

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

ТЕЗИ

**ІХ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
СТУДЕНТІВ, АСПІРАНТІВ ТА МОЛОДИХ ВЧЕНИХ
«ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГІРНИЧОЇ СПРАВИ
ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ
ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ»**



**17 листопада 2022 року
м. Житомир**

ТЕЗИ

ІХ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ, АСПІРАНТІВ ТА МОЛОДИХ ВЧЕНИХ «ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГІРНИЧОЇ СПРАВИ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ»

Оргкомітет конференції:

Голова – О.В. Олійник, д.е.н., проф., перший проректор Державного університету «Житомирська політехніка»

Заступник голови – В.В. Котенко, к.т.н., доц., декан факультету гірничої справи, природокористування та будівництва, Житомирська політехніка

Члени оргкомітету:

С.І. Башинський, к.т.н., доц., завідувач кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т., Житомирська політехніка;

В.В. Коробійчук, д.т.н., проф., професор кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т., Житомирська політехніка;

В.Т. Підвисоцький, д.геол.н., доц., професор кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т., Житомирська політехніка;

С.О. Жуков, д.т.н., проф., завідувач кафедри відкритих гірничих робіт ДВНЗ «Криворізький національний університет»;

В.Г. Кравець, д.т.н., проф., професор кафедри геобудівництва та гірничих технологій, ІЕЕ НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»;

О.О. Фролов, д.т.н., проф., професор кафедри геобудівництва та гірничих технологій, ІЕЕ НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»;

С.С. Іськов, к.т.н., доц., доцент кафедри маркшейдерії, Житомирська політехніка;

А.О. Криворучко, к.т.н., доц., доцент кафедри маркшейдерії, Житомирська політехніка;

В.О. Шлапак, к.т.н., доц., в.о. завідувача кафедри маркшейдерії, Житомирська політехніка;

В.І. Шамрай, к.т.н., доц., доцент кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т., Житомирська політехніка;

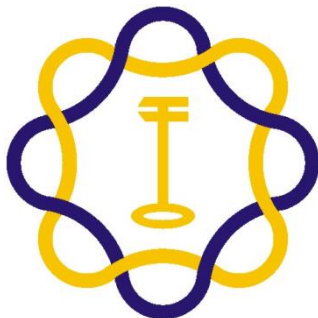
В.Г. Левицький, к.т.н., доц., доцент кафедри маркшейдерії, Житомирська політехніка.

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ІНСТИТУТ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗМІСТУ ОСВІТИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ДНІПРОВСЬКА
ПОЛІТЕХНІКА»
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

ТЕЗИ

**ІХ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
СТУДЕНТІВ, АСПІРАНТІВ ТА МОЛОДИХ ВЧЕНИХ**

**«ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГІРНИЧОЇ СПРАВИ
ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ
ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ»**



м. Житомир, 17 листопада 2022 року

ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА – 2022

УДК 504
ББК 20.1
Т11

*Друкується за рішенням Вченої ради Державного університету
«Житомирська політехніка»
(протокол № 14 від 31.10.2022 р.)*

Тези IX Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів», 17 листопада 2022 року. – Житомир :Житомирська політехніка, 2022. – 122 с.

ISBN 978-966-683-639-0

Представлено доповіді учасників IX Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів”. Наведено аналіз та результати досліджень сучасних проблем геотехнологій, маркшейдерської справи та раціонального надкористування.

Конференція проводилася у Державному університеті «Житомирська політехніка» 17 листопада 2022 року.

**УДК 504
ББК 20.1**

ISBN 978-966-683-639-0

© *Житомирська політехніка*, 2022

Наукове видання

Тези IX Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів»

Редактор
Верстка та макетування

*С.І. Башинський
В.І. Шамрай*

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи
ЖТ № 08 від 26.03.2004 р.

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 7,81.

Видавець і виготівник
Державний університет «Житомирська політехніка»,
вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005

V.V. Babyak, graduate student
V.O. Shlapak, Ph.D., Assoc.
Zhytomyr Polytechnic State University

USING GRANITE SCREENINGS LIKE A FILLER FOR CONCRETE AND CONCRETE MIX

Natural stone is the most common resource used for the production of building materials. Today, both in Ukraine and in other countries, there is a problem of the release of large areas of agricultural land from granite refuse which is accumulated in dumps, outside the enterprises.

Granite is one of the most common among the igneous rocks used in construction. Granite is an acidic rock composed of quartz (20 - 40%), potassium feldspar - orthoclase (40 - 70%) and muskid mica, or more often biotite (5 - 20%). Due to high orthoclase content, the color of the granite is mostly gray, bluish gray, dark red. Granite has a granular-crystalline structure, density 2600 to 2700 kg/m³, a compressive strength limit of 100 to 250 MPa and above. Granite, which is contained more than quartz and less of mica, has better construction properties.

Production of large fractions of broken stone forms screenings in the amount of up to 20 - 25% of the raw material. Production of cube-shaped broken stone of small fractions (5 - 15 mm) increases the amount of granite screenings to 40%. In general, granite screenings have a certain commercial value and this product is partly sold by enterprises to local consumers. At the same time, the full sale of granite screenings is limited by the high content of dust particles. Typical granite screenings at Ukrainian quarries contains up to 30% of particles of less than 140 μm in size, which have high water absorption and, therefore, do not allow the use of granite screenings in pure form for the manufacture of concrete.

One of the most promising directions of refuse utilization is its use in the production of various reinforced concrete structures. However, taking into account the cost of delivery, refuse utilization is possible only at a short distance to the consumer. The use of screenings for the production of asphalt concrete mixtures with a fine granular material content up to 50% inclusive would significantly reduce the volume of accumulated refuse. At the same time, increasing the concentration of screenings in the mixture leads to an increase in bitumen and rising costs of asphalt concrete. In addition, for fine-grained asphaltic concrete, a decrease in the strength limits is observed with the increase in the mineral content of screenings. It requires the introduction of fibrous polymer additives to a mixture. At the same time, small volumes of carrying out of road works, connected with the difficult economic situation in the state, do not allow to effectively utilize the refuse generated by crushed

stone. Granite screenings can also be used as sintering intensifiers under high-speed modes of burning up of floor tiles and for brick production in exchange for chamotte and sand, for the production of ceramic products, component for roofing materials, filters for water treatment plants. In addition to the above-mentioned directions, the ways of disposal of waste are its use as a decoration, for the lining of tracks, sports and playgrounds. Granite screenings also can be successfully applied to create a landscape. It is planned to use it as a means to fight with slippery road for reducing the slip factor.

