варіантів)
Введення даних	База даних, текстовий документ	Формування інформаційного фонду згідно принципів необхідної повноти та мінімальної надмірності	Набор первинних даних для проведення досліджень
Візуалізація даних	Просторові та площинні параметри об'єктів у базі даних	Побудова карт і поверхонь за допомогою графічних пакетів з використанням методів триангуляції	Кarti та поверхні, які дозволяють провести візуальний аналіз
Розрахунок параметрів	Вхідні дані в текстовому файлі чи в базі даних	Розрахунок параметрів	Дані, необхідні для оцінки еколого-економічних ризиків та рекультивацийних робіт
Оцінка збитків	Первинні дані, розрахункові дані	Розрахунок збитків залежно від цільового призначення земельної ділянки	Оцінка еколого-економічних ризиків

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4
Прийняття рішень з вибору заходів для зниження ризиків	Первинні дані, розрахункові дані, карти та поверхні	Вибір варіанта та вартості рекультиваційних робіт	Вартість рекультиваційних робіт
Аналіз результатів	Вартість рекультиваційних робіт, оцінка еколого-економічних ризиків	Розробка рекомендацій щодо зниження наслідків еколого-економічних ризиків	Рекомендації щодо зниження наслідків еколого-економічних ризиків

Побудова цифрових карт та поверхонь вимагає інформації про розвідувальні свердловини та проведені виробки, на основі яких будуються просторові моделі поверхні землі та вугільних пластів (рис.1.6).

Для створення електронної бази даних (БД) у першу чергу створюється файл з даними про розвідувальні свердловини, які отримані в процесі польових робіт, а також з електронних чи паперових карт.

За цими результатами будуються початкові моделі земної поверхні, вугільних пластів та поверхні ґрунтових вод, карти ціликів та земель.

Основними є:

- земна поверхня (саме з нею в подальшому порівнюються поверхні, які отримуються в процесі прогнозування її можливого просідання після виймання вугільних пластів);
- поверхня вугільного пласта;
- карта ціликів для кожного пласта (дає змогу побудувати більш точну поверхню осідання);
- поверхня осідання;

- поверхня ґрунтових вод (використовується для визначення територій можливого затоплення);

- карта земель (використовується для оцінки збитків, нанесених земельному фонду вугледобувними підприємствами).

Інші карти використовуються для більш детального та наочного аналізу.

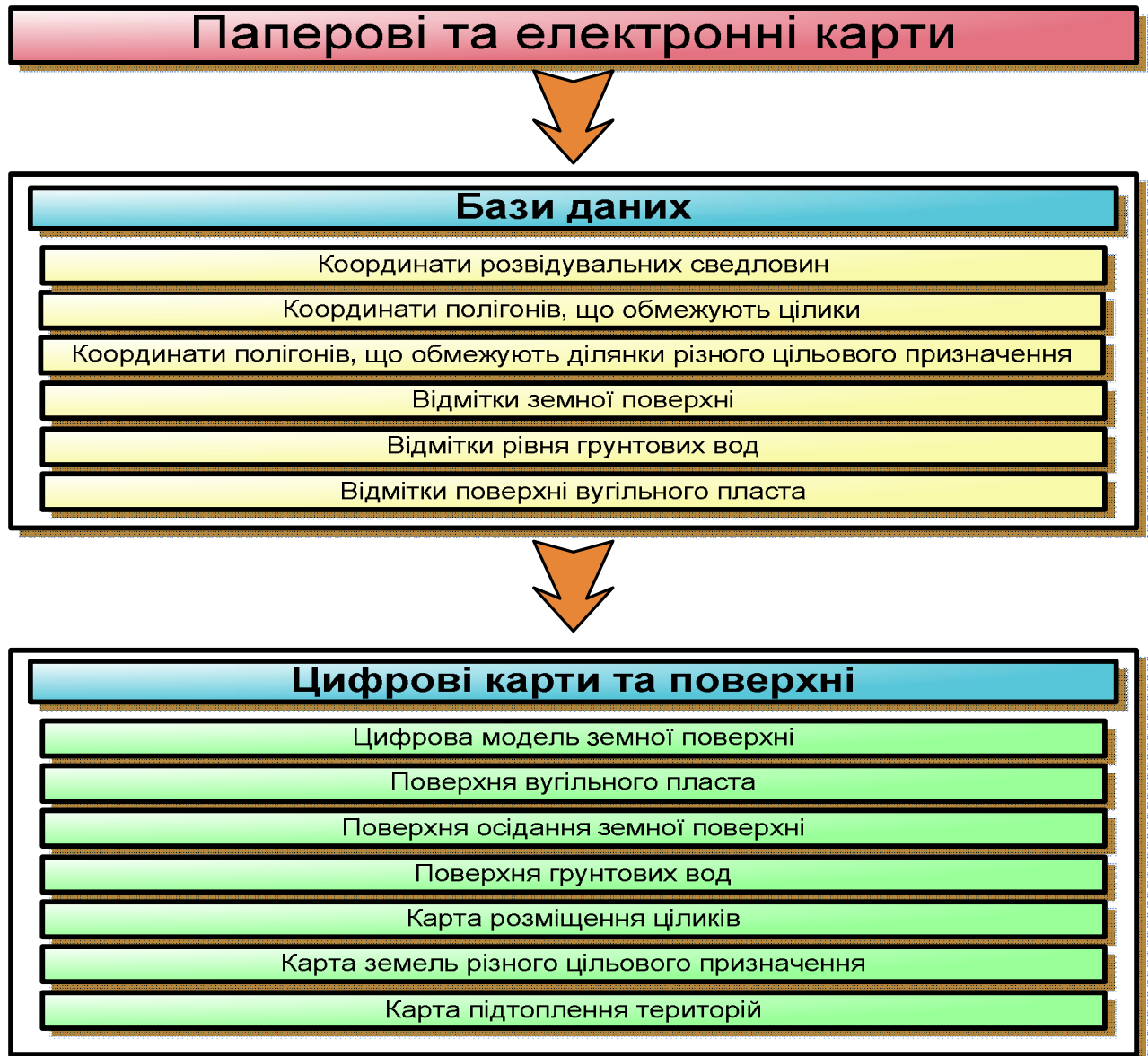


Рисунок 1.6 – Візуалізація даних. Побудова цифрових карт та поверхонь

Як можна побачити на рис. 1.6, для побудови об'єктивної моделі процесу гірничих робіт та їх наслідків необхідно мати дані, зазначені в табл. 1.2.

Такі карти та поверхні використовуються головним чином для візуалізації стану екосистеми та наслідків проведення гірничих робіт.

Таблиця 1.2 – Дані, які використовуються для створення цифрових моделей

№ п/п	Найменування даних	Використання даних
1	Координати розвідувальних свердловин	Цифрова модель земної поверхні, поверхня вугільного пласта, поверхня ґрунтових вод
2	Координати полігонів, що обмежують цілики	Карта ціликів, поверхня опускання землі
3	Координати полігонів, що обмежують землі різного цільового призначення	Карта земель різного цільового призначення
4	Відмітки рівня земної поверхні	Цифрова модель земної поверхні
5	Відмітки рівня ґрунтових вод	Поверхня ґрунтових вод
6	Відмітки поверхні вугільного пласта	Поверхня вугільного пласта

Необхідно відзначити, що виконання цифрового моделювання складне та трудомістке завдання. Це зумовлено в першу чергу тим, що при веденні цих робіт необхідно враховувати специфіку процесу гірничого видобутку.

Метод інтерполяції просторових даних методом двовимірного проектування нечітких кластерів

Для проведення моделювання поверхонь на основі нерівномірних даних важливим є метод моделювання, що суттєво впливає на точність моделі. У даній роботі для моделювання земної поверхні і поверхні осідання пропонується використовувати метод інтерполяції просторових даних методом двовимірного проектування нечітких кластерів.

Треба зауважити, що головна перевага нечітких моделей, у порівнянні з традиційними математичними методами, пов'язана з можливістю використання для їх розробки значно менших об'ємів інформації про систему, навіть якщо вона має наближений характер.

Нечітка модель задає інтерполяційну поверхню між точками простору входів X і виходів Y , що задаються за допомогою логічних правил, які використовують функцію приналежності. Функція приналежності ставить у відповідність до кожного значення x змінної число з інтервалу $[0, 1]$: $\mu_A(x): X \rightarrow [0, 1], \forall x \in X$, що характеризує міру приналежності елемента x до нечіткої множини A . Кожне правило визначає важливу типову особливість поведінки системи, геометрично відповідну "істотній" точці простору XU , яка не завжди розташовується безпосередньо на характеристиці реальної системи. Існують різні підходи визначення "істотних" точок. У запропонованому методі їх місцерозташування обчислювалося з використанням методу нечіткої кластеризації (FCM).

У результаті роботи алгоритму FCM кожній точці вхідних даних ставиться у відповідність вектор з функцій приналежності до кожного класу, на основі якого можна робити висновки про природу даного об'єкта. Завдання нечіткої кластеризації формулюється таким чином [9, 10]: на основі вихідних даних D визначити таке нечітке розбиття $\mathfrak{R}(A) = \{A_k \mid A_k \subseteq A\}$ або нечітке покриття $\mathfrak{Z}(A) = \{A_k \mid A_k \subseteq A\}$ множини A на задане число c нечітких кластерів $A_k (k \in \{2, \dots, c\})$, яке становить екстремум деякої цільової функції $f(\mathfrak{R}(A))$ серед всього нечіткого розбиття або екстремум цільової функції $f(\mathfrak{Z}(A))$ серед всіх нечітких покриттів.

Основна ідея методу двовимірного проектування нечітких кластерів полягає в припущенні про те, що якщо зразок належить кластеру даного класу в n -мірному просторі, то його проекції також належать проекціям цього кластера на будь-який з двовимірних просторів $X_l \times X_r$, а функцію приналежності заданого класу $\mu(x_1, x_2, \dots, x_n)$ можна визначити через функції приналежності його проекцій на окремі підпростори $\mu(x_1, x_2), \dots, \mu(x_1, x_n), \dots, \mu(x_{n-1}, x_n)$.

Алгоритм методу включає послідовність наступних дій.

1. *Визначення центрів кластерів із застосуванням методу FCM.* На основі нерівномірних експериментальних вимірів у просторі ознак X_1, X_2, \dots, X_n, Y

(Y – цільовий, інтерполяція якого виробляється) здійснюється нечітка кластеризація вихідних даних.

Результатом є значення центрів кластерів m_1, m_2, \dots, m_c , що обчислюються ітеративно за формулою

$$m_{xl}(t+1) = \frac{\sum_{j=1}^N \mu_{ij}^q(t) \cdot x_{lj}}{\sum_{j=1}^N \mu_{ij}^q(t)}, \quad (1.6)$$

де ($\forall i \in \{2, \dots, c\}$), c – кількість класів;

N – кількість об'єктів кластеризації,

l – кількість інформативних ознак, причому $x_{n+1} = y$;

q – параметр фаззифікації, що визначає нечіткість кластера.

2. *Визначення функцій приналежності кластерів.* Визначення кластерів на кроці 1 здійснюється на всьому просторі $X \times Y$, а в практичних завданнях зазвичай потрібно визначити деяке значення y , при заданому значенні вхідного вектора x .

Тому функції приналежності слід формувати окремо для вхідних і вихідного параметрів. Дана мета досягається побудовою проєкцій $m_i^{X_j}$ центрів кластерів на координатний простір, де $j=1, \dots, n$, $i=1, \dots, c$, які і розглядаються як "істотні" точки, що є центрами функцій приналежності μ_{ij}^X кожного з класів:

$$\mu_{ij}^X(x) = \frac{1}{\sum_{k=1}^c \left[\frac{d_{ij}^X(x)}{d_{kj}^X} \right]^{\frac{2}{q-1}}} = \mu_i^X(x_j), \quad (1.7)$$

де відстань між вектором x_i і центром кластера $m_i^{X_j}$ визначається лише у вхідному просторі по формулі:

$$d_{ij}^X(x) = |x - m_i^X| = \sqrt{(x_j - m_i^X)^T A (x_j - m_i^X)} \quad (1.8)$$

Розмірність позитивно визначеної симетричної матриці A дорівнює $n \times n$.

3. *Обчислення виходу нечіткої моделі.* Вихідне значення у визначається на основі обчислених функцій приналежності до заданих кластерів кожної точки повного координатного простору інтерпольованої поверхні і обчислюється за формулою:

$$y(x_j) = \frac{\sum_{i=1}^c m_i^Y \cdot \mu_i^X(x_j)}{\sum_{i=1}^c \mu_i^X(x_j)}. \quad (1.9)$$

4. *Ітеративне уточнення моделі.* Отримана модель є узагальненим представленням модельованої поверхні, оскільки отримуване рішення зазвичай відповідає локальному, а не глобальному максимуму. У методі двовимірного проектування нечітких кластерів підвищення точності моделі здійснюється шляхом формування додаткових "істотних" точок на основі аналізу помилки інтерполяції в точках координатного простору з вихідного набору даних. У точках простору, для яких помилка мала максимальне значення, формувалися власні функції приналежності на основі виразу (1.7) і уточнення моделі по формулі (1.9).

Існує безліч чинників, що впливають на точність отримуваного результату, одним з яких є значення параметра фаззифікації. На сьогодні не існує теоретично обґрунтованого правила вибору значення цього параметра.

Значення q впливає на матрицю мір приналежності. Чим q більше, тим кінцева матриця c – розбиття стає більш "розмитою". Значення $q = 1$ відповідає "чіткій" кластеризації, а при $q \rightarrow \infty$ центри кластерів наближаються до точки, відповідної центру мас всіх елементів (всі об'єкти належать до всіх кластерів з однією і тією ж мірою). При великих значеннях q ($q > 1$) посилюється міра нечіткості кластера, тобто збільшуються відстані між гілками функції приналежності. Великі значення параметра фаззифікації підсилюють вплив видалених елементів, менші значення – близьких, що особливо важливе для кластеризації просторових даних і дозволяє ввести і керувати поняттям "найближча" околиця точки [11].

Розрахунок параметрів

У той же час цих даних недостатньо для вирішення поставлених завдань. Тому, як можна побачити на рис. 1.5, для отримання даних, яких не вистачає, використовується наступний етап – Розрахунок параметрів (рис. 1.7).

До первинних гірничотехнічних даних відносяться:

- кількість пластів, що виймаються;
- потужність пластів, що виймаються;
- кут падіння пластів;
- величина осідання земної поверхні.

Використовуючи інформацію про послідовність виймання вугільних пластів, їх потужності та розміщення ціликів, з використанням методик розрахунку осідання земної поверхні [12], визначається величина осідання поверхні

$$\eta = 0,9 \cdot m \cdot \cos(\alpha), \quad (1.10)$$

де η – осідання земної поверхні, м;

m – потужність, що виймається, м;

α – кут падіння пластів, град.

Отримані значення використовуються для розрахунку висотних відміток поверхонь осідання після послідовного виймання кожного з вугільних пластів. У цьому випадку осідання підсумовуються, і на останньому етапі положення земної поверхні відповідатиме її положенню після закриття шахти.

Необхідно зазначити, що кожна поверхня осідання порівнюється з поверхнею ґрунтових вод. Це дозволяє:

- визначити, після виймання якого пласта ґрунтові води вийдуть на поверхню;
- побудувати карту затоплення земель на кожному етапі вугледобувних робіт та на момент закриття шахти;
- обчислити площу затоплених земель;
- обчислити об'єм ґрунту, необхідного для проведення відновлювальних та рекультиваційних робіт.

Отримані кількісні показники разом з економічними заносяться в базу для подальшого використання в процесі прийняття рішень.

Необхідно відзначити, що до розрахункових гірничотехнічних даних відносяться параметри схем рекультиваційних робіт:

- потужність шару піску;
- потужність шару чорнозему;
- потужність шару лесовидних суглинків;
- потужність шару шахтної породи;
- об'єм шару піску;
- об'єм шару чорнозему;
- об'єм шару лесовидних суглинків;
- об'єм шару шахтної породи.

Опис розрахунку цих параметрів виконано при обґрунтуванні оцінки вартості рекультиваційних робіт.

Комплексний аналіз поверхонь осідання, карт затоплення з урахуванням вартості втрачених земель дозволяє отримати економічну оцінку збитків земельному фонду та необхідні якісні та кількісні показники для прийняття керуючих рішень з відновлювальних та рекультиваційних робіт.

Прийняття рішень з вибору заходів для зниження ризиків

Згідно Земельного кодексу України, землі, що піддалися змінам в структурі рельєфу, екологічному стані ґрунтів материнських порід, в гідрологічному режимі внаслідок гірничовидобувних, геологорозвідувальних, будівельних та інших робіт, підлягають рекультивації.

На даний момент це найбільш ефективний метод зниження негативного впливу гірничодобувних підприємств. Звісно, що рекультивацією порушених земель є комплекс організаційних, технічних і біотехнологічних заходів, спрямованих на відновлення ґрунтового покриву, поліпшення стану і продуктивності порушених земель. Рекультивація здійснюється нанесенням родючого шару,

знятого при проведенні гірничодобувних, геологорозвідувальних, будівельних і інших робіт, шляхом її нанесення на малопродуктивні ділянки або ділянки без ґрунтового покриву [13, 14].

Процес рекультивації включає два етапи – гірничотехнічний і біологічний.

Протягом гірничотехнічного етапу відбувається зняття, транспортування та складування чорнозему та потенційнородючих суглинків до буртів і назад на ділянку, а також вирівнювання поверхні.

Після гірничотехнічного етапу проводиться біологічний, який полягає у внесенні добрив та поживних речовин, посів різноманітних культур та проведення робіт, спрямованих на покращення ділянок.

