

УДК 332.3:519.86

Назімков М.М.,  
Кременчуцький національний політехнічний  
університет ім. Михайла Остроградського**ПРОБЛЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ФІЗИКО-  
ГЕОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ТЕРИТОРІЯХ ВІДКРИТИХ  
ГІРНИЧИХ РОЗРОБОК**

*Проаналізовано проблеми прогнозування небезпечних фізико-геологічних факторів на територіях відкритих гірничих розробок. Для їх оцінки запропоновано використовувати метод аналізу ієрархій.*

*Ключові слова: фізико-геологічні фактори, метод аналізу ієрархій, системний підхід, відкриті гірничі розробки.*

**Вступ**

Останнім часом помітно підсилюється інтерес до прогнозування в науці, техніці, економіці, демографії та інших галузях знань. Це пов'язано з тим, що відбувається безперервне зростання кількості елементів в інженерних об'єктах, все більш ускладнюються самі елементи і зв'язки між ними [6].

При будівництві та експлуатації гірничих підприємств доводиться зустрічатися із проявом різних геологічних процесів, що впливають освоєння й розробку родовищ корисних копалин. Для оцінки такого впливу інженерно-геологічних умов гірничо-будівельних і гірничо-експлуатаційних робіт становлять інтерес майже всі сучасні геологічні процеси, однак найбільше привертають увагу ті з них, які супроводжуються інтенсивним руйнуванням гірничих порід, що складають територію будівництва, та призводять до швидких, іноді катастрофічних зсувів гірничих порід або потужними динамічними впливів на споруди [3] та інш.

Вивчення та прогнозування цих процесів є невід'ємною складовою при формуванні територій землекористувань відкритих гірничих розробок. Однак, як показує практика, на гірничорудних підприємствах питанням вивчення цих факторів впливу не приділяється належної уваги. Сучасне гірничорудне підприємство це територія з дуже динамічно мінливим простором і з величезною безліччю скороминучих інженерно-геологічних процесів. Тому найчастіше дані про фізико-геологічні процеси, які характеризують цю територію, дуже швидко застарівають і вимагають додаткового безперервного вивчення в процесі експлуатації родовища. Більшість цих процесів вносять негативний вплив на роботу кар'єрів, тому, вивчивши, систематизувавши й

створивши модель прогнозу цих процесів, можливо значною мірою знизити вплив їх на виробництво.

### **Постановка проблеми**

Багаторічна експлуатація землекористувань гірничорудних підприємств (в деяких випадках 30 і більше років [4]) свідчить що процес формування територій має мінливий характер. Сучасною тенденцією розвитку відкритого видобутку корисних копалин є залучення в експлуатацію родовищ зі складними гірничо-геологічними умовами та розробка родовищ в умовах обмеження границь гірничого відводу. Проте залучення нових площ під розробку копалини не завжди приносить бажаний економічний ефект. Однією з причин такого стану справ є відсутність чіткого бачення процесів раціонального формування землекористувань відкритих гірничих розробок та механізмів впливу фізико-геологічних факторів на ведення гірничих робіт.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Питанням прогнозування небезпечних фізико-геологічних явищ присвячені праці таких вчених як Каган А.А., Смірнова В.Б., Лукінова В.В., Сідоренко П.Ф. та інш. Однак питання пошуку універсальних методів прогнозування небезпечних фізико-геологічних факторів, на нашу думку, потребують подальших досліджень оскільки вони недостатньо універсальні та не запроваджені у широку практику. В наш час, при всьому різноманітті методів прогнозування існують певні складності в прогнозуванні фізико-геологічних факторів. І хоча існуючі методи принципово дозволяють розв'язати ці труднощі, специфіка застосування цих методів для розв'язку конкретних завдань вивчена не до кінця. Також не створена універсальна методика, яка б дозволила комбінувати методи прогнозування в межах одного об'єкту.

### **Постановка задачі**

Формування землекористувань відкритих гірничих розробок повинно ґрунтуватися на науковій методології системного аналізу та потребує врахування прогнозів небезпечних фізико-геологічних факторів. Тому в статті ставиться завдання висвітлення сучасних методів прогнозування фізико-геологічних явищ та пошук таких методів які б дозволяли використовувати системний підхід у прогнозуванні.