Granulated sand is a proven alternative to river and lingering sand. It is produced by crushing rocks and by washing equipment is divided into different fractions. It is used in the manufacture of concrete, mortar, plaster, borders, sidewalk tiles and other curly elements of paving.

Historically, the screenings were a by-product of the crushing-sorting process. Due to its layered form of particles and flakiness, high dust content of its application as a fine aggregate in most concrete was impossible. The consumption of water and in the future and the consumption of cement were very high to achieve the specified characteristics of concrete and cement mortar. These reasons forced the concrete manufacturers to avoid the use of screenings as filler.

Indicators of the granulometric composition of the washed granite sand is summarized in Table 1. From the table it is clear that the river and ravine sand is very small, but the granulometric curve of washed sand is as close as possible to the "ideal" curve of granulometric composition of the filler with a grain size limit of 2,5 mm (by Fuller), shown in Figure 4. This meets the requirements for the production of building materials, including concrete, building mortar and so on.

Table 1

Comparative table of granulometric composition granite washed

| Sieve, mm | Granite washed sand, pass % |
|-----------|-----------------------------|
| 5 mm | 100 |
| 2,5 mm | 90 |
| 1,25 mm | 68 |
| 630 μm | 44 |
| 315 μm | 20 |
| 140 μm | 3 |
| 63 μm | 1 |

Granulated granite sand must have some qualitative parameters. Sector standards for small fillers, such as European EN 206-1 or Ukrainian DSTU B V.2.7-210: 2010, allow only a limited amount of dust particles (0.063 - 0.112 mm) in wet sand. For high-quality concrete, the aggregate must contain less than 1% of dusty, muddy and clay particles to use as little cement and water as possible. Thus, pure granite sand with an "ideal granulometric curve" can be produced by washing. This allows making high-quality concrete and concrete products.

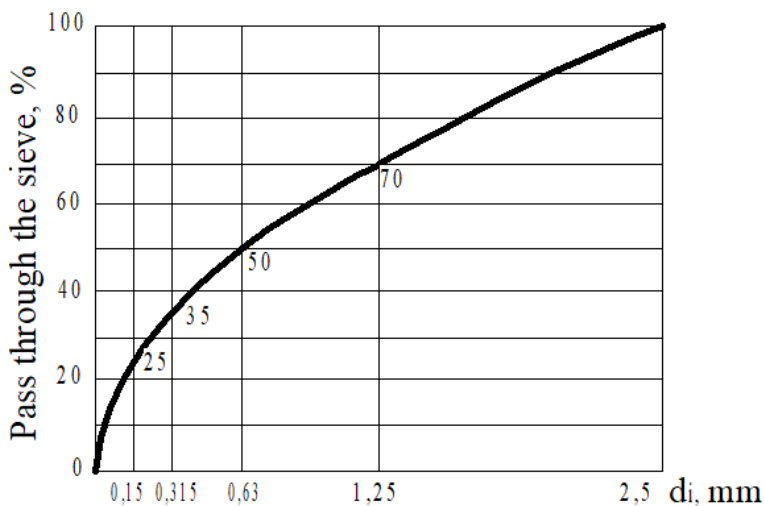


Fig. 1. "Ideal" curve of the granulometric composition of the filler with a grain size limit of 2.5 mm (by Fuller)

Therefore, in recent years, concrete producers, together with producers of crushed stone, have begun to look for alternative solutions to reduce the consumption of cement, with the preservation of a given concrete brand. So, since 1999, the group of companies "Unigran" has started making fractions 0.63 - 2 and 2 - 5 mm. Fractions 0.63 - 2 mm are successfully used by manufacturers of roofing materials, in particular for the manufacture of finishing materials, flexible and hard tile, roofing material, tiles, and a fraction of 2-5 mm, concrete producers, mixing it with river sand, are used to increase the module of size (M_k)

The next step was the production of fine sand 0.16 - 0.63 mm. Thus, due to a wide selection of small fillers of 0.16 - 0.63, 0.63 - 2 and 2 - 5 mm, manufacturers of concrete, building mortars and sidewalk tiles are able to choose the ideal granulometric composition for the production of products by mixing these fractions in a certain proportion. Such sand has fewer voids,

which makes it more economically profitable raw materials, due to the reduction of the amount of cement in the mixture.

For making a mortar without sand, the ratio of cement and screenings in concrete should be as follows: cement brand 400 - 1 part, filler (best to apply granite screenings) - 8 parts, water is also needed, which should not be more than 20% of the total volume. The ratio is aimed at getting concrete M150. If the builder realizes that the strength of such mortar is too small, he should use quality cement

If the concrete producers confuse the complete lack of sand, they can replace it in part. This requires the addition of crushed stone. Consequently, if concrete is prepared from screenings, sand and cement, the proportions will be as follows: cement brand 400 - 1 part, screenings - 1 - 2 parts, broken stone - 3 parts, sand - 3 parts, water - maximum 20%.

At the same time, the ratio of screenings and other components almost does not affect the increase in the volume of the mixture, since the granules fill the gaps between the crushed stone, and also is a link between crushed stone and sand.

Also, it should be noted that for the manufacture of high-quality concrete only cement with no expiration date should be used, in addition the material should be free from admixtures. Water for the preparation of concrete should be clean (it is better to use drinking water).

Given the popularity of this filler in the manufacture of concrete mix, one can come to the conclusion that the use of crushed rock is a perfect solution. The debris is very in demand in the construction sector due to its undeniable advantages. The material is profitable from a financial point of view; in addition, it allows you to make durable and durable concrete. However, it should be borne in mind that all the benefits of dropping are lost if the wrong solution is taken into account when creating the solution. Today, the manufacturers of building materials, due to the wide range of small fillers, have the opportunity to choose such granulometric curve, which is ideal for the production of high-quality concrete, building solutions, curbs, sidewalk tiles and other curtain elements paving.

The granite screenings is characterized by a composition and properties variety and a wide range of applications, therefore, the next stage of research is the study of properties of fillers one of the components of which is the waste of broken stone enterprises.

