

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ГЕОЛОГО-МАРКШЕЙДЕРСЬКОГО ЗАБЕСПЕЧЕННЯ ДЛЯ
ПРОГНОЗУВАННЯ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ
ПРИ ЗАКРИТТІ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ**

М.О. Алексєєв¹, О.С. Кучин², В.С. Власов³

¹ Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, Дніпро, Україна,

alekseev.m.o@nmu.one, ORCID 0000-0001-8726-7469

² Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, Дніпро, Україна,

askuchin77@gmail.com, ORCID 0000-0003-4031-164X

³ Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, Дніпро, Україна,

vladswls@gmail.com, ORCID 0000-0003-2011-1085

**AUTOMATION OF GEOLOGICAL-SURVEYOR SUPPORT FOR FORECASTING
HYDROECOLOGICAL RISKS ARISING
WHEN CLOSING COAL MINES**

M.A. Alekseyev¹, O.S. Kuchin², V.S. Vlasov³

¹ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine,

alekseev.m.o@nmu.one, ORCID 0000-0001-8726-7469

² Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine,

askuchin77@gmail.com, ORCID 0000-0003-4031-164X

³ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine,

vladswls@gmail.com, ORCID 0000-0003-2011-1085

Мета. Розробка методики підготовки даних для автоматизації геолого-маркшейдерського забезпечення прогнозування гідроекологічних ризиків, які виникають при закритті вугільних шахт та їх моделювання за допомогою програми «САМАРА».

Методика. У даній роботі запропонована методика підготовки для автоматизації геолого-маркшейдерських даних и моделювання процесів осідання земної поверхні, яка підроблена гірничими роботами, що дозволяє визначити площі й об'єми зон підтопленої земної поверхні. Для цього розглянута послідовність підготовки геолого-маркшейдерських даних для створення бази даних з допомогою якої була побудована геоінформаційна модель підтопленої земної поверхні, зрушеної гірничими роботами. Ця модель реалізована за допомогою програмного забезпечення «САМАРА».

Результат. Розроблена методика дозволила створити за допомогою програмного забезпечення «САМАРА» модель земної поверхні, яка підтоплена при її підробці гірничими роботами на прикладі шахти «Тернівська» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля». А також підрховані площі і об'єми між вихідною та осівшею поверхнею та між поверхнею, що осіла і дзеркалом ґрунтових вод.

Наукова новизна. Полягає в розробці методики підготовки даних для автоматизації геолого-маркшейдерського забезпечення прогнозування гідроекологічних ризиків, які виникають при закритті вугільних шахт та їх моделювання за допомогою програми «САМАРА».

Практична значимість. Полягає в розробці бази даних, яка дозволяє автоматизувати процеси моделювання та прогнозувати гідро-екологічні ризики, які виникають при закритті вугільних шахт. У процесі використання програмного забезпечення «САМАРА» було встановлено ряд серйозних недоліків, які підтверджують необхідність розробки програмного забезпечення, яке дозволяло би автоматизувати прогнозування гідроекологічних ризиків при підробці очисними роботами земної поверхні в умовах шахт Західного Донбасу і було більш ефективним у роботі.

Ключові слова: автоматизація, база даних, гідроекологічні ризики, затоплення, моделювання поверхні, осідання.

Вступ

Шахти Західного Донбасу, які були побудовані 50 років тому вже відпрацювали більшу частину своїх запасів. Уже закрита шахта «Першетравнева». На черзі «Тернівська» і «ім. Сташкова». Ліквідація шахт супроводжується значними негативними наслідками, основними з яких є: деформація земної поверхні, підтоплення, заболочування земель, погіршення якості водних ресурсів та ін.

Нині розрахунок параметрів опускання земної поверхні, яка підроблена очисними роботами виконується маркшейдерською службою тільки у випадках підробки життєва важливих народно-господарських об'єктів. А також, відповідними службами шахт ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» не про-

водяться роботи за визначенням гідроекологічних ризиків на момент закриття вугільних шахт. Це пов'язано з відсутністю автоматизованих систем їх визначення і багатофакторністю умов розробки родовища вугілля до яких відносяться: розміри шахтного поля, кількість пластів, що відпрацьовується і зміна їх потужності, розміри і конфігурація виїмкових полів, глибина залягання вугільних пластів та ґрунтових вод та ін. Тому розробка автоматизованої системи прогнозування гідроекологічних ризиків при закритті шахт Західного Донбасу з урахуванням багатофакторної моделі і великого об'єму вихідних даних є актуальною науковою задачею.