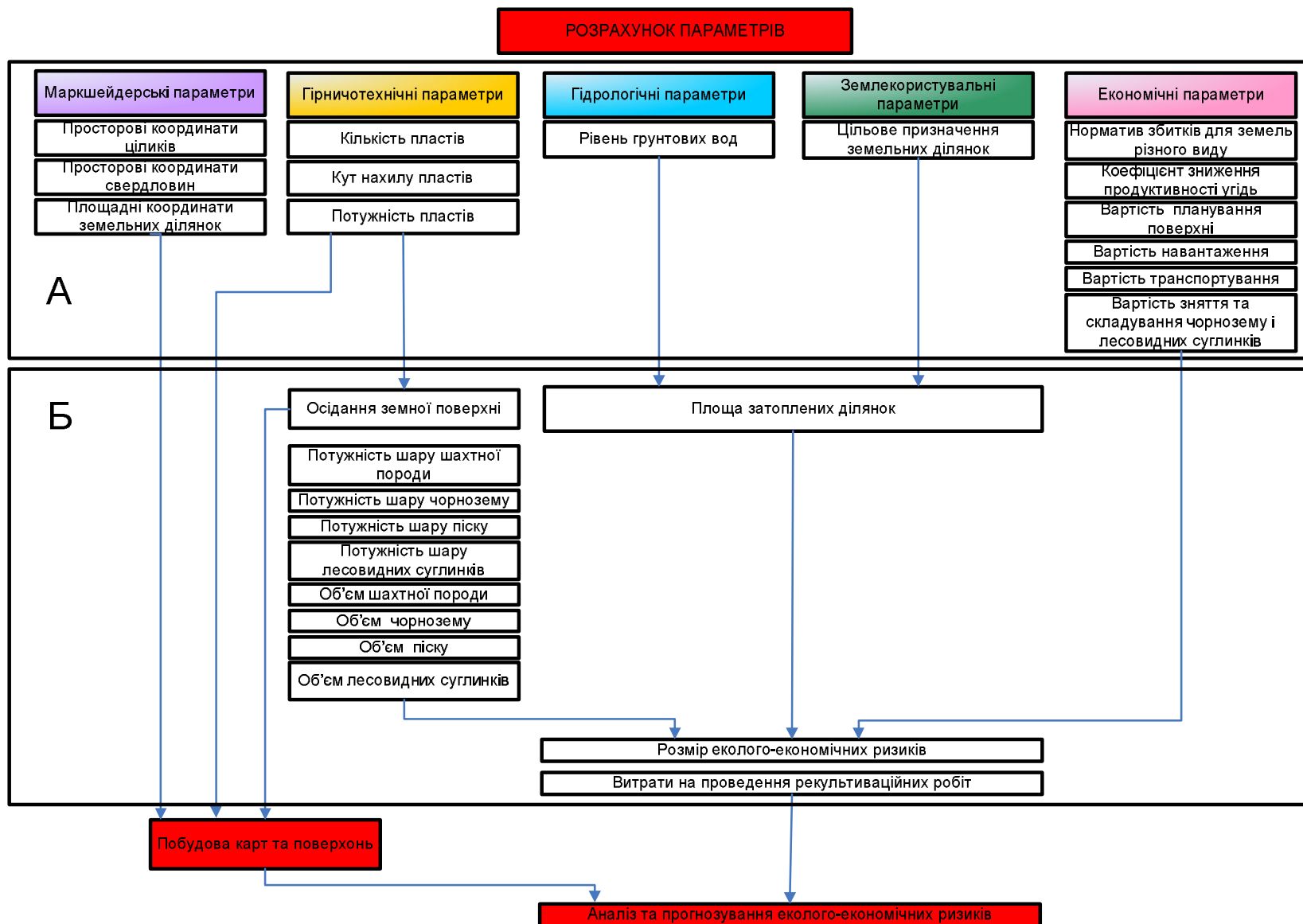
У даній роботі розглядається гірничотехнічний етап, оскільки вартість проведення саме цього етапу складає основну частину всієї рекультивації.

На цей момент питання, що стосуються методології визначення економічної вартості гірничотехнічної рекультивації, є актуальними і не вирішені до кінця.

Також актуальними є питання визначення доцільних шляхів подальшого використання рекультивованих земель згідно еколого-економічних потреб регіону. Для проведення гірничотехнічної рекультивації необхідно знати тип землекористування ділянки, що відновлюється, до її вилучення і як ділянка використовуватиметься після проведення робіт.

Частіш за все ділянка відновлюється до якості, яка дозволить використовувати її згідно первинного цільового призначення, але, якщо регіон потребує земель іншого типу, це повинно враховуватись. Залежно від призначення земель вибирається і схема рекультивації. Схема рекультивації – це послідовність та технологічні параметри шарів порід, необхідних для відновлення родючості.

Вибір такої схеми є дуже важливим багатофакторним процесом, тому що необхідно враховувати теперішній стан ділянки, її цільове призначення (первинне та плановане), наявність необхідних ресурсів.



А – первинні дані; Б – розрахункові дані
Рисунок 1.7 – Розрахунок параметрів

За результатами досліджень Дніпропетровського державного аграрного університету [13, 14], при плануванні використання рекультивованих земель для сільськогосподарського використання на підстилаючи породи повинен бути нанесений шар чорноземної маси потужністю 40 – 50 см. За результатами такої оцінки, найбільш ефективним для сільськогосподарського використання на території ВАТ "Павлоградугілля" є землі, для рекультивації яких використовувались наступні схеми:

- 1) шахтна порода + 50 см лесовидних суглинків +70 см чорнозему;
- 2) шахтна порода + 50 см лесовидних суглинків +50 см чорнозему;
- 3) шахтна порода + 50 см лесовидних суглинків +30 см чорнозему.

Перший варіант є найбільш витратним, але за припущенням, що шахтна порода є джерелом засолення та мінералізації чорнозему, цей варіант найбільш ефективний [14].

Дослідження в цьому напрямку активно проводяться вченими Дніпропетровського національного університету – з 1974 року вони займаються обґрунтуванням теорії та практики лісової рекультивації. Згідно з результатами їх роботи, оптимальні умови для розвитку рослин спостерігаються при створенні насипного шару потужністю 1,2 – 1,6 м за наступними схемами:

- 1 шахтна порода (1,0 м), пісок (0,4 – 0,6 м), чорнозем (0,4 – 0,6 м);
- 2 лесовидні суглинки (0,4 – 0,6 м), пісок (0,9 – 1,1 м), чорнозем (0,4 – 0,6 м) [15,16].

У наведених схемах пісок використовується як природний фільтр, який не дозволяє забруднюючим речовинам надходити в чорнозем при затопленні ділянки. Необхідно зауважити, що при використанні описаних схем максимальна потужність, що засипається, складає, 2,2 та 2,3 м, а при повному вийманні пластів на шахтах Західного Донбасу осідання земної поверхні досягає 9 м. Таким чином, потужність, якої не вистачає в першому варіанті, необхідно компенсувати за рахунок збільшення шару шахтної породи, яка отримується при розробці родовища, а в другому варіанті – за рахунок додавання шару шахтної породи необхідної потужності.

Дані схеми вказані як оптимальні для лісової рекультивації.

Таким чином, можна зробити висновок, що наведені 5 схем можуть бути використані для проведення сільськогосподарської та лісової рекультивації.

Після вибору схеми проведення рекультиваційних робіт необхідно розрахувати їх вартість. У даній роботі використовувався метод визначення вартості рекультиваційних робіт, оснований на фактичному обсязі робіт та витратах на їх проведення

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \quad (1.11)$$

де C – вартість проведення гірничотехнічної рекультивації;

C_1 – вартість робіт по шару чорнозему;

C_2 – вартість робіт по шару суглинків;

C_3 – вартість робіт по шару піску;

C_4 – вартість робіт по шару породи.

$$C_1 = V_1 \cdot (C_{z1} + 2C_{s1} + 2,4C_{n1} + C_{c1} + C_{nt} + \text{div} \left(\frac{M_1}{0,25} \right) \cdot (C_{y1} + C_{y2} + C_{y3} + C_{y4})) \quad (1.12)$$

де V_1 – об'єм шару чорнозему, м³;

M_1 – потужність шару чорнозему, м;

C_{z1} – зняття шару чорнозему, грн/м³;

C_{s1} – навантаження шару чорнозему, грн./м³;

C_{n1} – перевезення чорнозему, грн/т;

C_{c1} – складування чорнозему, грн/м³;

C_{y1} – ущільнення ґрунту самохідними вібраційними катками за перший прохід, грн/м³;

C_{y2} – ущільнення ґрунту самохідними вібраційними катками за наступні проходи, грн/м³;

C_{y3} – ущільнення породи і ґрунту причіпними катками за перший прохід, грн/м³;

C_{y4} – ущільнення породи і ґрунту причіпними катками за наступні проходи, грн/м³;

C_{nl} – планування поверхні, грн/м³.

$$C_2 = V_2 \cdot (C_{з2} + 2C_{с2} + 2,4C_{н2} + C_{с2} + C_{nl} + \operatorname{div} \left(\frac{M_2}{0,25} \right) \cdot (C_{y1} + C_{y2} + C_{y3} + C_{y4})) \quad (1.13)$$

де V_2 – об'єм шару суглинків, м³;

M_2 – потужність шару суглинків, м;

$C_{з2}$ – зняття шару суглинків, грн/м³;

$C_{с2}$ – навантаження шару суглинків, грн./м³;

$C_{н2}$ – перевезення суглинків, грн/т;

$C_{с2}$ – складування суглинків, грн/м³.

$$C_3 = V_3 \cdot 1,2 (C_{сар} + C_{н3} + C_{nl} + \operatorname{div} \left(\frac{M_3}{0,25} \right) \cdot (C_{y3} + C_{y4})) \quad (1.14)$$

де V_3 – об'єм шару піску, м³;

M_3 – потужність шару піску, м;

$C_{з2}$ – зняття шару суглинків, грн/м³;

$C_{сар}$ – вартість матеріалу, грн/т;

$C_{н3}$ – перевезення піску, грн/т.

$$C_4 = V_4 \cdot (C_p + 1,2 \cdot C_{н4} + C_{nl} + \operatorname{div} \left(\frac{M_4}{0,25} \right) \cdot (C_{y3} + C_{y4})) \quad (1.15)$$

де V_4 – об'єм шару шахтної породи, м³;

M_4 – потужність шару шахтної породи, м;

C_p – розробка шахтної породи, грн/м³;

$C_{н4}$ – перевезення шахтної породи, грн/т.

Після виконання необхідних розрахунків проводиться аналіз вартості проведення рекультиваційних робіт і розміру збитків для кожної ділянки та приймається рішення про подальші дії, спрямовані на покращення екологічної ситуації в місцях проведення гірничовидобувних робіт. При цьому одним із актуальних завдань є мінімізація вартості рекультиваційних робіт при збереженні якісних результатів.

Таким чином, методика, що пропонується, призначена для оцінки та прогнозування еколого-економічних ризиків, а також для підтримки прийняття рішень при плануванні рекультиваційних заходів.

Алгоритм застосування методики

Докладний аналіз кожного етапу аналізу та прогнозування еколого-економічних ризиків, виділення груп даних, а також способу їх введення дозволили розробити алгоритм (рис 4.4, 4.5) застосування методики.

З алгоритму можна побачити, що процес аналізу та прогнозування еколого-економічних ризиків починається з введення первинної інформації, що була описана раніше. Далі виконується початкова візуалізація даних, в результаті якої отримується первинна комп'ютерна модель, що складається із земної поверхні, карти земель за цільовим призначенням та поверхні ґрунтових вод. За цією моделлю можна оцінити рельєф місцевості, розташування ґрунтових вод відносно земної поверхні, склад земельного фонду. Далі всі операції виконуються у циклі з метою прогнозування ситуації на момент після виймання кожного із пластів.

Для цього будується поверхня вугільного пласта та карті ціликів, для виявлення ділянок, що не осідають, та уточнення поверхні осідання. Після цього проводиться розрахунок осідання та побудова поверхні осідання. Порівняння поверхні осідання та поверхні ґрунтових вод дає можливість виявити момент затоплення (після виймання якого пласта відбувається затоплення), зону затоплення і таким чином отримати карту затоплення та розрахувати площу затопле-

них земель. Далі відбувається вибір варіантів, за умов якого виконується або оцінка еколого-економічних ризиків згідно описаної методики, або оцінка вартості рекультиваційних робіт, як тих, що знижують наслідки ризиків, або два варіанта реалізуються одночасно.

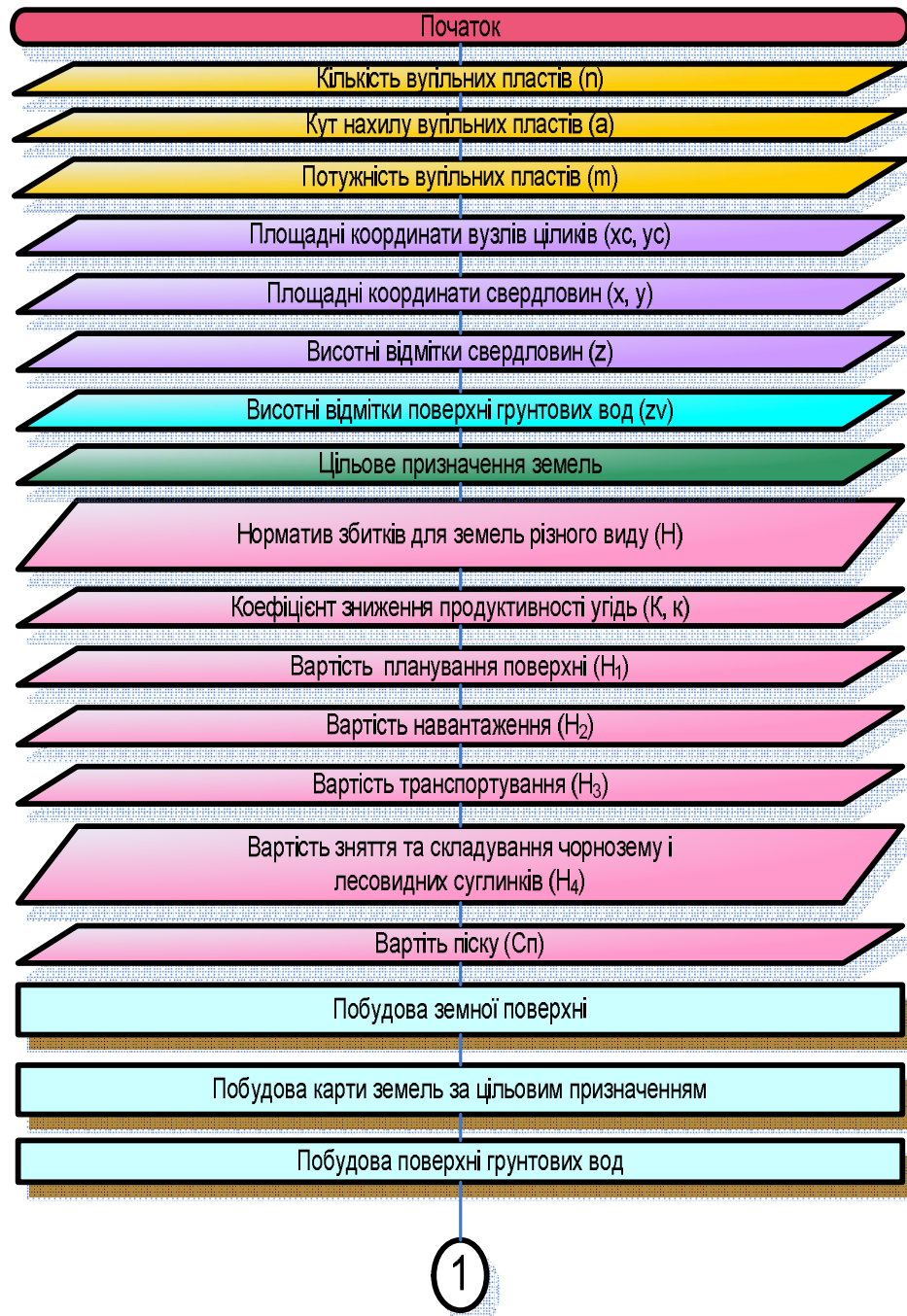


Рисунок 1.8 – Алгоритм застосування методики (частина перша)

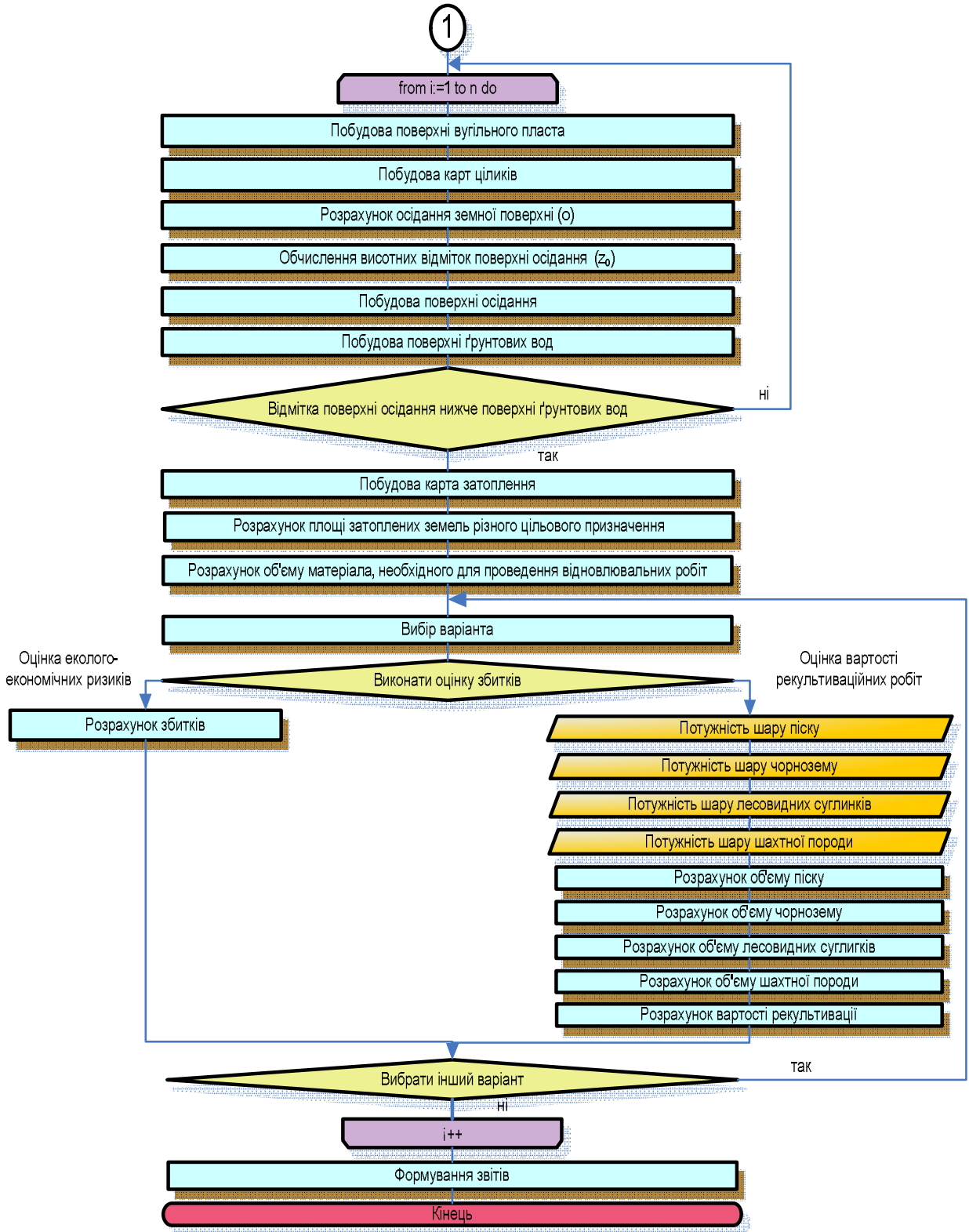


Рисунок 1.8 – Алгоритм застосування методики (частина друга)

2 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ РЕГІОНАЛЬНОГО ПРОГНОЗУ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ РИЗИКІВ

Регіональний прогноз еколого-економічних ризиків є складним завданням, виконання якого вимагає значних часових затрат. Неможливо зробити процес регіонального прогнозу повністю автоматизованим, бо вимагає участі особи, яка приймає рішення, але автоматизація процесу дозволить значно спростити його виконання.