W. Sofińska-Chmiel

*UMCS, Wydział Chemii, Instytut Nauk Chemicznych, Laboratorium
Analityczne, Pl. Marii Skłodowskiej-Curie 2, 20-031 Lublin.*

T. Okholina

*Narodowa Akademia Nauk Ukrainy, Instytut Nauk Geologicznych, O.
Honchar Str. 55-b, 01054 Kyiv.*

P. Malinowska

*UMCS, Wydział Chemii, Instytut Nauk Chemicznych, Laboratorium
Analityczne, Pl. Marii Skłodowskiej-Curie 2, 20-031 Lublin.*

H. Kuzmanenko

*Narodowa Akademia Nauk Ukrainy, Instytut Nauk Geologicznych, O.
Honchar Str. 55-b, 01054 Kyiv.*

M. Drewniak

*UMCS, Wydział Chemii, Instytut Nauk Chemicznych, Laboratorium
Analityczne, Pl. Marii Skłodowskiej-Curie 2, 20-031 Lublin.*

R. Keller

*UMCS, Wydział Chemii, Instytut Nauk Chemicznych, Laboratorium
Analityczne, Pl. Marii Skłodowskiej-Curie 2, 20-031 Lublin.*

O. Remezova

*Narodowa Akademia Nauk Ukrainy, Instytut Nauk Geologicznych, O.
Honchar Str. 55-b, 01054 Kyiv.*

IDENTYFIKACJA CHEMICZNA KWARCUCU - MINERAŁU O SZEROKIM ZASTOSOWANIU

Abstrakt: W prezentowanej pracy przedstawiono wyniki badań identyfikacji chemicznej kwarcu mlecznego z wykorzystaniem spektroskopii Ramana, spektroskopii w podczerwieni FTIR oraz dyfrakcji rentgenowskiej. Wszystkie z zaprezentowanych metod badawczych okazały się skutecznym narzędziem do identyfikacji tego minerału.

Wprowadzenie: Kwarc jest to jeden z najpospolitszych minerałów występujących w skrupie ziemskiej. Posiada wzór chemiczny SiO_2 . Występuje w wielu odmianach barwnych jak na przykład niebieska, biała, żółta czy fioletowa. W niniejszej pracy badania przeprowadzono z wykorzystaniem kwarcu mlecznego. Jest to odmiana kwarcu charakteryzująca się barwą mlecznobiałą. Wyróżnia się wśród nich kryształy prześwietlające i nieprzezroczyste. Kwarc mleczny jest głównie wykorzystywany do wyrobu szkła [1].

W warunkach stanu wojny na Ukrainie znacząco rośnie zapotrzebowanie na surowce do produkcji przemysłu szklarskiego. W związku z tym pojawia się problem z zaopatrzeniem w wysokiej jakości surowce szklarskie w celu zwiększenia ilości produkcji szkła.

Surowce zawierające kwarc szklisty są rozprowadzane we wszystkich geostrukturalnych regionach Ukrainy, gdzie odkryto ponad 100 złóż. Najbardziej obiecujące są obszary depresji Dnieprowsko-Donieckiej i Donieckiej struktury fałdowej, gdzie osady związane są z osadami oligoceńskiego świata bereckiego, płyta Wołyńsko-Podolska – z osadami formacji kwarcowo-neogenicznej wczesnej epoki tortonu, oraz Tarcza Ukraińska - z kontynentalnymi formacjami czwartorzędowymi. Pojedyncze osady występują w strukturze fałdów Krymskich i są związane z sedymentacją formacji górnoplioceniowej. W zakarpackiej depresji międzygórskiej i strukturach górskich Karpat rozwijają się liparyty epoki neogenu, które mogą być również wykorzystywane do produkcji szkła [3].


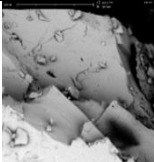
Stanowy bilans zasobów mineralnych Ukrainy odnotowuje 41 złóż przemysłu szklarskiego, w tym 1 złóż w trakcie eksploracji. Z ogólnej liczby depozytów uwzględnionych w bilansie państwa, 25 depozytów nie jest obecnie opracowywanych. Najwięcej rezerw wysokiej jakości piasków szklanych koncentruje się w: Lwowie (12,71 %), Doniecku (11,44%), Zaporozżu (8,53%), Czernihowie (7,96%) i Charkowie (2,12%). Ostatnie cztery regiony są pod częściową okupacją lub pod ciągłym ostrzałem. Dlatego też, aby w okresie powojennym zapewnić Ukrainie wysokiej jakości piasek szklany, konieczne jest opracowanie skutecznej i taniej metody jego identyfikacji, którą podajemy poniżej.

Poza zastosowaniami kwarcu w wojsku i lotnictwie, minerał ten wykorzystywany jest do celów komunikacyjnych, nawigacyjnych i w różnego rodzaju sensorach. W badaniach i metrologii minerał ten używany jest w zegarach atomowych, astronomii i geodezji, śledzeniu toru lotu statku kosmicznego i astronawigacji. W przemyśle stosuje się go do celów komunikacji, telekomunikacji, lotnictwa, nawigacji, w systemach komputerowych, wyświetlaczach czy modemach. Kwarc używany jest też do celów komercyjnych w zegarkach czy zegarach, komputerach, rozrusznikach serca, grach i zabawkach, komputerach domowych czy w systemach telewizji kablowej [2]. Tak szerokie zastosowanie sprawia, iż zasadne jest poszukiwanie skutecznych metod badania i identyfikacji tego minerału.

Część eksperymentalna: Do badań wykorzystano komercyjnie zakupioną próbkę kwarcu mlecznego. W tabeli 1 przedstawiono zdjęcia badanej próbki.

Tab. 1.

Charakterystyka badanej próbki kwarcu mlecznego.

| Nazwa | Wzór chemiczny | Zdjęcie | Obraz SEM |
|-------|------------------|---|---|
| Kwarc | SiO ₂ |  |  |

Badania wykonano techniką spektroskopii FTIR, spektroskopii Ramana oraz dyfrakcji rentgenowskiej XRD.

Spektroskopia Ramana. Spektroskopia Ramana jest techniką polegającą na pomiarze promieniowania rozproszenia Ramana, tj. nieelastycznego rozpraszania fotonów. Technika ta znajduje zastosowanie między innymi w identyfikacji substancji organicznych oraz nieorganicznych. Badania spektroskopowe próbki kwarcu wykonano z wykorzystaniem mikroskopu ramanowskiego inViaReflex firmy Renishaw.

Badaną próbkę umieszczono na szkiełku mikroskopowym a następnie wprowadzono do komory mikroskopu. Za pomocą podglądu próbki poprzez odpowiednie ustawienie stolika XYZ wybrano miejsce z którego zebrano widmo. Do badań wykorzystano laser o długości fali 514 nm oraz detektor SL CCD.