Виникає необхідність у використанні існуючих, бо розробка нових інформаційних систем, що забезпечують збір та накопичення вихідної інформації з мінімальними затратами і високою надійністю, обробкою цієї інформації для прийняття в подальшому управлінських рішень по мінімізації гідроекологічних ризиків.

Для цього необхідно розробити методику прогнозування гідроекологічних ризиків при закритті вугільних шахт Західного Донбасу яка дозволяє автоматизувати геолого-маркшейдерське забезпечення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Постановка задачі дослідження

При вирішенні задачі прогнозування процесів, що виникають при функціонуванні та закритті відпрацьованих шахтних комплексів і протікають в просторі і в часі, дуже важливо правильно вибрати інструментарій, що адекватно трансформує в необхідну форму, та представляє і аналізує набори даних предметної області.

Здійснення такого вибору є досить складним завданням, оскільки в даний час існує широкий спектр інформаційних технологій, систем і програмних продуктів, які забезпечують вирішення проблем моделювання процесів в різних областях [1].

На теперішній час на ринку присутній наступний ряд комерційних і некомерційних систем, а саме: GRASS; gvSIG; qGIS; ArcGIS; ILWIS GIS; uDIG; CAMAPA.

GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*) – дає із себе модульну геоінформаційну систему, яка надає доступ до більш ніж 300 модулів при роботі з дво- і тривимірними растровими і векторними даними. За функціональними можливостями вона схожа з продуктом ArcGIS Info [2].

Можливості GRASS – моделювання ерозії, аналіз ландшафтної структури, вирішення транспортних проблем, аналіз вододілів.

Перевагами є модульність, відкритість вихідного коду, а недоліками недружній інтерфейс, топологічні конфлікти між кордонами, можуть привести до помилок в розрахунках і аналізі даних.

gvSIG (*Generalitat Valenciana, Sistema d'Informació Geogràfica*) – один з найбільших проєктів, розробка якого прагнула до заміни ESRI ArcView в органах муніципальної влади Іспанії. gvSIG підтримує роботу з растровими і векторними даними, а також здатний працювати з геоданими, що зберігаються в різних БД. Функції по роботі з растровими даними побудовані на основі алгоритмів проєкту SAGA. Мова програмування – Java [3].

Перевагами gvSIG є підтримка великої кількості векторних і растрових форматів, поширюється з відкритим вихідним кодом за ліцензією GPL, інтерфейс успадковує принцип організації у ArcGIS view. К недолікам треба віднести – відсутність документації для розробників і залежність від більш ніж 100 C++ і Java бібліотек, необхідність встановлювати готові проєкти в певну папку на диск, недостатня підтримка користувачів.

qGIS (*Quantum GIS*) – метою розробки даної програми було створення більш легкого і зрозумілого інтерфейсу, ніж у аналогічних продуктів. Домігшись цього, проєкт широко розвинув свою функціональність за допомогою модулів розширення на C++, або Python. QGIS має одне з найбільш розвинених співтовариств в середовищі відкритих ГІС, при цьому кількість розробників постійно збільшується, чому сприяє наявність хорошої документації по процесу розробки і зручна архітектура [4].

Перевагами є легкий і зрозумілий інтерфейс, одне з найбільших ком'юніті, велика документація, можливість написання модулів на C++ або Python, програма вільно розповсюджується за ліцензією GPL. Що до недоліків то в деяких випадках комерційні ГІС мають більше інструментарію, модулів і можливостей.

ArcGIS – сімейство геоінформаційних програмних продуктів американської компанії ESRI. Застосовуються для земельних кадастрів, в задачах землеустрою, обліку об'єктів нерухомості, систем інженерних комунікацій, геодезії та надкористування та інших областях. Є однією з найбільш використовуваних комерційних ГІС-систем в світі з унікальним набором інструментів. Деякі з них не мають аналогів в інших ГІС-системах [5].

Перевагами є унікальний набір інструментів і модулів, хороша клієнтська підтримка, велика документація. К недолікам можливо віднести велику вартість ліцензії.

