

УДК 332.3:519.86

АПРІОРНЕ РАНЖУВАННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ФІЗИКО-ГЕОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ПРИ РОЗРОБЦІ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН ВІДКРИТИМ СПОСОБОМ

В. В. Артамонов, М. М. Назімов, М. Г. Василенко

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: vlaartamonov@yandex.ru; nazimkoff@gmail.com

Наведено використання методу апріорного ранжування небезпечних фізико-геологічних факторів для їх попередньої оцінки при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом. За результатами анкетування встановлений перелік факторів впливу. Представлені результати розрахунків, проведених на основі експертних оцінок, дозволили встановити ранги факторів впливу (за даними про кар'єр ВАТ «Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат»). Статистична достовірність розрахунків перевірена обчисленням коефіцієнту конкордації та критерію Пірсона. В рамках системного підходу проаналізовані зв'язки між антропогенними факторами впливу на природну складову кар'єру та описаний механізм їх впливу на виникнення небезпечних фізико-геологічних процесів. З урахуванням довгострокового характеру використання територій відкритих гірничих розробок та обсягів капіталовкладень у розробку корисних копалин, показана важливість подальшого вивчення негативних фізико-геологічних явищ.

Ключові слова: апріорне ранжування, фізико-геологічні процеси, кар'єр, відкриті гірничі розробки.

АПРИОРНОЕ РАНЖИРОВАНИЕ ФАКТОРОВ ВЛИЯНИЯ НА ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

В. В. Артамонов, Н. М. Назимков, М. Г. Василенко

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: vlaartamonov@yandex.ru; nazimkoff@gmail.com

Приведено использования метода априорного ранжирования опасных физико-геологических факторов для их предварительной оценки при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. По результатам анкетирования составлен перечень факторов влияния. Представленные результаты расчетов, проведенных на основании экспертных оценок, позволили установить ранги факторов влияния (на основе данных про карьер ОАО «Полтавский горно-обогатительный комбинат»). Статистическая достоверность расчетов проверена вычислением коэффициента конкордации и критерия Пирсона. В рамках системного подхода проанализированы связи между антропогенными факторами влияния на природную составляющую карьера, также описанный механизм влияния на возникновение опасных физико-геологических процессов. Учитывая долгосрочный характер использования территорий открытых горных разработок полезных ископаемых, указана важность дальнейшего изучения негативных физико-геологических процессов.

Ключевые слова: априорное ранжирование, физико-геологические процессы, карьер, открытые горные разработки.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Вивчення небезпечних фізико-геологічних процесів на територіях відкритих гірничих розробок – одне з базових питань врахування їх впливу при формуванні землекористувань гірничих підприємств. При цьому вивченню таких факторів приділяється недостатньо уваги. При будівництві та експлуатації гірничих підприємств доводиться зустрічатися із проявом різних геологічних процесів, що ускладнюють освоєння і розробку родовищ корисних копалин. Для оцінки інженерно-геологічних умов гірничо-будівельних і гірничоексплуатаційних робіт становлять інтерес майже всі сучасні геологічні процеси, однак найбільше привертають увагу ті з них, які супроводжуються інтенсивним руйнуванням території будівництва, гірничих порід, що її складають, швидкими, іноді катастрофічними зсувами гірничих порід або потужними динамічними впливами на споруди.

Однією з особливостей ведення гірничих робіт відкритим способом є істотне зростання впливу антропогенних факторів на природне середовище. Для організації гірничих робіт звичайно використовується значна територія, зайнята кар'єрними виробітками, відвалами, залізничними і автомобільними дорогами, збагачувальними фабриками та іншими

промисловими спорудами. За таких умов площа залізрудного кар'єру може становити 150–500 га.

Крім того, що в процесі будівництва кар'єрів порушується природне середовище, вже на стадії експлуатації кар'єру в техногенному його середовищі виникають фізико-геологічні процеси, що ускладнюють ведення гірничих робіт, зокрема підтоплення, обвалення, осідання тощо. Таким чином, сучасні геологічні процеси і гірничо-геологічні явища в сукупності визначають геодинамічну обстановку виробництва гірничих робіт.