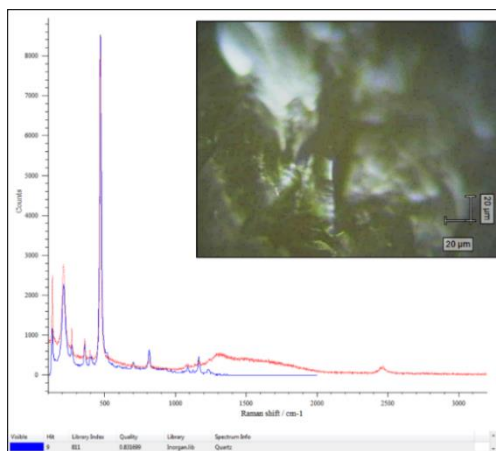
Spektroskopia FTIR. Spektroskopia FTIR jest jedną z najszybszych oraz najtańszych metod identyfikacji minerałów. Główną zaletą techniki FTIR w porównaniu z innymi metodami spektroskopowymi jest fakt, iż praktycznie wszystkie związki wykazują charakterystyczną absorpcję promieniowania w obszarze spektralnym IR i dzięki tej właściwości można je analizować zarówno jakościowo jak i ilościowo. Spektroskopia w podczerwieni bada absorpcję promieniowania związaną ze wzbudzeniem poziomów oscylacyjnych cząsteczek.

W celu identyfikacji kwarcu mlecznego techniką spektroskopii w podczerwieni próbkę utarto w moździerzu agatowym a następnie wykonano widna FTIR. Badania przeprowadzono techniką ATR. Do rejestracji widm wykorzystano spektrometr FTIR ThermoNicolet 8700 z przystawką Smart Orbit™ diamond ATR wyposażony w detektor DTGS (Deuterated Triglycine Sulphate). Detektor ten gwarantuje stałość sygnału w zakresie spektralnym średniej podczerwieni: 4000 – 400 cm⁻¹. Otrzymane widma poddano operacjom korekcji linii bazowej, korekcji ATR oraz skalowanej normalizacji, dzięki czemu widma te są równoważnie widmom transmisyjnym.

Dyfrakcja rentgenowska XRD. Metoda dyfrakcji rentgenowskiej XRD jest jedną z najbardziej skutecznych technik stosowanych do identyfikacji substancji krystalicznych. Technika XRD pozwala uzyskać informacje na temat struktury krystalicznej i składu fazowego badanych materiałów polikrystalicznych.

W celu wykonania badań dyfrakcyjnych XRD wykorzystano dyfraktometr rentgenowski Empyrean, PANalytical. Próbkę utarto w moździerzu agatowym, a następnie przeniesiono do kuwety i wyrównano jej obszar przy użyciu niewielkiego nacisku. Tak przygotowaną próbkę umieszczono w uchwycie goniometru i wykonano pomiar. Otrzymany dyfraktogram porównano z bazą danych dyfrakcyjnych ICDD PDF4+2021.

Wyniki i wnioski Zdjęcie mikroskopowe analizowanej próbki oraz wykonane z przedstawionego obszaru widmo Ramana przedstawiono na rysunku 1. Widmo Raman zamieszczono w formie oryginalnej, tj. bez korekcji linii bazowej. Otrzymane widmo porównano z bazą danych widm ramanowskich Inorganiclibrary.

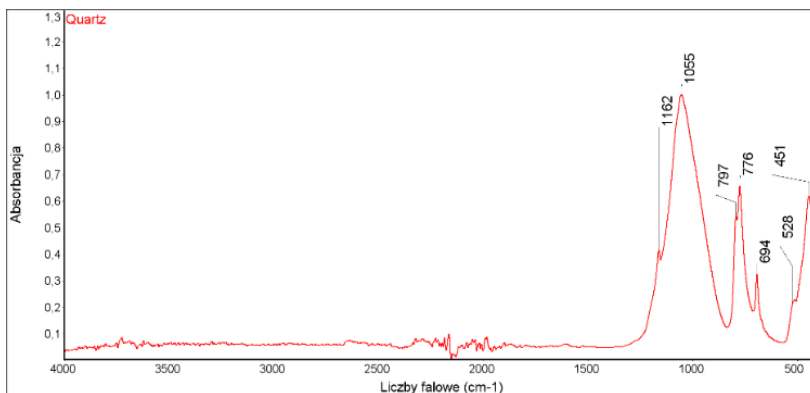


Rys. 1. Widmo Raman badanej próbki porównane z bazą danych Inorganiclibrary.

Przeprowadzone badania jednoznacznie potwierdziły iż badana próbka to kwarc. Współczynnik dopasowania otrzymanego widma do widma z bazy danych wynosi 0.83.

Kolejną techniką zastosowaną do identyfikacji próbki kwarcu mlecznego była spektroskopia FTIR.

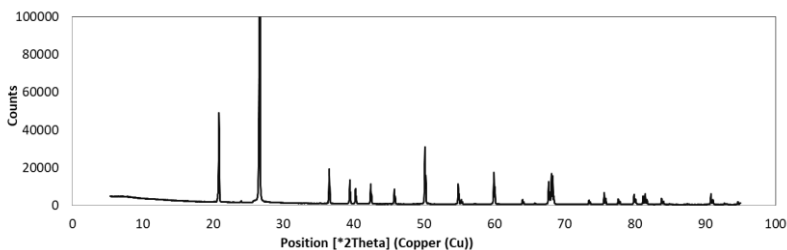
Na rysunku 2 zamieszczono widmo FTIR wykonane techniką ATR.



Rys. 2. Widmo FTIR-ATR badanej próbki kwarcu mlecznego.

Przeprowadzone badania spektroskopowe wykazały obecność pasm charakterystycznych dla kwarcu w zakresie spektralnym $1200\text{-}400\text{ cm}^{-1}$. Badanie wykazało obecność pasma odpowiadającego asymetrycznym drganiom rozciągającym grup Si–O z maksimum pików przy 1055 cm^{-1} oraz obecność symetrycznych drgań rozciągających przy położeniu pików $797\text{ i }776\text{ cm}^{-1}$. Na widmie FTIR badanej próbki stwierdzono również obecność symetrycznych i asymetrycznych drgań zginających odpowiadających wiązaniom Si–O z maksimum pików przy położeniu 695 cm^{-1} , 528 cm^{-1} i 451 cm^{-1} [4]. Przeprowadzone badania jednoznacznie potwierdziły, iż głównym składnikiem badanej próbki jest kwarc.

Próbkę kwarcu mlecznego poddano również badaniom z wykorzystaniem dyfraktometru proszkowego Empyrean firmy PANalytical. Otrzymany dyfraktogram przedstawiono na rysunku 3. W tabeli 2 zaprezentowano porównanie danych dyfrakcyjnych z bazą danych dyfrakcyjnych ICDD PDF4+2021.



Rys. 3. Dyfraktogram próbki kwarcu mlecznego.