Для автоматизації регіонального прогнозу можуть бути використані як окремі існуючі програмні продукти, так і їх сукупність (програмний комплекс) або нові програми, розроблені для вирішення конкретної задачі.

Для розробки структури програмного комплексу необхідно розділити задачу прогнозування еколого-економічних ризиків на складові, що дозволить сформулювати вимоги до його компонентів. Структура програмного комплексу складається з наступних блоків (рис. 2.1):

- база даних – дозволяє зберігати й оброблювати дані, пов'язані з оцінкою, аналізом та обробкою еколого-економічних ризиків;
- блок візуалізації – дозволяє проведення візуального моделювання й аналізу стану екосистеми за допомогою побудови карт та поверхонь;
- блок розрахунку параметрів;
- блок оцінки еколого-економічних ризиків, що виникають під час ведення або припинення гірничовидобувних робіт;
- блок прийняття рішень – дозволяє формувати набори рекомендацій щодо мінімізації еколого-економічних ризиків, визначених у попередньому блоці.

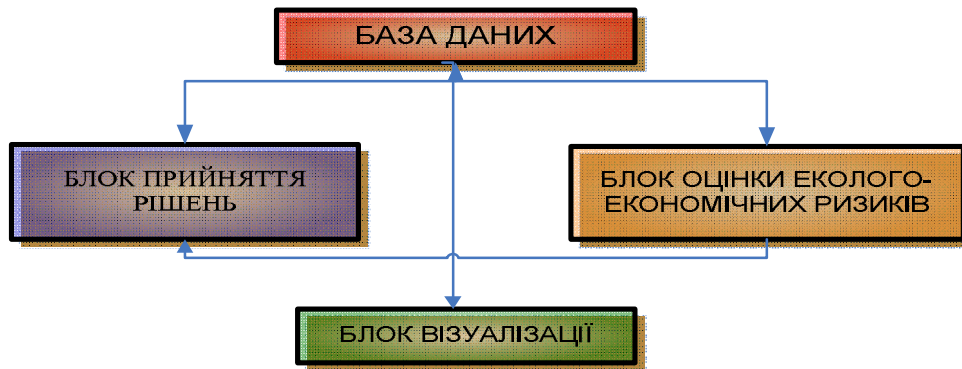


Рисунок 2.1 – Структура програмного комплексу

2.1 Аналіз інформаційних систем і програмних продуктів, які використовуються для вирішення завдань гірничовидобувної промисловості

У теперішній час існує широкий спектр інформаційних систем і програмних продуктів, які забезпечують вирішення проблем моделювання процесів у різних галузях. Для того щоб прийняти раціональне рішення, необхідно зробити огляд особливостей найбільш відомих програм, моделей та даних, що ними використовуються, а також можливості їх використання у вибраній предметній області. При цьому необхідно враховувати і те, що досліджувана область характеризується складною структурою взаємодіючих компонентів. Таким чином:

- необхідно аналізувати різноманітні компоненти процесів, що пов'язані з осіданням земної поверхні (геомеханічні, гідрологічні, екологічні, економічні і т.п.);
- процеси, що досліджуються, характеризуються високою динамікою протікання.
- усі компоненти пов'язані між собою.

Розглянемо більш детально деякі програмні продукти, що використовуються для вирішення задач гірничовидобувної промисловості.

2.1.1 Система GeoniCS Рельєф

Призначення програми

Програма призначена для проектування промислових об'єктів від Топоплану до Генплану в середовищі AutoCAD.

Можливості GeoniCS Рельєф:

- створення тривимірних моделей поверхонь і карт в ізолініях (рис. 2.2);

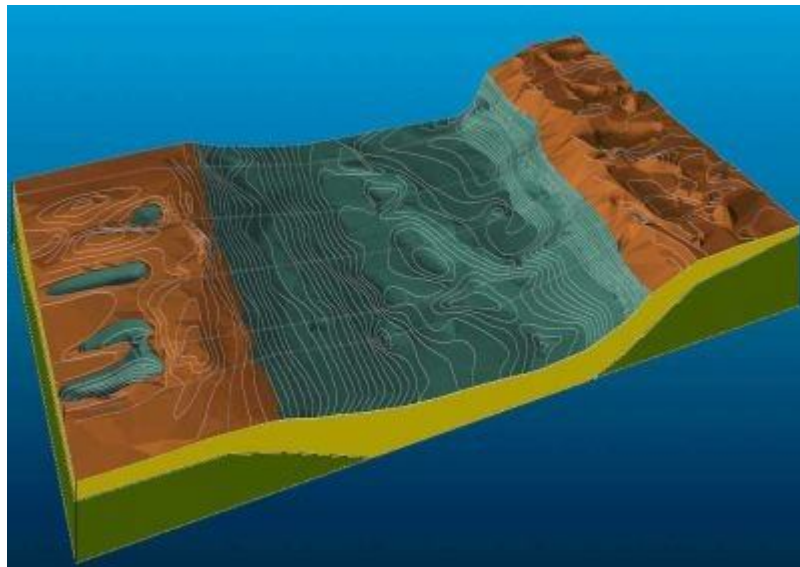


Рисунок 2.2 – Моделювання за допомогою GeoniCS Рельєф

- зчитування пікетів із файлів з можливістю установлювати номери колонок для зчитування номерів пікетів і координат X, Y, Z, а також установлювати тип роздільника;

- врахування границь та структурних ліній різних типів (схили, озера, острова, річки і т.д.) при побудові моделі. Як структурні лінії можуть бути використані навіть спеціальні об'єкти, такі як тривимірні полілінії з дугами і горизонталі;

- відображення моделі декількома способами (3D-грані, 3D-лінії, полігранна сітка), що забезпечує можливість контролю та керування наявними апаратними ресурсами;

- автоматична генерація горизонталей, що динамічно змінюються при зміні ребер суміжних трикутників (фліп), яка дозволяє по рисунку горизонталей контролювати достовірність і точність створюваної моделі рельєфу;
- визначення відмітки Z у будь-якій точці в межах моделі рельєфу чи близько неї;
- розфарбування побудованої моделі рельєфу для швидкої та наочної візуальної оцінки її висотних характеристик;
- "підняття" плоских 2D-ліній і точкових об'єктів на тривимірну модель рельєфу з метою отримання їх реальних 3D-аналогів (наприклад, отримання тривимірної границі ділянки чи тривимірних границь дороги, коли не відомі відмітки на її краях);
- визначення траєкторій стоків і областей накопичення рідини на моделі рельєфу. Моделювання стоку ведеться з урахуванням коефіцієнтів вбирання в ґрунт. Ця функція використовується, наприклад, при моніторингу аварій на нафтопроводах;
- перегляд профілю по вказаній лінії і вставлення його в креслення [17].

2.1.2 Система SurvCADD 2000

Призначення комплексу

SurvCADD – комплекс програм до AutoCAD, призначених для обробки результатів досліджень, побудови тривимірної моделі рельєфу, введення геологорозвідувальних даних та побудови тривимірної геологічної моделі, проектування лінійних об'єктів, кар'єрів, підземних виробок, розрахунку запасів та обсягів робіт.

SurvCADD 2000 забезпечує рішення на платформі AutoCAD (AutoCAD R14, AutoCAD 2000, AutoCAD Map R3, AutoCAD Map 2000, LDDT R2) різних маркшейдерських, геологічних задач, а також завдань планування і проектування підземних виробок і відкритих кар'єрів (рис.2.3). Система побудована за

модульним принципом. Кожен модуль може надаватися окремо, що дозволяє з найменшими витратами забезпечити програмним забезпеченням робочі місця спеціалістів різного профілю (при цьому вирішуються два питання – роботи в єдиному інформаційному середовищі й автоматизації). Застосування платформи AutoCAD Map дозволяє використовувати й можливості ГІС.

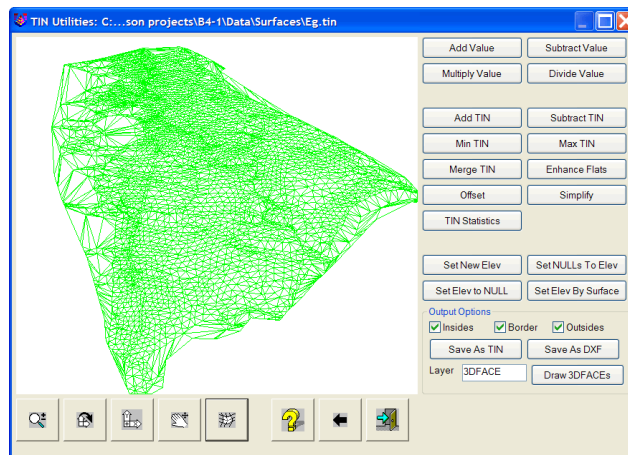


Рисунок. 2.3 – Моделювання поверхні в середовищі SurvCADD 2000

Призначення модуля SurvCADD Contour-DTM

Модуль SurvCADD Contour-DTM призначено для побудови цифрової тривимірної моделі, аналізу рельєфу і проектування поверхонь.

Можливості модуля:

- вибір методу моделювання рельєфу;
- можливість роботи з будь-якою кількістю поверхонь;
- засоби для роботи з горизонталями (виведення, розмітка), аналізу поверхні за діапазонами висот і ухилів, отримання інформації про водостоки і водорозділи, для проектування дамб, котлованів, розрахунку обсягів земляних робіт, побудова діаграми земляних робіт і створення звітів.

Призначення модуля SurvCADD Section-Profile

Модуль SurvCADD Section-Profile необхідний для побудови профілів будь-яких лінійних об'єктів, у тому числі інженерних комунікацій.

Можливості модуля:

- побудова поверхонь, профілів, карт;
- засоби креслення та редагування;
- функції для розрахунку об'ємів [18].

2.1.3 ArcView 3.2

Призначення ArcView 3.2

ArcView 3.2 – сучасний багатофункціональний програмний продукт. У цій настільній ГІС знаходяться всі основні засоби введення, обробки, аналізу і відображення даних, а також засоби створення карт і виведення їх на друк. Вона містить функції створення нетопологічних шарів електронної карти, прив'язування атрибутивної інформації до картографічних об'єктів і забезпечує зв'язок з реляційними базами даних, вибірку об'єктів за SQL і просторовими запитами (рис.2.4). Застосування ГІС ArcView 3.2 дозволяє автоматизувати і виконувати широкий ряд операцій з просторовими даними.

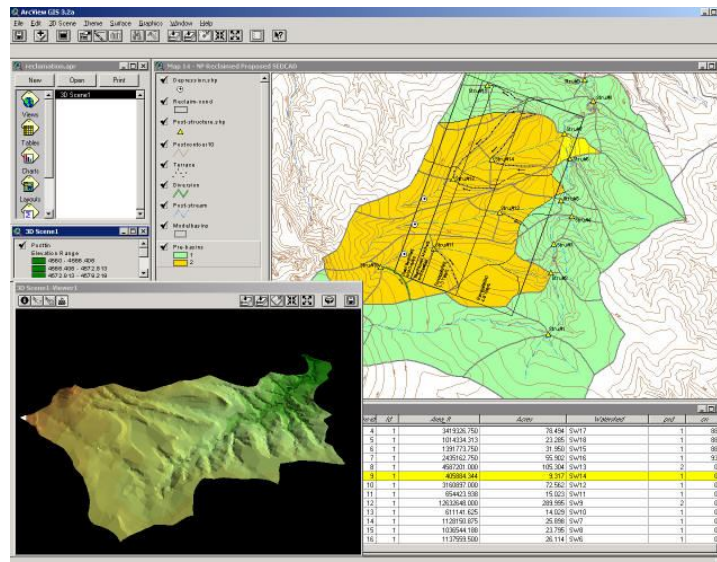


Рисунок 2.4 – Моделювання за допомогою ArcView 3.2

Можливості ArcView 3.2

- автоматизоване картографування, що містить оцифровку земельних ділянок;
- створення й уточнення базових карт, а також введення атрибутивної інформації;
- широкі можливості оформлення карт;
- координатна прив'язка даних й обробка даних геодезичних зйомок;
- просторовий аналіз та пошук, виконання логічних і просторових запитів;
- пошук інформації за поштовою адресою;
- положення маршрутів, розрахунок зон обслуговування і придатного місцеположення для різних служб;
- підтримка операцій виведення зображень в растровому форматі, включаючи стандартні формати зображень і даних дистанційного зондування, підтримка стандартів розробки графічних інтерфейсів користувача [19].

2.1.4 Система MapInfo

MapInfo розвинута система настільного картографування, що дозволяє вирішувати складні задачі графічного аналізу, такі як створення районів, зв'язок з віддаленими базами даних, включення графічних об'єктів в інші програми, створення тематичних карт, виявлення тенденцій і закономірностей в даних.

Можливості MapInfo

- розбиття карти на шари, що накладаються один на одний, розміщенням яких можна керувати (рис.2.5);
- аналітичні можливості системи, що дозволяють знаходити площі, відстані, центр об'єкта, приналежність одного об'єкта іншому і т.д.
- використання вбудованої реляційної СКБД;

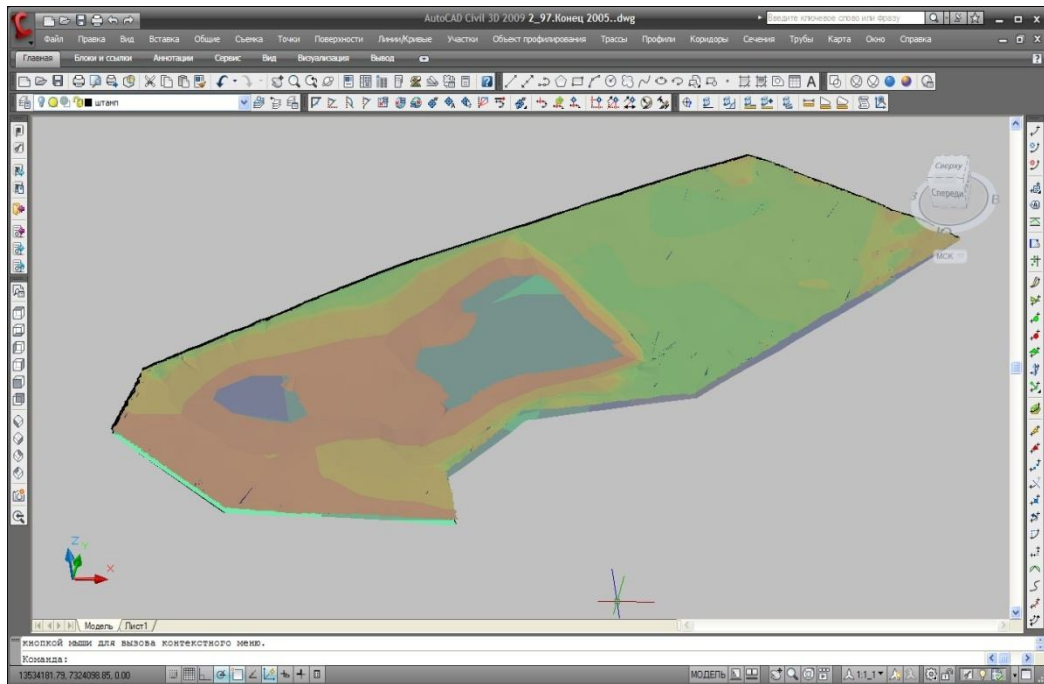


Рисунок 2.5 – Тривимірна поверхня, побудована за допомогою системи MapInfo

- імпорту графічних файлів різних форматів;
- перегляду даних в будь-якій кількості вікон трьох видів (карт, списків, графіків);
- самостійного створення легенд для будь-яких шарів карти за допомогою інструмента картографічних легенд;
- аналізу даних з високою наочністю, включаючи 3D карти і тематичні карти растрових поверхонь;
- використання растрових зображень як підкладок для векторних карт;
- складання запитів різного ступеня складності від простих вибірок із окремих файлів до складних SQL-запитів за даними, що розміщені в декількох файлах;
- збереження вікон і вибірок у вигляді робочих наборів, що дозволяє починати роботу одразу з місця, на якому закінчився попередній сеанс;
- OLE-впровадження вікон в MapInfo в документи інших програм;
- використання потужного набору засобів інструментів рисування і редагування, а також інших функцій зміни виду карт;
- друкованого зображення вікон у вікні підготовки макета звіту;

- зміни проекції карт на екрані і при використанні дигітайзера [20, 21].