Основна мета роботи полягає у висвітленні проблем в прогнозуванні фізико-геологічних факторів впливу, та пошук найбільш придатних для цих задач методів, які базуються на системному підході.

### **Виклад основного матеріалу**

На даний момент основними методами прогнозування, які широко використовуються в практиці для прогнозування гірничо-геологічних явищ,

являються [1]: 1) метод аналогії; 2) метод оцінки діючих факторів; 3) аналітичний метод; 4) метод моделювання.

Метод аналогій полягає в використанні інженерно-геологічних даних детально вивченого родовища для прогнозування факторів на новому родовищі, яке має подібні умови.

Найбільш задовільні результати метод аналогії дає для прогнозування дії фізико-геологічних факторів при експлуатації родовища, частина якого вже знаходилась в експлуатації.

Метод оцінки діючих факторів полягає у виявленні та оцінці можливого характеру та ступеня впливу різних природних та технологічних факторів на хід розвитку небезпечного фізико-геологічного процесу.

Як правило, в кожному конкретному випадку вибирається характерний для даних умов комплекс діючих факторів. Однак частіше за все в цьому переліку фігурують такі фактори як структура та тектоніка ділянки, літологічний та петрографічний склад масиву порід, деформаційно-міцнісні характеристики порід, величини та характер розподілу напруг в масиві, зводненість порід, глибина гірничих робіт, спосіб розробки родовища, штучна зміна стану і властивостей порід (осушення, зрошення, хімічне укріплення тощо). Чисельність факторів та різна направленість їх дій ускладнює оцінку та виявлення основних з них.

Аналітичні методи набули широкого розвитку за останні десятиріччя [7]. Вони полягають в отриманні розрахунковим шляхом параметрів, які характеризують фізико-геологічні фактори. Однак слід зазначити, що використання механіко-математичної моделі дозволяє лише приблизно відобразити зміну фізико-геологічних факторів, що впливає на ступінь ймовірності та надійності отриманих результатів прогнозування. Проблемним також залишається чисельність гіпотетично впливових параметрів.

Метод моделювання полягає в виборі та створенні фізичної або математичної моделі з фіксованими та керованими параметрами, яка з заданою ймовірністю відображує реальні фізико-геологічні явища та умови їх виникнення. Можливості моделювання досить обмежені, знову таки через багатфакторність впливу та відсутність адекватного рангування.

Прогнозування природних та антропогенних факторів на різних територіях (мова йде не тільки гірничі роботи) досить успішно починають використовувати методи розв'язку практичних багатокритеріальних завдань (наприклад метод аналізу ієрархій) [8].

Прогнозування небезпечних фізико-геологічних факторів на території відкритих гірничих розробок здійснюється, як правило, на досить наближеному фактичному матеріалі, і тому воно потребує коригування в процесі будівництва

й експлуатації кар'єрів [2]. Нерідко виявляється що у вихідних геологічних матеріалах відсутні дуже важливі з погляду проектування дані, або коли ці дані мають істотні недоліки. До одним з таких недоліків відносять [2]: неповноту й некомплексність вивчення речовинного складу, технологічних і фізико-механічних властивостей порід та покриваючих порід, хімічного складу побічних порід і прослоїв, інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов розробки, недостатня геологічна, гідрогеологічна, інженерно-геологічна вивченість території прилеглої до родовища.

Виявлені в процесі експлуатації прорахунки в прогнозуванні стану території спричиняють збільшення собівартості готової продукції, перегляд проектів на ведення гірничих робіт, порушують режим роботи на кар'єрах, викликають простої та аварії гірничотранспортного встаткування.

Також важливим є прогноз розвитку, впливу і поширення небезпечних фізико-геологічних процесів після припинення відкритих гірничих робіт на порушених гірничими розробками території [5].

При веденні гірничих робіт відкритим способом особливо необхідно дотримуватися загальновідомого принципу – дешевше й простіше попередити ті або інші процеси і явища, чим боротися з їхніми наслідками [4].