Tab. 2.
Porównanie danych dyfrakcyjnych z bazą danych ICDD PDF4+2021.

| Lp | Ref. Code | CompoundName | ChemicalFormula | SemiQuant [%] |
|----|-------------|--------------|-------------------|---------------|
| 1 | 04-008-7651 | SiliconOxide | Si O ₂ | 100 |

Przeprowadzone badania dyfrakcyjne wskazały na obecność fazy krystalicznej w formie SiO₂. Badania wykazały iż 100 % fazy krystalicznej w badanej próbce stanowi kwarc.

Badania spektroskopowe oraz dyfrakcyjne próbki kwarcu mlecznego wykazały, że każda z zastosowanych metod badawczych jest skutecznym narzędziem służącym do identyfikacji minerału takiego jak kwarc.

Literatura:

1. K. Maślankiewicz Kamienie szlachetne Wydawnictwo Geologiczne Warszawa 1987
2. W. Heywang, K. Lubitz, W. Wersing Springer Series in Materials Science 114; Piezoelectricity; Evolution and Future of a Technology
3. Stan zasobów mineralnych Ukrainy na dzień 1 stycznia 2019 r. Surowcem jest szkło.
4. Christian Menno Müller, Bobby Pejčić, Lionel Esteban, Claudio DellePiane, Mark Raven & Boris Mizaikoff, Infrared Attenuated Total Reflectance Spectroscopy: An Innovative Strategy for Analyzing Mineral Components in Energy Relevant Systems Scientific Reports, 4, 6764 (2014).

UDC 622

M.D. Stochitoiu, PhD Engineering, Associate Professor,
University of Petrosani, Romania

ASPECTS OF ASYNCHRONOUS MOTORS WITH HIGH ENERGETICALLY EFFICIENCY FOR AN EFFICIENT, ECONOMIC TRANSPORT SYSTEM USED IN THE LIGNITE OPENT PITS

Introduction The main objective of the energy sector in Romania, according to the energy and the environmental objectives set at the European level is to improve the efficiency in the electrical drives. The paper emphasizes some points of view for the improvement of electrical drives to the belt conveyors using the high efficiency motors and their advantages. An efficient, economic transport system is a key element in the viability of coal open pit in Romania.

The main advantages of using electrical energy (high efficiency, lack of residues, the possibility to transport it easily, the possibility to divide it on any scale, making accurate measurements, etc) have determined their operating in

mining activity fields and at the same time are used to the belt conveyors drives.[1][2]

Electrical energy consumption is an important part on the lignite structure cost so it must achieve a detailed study about losses of energy and to establish a measurements plan. The following measurements and programme on short and average time are applied [3]: limitation of peak loading which is based on the direct relations between programmed mechanical torque to be used and the effective mechanical torque; electromagnetical monitoring to determine some levels for electrical measurements to be used; the adjustable electrical drives used in the open pit's equipments through power electronics and adequate command represent a method to diminish the electrical energy consumption and the financial effort is not important because the actual motors are kept in function working with static converters;

Technological flow and new techniques, based on new materials and modern technologies, in order to assimilate asynchronous motors with high energetic parameters

The bucket wheel excavator is continuous flow complex machinery that excavates the coal using the buckets fitted on the wheel and in the same time conveys the material to the transportation facility. The working element – bucket wheel executes horizontal and vertical movements, the basic one being the rotation.

The asynchronous motors in shortcut or induction motors are frequently used in electrical drives for open pits machines. The motor's power are from 100 to 630 kW and the open pits costumers are supplied from transformer stations about 2x6300kVA, 20/6 kV using different electrical cables. By adopting certain constructions and design methods, one can obtain motors with high energetic indexes. The energetic parameters of the asynchronous motor are defined by efficiency (η) and power factor ($\cos\phi$), which help calculating the loss of active power and the loss of reactive power.

Out of the losses generated in an asynchronous motor, the mechanical losses p_m are practically independent from the charging power, and only the losses from the wrappings and the ferromagnetic core remain variable according to the electrical and mechanical variations.[4][5]

The losses from the wrappings are practically dependent only on the charge and the quantity of the materials.

Considering the American Standard API 541, which introduces the L_{cc} indicator (the cost of the life cycle), which is the basis used to evaluate the correlation price-performances of the electrical motors. This indicator is the sum of the purchase price and the costs generated by the loss of power/life cycle. The analytical expression for the calculation of the L_{cc} indicator is the following:

$$L^{cc} = C + C_e \cdot N \cdot P_N \cdot \left(\frac{100}{\eta} - 1 \right) \quad (1)$$

Where: C= the price of the motor; C_e= cost of active energy; N= number of functioning hours

P^N = the nominal power of the motor (kW); η = nominal efficiency (%)

For the asynchronous motors with contact rings, this measure can be applied for both rotor and static armatures. The limit is given only by the possibility to place spires, limited by the exterior diameter of the machine. The importance of the plate quality from which the ferromagnetic iron is made results, without referring to a certain asynchronous motor.

It is known that there are several types of plate with different magnetic properties and losses, but the more the plate is magnetically and the loss figures smaller, the higher is the price. Industry can purchase presently two types of indigenous plate: 2,3 W/kg, at 1T induction and a frequency of the sinusoidal variation in time of 50 Hz at the price of 5,5RON /kg and 1,4 W/kg at the price of 7 RON/kg, their magnetizing properties are similar.[6]

So, considering the cost, it appears that the solution is to solve the problem at low costs, by purchasing the plate which has more losses, but cheaper. But the factory doesn't only execute motors for sales, but also to be used by the beneficiaries.

Presently the asynchronous motors are executed with medium magnetic solicitations for the entire machine, at around 1,5 T and 50 Hz. But for 1,5 T the losses per mass unit in both cases are: plate 2,3 W/kg- $p^{Fe} = 5,18$ W/kg and plate 1,3 W/kg- $p^{Fe} = 2,93$ W/kg. This means that for 1 kg of plate, the 1,3 W/kg plate has fewer losses than 2,3 W/kg one with formula. For a m^{Fe} mass of the core, on the T^D lifetime of the machine and the price for 1 kWh of N^E results a difference of the electromagnetic cost transformed into thermal energy:

$$\Delta C_U^1 = \Delta p_{Fe} \cdot m_{Fe} \cdot T_D \cdot N_E \quad (2)$$

Formula is in favor of the machine made of the more expensive plate. Rotor losses are less free because the rotor must be sized with consideration of additional restrictions related to the mechanical characteristics (starting torque maximum torque) and nominal slip. Both types of losses are expressed as the mass of iron (or copper) and a specific mass loss (W / kg). The difference is that if the copper winding (copper electrical) this value is unique and expresses the square of the current density for iron (electrical board) is possible assortment of options. The obtaining the big torques and small currents during the motor's start up can be made only by reducing the efficiency because the

pelicular effect implies a high rotor dispersion which determines a reducing for power factor [7].