ILWIS GIS – геоінформаційна система, яка поєднує в собі функціональність векторної і растрової ГІС призначеної для вирішення широкого діапазону завдань, від аналізу зображень до моделювання ерозійних процесів [6] – [7].

Функціональних можливостей ПЗ ILWIS досить, щоб повноцінно працювати з векторними даними і виробляти оформлення карт для виведення. Програмний пакет підтримує імпорт найбільш поширених векторних і растрових форматів, підключення баз даних і WMS-сервісів. Ця програма підтримує роботу бібліотеки GDAL, що дозволяє їй працювати з більш широким списком форматів даних.

Перевагами є відкритий вихідний код, наявність інструментарію для аналізу ерозійних процесів, а недоліками – застаріла версія програми.

«САМАРА» (CAD/GIS) – система близька до систем AM / FM. Основне її призначення – автоматизація основних операцій камеральної обробки інформації маркшейдерським (геолого-маркшейдерських) відділом гірничодобувного підприємства. В якості платформи для системи «САМАРА» виступає програмне забезпечення AutoCAD [8].

Перевагами є різке зниження ймовірності помилок, оперативна підготовка звітної документації, вільне одержання суміщених з різних горизонтів планів, можливість подання вироблення в тривимірному просторі і проведення необхідних вимірювань та ін. Той факт, що «САМАРА» є додатком до ПЗ AutoCAD, забезпечує широку інтеграцію реалізованої нею технології з відомими CAD і ГІС технологіями. Серед більш ніж 4000 офіційно зареєстрованих додатків до AutoCAD існують системи, що розширюють технологію «САМАРИ».

Недоліком є те, що внаслідок постійної зміни даних, потрібно проводити регулярне оновлення моделі. У зв'язку з тим, що внесення змін до бази даних процес досить непростий, то забезпечення достовірності моделювання є складним завданням. Наступним недоліком є те, що, в зв'язку з багатокомпонентністю процесу гірської видобутку, цифрова модель шахти повинна містити в собі величезну кількість взаємозалежної інформації. Тому для зберігання, обробки і регулярного резервування, для виключення можливості втрати інформації такої моделі потрібен великий обсяг зовнішньої і оперативної пам'яті.

Виконав аналіз різних програмних продуктів можливо зробити висновок, що незаперечною перевагою є те, що у випадку з ГІС «САМАРА» є прямий зв'язок з розробниками даної ГІС, що значно прискорює і спрощує виконання поставлених завдань і проведення досліджень. Таким чином, порівнявши всі показники пропріетарних і вільних ГІС-систем вибір був зупинений на ГІС-системі «САМАРА».

Відповідно до цього метою дослідження є розробка методики підготовки даних для автоматизації геолого-маркшейдерського забезпечення прогнозування гідроекологічних ризиків, які виникають при закритті вугільних шахт за допомогою методів математичного моделювання.

Рішення задачі. Запропонована методика, яка заснована на комплексному підході до виникнення гідроекологічних ризиків і їх наслідків. Вона охоплює основні етапи їх аналізу і прогнозування, враховує особливості екосистеми досліджуваного регіону. Розробка методики ґрунтувалася на формалізації процесів аналізу, об'ємному моделюванні досліджуваного об'єкта і прогнозуванні гідро-екологічних ризиків. Це в подальшому дозволить розробити нову інформаційну технологію з метою автоматизації зазначених процесів, що, в свою чергу, дозволить скоротити часові і трудові витрати на прийняття рішень і їх реалізацію.

В ході роботи використовували різні групи даних і їх джерела. Це дозволило обґрунтувати структуру даних, яка використовується в роботі і систематизувати інформацію на кожному етапі її застосування.

При розробці цієї методики, та виконання досліджень по прогнозуванню гідроекологічних ризиків, були виділені наступні етапи:

1. Створення **Бази Даних** (БД). На цьому етапі визначаються носії, з яких необхідно збирати вихідні дані і здійснювати вибір конкретних даних. Здійснюється створення БД;
2. **Побудова поверхонь** – відбувається побудова вихідної земної поверхні, водоносного горизонту і вугільних пластів;
3. **Нанесення виїмкових діляниць** – проміжним етапом при побудові подробленої поверхні, є нанесення видобувних ділянок для кожного вугільного пласта. За правилами проведення маркшейдерських робіт, необхідно розбивати видобувні ділянки на прямокутники різної форми;
4. **Побудова подробленої поверхні** – при виїмці кожного вугільного пласта;
5. **Визначення площ та об'єму осідань земної поверхні.**
6. **Визначення площ та об'єму затоплених ділянок на земній поверхні.**