Дані, отримані у результаті постійних інструментальних і візуальних спостережень є підставою для висновків про безпеку того або іншого процесу, який відбувається на територіях відкритих гірничих розробок.

Аналіз існуючих методів прогнозування свідчить про те що для прогнозування фізико-геологічних факторів необхідно мати метод який би поєднував низьку вартість, малу трудомісткість і більш повно використовував наявну інформацію та досвід фахівців. Для збільшення вірогідності прогнозу також необхідно використовувати поєднання методів прогнозування.

Взявши за основу 4 основних метода прогнозування проаналізуємо кожний з них стосовно прогнозування фізико-геологічних факторів:

1) Метод аналогій. Можливе використання лише на окремих ділянках родовища зі східними гірничо-геологічними умовами. Метод аналогій не дає можливостей кількісно виразити ступінь впливу фізико-геологічних факторів. Також метод аналогій не дає відповіді на запитання як зміниться характер впливу фізико-геологічних при зміні набору параметрів які впливають на їх виникнення (зміна кута відкосу, геологічна будова породи тощо), а також у випадках коли відсутні аналогічні дані, на які можливо б було спиратись при прогнозуванні. Метод аналогій не є дуже гнучким і не дає можливості для його широкого застосування.

2) Метод оцінки діючих факторів. Метод оцінки діючих факторів в деякій мірі дає змогу отримати адекватну модель фізико-геологічних процесів. При

виборі факторів впливу при розгляді ймовірних варіантів людина що намагається зробити прогноз керується власною уявою про ступінь впливу тих чи інших параметрів. Частіше за все один фахівець не в змозі оцінити вплив всіх факторів, а про деякі з них може й не мати уяви. Тому запропонований їм перелік не завжди повний, і містить лише ті фактори які на думку фахівця мають насправді важливе значення. Природно, що чим більше факторів буде розглянуто – тим точніший буде прогноз, але штучне збільшення переліку факторів впливу веде до непотрібного нагромодження, що в кінцевому результаті лише ускладнює прогнозування. Усунутицей недолік можна використовуючи досвід багатьох фахівців в різних галузях знань.

3) Аналітичний метод задовольняє потреби прогнозиста за умови сталості фіксованого числа параметрів які можна виразити математично. Однак не слід забувати що більшість факторів, які впливають на фізико-геологічні явища, являються природними і виразити які кількісно хоча б приблизно в окремих випадках досить складно. Так, наприклад, щоб дати прогноз підтоплення ділянки необхідно знати швидкість фільтрації скрізь товщу породи та кількість опадів (чи інших джерел притоку). Величину фільтрації можливо визначити з певною долею точності, а от кількість опадів передбачити складно (середньорічні або середньомісячні дані не враховують довготривалі зливи або періоди засухи) [6]. Також не варто забувати про те, що на підтоплення впливає характер поверхневого стоку як самої ділянки так і суміжних ділянок, виразити які математично досить складно. Слід зазначити що на характер поверхневого стоку в свою чергу впливає багато факторів: геологічна будова ділянки, характер рослинного покриву, кут нахилу ділянки та інш. Отже окрім врахування суто математичних параметрів при прогнозі необхідно враховувати ще й величини виразити які математично неможливо і тому аналітичний метод прогнозування не завжди можливо використати.

4) метод моделювання. В прогнозуванні фізико-геологічних факторів моделювання дозволяє визначити причини виникнення та механізм впливу чинників на появу фізико-геологічних факторів.

Всі перелічені методи прогнозування мають певні переваги та недоліки, але використання окремо будь якого з них не принесе бажаного результату.

При прогнозуванні небезпечних фізико-геологічних факторів слід застосовувати методи системного аналізу слабоструктурованої системи, визначення обсягів інформації про неї, встановлення взаємозв'язків складових частин, відшукування можливих кількісних оцінок окремих параметрів, переведення проблеми в розряд структурованої, до розв'язання якої можливо застосувати математичний апарат.

В рамках системного підходу робота системи і виявляються зв'язки між її компонентами, виявляють значимість та ступінь впливу кожного з них на систему.