Характерною рисою сучасного етапу розвитку відкритого видобутку корисних копалин є залучення в експлуатацію родовищ зі складними фізико-геологічними й геолого-гірничотехнічними умовами. Найчастіше це пов'язано із прагненням повною мірою освоїти наявні на кар'єрах запаси корисної копалини, а також через досить жорсткі умови гірничого відводу.

Для залізрудних кар'єрів України характерна розробка потужних крутопадаючих родовищ із відводом значних земельних площ для складування відходів гірничого виробництва. Тому на сучасному етапі розвитку гірського виробництва відкритим способом питання про зниження витрат на видобу-

ток руди вже на стадії проектування, має особливу актуальність.

Застосування на кар'єрах потужної, високопродуктивної техніки веде до збільшення обсягів гірничих робіт, що, у свою чергу, вимагає розвитку відповідної інфраструктури для забезпечення функціонування відкритих гірничих розробок (причому найчастіше в досить стислі за часом строки). У цих умовах питання вивчення небезпечних фізико-геологічних процесів на сформованих територіях набуває першорядного значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Спеціальні дослідження в галузі геології, гідрогеології, небезпечних фізико-геологічних процесів стосовно ведення гірничих робіт, набули бурхливого розвитку ще в минулому столітті [1]. Наприклад, розділ гідрогеології, що вивчає рудничні та шахтні води і відповідні інженерно-геологічні умови, отримав назву рудничної гідрогеології, або шахтної гідрогеології [1]. Однак існуючі дослідження в своїй більшості не носили системного характеру та не дають дієвих інструментів для досліджень фізико-геологічних явищ в межах окремого родовища (або на вже сформованих землекористуваннях відкритих гірничих розробок). Існують певні напрацювання [2, 3–5] у галузі дослідження небезпечних фізико-геологічних процесів на землекористуваннях за умов невизначеності.

Метою роботи є оцінка та ранжування небезпечних фізико-геологічних факторів, що набувають розвитку на території відкритих гірничих робіт, та факторів, які впливають на їх виникнення і розвиток. Об'єктом дослідження являється територія відкритих гірничих розробок.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Завдання для реалізації мети дослідження:

- із добірки факторів, що впливають на поширення та розвиток на території кар'єру небезпечних фізико-геологічних процесів, вибрати найбільш вагомі;

- провести експертне анкетування щодо впливу зазначених факторів на землекористування кар'єру;

- за методикою апріорного ранжування [6–10] та на основі відповідної обробки анкетних даних виділити групи найбільш значущих факторів;

З метою практичного використання результатів, дослідження проводились в умовах території кар'єра ВАТ «Полтавський ГЗК», тривала робота якого нерідко ускладнювалась проявом наведених нижче несприятливих фізико-геологічних та інженерно-геологічних процесів.

Підтоплення – один з найбільш поширених на території відкритих гірничих розробок фізико-геологічний процес. Розвитку цього процесу перед усім сприяють природні умови: високий рівень ґрунтових вод, суттєва фільтраційна проникність ґрунтів, ускладнене плоским рельєфом відведення поверхневого стоку. Підтоплення території кар'єру пов'язане з наявністю розкритих у його межах чотирьох водоносних горизонтів з досить високою водо-віддачею (дебет свердловин близько 80 м³/год.) Також процесу підтоплення сприяють фільтраційні властивості залізистих кварцитів (основних порід

що складають родовище залізних руд). Для них характерне закономірне зменшення проникності із глибиною, яке цілком задовільно описується експоненційною залежністю. Відповідно до наявної типізації за категоріями складності родовищ Горишне-Плавнинське і Лавриковське родовища, що відпрацьовуються кар'єром ВАТ «Полтавський ГЗК», відносяться до III категорії складності й присвячені до дислокованого комплексу порід, у покрівлі яких залягають нестійкі, обводнені піщано-глинисті відкладення.

На родовищах цієї категорії основна увага приділяється дренажу водоносних горизонтів покривної товщі з піщано-глинистих порід, що залягають горизонтально. Піщано-глинисті породи під впливом розвантаження підземних вод у кар'єрі суттєво втрачають свою міцність і обумовлюють різні негативні гірничо-геологічні явища.