Після детального огляду и аналізу програмних продуктів, які можуть бути використані для вирішення задач гірничовидобувної промисловості, було встановлено, що вищезазначені програмні продукти не мають достатньо функціональності для вирішення поставлених задач. Крім цього, внесення будь-яких змін до складу готових програм є досить складним завданням, а в деяких випадках і неможливим. Тому було вибрано пакет програм для вирішення задач технічних обчислень MATLAB (скорочення від англ. "Matrix Laboratory"), що включає окрему мову програмування, тим самим дозволяє розробляти окремі модулі і програми або змінювати їх у відповідності до задачі, що вирішується.

Також проведений огляд програмних продуктів виявив, що навіть при наявності в них вбудованої БД, вони не можуть задовольнити вимоги, потрібні для вирішення поставленого завдання. Тому виникла необхідність розробки окремої БД та інтерфейсу користувача, який би дозволив керувати даними.

Для розробки БД була вибрана СКБД MySQL, як одне з можливих програмних забезпечень для роботи з SQL-базами даних.

2.1.5 Можливості MATLAB

MATLAB як мова програмування була розроблена в кінці 1970-х років. Метою розробки було завдання дати студентам можливість використання програмних бібліотек Linpack та EISPACK без необхідності вивчення мови Фортран. Досить швидко ця мова була зустрінута вченими, які працювали в області прикладної математики. На початку MATLAB призначався для проектування систем керування, але швидко завоював популярність в багатьох інших інженерних та наукових областях. Також він широко використовувався в освіті для викладання лінійної алгебри та чисельних методів.

Мова MATLAB є високорівневою мовою програмування, що інтерпретується. MATLAB включає структури даних, що базуються на матрицях, широкий спектр функцій, інтегроване середовище розробки, об'єктно-орієнтовані

можливості та інтерфейси до програм, що написані іншими мовами програмування.

Головною особливістю MATLAB є його широкі можливості роботи з матрицями.

MATLAB надає зручні засоби для розробки алгоритмів, включаючи високорівневі, з використанням концепцій об'єктно-орієнтованого програмування. У ньому знаходяться всі необхідні засоби інтегрованого середовища розробки. У складі пакету знаходиться велика кількість функцій для побудови графіків, поверхонь, візуального аналізу даних. Вбудоване середовище розробки дозволяє створювати графічні інтерфейси користувача з різноманітними елементами керування такими як кнопки, поля вводу та ін. За допомогою компонента *MATLAB Compiler* ці графічні інтерфейси можуть бути перетворені в самостійні програми. Треба зауважити, що для запуску таких програм з інших комп'ютерів необхідною є встановлення бібліотеки *MATLAB Component Runtime*.

Також пакет MATLAB включає різні інтерфейси для отримання доступу до зовнішніх підпрограм, написаних іншими мовами програмування, даним, клієнтам і серверам, що спілкуються за допомогою технологій *Component Object Model* или *Dynamic Data Exchange*, а також перефідійним пристроям, що напряду взаємодіють з MATLAB. Велика кількість цих можливостей відома під назвою *MATLAB API*.

Для MATLAB є можливість створювати спеціальні набори інструментів, що розширюють його функціональність. Набори інструментів являють собою колекції функцій, написаних мовою MATLAB для рішення визначеного класу задач.

Усе вищезазначене робить пакет MATLAB відмінним інструментом для моделювання та аналізу процесів, пов'язаних з еколого-економічними ризиками, що виникають під час функціонування та закриття шахтних комплексів.

Недоліки

Не дивлячись на велику кількість розглянутих можливостей пакету MATLAB існує низка недоліків. Серед них можна виділити високі вимоги до

апаратного забезпечення, що потрібно для обчислення великої кількості даних і необхідність встановлення бібліотеки *MATLAB Component Runtime*, що обов'язково для запуску самостійних програм.

Але треба зазначити, що вищенаведені недоліки є такими, що можна усунути, тому використання MATLAB як інструменту для розробки програмного комплексу є можливим [22].

2.1.6 СКБД MySQL

MySQL – це реляційна СКБД, що підтримує SQL (структурована мова запитів) і може бути використана як SQL-сервер.

Крім цього, MySQL – це ПЗ з відкритим кодом, тобто його можна вільно вивчати та змінювати, завдяки чому він є портованим практично під усі нині існуючі платформи (це множина операційних систем UNIX, Linux, Windows, а також MacOS).

По швидкості роботи MySQL входить до числа лідерів серед SQL-серверів. Ця обдумана стратегія його авторів, які віддають у розробці пріоритет оптимізації по швидкості та дуже неохоче впроваджують те, що може понизити швидкість роботи MySQL.

MySQL має розвинуту систему привілеїв, що дозволяє надавати права на бази, таблиці й окремі поля таблиць. При цьому користувачів можна диференціювати не тільки за іменами, але і за допомогою мережевої адреси. І, нарешті, різним користувачам доступний різний набір привілеїв, що містить чотирнадцять їх типів, чого в більшості випадків є достатньо. Привілеї на окремі поля дають можливість керувати доступністю даних для різних служб.

Нижче наведені основні характеристики пакету MySQL:

- багатопоточність, підтримка декількох одночасних запитів;
- оптимізація зв'язків з приєднанням багатьох даних за один прохід;
- записи фіксованої та змінної довжини;
- ODBC драйвер у комплекті з вихідним кодом;

- гнучка система привілеїв та паролів;
- до 16 ключів у таблиці, кожен ключ може мати до 15 полів;
- підтримка ключових полів та спеціальних полів у операторі CREATE;
- підтримка чисел довжиною від 1 до 4 байт (ints, float, double, fixed), строк змінної довжини та міток часу;
- інтерфейс з мовами C і PERL;
- основана на потоках швидка система пам'яті;
- утиліта перевірки та ремонту таблиці;
- усі операції роботи зі строками не звертають уваги на регістр символів у строках, що оброблюються;
- псевдоніми застосовні як до таблиць, так і до окремих колонок в таблиці;
- усі поля мають значення за умовчанням, INSERT можна використовувати на будь-якій підмножині полів;
- легкість керування таблицею, включаючи додавання і видалення ключів і полів;
- ядро, на якому сформовано MySQL – набір підпрограм, що використовувались у високо вимогливому середовищі багато років.

Усе вищезазначене робить MySQL відмінним інструментом для створення бази даних при вирішенні задач аналізу та прогнозування еколого-економічних ризиків [23].

2.2 Розробка експертної системи для обґрунтування керуючих заходів щодо зменшення еколого-економічних ризиків

Експертна система (ЕС) – програмно-технічний засіб, який дозволяє користувачу в діалоговому режимі отримувати від комп'ютера консультаційну допомогу в певній предметній області, де сконцентровані досвід і знання людей-експертів (спеціалістів в даній сфері), допомагає відтворювати процес вирішення проблеми людиною-експертом. Також ЕС може бути програма, яка

оперує зі знаннями в визначеній предметній області з метою вироблення рекомендацій [24].

В основі функціонування ЕС знаходиться використання знань, а маніпулювання ними здійснюється на базі евристичних правил, які сформульовані експертами. ЕС можуть давати поради, проводити аналіз, виконувати класифікацію. На відміну від машинних програм, які використовують процедурний аналіз, ЕС вирішують завдання у вузькій предметній області на основі дедуктивних суджень. Головна перевага експертних систем – можливість накопичувати знання, зберігати їх тривалий час та оновлювати, чим забезпечується відносна незалежність від наявності кваліфікованих експертів.

Типова структура експертних систем

Узагальнена структура експертної системи наведена на рис. 2.6 [25]. Слід врахувати, що реальні ЕС можуть мати складнішу структуру, проте блоки, наведені на рис. 2.6, неодмінно присутні в будь-якій експертній системі, оскільки є стандартом структури сучасної ЕС.

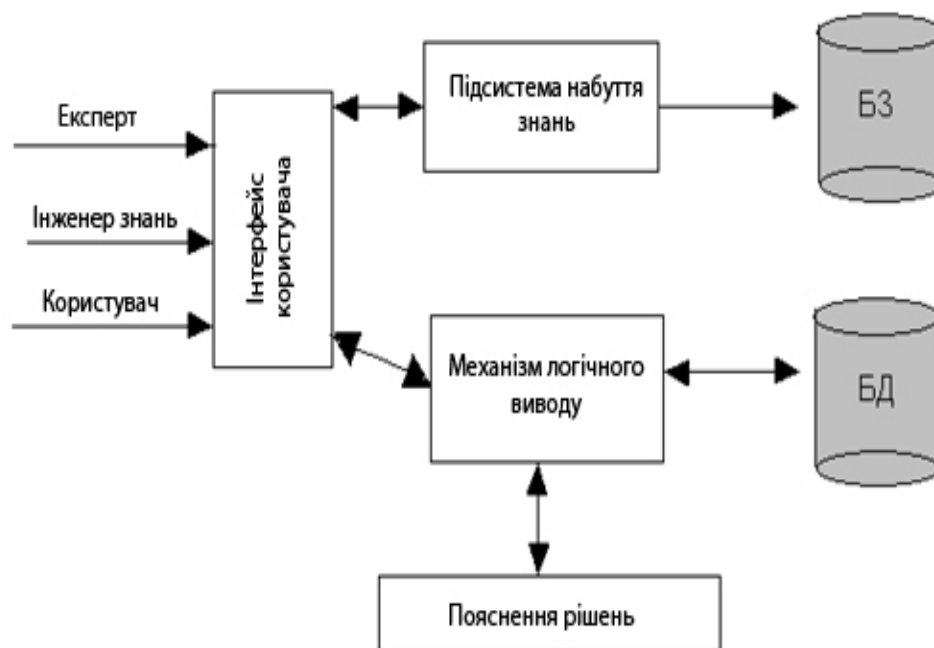


Рисунок 2.6 – Узагальнена структура експертної системи

Інтерфейс користувача

Інтерфейс користувача – це система програмних і апаратних засобів, що забезпечують для кінцевого користувача використання комп'ютера для вирішення завдань, які виникають у сфері його професійної діяльності, без посередників або з незначною їх допомогою.

Підсистема набуття знань призначена для додавання в базу знань нових правил і модифікації тих, що є. У її завдання входить приведення правила до виду, який дозволяє підсистемі виводу застосовувати це правило в процесі роботи.

База знань – важлива компонента експертної системи, вона призначена для зберігання довгострокових даних, що описують цю наочну область (а не поточних даних), і правил, що описують доцільні перетворення даних цієї області [26].

База даних (робоча пам'ять) призначена для зберігання вихідних і проміжних даних вирішуваного у нинішній момент завдання [26].

Механізм логічного виводу

Основу ЕС складає підсистема логічного виводу [27], яка використовує інформацію з бази знань (БЗ), генерує рекомендації за рішенням шуканого завдання. Припустимо, БЗ складається з фактів і правил. Якщо ЕС визначає, що посилка вірна, то правило визнається відповідним для даної консультації і воно запускається в дію. Запуск правила означає прийняття висновку даного правила як складової частини процесу консультації. Мета ЕС – вивести деякий заданий факт, який називається цільовим твердженням (тобто в результаті застосування правил добитися того, щоб цей факт був включений в робочу безліч), або спростувати цей факт (тобто переконатися, що його вивести неможливо, отже, при даному рівні знань системи він є помилковим). Цільове твердження може бути або "закладено" заздалегідь в базу знань системи, або витягується системою з

діалогу з користувачем. Робота системи є послідовністю кроків, на кожному з яких з бази вибирається деяке правило, яке застосовується до поточного вмісту робочої безлічі. Цикл закінчується, коли виведено або спростовано цільове твердження. Цикл роботи експертної системи інакше називається логічним виводом. Логічний вивід може відбуватися багатьма способами, з яких найбільш поширені – прямий порядок виводу і зворотний порядок виводу. Прямий порядок виводу – від фактів, які знаходяться в робочій безлічі, до висновку. Якщо такий висновок удається знайти, то він заноситься в робочу безліч. Прямий вивід часто називають виводом, керованим даними.

Пояснення рішень

Пояснювальний компонент ЕС [26] пояснює, як система отримала рішення задачі (або чому вона не отримала рішення) і які знання вона при цьому використовувала, що полегшує експертіві тестування і підвищує довіру користувача до отриманого результату. Оскільки системи, основані на знаннях, реалізуються на комп'ютерах, то і вхідна інформація сприймається у вигляді, зрозумілому комп'ютеру, в бітах і байтах. Проте для того, щоб міг взаємодіяти непідготовлений користувач, в неї потрібно включити засоби спілкування на природній мові. Переважна більшість систем, основаних на знаннях, володіють досить примітивним інтерфейсом на природній мові – допустимі вхідні повідомлення користувача обмежені набором понять, що містяться в базі знань.

Функціонування ЕС

ЕС працює в двох режимах [26]:

- режимі набуття знань;
- режимі рішення задачі, званому також режимом консультації або режимом використання ЕС.

У режимі набуття знань спілкування ЕС здійснює експерт через посередництво інженера знань. У цьому режимі експерт, використовуючи компонент набуття знань, наповнює систему знаннями, які дозволяють ЕС в режимі рішення самостійно (без експерта) вирішувати завдання з проблемної області. Режиму набуття знань у традиційному підході до розробки програм відповідають етапи алгоритмізації, програмування і налагодження, які виконуються програмістом. У режимі консультації спілкування з ЕС здійснює кінцевий користувач, якого цікавить результат і (або) спосіб його отримання [28].

У даній роботі була розроблена статична експертна система з вибору схеми відновних заходів, призначення якої полягає в інтерпретації даних, пов'язаних з рекультиваційними роботами. Ця ЕС входить до складу програмного комплексу регіонального прогнозу еколого-економічних ризиків, що виникають під час функціонування і закриття шахт.

Розробка експертної системи складалась із чотирьох етапів.

1. Етап ідентифікації. На цьому етапі було розглянуто процес вибору оптимальної схеми рекультивації, сформульовано основні правила та вимоги до системи.

2. Етап концептуалізації. На цьому етапі проведено змістовний аналіз предметної області, виділено основні поняття, взаємозв'язки та особливості завдання: типи доступних даних, вхідні та вихідні дані, стратегії, гіпотези й обмеження.

3. Етап формалізації. Всі ключові поняття і зв'язки описуються формальною мовою, яка вибирається з існуючих або створюється заново. Таким чином було визначено склад і засоби подання знань, виконано це подання, тобто сформульовано рішення завдань ЕС на формальній мові.

4. Етап виконання. Створюється прототип ЕС, провадиться тестування і створюється кінцевий екземпляр. Розробка прототипу полягає у програмуванні компонентів ЕС або вибору їх з уже існуючих інструментів та заповненні бази знань.

2.3 Розробка програмного комплексу

Визначення розміру еколого-економічних ризиків, а також заходів, потрібних для їх зменшення, дуже складний процес, який вимагає значних витрат часу. Для полегшення виконання цих процесів доцільно використовувати програмні інструменти, що дозволяють автоматизувати процеси збору, обробки, збереження даних та вивід результату. Аналіз програмних продуктів показав, що на даний момент не існує програми, яка б повністю задовольняла вимогам, сформульованим у процесі досліджень. Але існують програмні продукти, які дозволяють виконати окремі операції, що дає можливість використати їх для створення на їх основі програмного комплексу. У пункті 2.1 було обґрунтовано структуру програмного комплексу (рис. 2.1).

На рисунку 2.7 зображена взаємодія програмних продуктів, що використовуються в програмному комплексі, що розроблюється.



Рисунок 2.7 – Взаємодія програмних продуктів

Користувач звертається до розробленої програми, яка використовує бібліотеки MATLAB. Програма і бібліотеки MATLAB виконуються в середовищі віртуальної машини JAVA, що виконує роль посередника між СКБД і опера-

ційною системою. Далі програма, використовуючи бібліотеки, проводить необхідні розрахунки, результати заносяться до бази та передаються користувачу.

Розглянемо детальніше структуру програми аналізу та програмування еколого-економічних ризиків (рис. 2.8).