Using electrical motors having reduced speed and a higher torque to the shaft the cinematic reductor is eliminated as well as the weakness due to maintenance costs and the low efficiency.

Conclusions

The quality of plate has upon the economic indexes of an electric motor, fact which leads to the necessity of the plate factories to increase the quality of plate for the electromagnetic cores of electric motors as much as possible. An important increase of motor efficiency (for bigger speed more 1000rot/min) can be obtained by the substantial reduction of the losses generated by the ventilators and this can be done by replacing the radial ventilators with axial ventilators with a 30% function efficiency increasement. In a modern open pit coal mine the technological, mechanical, electrical and economical elements of the production process are in a direct interdependency, the modernization of any of these components (mainly the electrical one) is necessary. In the scientific research evolution for the automation of the conveyor belts and its control, the challenge is the implementation of a rational mode of operation and the optimizing of the working parameters, for obtaining superior technical-economic indicators, especially the power saving.

References

1. **Golovanov N**, s.a. Eficiența energetică. Mediul. Economia modernă, Editura Agir, București 2017.
2. **Vaida V**. Politici, strategii, dezvoltare, Editura. Agir, 2015
3. **Constantin Ghita**, Masini electrice, Editura Matrixrom, București 2005
4. **Sandru M**. Îmbunătățirea acționării electrice la unele utilaje principale din Exploatarea minieră de cariere Jilt în vederea creșterii eficienței energetice, teza de doctorat, Petrosani 2012
5. **Mircea I., s.a.** Soluții de eficientizare a sistemelor de transport cu bandă de mare capacitate, prezentare- Universitatea din Craiova, 2013
6. **M.D. Stochitoiu**, s.a. Modern concepts and its application for energetically security requirement at different connected sources, SGEM 2018, 18, 591-596
7. **www.cnr-cme.ro/**

МЕТОД НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ БЛОКІВ ОБЛИЦЮВАЛЬНОГО КАМЕНЮ

Видобування блочного облицювального каменю є найбільш відповідальним та вирішальним процесом в усьому виробничому циклі починаючи від вилучення сировини з надр і закінчуючи виготовленням полірованої товарної продукції. Оскільки саме на цьому етапі якість подальшої продукції залежить від того у який спосіб здійснено видобування і якого рівня порушень мікроструктури зазнав камінь (наведення тріщинуватості). Вимоги, що висуваються промисловістю будівельних матеріалів регламентуються відповідним державним стандартом ДСТУ Б В.2.7-59-97. У відповідності до цих вимог блок облицювального каменю повинен мати відповідні правильні геометричні розміри та форму, не мати порушень мікроструктури яка виражається у тріщинах, що виходять на поверхню каменю. Такий блок вважається браком та значно втрачає свою вартість. Крім того блоки облицювального блочного каменю піддаються, у відповідності до державного стандарту, неруйнівному контролю на предмет наявності внутрішніх дефектів – сліпих тріщин. Досить значна кількість родовищ блочного облицювального каменю має такі дефекти які не дозволяють цю сировину віднести до товарної продукції. Існуюча методика вказує лише на наявність тріщин як таких, але не дає вичерпної інформації про просторове розташування тріщин. У випадках росту тріщин в таких блоках паралельно граням блоку такий блок доцільно та можливо використати у переробці з мінімальною кількістю втрат. Однак існуюча методика неруйнівного контролю не дозволяє виконати такі дослідження тому необхідність у її вдосконаленні очевидна.

Всі звукові та ультразвукові методи дослідження основані на фізичному явищі поширення пружних хвиль в гірських породах під дією звукових або ультразвукових коливань. Виникнення та поширення акустичних коливань в гірських породах проходить так само як і в будь-якому твердому тілі.

Макротріщини усередині блока визначають ультразвуковим тінювим часо-імпульсним методом. Метод заснований на вимірюванні часу t поширення акустичного імпульсу між випромінювачем і приймальним акустичним перетворювачем, які розміщені співвісно на протилежних гранях блока на відстані l один від одного (рис 1.). Наявність макротріщин, що перетинають вісь, на якій розміщені

перетворювачі, спричиняє збільшення часу t і зниження уявної швидкості C_k у порівнянні з еталонною C_0 , яка властива блокам без тріщин.

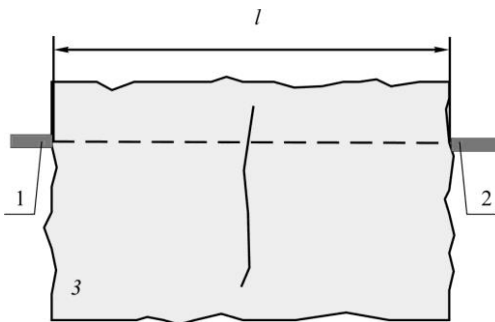


Рис. 1.Схема виконання вимірювань при ультразвуковому прозвучуванні блоку каменю:

1 – випромінювач, 2 – приймач, 3 – блок природного каменю.

Для досліджень ультразвуковий можна використовувати прилад УК-15П або інші ультразвукові імпульсні прилади для випробування неметалевих будівельних матеріалів, які забезпечують діапазон баз прозвучування блоків від 0,2 до 2,8 м на резонансній частоті акустичних перетворювачів не менше 60 кГц і вимірювання часу поширення акустичних імпульсів в діапазоні від 20 до 9999 мкс з основною похибкою не більше $\pm 1\%$.

На бокові грані блока крейдою наносять вимірювальну сітку з кроком

$$a = 0,2l_{сер}, \quad (1)$$

де $l_{сер}$ - середня відстань між боковими гранями, на які наноситься сітка, м.

При наявності видимих заколів в точках вимірювальної сітки їх відбивають молотком. Поверхню в точках вимірів очищають щіткою. За допомогою ультразвукового приладу у відповідності з його інструкцією з експлуатації визначають час поширення акустичного імпульсу t_i , між розміщеними на протилежних гранях одна проти одної точками вимірювальної сітки. За допомогою вимірювальної лінійки визначають відстань між цими точками з похибкою до 1 см.

За результатами вимірювань у кожній парі точок обчислюють уявну швидкість поширення акустичного імпульсу C_k в м/с:

$$C_k = \frac{l_i}{t_i}, \quad (2)$$

де l_i - відстань між розміщеними одна проти одної точками вимірювальної сітки, м; t_i - час поширення акустичного імпульсу між розміщеними одна проти одної точками вимірювальної сітки, с.