На кожному етапі проведення робіт необхідно ставити конкретну задачу, від якої буде залежати алгоритм її виконання, ступінь формалізації процесів і об'єм необхідних вихідних даних. При проведенні прогнозування гідроекологічних ризиків це означає, що ми можемо оцінити площі та об'єми зон затопленої поверхні, які розташовуються між поверхнею, яка деформована та дзеркалом воді, яка вийшла на поверхню.

Для вирішення поставленого завдання, необхідно:

1. Сформувати БД значень координат точок геологорозвідувальних свердловин для побудови об'ємної моделі.
2. Основою для ухвалення управлінських рішень щодо для мінімізації гідро-екологічних ризиків необхідно побудувати карту прогнозу очікуваних деформацій земної поверхні та на ній виділити площі,

де очікується процес зрушення. Для цього необхідно побудувати 3-х вимірну модель шахтного поля досліджуваного об'єкта з візуалізацією поверхні і всіх вугільних пластів [9].

3. Виконати моделювання зміни земної поверхні при послідовній виїмці кожного вугільного пласта.

4. Після завершення моделювання опускання підробленої поверхні при виїмці кожного вугільного пласта необхідно побудувати дзеркало води, для визначення підтоплених ділянок підробленої гірничими роботами території.

5. Сформувати список підтоплених ділянок підробленої території, що дозволить розробити систему прийняття рішень з мінімізації гідро-екологічних ризиків.

6. Сформувати висновки за результатами виконання перерахованих етапів.

Блок-схема виконання досліджень надана на рис.1.

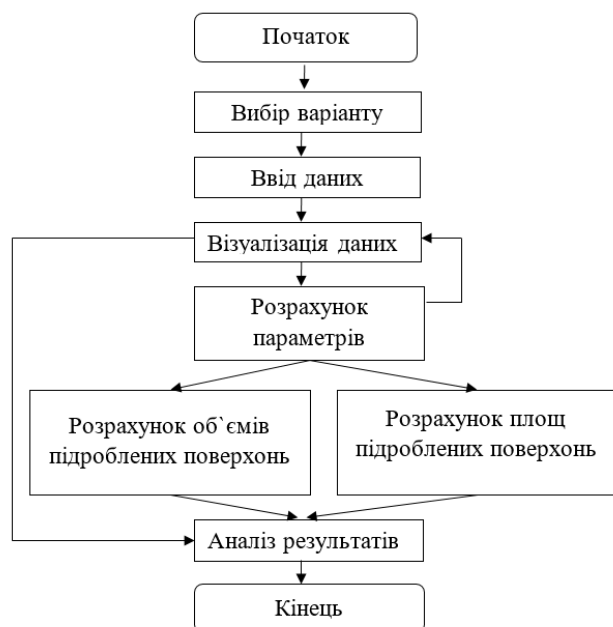


Рис.1. Блок-схема виконання досліджень

Реалізація запропонованої методики виконувалась на прикладі «ш. Тернівська» яка одна із перших планується до закриття.

Цей об'єкт дослідження («ш. Тернівська») можна описати наступними характеристиками:

- розмір шахтного поля – 11,7 км²;
- в чотирьох вугільних пластах С₄^н, С₅, С₆^н, С₈^н потужністю 0,9 –1,5 м зосереджено близько 21000 т промислових запасів, які при річній виробничій потужності шахти 1700 т будуть відпрацьовані до 2031 року; за попередніми розрахунками при виїмці зазначених пластів очікуване опускання поверхні може скласти близько 4 метрів;

▪ на частині поверхні шахтного поля розташовується місто Тернівка, який при закритті «ш. Тернівська» ризикує бути підтопленими;

▪ ситуація ускладнюється ще й тим, що через шахтне поле протікають річки Самара, Тернівка і Мала Тернівка;

▪ на території шахтних полів частково розташовані автомагістраль і залізниця державного значення Київ – Донецьк.

▪ по шахті «Тернівка» є вся необхідна інформація (геологічна, гідрологічна, плани

гірничих виробок та ін.) необхідна для виконання повноцінних досліджень і вирішення поставлених у завдань.