Блок модулів БД

Модулі, що входять до складу блоку:

- *Closedb* – використовується для закриття з'єднання з БД;
- *Connectdb* – використовується для з'єднання з БД;
- *MySQL-Connector-java-5.1.6-bin* – драйвер, що конвертує java-запити в мережевий протокол, який використовується сервером БД;

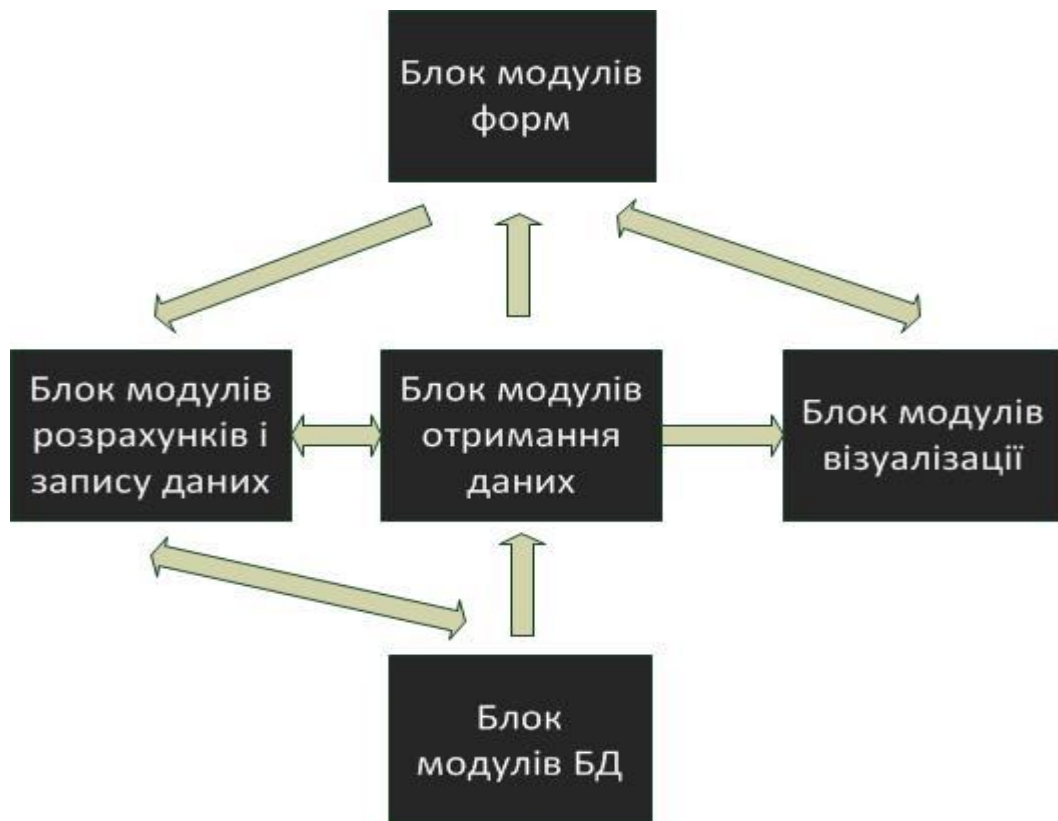


Рисунок 2.8 – Взаємодія модулів програми.

Блок модулів візуалізації

Модулі, що входять до складу блоку:

- *drawFloodedAreasN* – використовується для візуалізації затоплених ділянок за типом земель;

- *drawLotLandPoint* – використовується для побудови земельних ділянок;
- *drawSurfaceLotLandN* – використовується для побудови земної поверхні з нанесеною картою земель;
- *drawSurfaceN* – використовується для побудови земної поверхні;
- *drawSurfaceSettlingLastN* – використовується для побудови поверхні осідання для останнього з пластів по кількох шахтах;
- *drawSurfaceSettlingLotLandN* – використовується для побудови поверхні осідання для останнього з пластів по кількох шахтах з нанесеною картою земель;
- *drawSurfaceSettling* – використовується для побудови поверхні осідання після виймання вказаного вугільного пласта.

Блок модулів форм

Модулі, що входять до складу блоку:

- *formConnectDB* – форма для з'єднання з БД;
- *formEer* – головне вікно програми;
- *formVariantAdd* – вікно додавання варіантів рекультивації;
- *formVariantEdit* – вікно редагування варіантів рекультивації;
- *formDBEdit* – вікно редагування даних;
- *formReport* - вікно створення звіту.

Блок модулів отримання даних

Модулі, що входять до складу блоку:

- *getFloodedAreasSquare* – використовується для розрахунку площі затопленої ділянки;
- *getMineFieldByArr* – використовується для отримання масиву ідентифікаторів шахтних полів;
- *getSettlingVolume* – використовується для розрахунку об'єму між поверхнею осідання і поверхнею ґрунтових вод;
- *getSquare* – використовується для розрахунку площі шахти;
- *getSurfaceGrid* – використовується для розрахунку масиву інтерпольованих даних;

- *getXYZMatrixSurface* – використовується для розрахунку X , Y , Z координат поверхні;
- *getZMatrixSettling* – використовується для розрахунку масиву координат Z поверхні осідання;
- *getZMatrixWater* - використовується для розрахунку масиву координат Z поверхні ґрунтових вод;
- *getFloodedAreasHarm* - використовується для розрахунку еколого-економічних ризиків.

Блок модулів розрахунку та запису даних

Модулі, що входять до складу блоку:

- *setCacheHoleN* – використовується для занесення інтерпольованих значень відміток земної поверхні до БД;
- *setCacheSettlingHoleLastN* – використовується для занесення інтерпольованих значень відміток поверхні осідання після виймання останнього пласта до БД;
- *setCacheSettlingHoleN* – використовується для занесення інтерпольованих значень відміток поверхні осідання до БД;
- *setFloodedAreas* – використовується для занесення координат затоплених ділянок до БД;
- *setHarm* - використовується для занесення значення еколого-економічних ризиків для кожної затопленої ділянки до БД;
- *setHarmAll* - використовується для занесення значення еколого-економічних ризиків для всіх затоплених ділянок до БД;
- *setVariantCost* - використовується для занесення вартості варіанта рекультивациі до БД;
- *setRegenLayerCost* - - використовується для занесення вартості робіт та матеріалів по кожному шару рекультивациі до БД;
- *setReport* – використовується для формування звіту.

3 АПРОБАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ РЕГІОНАЛЬНОГО ПРОГНОЗУ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ РИЗИКІВ З УРАХУВАННЯМ ВЗАЄМНОГО ВПЛИВУ ШАХТНИХ КОМПЛЕКСІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ ТА ЗАКРИВАЮТЬСЯ

3.1 Розробка бази даних

Проектування бази даних – один із ключових моментів стадії розробки. Саме на цьому етапі закладаються основи, які в подальшому впливають на швидкість функціонування і складність розробки проекту.

Для вирішення задачі аналізу та прогнозування еколого-економічних ризиків, які виникають під час закриття шахт, була розроблена база даних, що складається з 18 таблиць (табл. 3.1). Схема бази даних показана на рис. 3.1.

Таблиця 3.1 – Таблиці бази даних

№ п/п	Назва таблиці	Опис
1	2	3
1	mine_field	Дані по шахтному полю
2	coal_layer	Дані по вугільному пласту
3	layer_mark	Дані по висотних відмітках пласта
4	hole	Просторові дані по свердловинах
5	pillar_mark	Дані по відмітках ціликів
6	pillar_settling_mark	Дані по відмітках осідання ціликів
7	lot_land	Дані по земельних ділянках
8	lot_land_point	Просторові дані по земельних ділянках
9	settling_point	Дані по осіданнях земельних ділянок
10	flooded_areas	Дані по затоплених ділянках
11	flooded_areas_mark	Просторові дані по затоплених ділянках
12	variant	Дані по варіантах рекультивації
13	regen_layer	Дані по рекультиваційних шарах

Продовження табл. 3.1

1	2	3
14	coal_cost	Дані по вартості вугілля
15	hole_settling	Дані про відмітки осідання
16	cache_hole_settling_n	Дані по інтерпольованих відмітках осідання
17	cache_hole_n	Дані по інтерпольованих відмітках земної поверхні
18	layer	Дані по рекультиваційних шарах для кожного варіанта рекультивації

Після створення і заповнення бази даних виникла необхідність розробки модуля користувальницького інтерфейсу, який би дозволив користувачу отримувати доступ до даних, а також проводити основні операції (поновлення, додавання, видалення) безпосередньо з програмного комплексу. Для цього було розроблено модуль на мові MATLAB, якій увійшов до складу програмного комплексу.

Робота з базою проводиться за допомогою розробленої програми.

Контроль доступу до програми та даних здійснюється за допомогою засобів аутентифікації користувачів СКБД MySQL.

З'єднання з базою даних. Після запуску програми з'являється вікно з'єднання з базою даних (рис. 3.2), поля якого необхідно заповнити коректною обліковою інформацією.

The image shows a standard Windows-style dialog box for connecting to a database. The title bar reads 'Соединение с базой данных'. The dialog contains four text input fields, each with a label to its left: 'Пользователь:', 'Пароль:', 'Хост:', and 'Название БД:'. At the bottom center of the dialog is a button labeled 'Соединиться'.

Рисунок 3.2 – З'єднання з базою даних

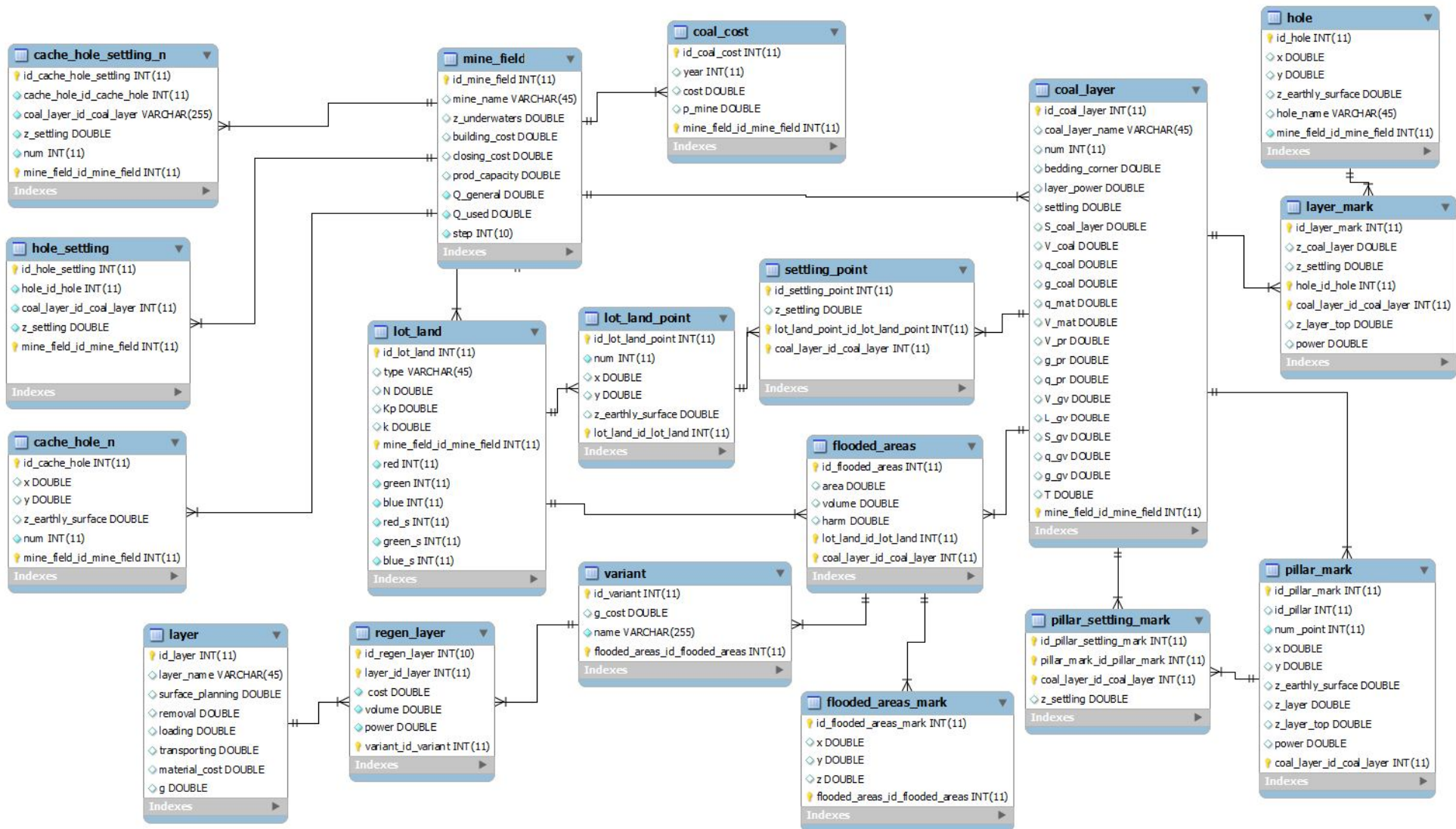


Рисунок 3.1 – Схема бази даних

Робота з програмою

Після з'єднання з базою даних з'являється головне вікно програми (рис. 3.3).

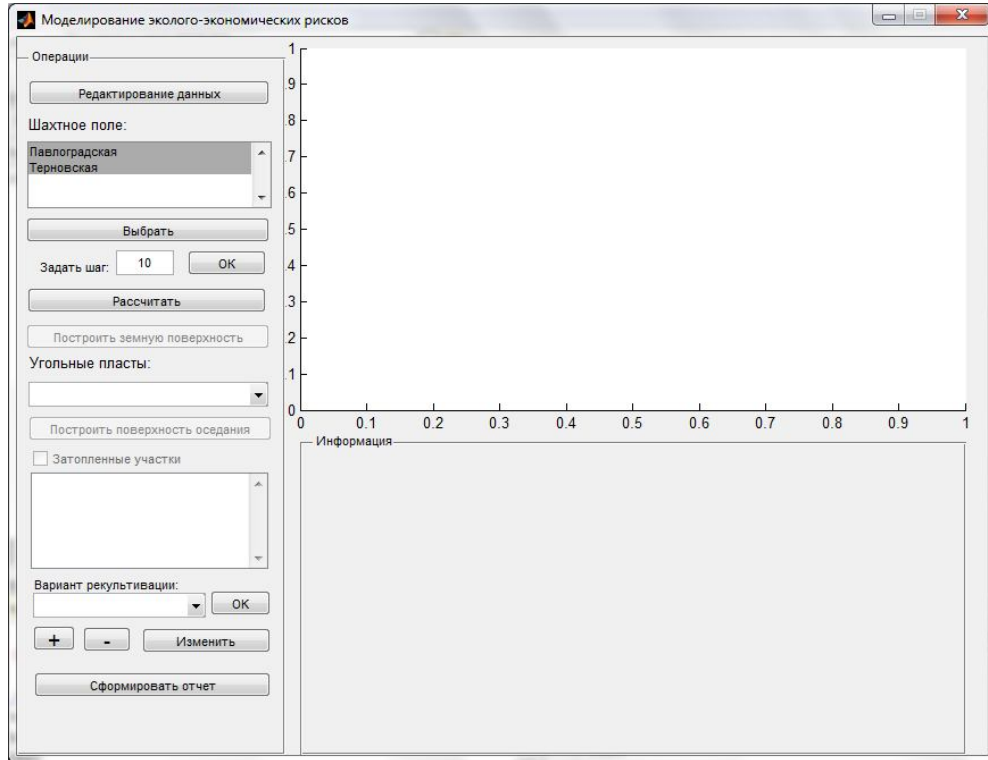


Рисунок 3.3 – Головне вікно програми

Головне вікно програми складається з наступних компонентів (табл. 3.2).

Таблица 3.2 – Компоненти головного вікна

Назва компонента	Призначення
1	2
axsDraw	Візуалізація графіків та поверхонь
btnEditData	Виклик вікна редагування даних
lstbMineField	Вивід списку шахтних полів
btnMineFieldSelect	Вибір шахтного поля
lblMineField	Вивід напису "Шахтное поле"
lblMineFieldStep	Вивід напису "Задать шаг"
edtMineFieldStep	Введення кроку інтерполяції

Продовження табл. 3.2

1	2
btnMineFieldStep	Встановлення кроку інтерполяції
btnProcess	Виклик процедури розрахунку
btnDrawSurface	Виклик процедури побудови земної поверхні
lblCoalLayer	Вивід напису "Угольный пласт"
ppmCoalLayer	Вибір вугільного пласта
btnDrawSettling	Виклик процедури побудови поверхні осідання
chkbFloodedAreas	Встановлення режиму відображення затоплених ділянок
lstbFloodedAreas	Вибір затоплених ділянок
lblVariant	Вивід напису "Вариант рекультивации"
ppmVariant	Вибір варіанта рекультивації
btnVariantSet	Встановлення варіанта рекультивації
btnVariantAdd	Додавання варіанта рекультивації
btnVariantRemove	Видалення варіанта рекультивації
btnVariantEdit	Редагування варіанта рекультивації
btnCreateReport	Створення звіту
lblInfo	Вивід напису "Информация"
lblInfoText	Вивід інформації

Після з'єднання з БД користувачу необхідно вибрати одне чи декілька шахтних полів, для яких будуть проводитись дослідження, та натиснути кнопку "Выбрать".

Якщо немає первинних даних, то їх необхідно внести до БД за допомогою кнопки "Редактирование данных", що викликає вікно редагування (рис. 3.4).

№ узлов целиков	№ целика	№ Точки	Отметка x	Отметка y	Отметка земной поверхности	Отг
1	1	0	3080	5005		71,6
2	1	0	3032,5	4877,5		70,1
3	1	0	3070	4890		71,8
4	1	0	3085	4825		72,3
5	1	0	3005	4600		67,5
6	1	0	3415	4445		85,3
7	1	0	3435	4505		84,9
8	1	0	3527	4470		87
9	1	0	3640	4785		95,8
10	1	0	3592,5	4802,5		93,7
11	1	0	3595	4817,5		93,1
12	1	0	3500	48525		87,2
13	1	0	3520	4915		86,9
14	1	0	3265	5015		76,6
15	1	0	3257,5	4995		76,6
16	1	0	3215	5010		75,5
17	1	0	3197,5	4970		75,4
18	1	0	3135	4992		73,6
19	1	0	3135	4990		73,5
20	2	0	2260	6500		65
21	2	0	2212,5	6395		65,1
22	2	0	2530	6305		65,2
23	2	0	2580	6490		65,1
24	3	0	2602,5	3650		64
25	3	0	2707,5	3687,5		63,9
26	3	0	2830	3650		64
27	4	0	2150	3650		64,3

Рисунок 3.4 – Редагування бази даних

Після вибору шахтного поля користувач має можливість збудувати земну поверхню з нанесеними на неї земельними ділянками.

Одночасно з вибором шахтного поля в полі "Информация" відображається назва вибраного шахтного поля та його загальна площа. Стає доступною кнопка "Рассчитать", яка необхідна для інтерполяції даних, розрахунку осідання земної поверхні, координат та площі затоплених ділянок та еколого-економічних ризиків. Для виконання розрахунків необхідно задати крок. Треба зазначити, що чим менший крок, тим більше часу і апаратних ресурсів вимагають розрахунки. Усі результати заносяться до БД і використовуються на наступних етапах досліджень.