Якщо $C_k \leq K \cdot C_0$, то вважають, що вісь, яка з'єднує протилежні точки вимірювальної сітки, перетинають тріщини ($K=0,9$ - бракувальний коефіцієнт, C_0 - еталонна швидкість, яка відповідає блоку без тріщин).

C_0 визначають як середнє значення, що одержане за результатами вимірювань у двох взаємно перпендикулярних напрямках, проведених на десяти блоках, технологічні випробування (наступне розпилювання) яких показали відсутність тріщин усередині блоків.

При контролі якості на кар'єрі значення еталонної швидкості повинно уточнюватись за результатами ультразвукового прозвучування блоків і їх наступних технологічних випробувань кожен раз при переході до розробки від однієї різновидності гірської породи до іншої. Для особливо відповідальних споруд значення бракувального коефіцієнта допускається збільшувати до 0,95.

В залежності від родовища і орієнтації тріщин вибирають раціональну схему розпилювання блока, яка дозволяє зменшити об'єм втрат при розпилюванні і визначити галузь його використання.

Аналіз сучасного стану ультразвукових і звукових методів дослідження гірських порід показує, що вони мають досить широку перспективу подальшого розвитку і реалізації як в теоретичних дослідженнях, так і в практиці гірничої справи.

УДК 622.271

М.І. Бельтек, аспірант,
Євпак Н.А., студентка IV курс,
О.О. Фролов, д-р техн. наук, проф.,
*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

АНАЛІЗ ЗАКОРДОННИХ МЕТОДИК ОЦІНКИ МІЦНОСТІ ПОРІД В ГІРСЬКОМУ МАСИВІ

Для оцінки фактичної міцності гірського масиву в його природному стані вітчизняні науковці застосовують коефіцієнт структурного ослаблення масиву K_c , який вказує на скільки межа міцності порід на одноосьове стиснення в гірському масиві менше за межу міцності в зразку:

$$\sigma_m = K_c \sigma_{зр} , \quad (1)$$

де σ_m – межа міцності порід масиву на одноосьове стиснення, Па; $\sigma_{зр}$ –

межа міцності породи на одноосьове стиснення в зразку, Па.

Чисельне значення коефіцієнта структурного ослаблення в ідеальному гірському масиві без тріщин, анізотропії, кліважу та інших факторів, що негативно впливають на міцність, дорівнює одиниці 1. Однак, оскільки такого ідеального масиву в природі не існує, то значення K_c , завжди менші за 1 і залежно від умов межі його зміни становлять від 0,9 до 0,1 і менше.

Встановленням значень коефіцієнту структурного ослаблення гірського масиву на протязі десятиліть займалася велика кількість вчених. Були визначені фактори, що впливають на його чисельне значення, отримані емпіричні формули для розрахунку K_c , побудовані графічні залежності коефіцієнту структурного ослаблення від модуля тріщинуватості масиву та затверджена нормативна документація.

Однак за кордоном для характеристики міцності гірського масиву використовують дещо іншу показники. В США застосовується методика оцінки тріщинуватості масиву порід за показником якості породи RQD (Rock Quality Designation), який визначається з виразу

$$RQD = Z(\sum l_i / L), \quad (2)$$

де Z – величина виходу керна, %; $\sum l_i$ – сумарна довжини непорушених шматків керна, який має довжину не менше 10 см, см; L – довжина досліджуваного інтервалу свердловини.

Для порівняння середніх чисельних значень коефіцієнту структурного ослаблення K_c з методикою оцінки порід за показником якості породи RQD на одному графіку було суміщено їх залежності від модуля тріщинуватості W (рис.1).

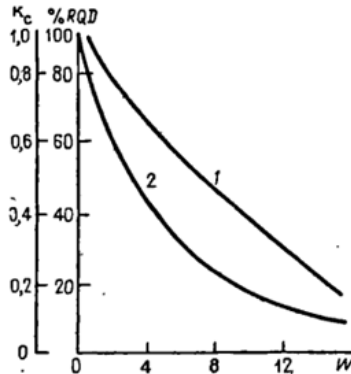


Рис. 1. Залежність показника RQD (1) і коефіцієнту структурного ослаблення K_c (2) від модуля тріщинуватості гірського масиву

Порівняння цих залежностей свідчить про те, що сутність RQD така сама, як і коефіцієнту структурного ослаблення K_c .

Також за кордоном є поширений критерій переходу від міцності зразка до міцності масиву за методикою Хоека-Брауна. В ній міцність на одноосьове стиснення порід в масиві визначається за формулою

$$\sigma_{ст.м} = \sigma_{ст.зр} s^a, \quad (3)$$

де $\sigma_{ст.зр}$ – межа міцності гірської породи на одноосьове стиснення в зразку; безрозмірні постійні величини для певного гірського масиву.

Як бачимо, параметр s^a в критерії Хоека-Брауна (див. формулу 3) враховує ступінь порушеності гірського масиву і зниження його міцності на стиснення та по своїй суті є аналогом K_c . Як зазначають науковці, методика Хоека-Брауна не має строгого теоретичного обґрунтування, базуючись на емпіричному підході.

Відомі також методи оцінки міцності порід масиву Діра та Хансаги, які дозволяють визначити аналог коефіцієнту структурного ослаблення на підставі врахування кількості зразків, значень діаметру і довжини керна. Однак в них відсутні аналітичні обґрунтування, що дозволяли б встановити реальний стан гірського масиву. За ними можна лише проводити якісну оцінку масиву гірських порід за рівнем їх порушеності.

УДК 622

Білобров Д.М., аспірант

Дубінчук Б.В., аспірант

Дубінчук Д.О., аспірант

Ковалевич Л.А., здобувач наукового ступеня

Державний університет «Житомирська політехніка»

ПАРАМЕТРИ, ЯКІ ВИЗНАЧАЮТЬ ЗАТРАТИ НА ЕКСПЛУАТАЦІЮ АВТОШИН САМОСКИДІВ

Оскільки умови експлуатації габаритних шин самоскидів сильно відрізняються від експлуатації звичайних шин, серед характеристик, що впливають на тривалість роботи шин, необхідно зазначити наступне:

- стан доріг на родовищі;
- технологічна якість автошин;
- правильність розміщення вантажу в кузові самоскида, що визначає ступінь навантаження на автошину;
- значення внутрішнього тиску повітря в автошині;
- якість обслуговування і ремонту автошин.

Процес експлуатації шин супроводжується значним виділенням теплоти, тоді як теплостійкість автошин береться за головний критерій їх експлуатаційних характеристик. Критичні температури процесу теплообміну становлять приблизно 120 °С для шин з тканинним каркасом, 95 °С для шин з каркасом із сталевих канатів та 105 °С для нейлонових шин.