Після вибору об'єкту дослідження, наступним етапом є побудова цифрових карт і поверхонь. Для цього необхідна інформація про розвідувальні свердловини і пройдені виробки, як підготовчі так і очисних на основі яких будуються просторові моделі поверхні землі і вугільних пластів. Однією з найскладніших проблем видобутку і їх наслідків є отримання необхідних даних [10].

З огляду на специфіку роботи гірничого підприємства, вихідні дані для складання бази даних, можна отримувати з таких джерел:

- 1) Паперові карти;
- 2) Електронні карти;
- 3) Готові електронні таблиці і БД;
- 4) Паспорти свердловин.

Дані всіх типів передбачається зберігати в БД. На рис. 2 наведена блок-схема первинних і розрахункових даних.

З урахуванням особливостей корпоративної безпеки вугільних підприємств, на першому етапі роботи вихідні дані знімалися вручну з паперових карт.

Кожна карта являє собою детальний план гірничих виробок по кожному відпрацьованому вугільному пласту з нанесенням на них сітки свердловин.

Якщо розглянути збільшений фрагмент плану гірничих виробок (рис. 3), то можна побачити, що кожна свердловина описується чотирма основними характеристиками:

- 1) Номер свердловини;
- 2) Відмітка гирла свердловини (червоний колір);
- 3) Глибина свердловини (блакитний колір);
- 4) Потужність вугільного пласта (зелений колір).

Таким чином паперові карти дозволяють зібрати найбільш повний набір вихідних даних для побудови 3-х мірної моделі поверхні і кожного пласта.

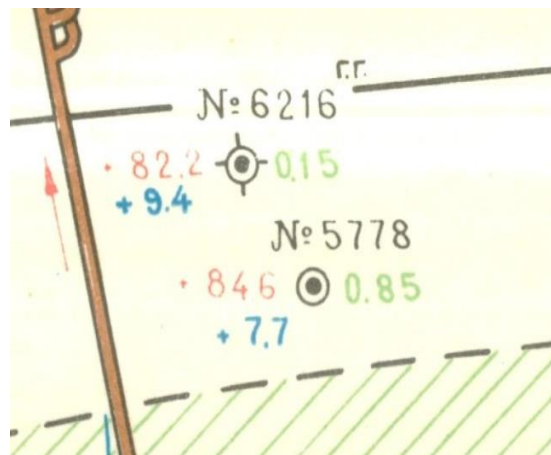


Рис.2. Структурна схема первинних і розрахункових даних:
А – первинні дані; Б – дані які розраховуються

Рис.3. Приклад зображення свердловини на плані гірських виробок пласта С₈

За результатом збору та обробки вихідних даних була створена БД свердловин, де зберігаються такі дані, як:

- 1) Назва свердловини;
- 2) X – координата, м;
- 3) Y – координата, м;
- 4) Z1 – абсолютна відмітка гирла свердловини, м;
- 5) Z2 – абсолютна відмітка точки перетину свердловини з пластом, м;
- 6) m – координата, м (потужність вугільного пласта);

Наступним етапом проведення дослідження є побудова моделі з використанням програмного забезпечення «САМАРА», де основними поверхнями є:

- земна поверхня (саме з нею в подальшому порівнюються поверхні, отримані в процесі прогнозування можливого її осідання після виїмки вугільних пластів);
- поверхня вугільного пласта;
- границі (контури) очисних робіт;
- поверхня осідання;
- поверхня ґрунтових вод і наявних водних об'єктів (використовується для визначення територій можливого затоплення) яка будується за допомогою отриманих даних з карт водоносного горизонту Павлоградського вугільного басейну, де використовуючи X,Y координати розвідувальних свердловин та значень ліній водоносних горизонтів були інтерпольовані значення водоносного горизонту для кожної свердловини [11] – [12];

Зазначені карти і поверхні використовуються головним чином для візуалізації стану екосистеми і наслідків проведення гірських робіт.

Приклад побудованої моделі поверхонь «ш. Тернівська» зображена на рис. 4.

Спочатку були зібрані вихідні гірничо-геологічні дані виїмкових ділянок, та нанесені на модель (рис. 5).