Опливини – процес плинину насичених водою порід порушеної структури. Процес опливання на територіях відкритих гірничих розробок тісно пов'язаний в дію поверхневих і внутрішніх вод. На верхніх горизонтах кар'єру, де залягають піщані та глинисті породи, процес опливання розвивається завдяки порушенню товщі порід і їх рослинного покриву, зміні режиму поверхневого стоку та за наявності крутизни схилу.

Наявні в товщі порід водонепроникні прошарки глини та суглинків сприяють накопиченню вод, які просочились крізь товщу піщаних порід. Концентрація таких вод на невеликих локальних ділянках сприяють зміні фізичних властивостей гірничих порід. Під дією поверхневих вод виникає руйнування водонепроникних або слабопроникних гірничих порід (як на фізичному так і на хімічному рівні), що спричиняє їх просідання.

Внаслідок того, що гірничі породи за своєю природою є тріщинуватими, бо зокрема зазнають руйнування внаслідок механічної дії вибухів і кар'єрних машин і механізмів, в них виникають такі процеси, як осипання та обрушення.

Осипання характерні для всіх видів порід, і стоується, як правило, приповерхневої частини відкосу. Переважну більшість покладів гірничих порід становить суцільний масив, але на окремих ділянках трапляються порушення товщі порід, при розкритті якої гірничими роботами вона осипається до основи відкосу.

Обрушення характеризується швидким зміщенням масиву гірничої породи по поверхні ковзання. Процес обрушення може бути викликаний руйнуванням легкорозчинних порід (глин, амфіболітів, кори вивітрювання) з подальшим обрушенням їх частин.

Оповзання зазвичай виникають під дією антропогенного навантаження на збалансоване середовище. До основних причин виникнення оповзань належать надмірна крутизна схилу, зміна режиму поверхневих і ґрунтових вод, заглиблення кар'єру та збільшення кута падіння покладу порід.

На стадії попереднього вивчення небезпечних фізико-геологічних факторів на території кар'єру ВАТ «Полтавський ГЗК» було проведено опитуван-

ня десяти фахівців. Опитування проводилося за анкетами, що містять шість небезпечних фізико-геологічних проявів та 15 природних факторів. Порядок заповнення анкет кожним фахівцем передбачав ранжування шести небезпечних фізико-геологічних проявів за ступенем їх впливу на територію кар'єру і 15-и природних факторів за ступенем їх впливу на кожен із шести небезпечних фізико-геологічних проявів.

Результати анкетування всіх експертів зведено у сім розрахункових таблиць: одна – для оцінки впливу на територію кар'єра і шість – для оцінки фізико-геологічних проявів.

Статистична значимість ранжування, з метою визначення ступеню взаємної погодженості думок експертів, оцінювалась [11] в кожній із таблиць коефіцієнтом конкордації.

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot m^2 \cdot (k^3 - k) - m \sum_{j=1}^m T_j},$$

де m - кількість експертів у анкетуванні; k - кількість ранжованих величин; T_j - поправка на співпадіння рангів у експерта; S - сума квадратів відхилень загальних рангів.

Поправка на співпадіння рангів у j -того експерта визначається за виразом

$$T_j = \sum_{p=1}^z (t_{pj}^3 - t_{pj}),$$

де Z - кількість груп з однаковими рангами у j -того експерта, а t_{pj} - кількість факторів в групі.

Сума квадратів відхилень Δi_j загальних рангів дорівнює

$$S = \sum_{i=1}^m (\Delta i_i)^2,$$

а самі відхилення будуть

$$\Delta i_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} - R_c,$$

де a_{ij} - ранг i -го фактора у j -го експерта та R_c - середній сумарний ранг факторів

$$R_c = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m a_{ij}}{k}.$$

Негативний вплив на території відкритих гірничих розробок здійснюють наступні інженерно-геологічні процеси: обвалення, оповзання, осипи, просадки, опливини, підтоплення.