Також стають доступними список вугільних пластів та можливості побудови поверхні осідання, затоплених ділянок, виводу вартості варіантів рекультивациі та формування звіту.

Після вибору вугільного пласта у полі "Информация" відображається назва вугільного пласта, загальна площа затоплених ділянок у м², відсоток від загальної площі та інформація щодо затоплених ділянок.

При натисканні кнопки "Построить поверхность оседания" формується та відображається поверхня осідання після виймання вугільного пласта.

Якщо користувач програмного комплексу забажає відобразити затоплені ділянки, то йому необхідно вибрати "Затопленные участки" та у списку, що з'явився, вибрати одну або декілька ділянок. Після цього необхідно провести перебудову поверхні осідання ще раз натиснувши на кнопку "Построить поверхность оседания".

Для виводу інформації щодо варіантів рекультивациі (їх вартість, шари, що використовуються, потужність шарів) необхідно вибрати варіант з випадючого списку та натиснути кнопку "ОК".

Користувач має можливість додавати, видаляти або редагувати варіанти рекультивациі за допомогою відповідних кнопок. При натисканні на кнопки "+" та "Изменить" відбувається виклик діалогових вікон, наведених на рисунках 3.5 та 3.6.

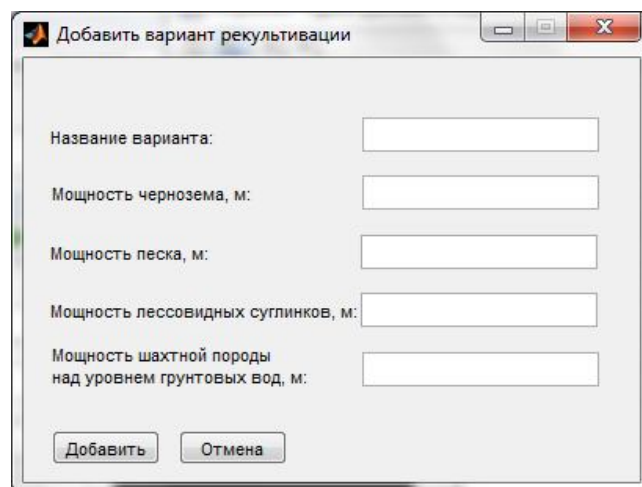


Рисунок 3.5 – Вікно додавання варіанта рекультивациі

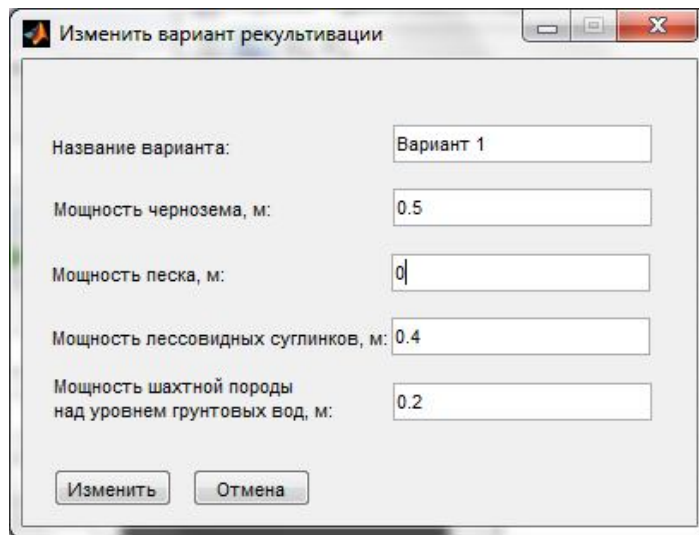


Рисунок 3.6 – Вікно редагування варіанта рекультивації

Для формування звіту користувачу необхідно натиснути кнопку "Сформировать отчет" та вибрати необхідні показники у відповідному діалоговому вікні (рис. 3.7). Користувач може внести до звіту:

- назву шахтного поля та його площу;
- кількість затоплених ділянок;
- інформацію про всі ділянки або про деякі з них;
- площу ділянки;
- тип землекористування;
- збитки від втрати ділянки (оцінка еколого-економічних ризиків);
- інформацію про варіанти рекультивації (всі або вибірково);
- назву варіанта;
- тип рекультивації;
- пласти, які використовуються для рекультивації;
- назву пласта;
- потужність;
- вартість основних робіт;
- об'єм матеріалу, що використовується;
- вартість варіанта.

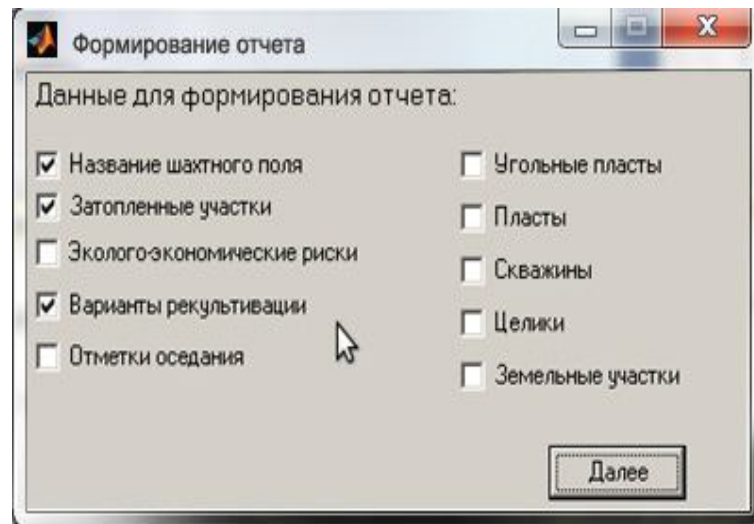


Рисунок 3.7 – Формування звіту

Усі ці дані імпортуються в текстовий редактор Microsoft Office і зберігаються на диску для подальшого редагування або друкування.

3.2 Проведення експериментального моделювання еколого-економічного ризику шахт Західного Донбасу "Павлоградська" і "Тернівська" з урахуванням їх взаємозв'язку

3.2.1 Моделювання і прогнозування еколого-економічних ризиків для шахти "Павлоградська"

На першому етапі моделювання, була проведена апробація системи на одній шахті. Як перша була вибрана шахта "Павлоградська".

Для побудови моделі були розраховані наступні показники:

- осідання земної поверхні після виймання кожного з пластів;
- висотна відмітка кожної поверхні осідання;
- площа затоплених ділянок для кожного з типів земель;
- збитки від затоплення ділянок;
- об'єм матеріалів, необхідних для проведення гірничотехнічної рекультивациі;
- вартість проведення гірничотехнічного етапу рекультивациі.

Далі було проведене графічне моделювання, що дозволило провести візуальний аналіз прогнозних еколого-економічних ризиків, що можуть виникнути на території шахти "Павлоградська" після виймання кожного з вугільних пластів.

Першою була побудована земна поверхня шахти "Павлоградська" з нанесеними на неї земельними ділянками. Жовтим кольором на моделі зображено землі сільськогосподарського призначення, зеленим – лісогосподарські угіддя, синім – поверхня ґрунтових вод (рис. 3.8).

Також у полі "Інформація" наводиться інформація про загальну площу шахти.

Далі побудована поверхня осідання після виймання першого пласта. Для шахти "Павлоградська" таким пластом є C_8^H . Дані про послідовність виймання пластів були отримані з технічної документації ВАТ "Павлоградвугілля". При перетині поверхні осідання з поверхнею ґрунтових вод утворюються затоплені ділянки, які на моделі зображені блакитним кольором для сільськогосподарських земель і темно синім – для лісогосподарських (рис. 3.9).

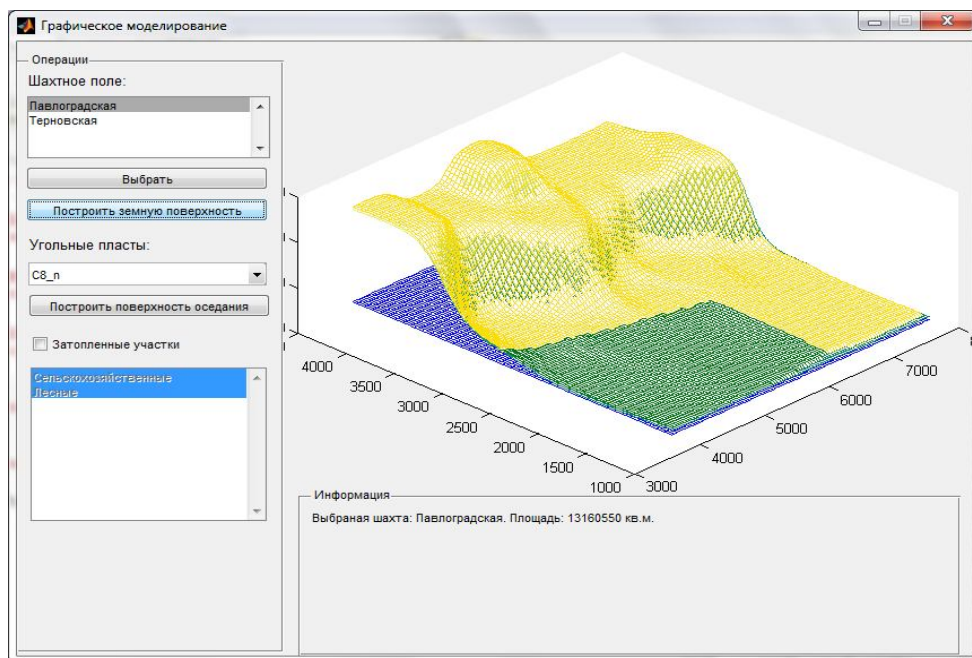


Рисунок 3.8 – Земна поверхня шахти "Павлоградська"

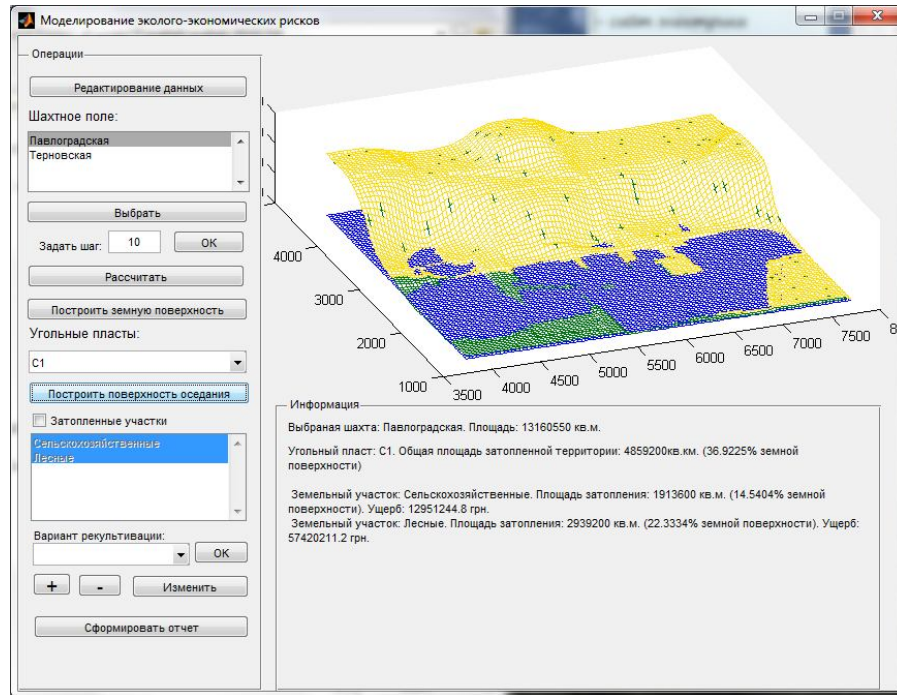


Рисунок 3.9 – Поверхня осідання шахти "Павлоградська" після виймання першого пласта

Як можна побачити на рисунку 3.9, вода може вийти на поверхню вже після виймання першого з п'яти пластів, що дає можливість передбачити збільшення кожної з цих ділянок внаслідок виймання наступних пластів. Це припущення було підтверджено моделюванням поверхонь осідання після виймання кожного з пластів. На рис. 3.10 зображена поверхня осідання після виймання останнього пласта (C_1).

У полі "Информация" додатково зазначається після виймання якого пласта проводиться моделювання поверхні осідання, загальна площа затоплених ділянок, відсоток площі затопленої території від загальної, площа кожної ділянки за типом землекористування.

Отримана площа затоплених ділянок, насамперед, використовується для розрахунку розміру еколого-економічних ризиків, а саме – збитків від неможливості використання затоплених ділянок за призначенням. Розрахунок ризиків відбувається згідно методики, наведеної в розділі 1. Для шахти "Павлоградська" розмір еколого-економічних ризиків становить:

- для земель сільськогосподарського призначення – 12,95 млн грн;
- для земель лісогосподарського призначення – 57,42 млн грн.

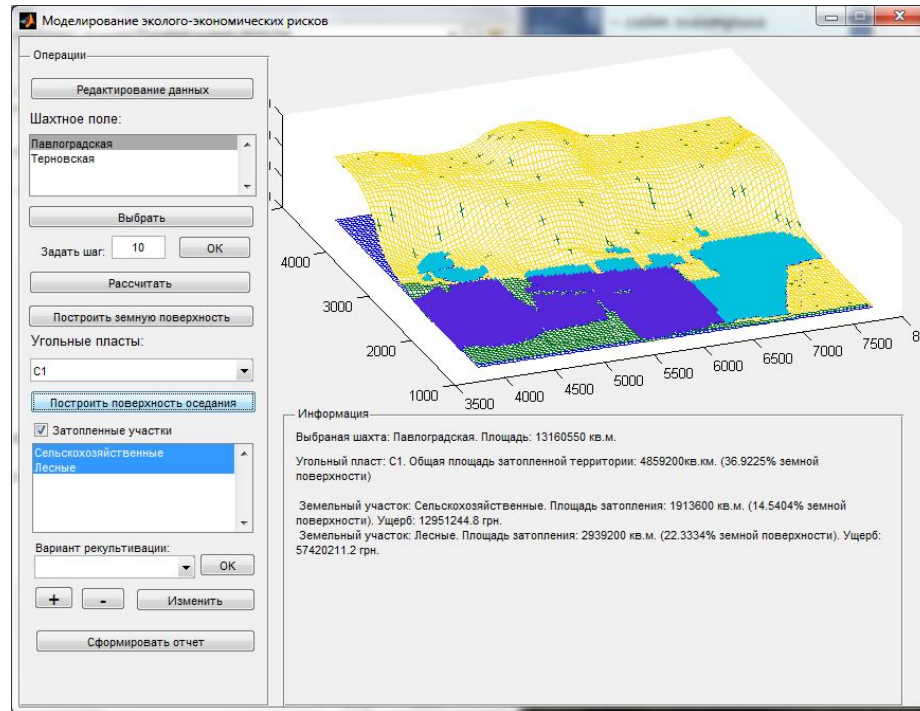


Рисунок 3.10 – Поверхня осідання шахти "Павлоградська" після виймання останнього пласта

Після визначення розміру збитків було вибрано й обчислено вартість рекультиваційних робіт, що необхідні для відновлення затоплених ділянок з метою їх подальшого використання за цільовим призначенням. Використовуючи обґрунтування параметрів процесу рекультивації (розділ 2), було обчислено кілька схем рекультивації для обох ділянок. При проведенні розрахунків використовувалось припущення, що земельні ділянки після рекультивації будуть використані за тим самим призначенням, що і до затоплення.

Для сільськогосподарських земель були вибрані наступні шари:

- чорнозем;
- лесовидні суглинки;
- шахтна порода.

Для лісогосподарських угідь:

- чорнозем;

- пісок;
- лесовидні суглинки;
- шахтна порода.

Потужність шару шахтної породи визначається згідно з припущенням, що верхня границя шару повинна знаходитись якнайменше на 20 см вище від рівня ґрунтових вод.

Були обчислені наступні схеми рекультивації (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Схеми рекультивації

№ п/п	Назва шару	Потужність, см	Вартість, млн грн
Для сільськогосподарських земель			
Варіант 1			
1	Чорнозем	0,7	241,00
2	Лесовидні суглинки	0,5	
3	Шахтна порода	розраховується	
Варіант 2			
1	Чорнозем	0,5	229,40
2	Лесовидні суглинки	0,5	
3	Шахтна порода	розраховується	
Для лісогосподарських земель			
Варіант 1			
1	Чорнозем	0,5	621,60
2	Пісок	0,4	
3	Шахтна порода	розраховується	
Варіант 2			
1	Чорнозем	0,5	901,99
2	Пісок	0,9	
3	Лесовидні суглинки	0,4	
4	Шахтна порода	розраховується	

Серед наведених варіантів можна визначити найдешевший, але треба зазначити, що варіант з найбільшою загальною потужністю є найбільш ефективним.

3.2.2 Моделювання і прогнозування еколого-економічних ризиків для шахт "Павлоградська" і "Тернівська"

При моделюванні ризиків для двох шахт важливим є їх спільна обробка, що дозволяє врахувати їх взаємозв'язок.

Послідовність даних цілком співпадає з моделюванням і прогнозуванням ризиків для шахти "Павлоградська" з єдиним виключенням – для двох шахт, що моделюються, спільно можна побудувати та провести розрахунок для останнього пласта, що відпрацьовується на кожній з шахт. Це пов'язано з особливістю залягання запасів. Для кожної шахти існує різна кількість пластів, що виймаються, які в свою чергу виймаються в різний час. Таким чином, неможливо побудувати спільну модель для більш як одна шахта на момент відпрацювання кожного з пластів.