Далі, використовуючи інформацію про черговість виїмки вугільних пластів, їх потужності, що виймається, і розташуванні ціликів, із застосуванням методики розрахунку опускання земної поверхні [13] була визначена величина її опускання:

$$\eta = 0,9 \cdot m \cdot \cos(\alpha), \quad (2.1)$$

де η – осідання земної поверхні, м;
 m – потужність, що виймається, м;
 α – кут падіння пласта, град.

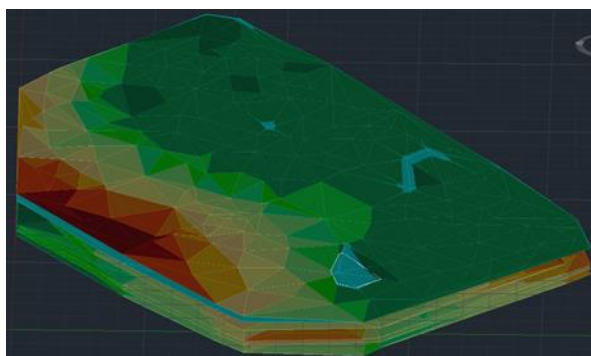


Рисунок 4 – Модель поверхонь «ш. Тернівська»

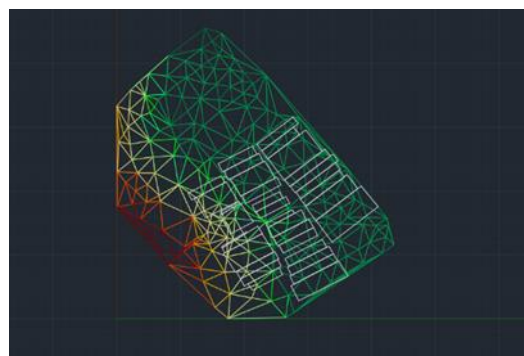


Рис.5. Ділянки очисних робіт пласта С4

Отримані значення використовувалися для розрахунку висотних відміток поверхонь опускання після послідовного відпрацювання кожного з вугільних пластів. При цьому осідання підсумовувалося, і на останньому етапі рівень земної поверхні відповідає її положенням після закриття шахти.

В результаті отримано модель підробленої поверхні при відпрацюванні всіх 4 пластів. На рис. 6 зображена підроблена поверхня при виїмці пластів С4^н, С5, С6^н, С8^н.

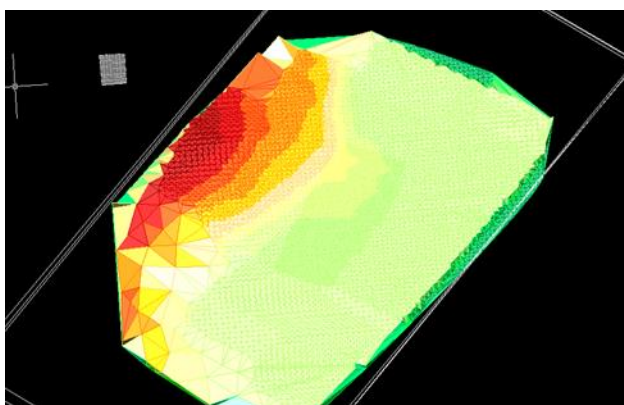


Рисунок 6 – Осіла земна поверхня після відпрацювання пластів С4^н, С5, С6^н, С8^н

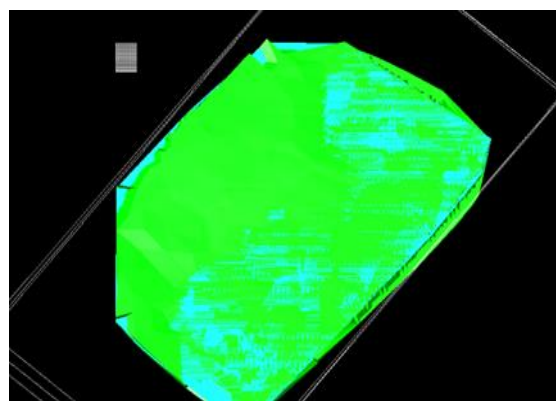


Рисунок 7 – Результати моделювання зрушеної поверхні, при відпрацюванні чотирьох пластів «ш. Тернівська» з візуалізацією зон підтоплення

Заключним етапом моделювання є побудова поверхні ґрунтових вод, на підставі якої будуть візуалізовано затоплені ділянки на поверхні шахтного поля «ш. Тернівська» і визначені площі і обсяги цих ділянок. На рис.7 наведені результати моделювання підробленої поверхні чотирма пластами «ш. Тернівська» з візуалізацією зон затоплення.