Результати опитування стосовно цих шести небезпечних фізико-геологічних факторів наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Розрахункова таблиця рангів фізико-геологічних факторів впливу на кар'єр

№	Фактори					
	Обвалення	Оповзання	Осипи	Просадки	Опливини	Підтоплення
1	3	4	1,5	6	5	1,5
2	4	5	2	6	3	1
3	5	3	1	6	4	2
4	6	3	2	5	4	1
5	3	5	2	6	4	1
6	3	5	2	6	4	1
7	3	5	2	6	4	1
8	3	5	2	6	4	1
9	3	5	2	6	4	1
10	3	5	2	6	4	1
$\sum_{j=1}^m a_{ij}$	36	45	18,5	59	40	11,5
Δi_i	1	10	-16,5	24	5	-23,5
Δi_i^2	1	100	272,25	576	25	552,25

За даними, наведеними у табл. 1, розраховується коефіцієнт конкордації:

$$W = \frac{1527}{\frac{1}{12} \cdot 100 \cdot (216 - 6) - \frac{1}{12} \cdot 10} = 0,875.$$

Оскільки значення коефіцієнту конкордації істотно відрізняється від нуля, можна вважати, що думки фахівців співпадають стосовно впливу небезпечних фізико-геологічних факторів на територію кар'єру.

Статистична значимість отриманого коефіцієнту конкордації перевіряється критерієм Пірсона

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} mk (k + 1) - \frac{1}{k - 1} \sum_{j=1}^m T_j};$$

$$\chi^2 = \frac{11527}{\frac{1}{12} \cdot 10 \cdot 6 \cdot 7 - \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{12} \cdot 6} = 43,7.$$

Для 5 %-го рівня значимості та при кількості ступенів свободи $f=6-1=5$, гранична величина критерію Пірсона становить $\chi_{табл.}^2 = 11,07$.

Оскільки визначене табличне значення критерію значно менше за розрахункове, можна з 95 % імовірністю стверджувати, що думки дослідників щодо впливу на кар'єр розглянутих фізико-геологічних проявів збігаються статистично значимо.

Значення та ранжування факторів впливу на території гірничих розробок наведені у табл. 2.

Таблиця 2 – Ранжування небезпечних фізико-геологічних проявів

Значимість прояву	Значення суми рангів проявів	Назва прояву
1	11,5	Підтоплення
2	18,5	Осипи
3	36,0	Обвалення
4	40,0	Опливини
5	45,0	Оповзання
6	59,0	Просідання

Таким чином, за результатом опитування визначено, що найбільшого поширення на території відкритих розробок набув процес підтоплення. Розвиток процесу підтоплення супроводжується погіршенням фізико-механічних властивостей ґрунтів, активізацією процесів руйнування гірничих порід, вимивання часток слабких порід з утворенням опливин. Також із розвитком підтоплення ускладнюється ведення гірничих робіт. Оскільки гірничі породи є слабо водопроникними, тому вода збирається на нижніх горизонтах кар'єрів у великих кількостях та потребує інтенсивного відкачування.

Природна складова впливу на територію кар'єру формується основними силами та обмеженнями природного середовища: фізико-механічними властивостями гірських порід, геологічною будовою шару гірських порід, тектонічними порушеннями, кутом падіння покладу порід, глибиною розробки, потужністю покладу, рівнем ґрунтових вод та їх капілярного підняття, хімічним складом поверхневих вод, режимом поверхневого стоку, роботою поверхневих вод, умовами фільтрації, хімічним складом ґрунтових вод, порушеністю товщі порід, крутизною схилу, характером ґрунтово-рослинного покриву.

Ці сили, індивідуальна рангова значимість яких не піддається аналітичному визначенню, певною мірою здійснюють свій вплив на формування умов для виникнення та розвитку зазначених вище шести небезпечних фізико-геологічних факторів.

Оцінити міру такого впливу в умовах невизначеності комплексної взаємодії 15-и обраних до аналізу факторів вважається також можливим і доцільним через процедуру апіорного ранжування,

Процедури отримання, обробки та оцінки анкетних даних ранжування впливу природних факторів на фізико-геологічні прояви в кар'єрі співпадають з розглянутим вище ранжуванням впливу проявів на функціонування кар'єру.

У табл. 3 задля скорочення обсягу статті, наведено лише підсумкові результати ранжування «фактори-прояви» у порядку зменшення їх значимості (збільшення сумарного рангу, наданого експертами кожному з факторів).