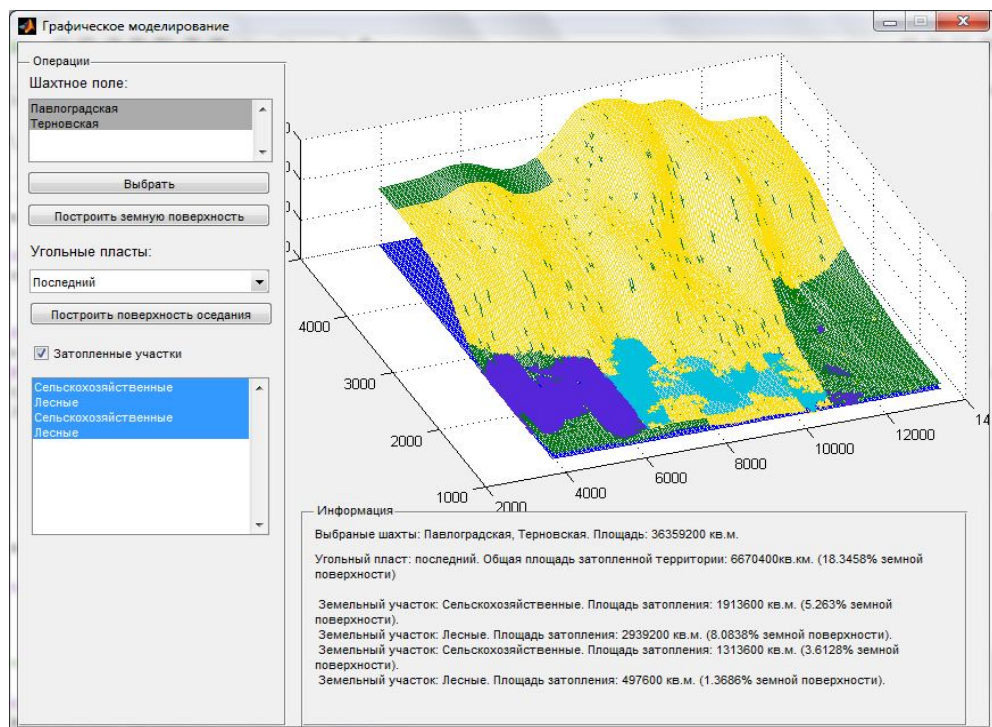


Рисунок 3.11 – Поверхня осідання для шахт "Павлоградська" і "Тернівська" після виймання останнього пласта

На рисунку 3.11 зображено поверхню осідання та затоплені ділянки для шахт "Павлоградська" і "Тернівська" на момент відпрацювання остатнього пласта. Можна зазначити, що загальна площа затопленої території складе близько 6,6 км². Більша частина затоплених ділянок буде знаходитись на шахті "Павлоградська".

За схеми рекультивації було використано ті самі схеми, що і у випадку шахти "Павлоградська".

Таблиця 3.4 – Схеми рекультивації для шахт "Павлоградська" і "Тернівська"

№ п/п	Назва шару	Потужність, м	Вартість, млн грн
Для сільськогосподарських земель			
Варіант 1			
1	Чорнозем	0,7	369,84
2	Лесовидні суглинки	0,5	
3	Шахтна порода	розраховується	
Варіант 2			
1	Чорнозем	0,5	350,26
2	Лесовидні суглинки	0,5	
3	Шахтна порода	розраховується	
Для лісогосподарських земель			
Варіант 1			
1	Чорнозем	0,5	697,77
2	Пісок	0,4	
3	Шахтна порода	розраховується	
Варіант 2			
1	Чорнозем	0,5	1031,17
2	Пісок	0,9	
3	Лесовидні суглинки	0,4	
4	Шахтна порода	розраховується	

Таблиця 3.5 – Вартісні показники робіт по рекультивації земель

№ п/п	Шифр і номер позиції норматива	Найменування робіт та витрат	Одиниця вимірювання	Вартість одиниці, грн
1	2	3	4	5
1	E1-24-1	Зріз ґрунтового-рослинного ґрунту бульдозерами потужністю 59 кВт (80 л.с.) з переміщенням ґрунту до 10 м, група ґрунтів 1 (h = 0,5 – 0,7 м)	1000 м ³	1167,59
2	E1-17-13	Навантаження ґрунтового-рослинного ґрунту на автомобілі-самосвалі екскаваторами одноковшовими дизельними на гусеничному ході з ковшом місткістю 0,5 (0,5 – 0,63) м ³ , група ґрунтів 1	1000 м ³	4847,55
3	C311-1-П	Перевезення до 1 км (без вантаження)	т	1,81
4	E1-20-1	Робота на майданчику для складування, група ґрунтів 1	1000 м ³	516,97
5	E1-132-1	Ущільнення ґрунту самохідними вібраційними катками масою 2,2 т за перший прохід по одному сліду при товщині шару 25 см	1000 м ³	1861,95
6	E1-24-2	Зріз суглинку ґрунту бульдозерами потужністю 59 кВт (80 л.с.) з переміщенням ґрунту до 10 м, група ґрунтів 1 2 (h=0,7 – 0,85 м)	1000 м ³	1364,39
7	E1-17-14	Навантаження суглинку ґрунту на автомобілі-самосвали екскаваторами одноковшовими дизельними на гусеничному ході з ковшом місткістю 0,5 (0,5 – 0,63) м ³ , група ґрунтів 2	1000 м ³	2967,4
8	C311-1-П	Перевезення до 1 км. (без вантаження)	т	1,81
9	E1-20-1	Робота на майданчику для складування, група ґрунтів 2	1000 м ³	238,12
10	E1-130-1	Ущільнення ґрунту самохідними вібраційними катками масою 2,2 т за перший прохід по одному сліду при товщині шару 25 см	1000 м ³	1861,95
11	E1-17-14	Розробка породи з вантаженням на автомобілі-самоскиди екскаваторами одноковшовими дизельними на гусеничному ході з ковшом місткістю 0,5 (0,5 – 0,63) м ³	1000 м ³	5919,56

Продовження табл. 3.5

1	2	3	4	5
12	C311-1	Перевезення до 10 км (без вантаження)	т	27,24
13	C1421-10634	Пісок природний, рядовий	т	87,94
14	C311-1	Перевезення піску до 100 км (без вантаження)	т	89,27
15	E1-145-1	Планування площ механізованим способом, група ґрунтів 1, 2	1000 м ³	207,75
16	E1-145-13	Планування площ механізованим способом, група ґрунтів 3	1000 м ³	476,97
17	E1-130-1	Ущільнення породи і ґрунту причіпними катками на пневмоколісному ході масою 25 т за перший прохід по одному сліду при товщині шару 25 см	1000 м ³	2377,81
18	E1-130-7	Ущільнення породи і ґрунту причіпними катками на пневмоколісному ході масою 25 т за наступні проходи по одному сліду при товщині шару 25 см, до 6 проходів	1000 м ³	1101,51
19	E47-26-1	Зміцнення поверхні ґрунтово-рослинного ґрунту посівом багатолітніх трав	га	6470,74
20	E47-11-1	Підготовка механізованим способом стандартних місць для дерев-саджанців з оголеною кореневою системою в природному ґрунті	10 шт.	29,31
21	E47-13-1	Посадка дерев-саджанців з оголеною кореневою системою в ями розміром 0,7х0,7 м	10 шт.	79,69
22	C1429-14	Саджанці клену гостролистого, 1 група, 1 сорт	шт.	19,54
23	C1429-28	Саджанці тополі бальзамічної, пірамідальної, 1 група, 1 сорт	шт.	16,90
24	C1429-28	Саджанці тополі Болле	шт.	25,04
25	C1429-36	Саджанці кущів бірючини для масових посадок, 1 сорт	шт.	3,62

Як показує досвід виконання проектних робіт, вартість обладнання для виконання робіт по рекультивації 5 га. дорівнює приблизно вартості виконуваних робіт [29].

3.3 Проведення експериментального моделювання еколого-економічного ризику шахт Західного Донбасу

Для моделювання еколого-економічних ризиків для всього родовища вугілля Західного Донбасу була використана інформація Дніпродіпрошахта по 11 шахтах, які в даний час знаходяться в експлуатації. У зв'язку з тим, що шахта "Першотравнева" на даний час закрита, еколого-економічні ризики для неї не розраховувалися. Основні загальні дані по шахтах родовища наведені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Дані по шахтам Західного Донбасу

№ п/п	Назва шахт	Площа шахтного поля, км ²	Пласти, що розроблюються	Балансові запаси, тис. т	Промислові запаси, тис. т	Рік виходу шахти
1	2	3	4	5	6	7
1	ім. Героїв Космосу	50	C ₁₁ , C ₁₀ ^B , C ₉ , C ₈ ^H , C ₇ ^H , C ₅ , C ₁	190484	156717	2140
2	Західно-Донбаська	82	C ₁₀ ^B , C ₈ ^B , C ₈ ^H , C ₇ ^H , C ₁ , C ₅ , C ₄ ^B , C ₆	230612	188496	2084
3	Дніпровська	31,2	C ₁₀ ^B , C ₈ ^B , C ₈ ^H , C ₇ +C ₇ ^H , C ₆ , C ₅ +C ₅ ^H , C ₁ , C ₄ ²	109267	86168	2092
4	Степова	29	C ₆ ^B , C ₆ ¹ , C ₆ , C ₁₀ ^B , C ₈ ^B , C ₇ ^B , C ₅ ¹ , C ₅ , C ₂ ¹ , C ₂ , C ₁	190682	166868	2132
5	Ювілейна	60,3	C ₈ ^B , C ₆ ¹ , C ₆ , C ₅ ¹ , C ₂ ¹ , C ₂	71312	41904	2050
6	ім. Сташкова	85,2	C ₁₀ ^B , C ₆ ¹ , C ₆ , C ₂ , C ₁ , C ₇ +C ₇ ^B , C ₅ +C ₅ ^B , C ₄ ² +C ₄ ^{2B}	50036	29984	2032
7	Самарська	65	C ₆ , C ₅ , C ₄ ² , C ₄ ¹ , C ₄ +C ₄ ¹ , C ₁ +C ₁ ^H	76028	65058	2073
8	Тернівська	24	C ₈ ^{H1П} , C ₈ ^H +C ₈ ^{HP} , C ₇ ^H , C ₆ , C ₅ ^B , C ₄ ¹ , C ₄ ^H +C ₄ ^{H1} , C ₁	58751	37903	2049

Продовження табл. 3.6

1	2	3	4	5	6	7
9	Павлоградська	22	$C_9, C_6+C_6^H, C_5^B+C_5^S, C_4+C_4^H, C_1$	41207	26209	2030
10	Благодатна	45	$C_{11}, C_9, C_1, C_{10}+C_{10}^H, C_8+C_8^H, C_7+C_7^H, C_5+C_5^B, C_4+C_4^H$	79975	47287	2050
Разом		493,7		1098354	846594	

Необхідно відзначити той факт, що через поля шахт Благодатна, Павлоградська, Тернівська, Самарська, ім. Сташкова, Степова протікає річка Самара, а через шахту Західно-Донбаська приток р. Самара – річка Тернівська. Лише на деяких шахтних полях відсутні будь які водні артерії. Усе це підтверджує необхідність оцінки не лише тих шахт, які вибуватимуть з експлуатації в першу чергу, але і всіх інших.

У зв'язку зі зміною політики відпрацювання запасів родовища з боку ДПЕК, як балансові, так і промислові запаси імовірно повинні зменшитися, що відповідно відіб'ється на прискоренні вибуття шахт з експлуатації. У зв'язку з тим, що ці дані є комерційною таємницею підприємства, то немає можливості з досить високою точністю прогнозувати як термін вибуття шахт з експлуатації, так і визначення еколого-економічних ризиків з більш високою точністю. Тому підрахунок загального еколого-економічного збитку від розробки родовища вугілля в Західному Донбасі носить приблизний характер. Метою загального моделювання еколого-економічних ризиків є визначення можливого збитку в першому наближенні, що дозволить оцінити масштаби збитку і подальшого прийняття рішень щодо їх мінімізації. Дані моделювання шахтних полів родовища Західного Донбасу з використанням розробленого і протестованого програмного комплексу на прикладі шахт Павлоградська і Тернівська наведені в таблиці 3.7. У зв'язку з високими витратами на відновлення лісогосподарських земель для всіх шахт, окрім "Павлоградська" і "Дніпровська", моделювання

еколого-економічних ризиків проводилося як для відновлення сільськогосподарських земель для двох варіантів, наведених в табл. 3.4.

У табл. 3.7 наведені дані як по сумах збитків від втрати земель, так і загальна вартість рекультиваційних робіт.

Таблиця 3.7 – Результати моделювання еколого-економічних ризиків для шахт Західного Донбасу

№ п/п	Назва шахт	Площа шахтного поля, км ²	Затоплені ділянки, %	Сума збитків, млн грн	Вартість рекультивації, млн грн
1	2	3	4	5	6
1	ім. Героїв Космосу	50	9,3	31,47	711,53
2	Західно-Донбаська	82	24,0	133,19	3011,39
3	Дніпровська	31,2	12,4	26,18	487,25
4	Степова	29	52,0	102,06	2307,50
5	Ювілейна	60,3	23,0	93,86	2122,20
6	ім. Сташкова	85,2	46,0	265,25	8288,89
7	Самарська	65	32,0	140,77	3182,77
8	Благодатна	45	64,0	194,92	4406,91
9	Тернівська	24	с/Г – 5,41	186,12	128,80
			л/Г – 2,08		129,20
10	Павлоградська	22	с/Г – 14,5	70,37	241,00
			л/Г – 22,3		901,99
Разом		493,7		1244,19	25919,43

Аналізуючи результати моделювання, можна зробити висновок, що загальна сума збитків від втрати земель може досягти 1244,19 млн грн, а вартість рекультивації цих земель 25919,43 млн грн у цінах 2010 р., або у 21 раз більше.

ВИСНОВКИ

Однією з найважливіших проблем сучасності у вугільній промисловості України, без сумнівів, є процес закриття шахт, які відпрацювали свої запаси. Для Дніпропетровської області цей процес відіграє важливу роль у зв'язку з тим, що шахтні поля родовища вугілля Західного Донбасу займають площу близько 400 км². Декілька років тому була закрита шахта "Першотравенська", на черзі "Павлоградська" та "Тернівська". Проведення робіт по закриттю шахт спричинить виникнення комплексу різнорідних процесів, результат яких передбачити або оцінити важко. Екологічні наслідки при цьому можуть бути катастрофічними.

У процесі виконання досліджень за цією темою були отримані наступні результати.

1. Виконані теоретичні дослідження дозволили обґрунтувати головні фактори, які спричиняють головний вплив на ступінь еколого-економічних ризиків. До таких факторів відносяться: 1) зсуви масивів порід, які призводять до просідання земної поверхні та пов'язаного з ним розширення шляхів міграцій вибухонебезпечних газів; 2) підтоплення та заболочування земельних угідь; 3) забруднення поверхневих та підземних водних об'єктів мінералізованими шахтними водами, що сприяє надходженню техногенних забруднень в біологічне та геологічне середовище.
2. Розроблено структуру показників, що використовуються для вивчення описаних факторів. Згідно з цією структурою просторові дані поділяються на координатні та атрибутивні, що надаються кількісною й якісною гідрологічною, гірничотехнічною, маркшейдерською, землекористувальною та вартісною інформацією. До якісних показників відноситься тип землекористування, до кількісних – відмітка ґрунтових вод, швидкість водопритоку в шахту (гідрогеологічні показники); координати свердловин, відмітка земної поверхні, координати ціликів для кожного пласта (маркшейдерські показники); кількість пластів, кут нахилу пласта, поту-

- жність вугільного пласта (гірничотехнічні показники); вартість земель різного типу землекористування, вартість відновлення земель, вугілля та відкачування води (вартісні показники); координати земель ділянок різного типу землекористування (землекористувальні показники).
3. Проведено дослідження методик, що використовуються для економічної оцінки наслідків техногенного впливу. Серед таких методик було вибрано "Методику оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру", що була затверджена Кабінетом Міністрів України. Зазначена методика використана для оцінки збитків, що наносяться гірничовидобувними підприємствами Західного Донбасу земельного фонду регіону, з урахуванням умов екосистеми.
 4. Оцінка існуючих шляхів зменшення еколого-економічних ризиків дозволила обґрунтувати необхідність виконання рекультиваційних робіт як основного шляху зменшення еколого-економічних ризиків (втрата земель), що виникають під час функціонування та закриття вугледобувних підприємств. Це покладено в основу автоматизації процесу прийняття рішень щодо формування набору керуючих заходів.
 5. Обґрунтовано параметри, що дозволяють обчислити вартість рекультиваційних робіт. До цих параметрів належать: площа затопленої ділянки; призначення затопленої ділянки; загальний обсяг матеріалу необхідний для рекультивації; потужність кожного з шарів, що використовуються для рекультивації (наприклад, чорнозем, пісок, лесовидні суглинки, шахтна порода та ін.); вартість кожного з виду рекультиваційних робіт (зняття шару, завантаження, транспортування, планування поверхні та ін.).
 6. На основі використання системного підходу розроблено теоретичне обґрунтування вибору параметрів побудови моделі регіонального прогнозу та оцінки еколого-економічних ризиків з урахуванням взаємозв'язків між ними.
 7. Розроблений метод інтерполяції просторових нерівномірних даних, що базується на методі двовимірного проектування нечітких кластерів, до-

зволяє підвищити точність розрахунку площі затопленої ділянки та обсягу матеріалів для її відновлення, забезпечити більш чітку відповідність моделі земної поверхні та поверхні осідання реальним даним.