### **Висновок**

1. При формуванні проектів територій відкритих гірничих розробок і прогнозуванні їх стану необхідно проаналізувати і врахувати складну систему взаємозалежних параметрів і компонент: наявні ресурси, природні й технічні умови, наявність обмежуючих факторів і т.інш

2. Складністю в прогнозуванні стану територій відкритих гірничих розробок є те, що на них крім інженерних об'єктів з кінцевим числом параметрів (довжина, висота, ширина, ухил, довжина й т. інш) відбуваються процеси виразити які кількісно дуже складно.

3. Щоб зв'язати змодельовану інженерну складову системи зі слабоструктурованими природними компонентами, необхідно використати такий математичний апарат, який дозволяє виразити пріоритет того або іншого процесу кількісно.

Застосувавши математичну модель можливо представити територію відкритих гірничих розробок з безліччю контрольованих і неконтрольованих елементів у єдине ціле, одержавши адекватну модель території в якій елементи будуть згруповані в чіткому ієрархічному взаємозв'язку.

Причому необхідно відзначити що облік впливу природних процесів у питаннях формування територій відкритих гірничих розробок важливо знати не тільки причини їх виникнення, а й ступінь впливу виражену в числовому виді.

З метою оцінки складності родовища на етапі будівництва й експлуатації кар'єрів необхідний аналіз впливу різних груп факторів, що визначає умови розробки родовища об'єктів, що і є, дослідження різного роду фахівців (геологічної, маркшейдерської служб).

В результаті використання системного підходу й створення моделі території землекористування виявляються природні й антропогенні фактори, вивчаються їхні форми, дається кількісна оцінка їх впливу на технологію гірничих робіт і вже на підставі цього вивчення складаються рекомендації зі зниження впливу небезпечних інженерно-геологічних факторів. Результатом використання системного підходу буде оптимізована ієрархічна модель території відкритих гірничих розробок.

4. Ефективним сучасним засобом вирішення такої задачі є метод аналізу ієрархії, яким через теоретичні підходи та практичні результати експлуатації кар'єру визначаються ймовірності показними прояву небезпечних процесів.

5. Застосування методу аналізу ієрархій для прогнозування землекористувань кар'єру Полтавського гірничо-збагачувального комбінату дозволило виявити шляхи усунення негативних явищ при його експлуатації.

### Перелік посилань

1. Павюков П. Н. Инженерная геология. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М., «Недра», 1978. - 296 с,
2. Е.М. Сергеев Инженерная геология, изд.2. - М.: изд-во Московского университета, 1982. - 248 с. с ил.
3. Г.А. Прохоренко, Ю.П. Исаматов, А.С. Хасанов. О влиянии комплексных геологических факторов при открытой разработке месторождения Алмалыкского рудного поля (на примере месторождения Кальмакыр). Горный вестник Узбекистана №2 (13) 2003 г.
4. Кумачев К.А., Майминд В.Я. Проектирование железорудных карьеров. М., «Недра», 1981. - 464 с.
5. Гальперин А.М., Зайцев В.С., Норватов Ю.А. Гидрогеология и инженерная геология: Учеб. Для вузов. – М.: «Недра», 1989. – 383с.: с ил.
6. Скабалланович И.А., Седенко М.В. Гидрогеология и инженерная геология и осушение месторождений. Изд. 3, перераб., доп. М., «Недра», 1973. - 194 с.
7. Чуев Ю.В., Михайлов Ю.Б., Кузьмин В.И. Прогнозирование количественных характеристик процессов. М., «Сов.радио», 1975. - 400с.
8. Черняга П., Бухальска Т., Люсак А. Оптимізаційна модель врахування небезпечних фізико-геологічних процесів при формуванні землекористувань міста: Збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК, випуск I (17), - 2009.
9. Черняга П.Г, О.Ю. Мельничук, Л.В. Корнілов, Р.С. Німкович Землеустрій як система оптимізації землекористування. Інженерна геодезія, вип. 54. - С 216-224.

### Аннотация

В работе проанализированы проблемы прогнозирования опасных физико-геологических факторов на территориях открытых горных разработок. Для оценки этих факторов предложено использовать системный подход.

### Annotation

This paper analyzes the problem of forecasting severe physical and geological factors on the territory of the open-pit mining. To assess these factors is proposed to use a systematic approach.