Результати ранжування свідчать, що процес обвалення розвивається при наявності гірничих порід зі слабкими фізико-механічними властивостями та відповідною геологічною будовою.

Стосовно геологічної будови порід кар'єру ВАТ «Полтавський ГЗК», наявність міцних, але частково зруйнованих і тріщинуватих порід є основною при-

чиною виникнення невеликих локальних обвалень. Також на процес обвалення впливають тектонічні порушення та загальна порушеність товщі порід. Процес обвалення може розвиватися також при руйнуванні верхнього шару гірських порід під дією агресивних ґрунтових і поверхневих вод. Інші фактори, хоча і мають деякий вплив на розвиток обвалення, але їх ранг дуже низький.

Оповзання частіше всього розвивається на крутих схилах за умови міцної основи з нашаруванням пластичних порід зверху.

Виходячи з умов утворення оповзнів, найбільшого пріоритету набули крутизна схилу, фізико-механічні властивості гірських порід та геологічна будова товщі гірських порід. Ризик виникнення оповзання з'являється також зі збільшенням глибини розробки, величини потужності покладу, при наявності кута падіння покладу порід. Частково виникнення оповзання пов'язане із заводненням майданчиків уступів або при додатковому зволоженні рихлих порід.

На процес осипання найсильніше впливають крутизна схилу, геологічна будова товщі гірських порід та їх фізико-механічні властивості. Переважну більшість родовища порід становить суцільний масив, але на деяких ділянках трапляються порушення товщі породи, при порушенні якої вона осипається з відкосу.

На виникнення процесів просідання поверхні найбільше впливають фізико-механічні властивості ґрунтів. Ці характеристики залежать від багатьох факторів і встановлюються експериментально. При виникненні просідань також важливі такі природні фактори, як геологічна будова товщі гірських порід, рівень ґрунтових вод, хімічний склад ґрунтових вод.

Оскільки під дією поверхневих вод виникає руйнування водонепроникних або слабо проникних гірських порід, хімічний склад поверхневих вод має вагомий ранг.

Під час проникнення ґрунтових вод до товщі порід, що мають високу пористість (суглинки, леси), відбувається їх ущільнення або вимивання дрібних часток порід, тому на процес просідання дещо впливають і умови фільтрації.

Частіше всього опливини виникають у зв'язку з виносом піщаних часток потоком. Тому найбільшого значення набули пріоритети робота поверхневих вод і рівень ґрунтових вод. Також значимими умовами утворення опливин є режим поверхневого стоку та фізико-механічні властивості гірських порід.

У деяких випадках опливини починають виникати на ділянках з порушеним рослинним покривом і з крутим ухилом.

Оскільки породи на поверхні суглинком або піском (який був зв'язаний коріннями рослин), то після знищення рослинного покриву при зволоженні починається опливання цих порід.

Ці фактори мають наступні значення пріоритетів: крутизна схилу, характер ґрунтово-рослинного покриву.

Таблиця 3 – Результати апріорного ранжування «фактори – прояви»