В результаті моделювання за допомогою програмного забезпечення «САМАРА» були визначені площі і обсяги зон затоплення в межах контуру зони впливу очисних робіт «ш. Тернівська» після її закриття.

В результаті моделювання за допомогою програмного забезпечення «САМАРА» були визначені площі та об'єми зон підтоплення в межах контуру зони впливу очисних робіт «ш. Тернівська» після її закриття, які показані в табл. 1.

Таблиця 1.

Результати моделювання зміни площі і об'ємів зон підтоплення при відпрацюванні чотирьох вугільних пластів на «ш. Тернівська»

Показники	Пласт С4	Пласти С4 та С5	Пласти С4, С5 та С6	Усі пласти разом (С4, С5, С6 та С8)
Площа поверхні зрушення, км ²	9,37	14,31	16,35	16,35
Об'єм між вихідною та зрушеною поверхнями, км ³	0,0064	0,014	0,024	0,0256

Площа поверхні підтоплення, км ²	-	0,0543	1,12	1,25
Об'єм підтоплених ділянок, км ³	-	0,00002	0,00043	0,00050

За допомогою програмного забезпечення «САМАРА» встановлено, що максимальна площа поверхні зрушення становить 16,35 км², а об'єм – 0,0256 км³. Максимальний об'єм підтоплення становить 0,0005 км³

Результати моделювання також показали основні недоліки використаної програми «САМАРА» найбільш значущими з яких є:

- відсутність загальної Бази Даних;
- технічна недосконалість супутнього програм-ного забезпечення;
- погане візуальне представлення моделей;
- залежність від ліцензій на супутнє програмне забезпечення;
- необхідність витрат великої кількості часу на реалізацію моделі.

Висновки

Розроблена методика дозволяє побудувати модель вихідної земної поверхні, вугільних пластів з урахуванням виїмкових ділянок і водоносного горизонту.

В результаті моделювання послідовної виїмки вугільних пластів отримані зони затоплення земель на поверхні землі.

Результати дослідження підтверджують можливість прогнозування гідроекологічних ризиків при закритті шахт Західного Донбасу, що дозволяє в подальшому приймати управлінські рішення з їх мінімізації за рахунок рекультивации порушених земель.

При використанні програмного продукту «САМАРА» було встановлено ряд серйозних недоліків, які підтверджують необхідність розробки програмного забезпечення, яке дозволяло би автоматизувати прогнозування гідроекологічних ризиків при підробці очисними роботами земної поверхні в умовах шахт Західного Донбасу і було б більш ефективним у роботі.

Список літератури

1. Мухамедиев Р.И. Средства автоматизации обработки данных геофизического исследования скважин на месторождениях урана пластово-инфильтрационного типа / Р.И. Мухамедиев, Я.И. Кучин // Электронный журнал Cloud of science – Казахстан, Алматы, 2015. – Т.2. – № 3. – С. 451–463.
2. GRASS GIS [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. – General overview. What's GRASS GIS – Бонн, 1998–2017. – Режим доступа: <https://grass.osgeo.org/documentation/general-overview/>.
3. Дубинин М.Ю. Открытые настольные ГИС: обзор текущей ситуации. Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации / М.Ю. Дубинин, Д.А. Рыков // – 2009. – 5 (72). С. – 20–27.
4. Документация qGIS 3.4 [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. – A Gentle Introduction to GIS. – Режим доступа: https://docs.qgis.org/3.4/ru/docs/user_manual/preamble/foreword.html.
5. ESRI [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. – ArcGIS Pro. – Режим доступа: <https://www.esri.com/ru-ru/arcgis/products/arcgis-pro/overview>.
6. Шокин Ю.И. ГИС сегодня: состояние, перспективы, решения / Ю.И. Шокин, В.П. Потапов // ЖВТ. – 2015. – №5. – С. 175 – 213.
7. ILWIS [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. – Introduction to ILWIS 3.0. – Режим доступа: <https://www.itc.nl/ilwis/users-guide/>.
8. Лаборатория комплексных технологий [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. – Самара – Режим доступа: <http://lct.com.ua/ru/samara.php>.
9. Каспарьян Э.В. Геомеханика: метод. пособие / Э.В. Каспарьян, А.А. Козырев, М.А. Иофис, А.Б. Макаров. – М.: Высшая школа, 2006. – 504 с.
10. Сученко В.Н. Методы защиты зданий и сооружений от влияния горных работ / В.Н. Сученко, Алафар Халиль Саид // Вестник РУДН – 2014. – №2. – С. 119 –123.
11. Безопасная выемка угля под водными объектами / Б.Я. Гвирцман, Н.Н. Кацнельсон, Е.В. Бошнятов, Г.А. Нес-теров, В. П. Самарин. – М.: Недра, 1977. – 175 с.
12. Zhang Jincai Coal mining under aquifers in China: a case study / Jincai Zhang, Baohong Shen // International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 2004. – N 41. – P.629 – 639.
13. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях – М.: Недра. – 1981. – 288 с.