8. Розроблена структура програмного комплексу, яка складається з наступних блоків: база даних, що дозволяє зберігати й оброблювати дані, пов'язані з оцінкою, аналізом та обробкою еколого-економічних ризиків; блок візуалізації, що дозволяє проведення візуального моделювання й аналізу стану екосистеми за допомогою побудови карт та поверхонь; блок розрахунку параметрів; блок оцінки еколого-економічних ризиків, що виникають під час ведення або припинення гірничовидобувних робіт; блок прийняття рішень, який дозволяє формувати набори рекомендацій щодо мінімізації еколого-економічних ризиків, визначених у попередньому блоці.
9. Розроблено структуру експертної системи прийняття рішень, яка дозволяє приймати рішення, щодо реалізації методики регіонального прогнозу й оцінки еколого-економічних ризиків з урахуванням усіх параметрів та взаємозв'язків.
10. Виконано експериментальне тестування розроблених методики та програмного комплексу регіонального прогнозу на прикладі шахт "Павлоградська" та "Тернівська". Загальна площа затопленої території становить близько 6,6 км². Більша частина затоплених ділянок знаходиться на шахті "Павлоградська". Вартість рекультивації сільськогосподарських земель по першому та другому варіантам буде 369,84 і 350,26 млн грн відповідно. Для лісогосподарських земель по першому та другому варіантам буде 697,77 і 1031,17 млн грн відповідно.
11. У результаті моделювання еколого-економічних ризиків для шахт Західного Донбасу у цілому встановлено, що сума збитків від втрати земель складає 1244,19 млн грн, а загальна вартість рекультиваційних робіт – 25919,43 млн грн у цінах 2010 р.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Быть или не быть? Эколого-геологические последствия массового закрытия шахт Донбасса / Я. Магда // Энерг. политика Украины. – 2005. – №2. – С. 48 – 55.
2. Техногенные последствия закрытия угольных шахт Украины / [Гавриленко Ю.Н., Ермаков В.Н., Кренида Ю.Ф. и др.]. – Донецк: Норд-пресс, 2004. – 631 с.
3. Гавриленко Ю.Н., Ермаков В.Н., Улицкий О.А. Состав и структура информационной системы мониторинга территорий ликвидируемых шахт Донбасса // Сб. научн. тр. НГА Украины. – Днепропетровск, 2001. – №12, том 1. – С. 160 – 164.
4. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 248.
5. Руднев Е. Геоэкология Украины в XXI веке [Электронный ресурс]// Ежедельник – 2004. – №5 – Режим доступа к журн.: <http://news2000.org.ua>
6. Социальные аспекты в оценке экологического риска /Хабарова Е.И., Роздин И.А., Панова С.А., Орлова И.Г. – М.: Анкил, 1999. – 208 с.
7. Давыдова Р.Т. Понятие, признаки, критерии, виды и особенности экологических рисков // Управление риском. – 2002. – №3 – С. 36 – 45.
8. Постанова Кабінету Міністрів України №175 від 15.02.02 "Про затвердження методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру" // Урядовий кур'єр. – 2005. – №6.
9. Майкл Н, ДеМерсе. Геоинформационные системы. Основы. – М.: 1999. – 504 с.
10. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. – М.: Бином, 2009. – 798 с.
11. Ахметшина Л.Г., Ямнич Т.С. Интерполяция пространственных данных методом двумерного проецирования нечетких кластеров. Искусственный интеллект.Интеллектуальные системы ИИ-2010: материалы Международной научно-технической конференции. – Донецк: ИПИИ "Наука і освіта", 2010. – 368 с.

12. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях – М.: Недра, 1981. – 288 с.
13. Галаган Т.І. Економічні аспекти відновлення і організації використання рекультивованих земель в сільському господарстві: Дис.... канд.екон. наук:08.07.02 / Галаган Тетяна Іванівна. – Дніпропетровськ, 2006. – 220 с.
14. Харитонов М.М. Науково-практичне обґрунтування параметрів відновлення порушених гірничими розробками земель степу України: Дис.... док. техн. наук:21.06.01/Харитонов Микола Миколайович. – Дніпропетровськ, 2007. – 261 с.
15. Інвентаризація лісових культур на ділянках рекультивації шахтних відвалів / Зверковський В.М., Міроничева А.В., Матвієнко Г.А.// Вісник КТУ. – 2006. – №14. – С. 284 – 289.
16. Биогеоценотический покров Западного Донбасса, его техногенная динамика и оптимизация: Учебн. пособие / [А.П. Травлеев, В.А. Овчинников, В.Н. Зверковский и др.]. – Днепропетровск: ДГУ, 1988. – 72 с.
17. <http://www.geonika.net/>
18. <http://www.albea.ru/products/cad/soft/carlson/survcadd.html>
19. http://www.dataplus.ru/Soft/ESRI/ARCVIEW/av_3.2new.htm
20. <http://www.chuvsu.ru/~gis/programm/mapinfo/mapinfo.htm>
21. http://shop.ddbs.ru/prog_8524_101237.html
22. <http://www.mathworks.com/products/matlab/>
23. <http://www.mysql.com/products/>
24. Люгер Д. Искусственный интеллект / Люгер Д. – М.: Мир, 2003. – 690 с.
25. Инструментальный комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ для поддержки разработки интегрированных экспертных систем: учебное пособие / [Рыбина Г.В., Пышагин С.В., Смирнов В.В. и др.]. – М.: МИФИ, 2001. – 100 с.
26. Моисеев В.Б. Представление знаний в интеллектуальных системах / Моисеев В.Б. // Информатика и образование. – 2003. – №2. – С. 84 – 91.

27. Моделирование управления движением человека: сборник научных трудов / под ред. Шестакова М.П. и Аверкина А.Н. – М.: СпортАкадемПресс, 2003. – 360 с.
28. Новикова В.А. Искусственный интеллект и экспертные системы : [Электронный ресурс] / Новикова В.А, Андреева Е.Ю., Туйкина Д.К. – Режим доступа:http://vmk5.kzn.ru/materials/ii_i_es/book.html#point1.4
29. Сборник "Ценообразование в строительстве". – 2010. – Вып. № 3.

Додаток А

ВИТЯГ

з протоколу № 6/17 засідання кафедри підземної розробки родовищ
Державного ВНЗ "Національний гірничий університет"

м. Дніпропетровськ

25 листопада 2010 р.

ПРИСУТНІ: проф. Бондаренко В.І., проф. Власов С.Ф., проф. Ковалевська І.А., проф. Кузьменко О.М., проф. Табаченко М.М., доц. Владико О.Б., доц. Демченко Ю.І., доц. Кошка О.Г., доц. Медяник В.Ю., доц. Почепов В.М., доц. Сердюк В.П., доц. Хоменко О.Є., доц. Фальштинський В.С., асистенти: Доценко В.І., Сідельников О.А. та ін. Всього 25 чол.

СЛУХАЛИ: заключний звіт наукового керівника теми ГП-412 д.т.н., професора Власова С.Ф. про виконання НДР за темою ГП-412 "Розробка регіонального прогнозу еколого-економічних ризиків при закритті шахт Західного Донбасу". Етап 2010 р. "Апробація розробленої методики регіонального прогнозу еколого-економічних ризиків з урахуванням взаємного впливу шахтних комплексів, що працюють та закриваються".

ВИСТУПИЛИ: проф. Бондаренко В.І., доценти: Почепов В.М., Харченко В.В., які відзначили актуальність завдань, що вирішуються в НДР. Підкреслили великий обсяг досліджень, що виконувались згідно з ТЗ та календарним планом робіт. Запропоновано результати заключного звіту затвердити.

УХВАЛИЛИ:

1. Вважати, що робота виконана в повному обсязі згідно з технічним завданням та календарним планом робіт.
2. Робота виконана на високому науковому рівні, має теоретичне та практичне значення, відповідає технічному рівню найкращих зарубіжних та вітчизняних аналогів.

3. Результати заключного звіту за темою ГП-412 "Розробка регіонального прогнозу еколого-економічних ризиків при закритті шахт Західного Донбасу", етап 2010 р. "Апробація розробленої методики регіонального прогнозу еколого-економічних ризиків з урахуванням взаємного впливу шахтних комплексів, що працюють та закриваються" затвердити.

Зав. кафедри ПРР,
д.т.н, професор

В.І. Бондаренко

Секретар

О.А. Долгий

Додаток Б

Витяг з протоколу № 4
засідання секції науково-технічної ради за науковим напрямом
"Прогресивні технології видобутку і переробки корисних копалин"
Державного ВНЗ "Національний гірничий університет"

м. Дніпропетровськ

09 грудня 2010 р.

ПОРЯДОК ДЕННИЙ: розгляд заключних та проміжних звітів НДР, які були виконані у 2010 році за рахунок бюджетного фінансування.

ПРИСУТНІ: голова секції, д.т.н., проф. Пілов П.І.; заступник голови секції, д.т.н., проф. Бондаренко В.І.; вчений секретар секції, к.т.н. Тюря Ю.І., члени ради: д.т.н., проф. Бузило В.І., д.т.н., проф. Голінько В.І., д.т.н., проф. Шашенко О.М., д.т.н., проф. Симоненко В.І.

СЛУХАЛИ: Повідомлення д.т.н., професора Власова С.Ф. – наукового керівника про результати виконання роботи ГП-412 "Розробка регіонального прогнозу еколого-економічних ризиків при закритті шахт Західного Донбасу". Етап 2010 р. "Апробація розробленої методики регіонального прогнозу еколого-економічних ризиків з урахуванням взаємного впливу шахтних комплексів, що працюють та закриваються".

У ході обговорення звіту були поставлені запитання, на які керівник теми дав вичерпні відповіді.

На закінчення виступив проф. Бондаренко В.І., який відзначив важливість і актуальність досліджених питань для підприємств вугільної промисловості України як з точки зору оцінки еколого-економічних ризиків, пов'язаних з роботою й закриттям вугільних шахт, так і з вирішенням проблеми формування стратегії вибору ефективних організаційно-економічних заходів, що мінімізують ці ризики. Він також підкреслив важливість і наукову новизну розробленої

методики регіонального прогнозу еколого-економічних ризиків з урахуванням взаємного впливу шахтних комплексів, що працюють та закриваються.

УХВАЛИЛИ:

1. Робота виконана у повному обсязі відповідно до календарного плану і ТЗ.
2. Виконана робота є фундаментальною.
3. Основні наукові результати:
 - 3.1. Виконаний аналіз факторів, які спричиняють головний вплив на ступінь еколого-економічних ризиків дозволив розробити структуру показників, які використовуються для їх вивчення.
 - 3.2. Обґрунтовано параметри моделі прогнозування й оцінки еколого-економічних ризиків, які дали можливість розробити структуру моделі прогнозування цих ризиків.
 - 3.3. Розроблена методика регіонального прогнозу еколого-економічних ризиків, яка дозволила виконати їх оцінку та сформулювати рекомендації щодо прийняття керуючих рішень для мінімізації негативних наслідків функціонування та закриття шахтних комплексів.
 - 3.4. Проведений аналіз програмних продуктів, які використовуються для вирішення завдань гірничовидобувної промисловості, дозволив сформулювати вимоги та розробити структуру програмного комплексу, призначеного для автоматизації процесів оцінки, аналізу та прогнозування еколого-економічних ризиків.
 - 3.5. Обґрунтована необхідність виконання рекультиваційних робіт як основного шляху зменшення еколого-економічних ризиків (втрата земель), що виникають під час функціонування та закриття вугледобувних підприємств.
 - 3.6. Виконано аналіз основних схем рекультивації.
 - 3.7. Обґрунтовано параметри, що дозволяють обчислити вартість рекультиваційних робіт. До цих параметрів належать: площа затопленої ділянки; призначення затопленої ділянки; загальний обсяг матеріалу, необхідний для рекультивації; потужність кожного з шарів, що вико-

ристовуються для рекультивації (наприклад, чорнозем, пісок, лесовидні суглинки, шахтна порода та ін.); вартість кожного з виду рекультиваційних робіт (зняття шару, завантаження, транспортування, планування поверхні та ін.).

- 3.8. Сформульовано вимоги до функціональності експертної системи та її структура. Беручи за основу площу ділянки, яка відновлюється, експертна система повинна допомогти Особі, яка приймає рішення, оцінити можливі шляхи зменшення еколого-економічних ризиків, які виникли на даній території внаслідок ведення гірничовидобувних робіт, та вибрати набір керуючих заходів.
- 3.9. Розроблений метод інтерполяції просторових нерівномірних даних, що базується на методі двовимірного проектування нечітких кластерів, дозволяє підвищити точність розрахунку площі затопленої ділянки та об'єму матеріалів для її відновлення, забезпечити більш чітку відповідність моделі земної поверхні та поверхні осідання реальним даним.
- 3.10. Розроблена структура програмного комплексу, яка складається з наступних блоків: база даних, що дозволяє зберігати й оброблювати дані, пов'язані з оцінкою, аналізом та обробкою еколого-економічних ризиків; блок візуалізації, що дає можливість проведення візуального моделювання й аналізу стану екосистеми за допомогою побудови карт та поверхонь; блок розрахунку параметрів; блок оцінки еколого-економічних ризиків, що виникають під час ведення або припинення гірничовидобувних робіт; блок прийняття рішень, який дозволяє формувати набори рекомендацій щодо мінімізації еколого-економічних ризиків, визначених у попередньому блоці.
4. Достовірність отриманих результатів та сформульованих висновків підтверджується обґрунтованістю початкових посилань, які впливають з основ системного ризикоаналізу, та достатнім обсягом вибірки даних.

5. Технічна документація з роботи містить відомості "know-how" щодо методики регіонального прогнозу еколого-економічних ризиків як у процесі роботи шахтних комплексів, так і тих, запаси яких вже вичерпано. Матеріали звіту не містять відомостей, що складають державну таємницю.
6. Науково-технічний рівень одержаних результатів є новим у світовій практиці, має потенційну конкурентоспроможність і спрямований на вирішення актуальної проблеми формування стратегії вибору ефективних еколого-економічних заходів у процесі роботи шахтних комплексів та їх закриття. Технічний рівень НДР відповідає сучасному рівню науки і техніки. У порівнянні зі світовими аналогами напрям досліджень має новизну і відмінність в частині нового підходу до вирішення проблеми. Результати роботи можуть бути використані в інститутах з проектування підземних об'єктів, на всіх підприємствах гірничовидобувної галузі.
7. Заключний звіт схвалити і рекомендувати до затвердження.

Заступник голови секції,
д.т.н., проф.

В.І. Бондаренко

Вчений секретар секції, к.т.н.

Ю.І. Тюрня

Додаток В

Рецензія

на заключний звіт за темою ГП-412 *"Розробка регіонального прогнозу еколого-економічних ризиків при закритті шахт Західного Донбасу"*.
Етап 2010 р. *"Апробація розробленої методики регіонального прогнозу еколого-економічних ризиків з урахуванням взаємного впливу шахтних комплексів, що працюють та закриваються"*

Для України проблема навколишнього середовища людини і сталий розвиток екотехнополісів дуже актуальна, оскільки як раз на долю великих промислових регіонів таких як Придніпровський, Донецький, Харківський та ін. припадає не тільки значна частина техногенних інфраструктур і високоякісних сільськогосподарських угідь, але і власних екотехногенних ризиків.

Приклад тому родовище вугілля в Західному Донбасі, на якому площа гірничого відводу 11-ти шахт складає близько 400 кв. км. На цьому родовищі залягає від 5 до 11 вугільних пластів, які мають середню потужність близько 0,7 – 0,9 м.

Однією з головних проблем у процесі виймання вугільних пластів є втрата сільськогосподарських земель в результаті затоплення земної поверхні після її осідання, особливо після закриття шахт. При проектуванні шахт Західного Донбасу, на жаль, не були виконані роботи з прогнозу еколого-економічних ризиків, що виникають як при роботі шахт, так і після їх закриття. Тому розробка методики та програмного комплексу для реалізації регіонального прогнозу еколого-економічних ризиків, які дозволяють виконати їх оцінку та сформулювати рекомендації щодо прийняття керуючих рішень для мінімізації негативних наслідків функціонування та закриття шахтних комплексів, є актуальним і важли-

вим завданням не тільки для нашого регіону, але і для шахт Центрального Донбасу.

Серед отриманих у роботі фундаментальних результатів та сформульованих висновків найбільш вагомими є:

- обґрунтування параметрів моделі прогнозування й оцінки еколого-економічних ризиків;
- вперше розроблено структуру моделі прогнозування й оцінки еколого-економічних ризиків;
- вперше сформульовано вимоги до функціональності експертної системи. Беручи за основу площу ділянки, яка відновлюється, експертна система допомагає особі, яка приймає рішення, оцінити можливі шляхи зменшення еколого-економічних ризиків, які виникли на даній території внаслідок ведення гірничовидобувних робіт, та вибрати набір керуючих заходів;
- вперше розроблений метод інтерполяції просторових нерівномірних даних, що базується на методі двовимірного проектування нечітких кластерів, дозволяє підвищити точність розрахунку площі затопленої ділянки та об'єму матеріалів для її відновлення, забезпечити більш чітку відповідність моделі земної поверхні та поверхні осідання реальним даним;
- вперше розроблено програмні модулі експертної системи, що відповідають призначенню системи.

Наукове значення полягає у розробці методики регіонального прогнозу еколого-економічних ризиків з урахуванням нового методу двовимірного проектування нечітких кластерів, яка дозволить виконати їх оцінку та сформулювати рекомендації щодо прийняття керуючих рішень для мінімізації негативних наслідків функціонування та закриття шахтних комплексів.

Практична цінність виконаних досліджень полягає в тому, що розроблено програмний комплекс, який дозволяє реалізувати методику регіонального прогнозу й оцінки еколого-економічних ризиків та який буде використаний при ге-

нерації набору керуючих заходів для мінімізації негативних наслідків розробки вугільних родовищ і зменшення витрат на проведення відновних робіт.

Отримані результати виконаних досліджень мають наукову новизну і практичну цінність та дають можливість прогнозувати поточні та майбутні ризики і мінімізувати їх за допомогою автоматизованого процесу прийняття рішень. Також стане можливим подальше проведення статистичного аналізу коливання рівнів ризиків на різних шахтах України. Це дозволить оптимізувати шляхи розв'язання екологічних проблем, пов'язаних з функціонуванням гірничо-видобувного комплексу.

Доктор технічних наук, професор
кафедри будівництва і геомеханіки

В.В. Соколов