Пріоритетність	Оцінка впливів факторів на																	
	обвалення			оповзання			осипання			просідання			опливання			підтошення		
	сума рангів	фактори	сума рангів	фактори	сума рангів	фактори	Сума Рангів	Фактори	сума рангів	Фактори	сума рангів	Фактори	сума рангів	Фактори	сума рангів	фактори		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13						
1	14	Фізико-механічні властивості гірських порід	12	Фізико-механічні властивості гірських порід	10	Крутизна схилу	14	Фізико-механічні властивості гірських порід	12	Робота поверхневих вод	15	Рівень ґрунтових та каплярних вод						
2	18	Геологічна будова шару гірських порід	18	Геологічна будова шару гірських порід	22	Геологічна будова шару гірських порід	18	Геологічна будова шару гірських порід	19	Рівень ґрунтових та каплярних вод	17	Режим поверхневого стоку						
3	35	Тектонічні порушення	31	Глибина розробки	27	Фізико-механічні властивості гірських порід	31	Рівень ґрунтових та каплярних вод	30	Режим поверхневого стоку	33	Умови фільтрації						
4	46	Порушеність товщі порід	39	Потужність покладу	40	Порушеність товщі порід	39	Хімічний склад поверхневих вод	40	Фізико-механічні властивості гірських порід	37	Геологічна будова шару гірських порід						
5	57	Хімічний склад ґрунтових вод	50	Кут падіння покладу порід	64	Характер ґрунтово-рослинного покриву	50	Хімічний склад ґрунтових вод	49	Крутизна схилу	50	Фізико-механічні властивості гірських порід						
6	58	Хімічний склад поверхневих вод	60	Рівень ґрунтових та каплярних вод	72	Хімічний склад ґрунтових вод	58	Умови фільтрації	60	Характер ґрунтово-рослинного покриву	63	Крутизна схилу						
7	96	Кут падіння покладу порід	70	Умови фільтрації	96	Рівень ґрунтових та каплярних вод	106	Тектонічні порушення	85	Порушеність товщі порід	67	Глибина розробки						
8	97	Глибина розробки	93	Крутизна схилу	102	Умови фільтрації	107	Кут падіння покладу порід	97	Хімічний склад ґрунтових вод	98	Характер ґрунтово-рослинного покриву						
9	103	Потужність покладу	117	Характер ґрунтово-рослинного покриву	105	Робота поверхневих вод	108	Глибина розробки	105	Умови фільтрації	106	Порушеність товщі порід						

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10	108	Рівень ґрунтових і каплярних вод	117	Порушеність товщі порід	107	Режим поверхневого стоку	109	Потужність покладу	114	Хімічний склад поверхневих вод	113	Хімічний склад ґрунтових вод
11	109	Робота поверхневих вод	117	Хімічний склад ґрунтових вод	109	Хімічний склад поверхневих вод	110	Режим поверхневого стоку	117	Потужність покладу	115	Робота поверхневих вод
12	111	Умови фільтрації	118	Робота поверхневих вод	110	Потужність покладу	111	Робота поверхневих вод	119	Глибина розробки	118	Хімічний склад поверхневих вод
13	113	Характер ґрунтово-рослинного покриву	118	Режим поверхневого стоку	102	Глибина розробки	112	Порушеність товщі порід	119	Кут падіння покладу порід	122	Потужність покладу
14	117	Режим поверхневого стоку	119	Хімічний склад поверхневих вод	102	Кут падіння покладу порід	113	Кругизна схилу	122	Тектонічні порушення	123	Кут падіння покладу порід
15	118	Кругизна схилу	121	Тектонічні порушення	102	Тектонічні порушення	114	Характер ґрунтово-рослинного покриву	122	Геологічна будова шару гірських порід	125	Тектонічні порушення

Примітки. 1. Пріоритетності впливу природних факторів на фізико-геологічні прояви у відкритих гірських розробках визначаються сумою рангів, отриманих за результатами анкетування, групою незалежних експертів.

2. У кожного з експертів рангом природного фактора є його порядковий номер відповідно до зменшення впливу на певний фізико-геологічний прояв.

3. Види фізико-геологічних проявів та їх значимість для функціонування відкритих гірських розробок визначаються за результатами окремого анкетування.

Статистична значимість апріорного ранжування підтверджується (табл. 4) суттєвими значеннями коефіцієнтів конкордації та критеріїв Пірсона.

Отримані коефіцієнти конкордації ($W > 0,7$) та критерії Пірсона ($\chi^2 \gg \chi^2_{табл} = 23,7$) даних ранжування свідчать про високий рівень достовірності співпадання позицій експертів по всьому діапазону досліджень «фактори–прояви».

Таблиця 4 – Статистична оцінка значимості впливу факторів на фізико-геологічні прояви

Назва прояву	Оцінка апріорного ранжування «фактори – прояви» за статистичними показниками	
	W	χ^2
Обвалення	0,713	99,8
Оповзання	0,868	121
Осипи	0,711	99,5
Просідання	0,780	109
Опливини	0,854	120
Підтоплення	0,895	125

ВИСНОВКИ. Методом апріорного ранжування оцінено значимість впливів ряду небезпечних фізико-геологічних проявів на функціонування кар'єру ВАТ «Полтавський ГЗК» і низки природних факторів на виникнення зазначених проявів. Показана ефективність використання методу апріорного ранжування для моделювання фізико-геологічних процесів відкритих гірських розробок як слабоструктурованих природних ієрархічних систем за умов невизначеності. Він дає змогу розв'язувати багатофакторні задачі оцінювання компонентів систем, встановлювати їх ранги та визначити вплив цих елементів на об'єкт дослідження.