АННОТАЦИЯ

Цель. Разработка методики подготовки данных для автоматизации геолого-маркшейдерских данных и моделирования процессов оседания земной поверхности, подработанной горными работами, которая позволяет определить площади и объемы зон затопленной земной поверхности. Для этого рассмотрена последовательность подготовки геолого-маркшейдерских данных для создания базы данных с помощью которой была построена геоинформационная модель затопленной земной поверхности, подработанной горными работами. Эта модель реализована с помощью программного обеспечения «САМАРА».

Результат. Разработанная методика позволила создать с помощью программного обеспечения «САМАРА» модель земной поверхности, которая затоплена при ее подработке горными работами на примере шахты «Терновская» ЗАО «ДТЭК Павлоградуголь». А также подсчитаны площади и объемы между исходной и осевшей поверхностью и между поверхностью осевшей и зеркалом грунтовых вод.

Научная новизна. Заключается в разработке методики подготовки данных для автоматизации геолого-маркшейдерского обеспечения прогнозирования гидроэкологических рисков, возникающих при закрытии угольных шахт и их моделирования с помощью программы «САМАРА».

Практическая значимость. Заключается в разработке базы данных, которая позволяет автоматизировать процессы моделирования и прогнозировать гидро-экологические риски, возникающие при закрытии угольных шахт. В процессе использования программного обеспечения «САМАРА» был установлен ряд серьезных недостатков, которые подтверждают необходимость разработки нового программного обеспечения, которое позволяло бы автоматизировать прогнозирование гидроэкологических рисков при подработке очистными работами земной поверхности в условиях шахт Западного Донбасса и было бы более эффективным в работе.

Ключевые слова: автоматизация, база данных, гидро-экологические риски, затопление, моделирования поверхности, оседание.

ABSTRACT

Goal. Development of a method for preparing data for the automation of geological and mine surveying to predict hydroecological risks arising from the closure of coal mines and their modeling using the «SAMARA» program.

Methodology. This article proposes a method of preparation for the automation of geological and mine surveying data and modeling the processes of subsidence of the earth's surface, which is mined, also allows to determine the areas and volumes of zones of the flooded earth's surface. For this, the sequence of preparation of geological and mine surveying data is considered to create a database with the help of which a geoinformation model of the submerged earth surface by mining was built. This model is realized using the «SAMARA» software.

Result. The developed methodology made it possible to create, using the «SAMARA» software, a model of the earth's surface, which was flooded during its mining operations on the example of the «Ternovskaya» mine of ZAO DTEK «Pavlogradugol». And also the areas and volumes between the initial and settled surface and between the surface of the settled and the groundwater table were calculated.

Scientific novelty. It consists in the development of a methodology for preparing data for the automation of geological and mine surveying to predict hydroecological risks arising from the closure of coal mines and their modeling using the «SAMARA» program.

Practical significance. It consists in the development of a database that allows automating the modeling processes and predicting hydro-ecological risks arising from the closure of coal mines. In the process of using the «SAMARA» software, a number of serious shortcomings were identified, which confirm the need to develop software that would make it possible to automate the forecasting of hydro-ecological risks in case of counterfeiting by cleaning works of the earth's surface in the conditions of the mines of Western Donbass and would be more efficient.

Key words: automation, subsidence, surface modeling, flooding, hydro-ecological risks

Рекомендовано до друку: д-ром техн. наук, професором Слесаревим В.В.