На основі проведених досліджень і розрахунків рангів небезпечних фізико-геологічних процесів на територіях відкритих гірських розробок детально оцінено вплив основних сил та обмежень природного середовища на стабільність територій відкритих гірських розробок. Виявлено фактори, що найбільше впливають на формування небезпечних фізико-геологічних явищ.

На основі отриманих даних можна запровадити необхідні інженерні заходи для зменшення впливу факторів, що мають найбільші пріоритети. При цьому можна знайти причини виникнення того чи іншого небезпечного процесу на вже сформованих територіях землекористувань відкритих гірських розробок і запровадити заходи щодо їх ліквідації.

Виконуючи обчислення методом апріорного ранжування доведено статистичну достовірність отриманих результатів.

Застосувавши метод аналізу ієрархій можливо представити територію відкритих гірських розробок із безліччю контрольованих і неконтрольованих елементів до єдиного цілого, одержавши адекватну

модель території, в якій елементи будуть згруповані в чіткому ієрархічному взаємозв'язку.

Необхідно відзначити, що у питаннях формування територій відкритих гірських розробок облік впливу природних процесів потребує статистично достовірних знань не тільки причини їх виникнення, а й порівняльну значимість потенційного впливу, виражену у числовому вигляді.

З метою оцінки складності родовища для етапів як будівництва, так і експлуатації кар'єрів необхідний аналіз впливу різних груп факторів, що визначають умови розробки родовища і які є задачею для дослідження, що проводиться різного роду фахівцями (геологічної, маркшейдерської служб).

У результаті використання системного підходу й створення моделі території землекористування виявляються природні й антропогенні фактори, вивчаються їх 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 на функціонування кар'єрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Скабалланович І.А., Седенко М.В. Гидрогеология и инженерная геология и осушение месторождений. – М.: Недра, 1973. – 194 с.
2. Кахнич П., Німкович Р., Черняга П. Ієрархічна модель системи приміської зони, // Землепорядний вісник. – К., 2006. – № 1. – С. 53–56.
3. Черняга П., Бухальська Т., Люсак А. Оптимізаційна модель врахування небезпечних фізико-геологічних процесів при формуванні землекористувань міста // Збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК. – 2009. – Вип. I (17). – С. 278–288.
4. Черняга П.Г., Бухальська Т.В., Люсак А.В., Модель оцінки небезпечних фізико-геологічних процесів на сформованих землекористуваннях у населених пунктах // Містобудування та територіальне планування. – 2009. – № 32. – С. 470–479.
5. Назімов Н.М., Артамонов В.В. Использование ГИС-технологий для управления водоотливным хозяйством на открытых горных выработках // Геопрофи. – М., 2013. – № 1. – С. 49–55.
6. Poczos B., Szabo Z., Kiszlinger M., Lorinz A. Independent Process Analysis Without a Priory Dimensional Informational, 7th International Conference, ICA 2007, London, UK, September 9–12, 2007.
7. Saaty, T. L., (2005). Theory and Applications of the Analytic Network Process, Pittsburgh, PA: RWS Publications, 4922 Ellsworth Avenue, Pittsburgh
8. Saaty T.L. Decisions-making with the AHP: why is principal eigenvector necessary // European journal of operation research. – 2003. – Vol. 145. – PP. 85–91.
9. Евтушенко О.В., Головина Е.В. Использование метода априорного ранжирования при оценке состояния охраны труда на предприятиях мясной промышленности // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: материалы XIV международной научно-практической конференции

(29 ноября 2012 г.) / Под ред. В.П. Коцюбы и Е.С. Дикаловой; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2013. – С. 185–188.

10. Маргелов А.В., Маргелов А.А. Выбор основных характеристик цели методом априорного ранжирования // Известия ТРТУ. Тематический выпуск

«Интеллектуальные САПР». – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2002. – № 3 (26). – С. 103–107.

11. Хамханова Д.Н. Теоретические основы обеспечения единства экспертных измерений: монография. – Улан-Удэ: Издательство ВСГТУ, 2006.

A PRIORI RANGING OF INFLUENCING FACTORS ON PHYSICAL AND GEOLOGICAL PROCESSES WHILE EXPLOITING MINERAL ORES IN OPEN MINES

V. Artamonov, M. Nazimkov, M. Vasilenko

Kremenchuk Mykhailo Ostrogradskiy National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: vlaartamonov@yandex.ru; nazimkoff@gmail.com

The methodology of using a priori method of ranging dangerous physical and geological factors for their previous evaluation while exploiting mineral ores in an open mine is given in the article. Using the survey results, the list of influencing factors was defined. The paper presents the results of calculations, based on the expert estimations, allow defining the ranges of influence (using the data on Poltava Ore-Mining and Processing Enterprise, OJSC). Statistical data were verified with the help of the ratio of concordation and Pirson's criterion. Within the systematical approach links between anthropogenic factors of influence on natural structure of a mine and the mechanism of their influence on the origin of dangerous physical and geological processes are analyzed in the article. Taking into account long-term character of using territories of mineral ore mines and investments in exploiting mineral ores, the importance of further research of negative physical and geological phenomena is indicated.

Key words: a priori ranging, physical and geological processes, mining enterprise, open mine exploiting.

REFERENCES

1. Skaballanovich, I.A., Sedenko, M.B. (1973), *Hydrogeologia i inzhenernaya geologia I osushenie mestorojdeniy*, [Hydrogeology, engineering geology and drying deposits], Nedra, Moscow, Russia.

2. Kahnuch, P., Nimkovych, R., Chernyaga, P. (2006), "Hierarchic model of a suburban area system", *Zemlevporyadnyy visnyk*, no.1, pp. 53–56.

3. Chernyaga, P., Buhalska, T., Lyusak, A. (2009), "Optimizational model of dangerous physical and geological processes while forming urban land use", *Zbirnyk naukovykh prats Zahidnogo geodezychnogo tovarystva UTGK*, iss. 1 (17), pp. 278–288.

4. Chernyaga, P.G., Buhalska, T.V., Lyusak, A.V. (2009), "Estimate model of dangerous physical and geological processes on formed land using in inhabited areas", *Mistobuduvannya ta terytorialne planuvannya*, no. 32, pp. 470–479.

5. Nazimkov, N.M., Artamonov, V.V. (2013), "Using GIS-technologies for managing water pipe enterprise in open mine exploiting", *Geoprofit*, no.1, pp. 49–55.

6. Poczos, B., Szabo, Z., Kiszlinger, M., Lorinz, A. (2007), *Independent Process Analysis Without a Priority Dimensional Informational*, 7th International Conference, ICA 2007, London, UK, September 9–12.

7. Saaty, T.L. (1987), "Concept, Theory and Techniques: rank Generation, Preservation and Reversal in the analytic hierarchy Process", *Decision Sciences*, vol. 18, pp. 157–177.

8. Saaty T.L. (2003), "Decisions-making with the AHP: why is principal eigenvector necessary", *European journal of operation research*, vol. 145, pp. 85–91.

9. Evtushenko, O.V., Golovina, E.V. (2013), "Using the method of a priori ranging while estimating labour protection on meat processing enterprises", *Sovremennye problemy tekhniki i tekhnologii pishchevykh proizvodstv*, Materials of XIV Int. sci. conf., 29 November, 2012, AltGTU, Barnaul, pp.185–188.

10. Margelov, A.V., Margelov, A.A. (2002), "Selection of main purpose characteristics using the method of priori ranging", *Izvestiya TRTU*, Series "Intellectualnye SAPR", Materials of Int. sci. conf. "Intellectualnye SAPR", TRTU, Taganrog, no. 3(26), pp. 103–107.

11. Hamhanova, D.N. (2006), *Teoreticheskiye osnovy obespecheniya yedunstva ekspertnykh izmereniy* [Theoretical basis of unified expert measurements], monograph, VSGTU, Ulan-Ude, Russia.

Стаття надійшла 28.02.2014.