Залежність терміну служби шини від величини внутрішнього тиску повітря в ній є лінійною. Тому велика увага приділяється контролю тиску в шинах на Омелянівському родовищі.

У цьому напрямку щодня після закінчення зміни цей тиск контролюється в кожній шині, а також для узгодження її температури, відповідно, з манометрами та термометрами, які пройшли метрологічні випробування.

Для регулювання тиску повітря в шинах безпосередньо в кар'єрі встановлена компресорна станція, яка забезпечує споживачів стисненим повітрям, що дозволяє водіям самоскидів закачувати повітря в шинах у будь-який час під час зміни.

Контроль за підтримкою номінального значення тиску в шинах із записом в спеціальному журналі та зі складанням акта здійснює механік в кар'єрі або майстер при проведенні технічного обслуговування самоскида. Особливо важливо виявити причину надлишкового тиску в шинах порівняно з номінальним. З них найбільш основними є перевантаження, перевищення швидкості, робота на великих відстанях або підвищення температури від дефектів шин.

Таким чином, лише одночасне вимірювання тиску та температури в шинах є об'єктивним засобом діагностики технічного стану шин. Ця система дозволяє збільшити термін служби шин на 15 % і зменшити завдяки цьому заходу експлуатаційні витрати на 3 %.

Ідея постачання самоскидів датчиками температури та тиску, які входять до системи управління, що дозволить прийняти управлінське рішення щодо зменшення швидкості або зменшення навантаження на самоскиди, або виконати це та інше.

Універсальною характеристикою експлуатаційних властивостей великих шин, що визначає ефективність їх використання, є продуктивність TCG (тонно-кілометрів за годину). Для розрахунку індексу TCG застосовується така формула:

$$TCG = Q_{cp} \cdot V_{cp}, \quad (1)$$

де Q_{cp} – середнє значення навантаження на шину, яке визначається як середнє арифметичне навантаження на шину, коли самоскид завантажений і порожній:

$$Q_{cp} = (Q_{зав} + Q_{пор}) / 2, \quad (2)$$

V_{cp} – середнє значення швидкості руху самоскида по маршруту транспортування корисної копалини:

$$V_{cp} = L \cdot n / t, \quad (3)$$

де L – відстань, яку проходить самоскид за один рейс, n – число рейсів за робочий день, t – загальна кількість роботи за робочий день.

Формула (1) дійсна при умові, якщо відстань за один рейс не перевищує 3,0 км та якщо навантаження на шину не перевищує її паспортної величини більше 15 %. Крім того, формула (1) показує, що насправді моніторинг роботи шин зводиться до вирішення двох задач: визначення навантаження самоскида та визначення середньої швидкості його руху.

Як показали дослідження, такі дії дозволяють запобігти розриванню шин, що прослужили свій термін експлуатації, або зменшити позапланове технічне обслуговування та, таким чином, підвищити готовність машин, оскільки, наприклад, може відбутися позапланова заміна шини самоскида до 8 годин.

Дані, отримані на Омелянівському родовищі, показали, що контроль максимального навантаження на шину дозволяють понизити експлуатаційні затрати на 5 %.

У розділі невеликі пошкодження шин (проколи та невеликі порізи) ліквідовуються холодною вулканізацією без зняття з колісної осі спеціальними вулканізаційними агентами. Встановлення та демонтаж великих коліс можна віднести до числа складних ремонтних операцій, що виконуються робітниками з певною кваліфікацією. Для механізації цього процесу використовується спеціальний гідравлічний знімач. Для зняття дуже важких коліс самоскидів використовуються спеціальні самохідні машини на колісному ході, оснащені маніпуляторами, що захоплюють колеса з двох сторін на поверхні кочення шини.

Б.В. Войтенко, магістрант 2-го курсу, групи РР-46м
В.І. Шамрай, к.т.н., доц.
*Факультет гірничої справи, природокористування
та будівництва*
Державний університет «Житомирська політехніка»

ОЦІНКА ЗМІНИ ОПТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПОВЕРХНІ ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ ПІСЛЯ ЇЇ ХІМІЧНОЇ ОБРОБКИ

Природний облицювальний камінь є однією з важливих складових світової економіки в галузі будівництва. 34,5% природного облицювального каменю використовується в облицюванні будівель. Інші сфери використання природного каменю - це монументальне будівництво, виробництво бруківки тощо. В Україні використання природного облицювального каменю вище, ніж у ЄС, через низьку собівартість його виробництва (коливається від 20 до 60 дол./м²). Виробництво облицювальної продукції забезпечується основними великими підприємствами проектною потужністю від 50 до 100 тис. м²/рік, зосередженими в логістичних центрах сировинної бази України.

Стандартні методи оцінки якості поверхні природного каменю засновані на використанні суб'єктивних методів: органолептичної оцінки кольору, структури та текстури. Однак широко застосовуються об'єктивні методи: цифрова обробка зображення для визначення структури та кольору, вимірювання блиску за допомогою вимірювального приладу. Ці методи є досить доступними і можуть бути використані підприємствами для точної характеристики показників якості природного каменю.

Природний облицювальний камінь характеризується мінливістю якісних показників при його видобутку. Встановити візуальну різницю між необробленими блоками з природного каменю з різними кольоровими тонами дуже важко. Зміна кольорових показників природного каменю характеризується різницею мінералогічного та хімічного складу каменю. Можна використовувати хімічні просочувальні засоби, а також різні механічні інструменти для шліфування та полірування природного каменю, щоб вирівняти колірний тон природного каменю.

Велика кількість комерційних торгових марок хімічних просочувальних засобів не інформує про хімічний склад цих продуктів і не описує наслідків взаємодії з певними мінералами та хімічними елементами, які можуть виникнути на обробленій поверхні каменю. В результаті такої обробки можуть виникнути корозійні процеси, які впливають на стійкість та декоративність природного каменю.

Використання інфрачервоного аналізу при дослідженні зразків, що обробляються по-різному, дозволяє уникнути неефективного використання хімічних просочувальних засобів для поверхневої обробки природного каменю. Також використання цього методу дає змогу охарактеризувати механізм дії певних видів хімічних просочувальних засобів, знайти вміст основних компонентів та отримати детальні рекомендації щодо їх використання для певних видів природного каменю. Однак основна проблема використання інфрачервоного аналізу поверхні природного каменю полягає у зниженні надійності отриманих даних, оскільки при вивченні природного каменю, що містить декілька основних утворюючих мінералів, отримано різні значення піків довжини хвилі, пов'язані з відповідним мінералом.

Інфрачервона спектроскопія може бути використана в роботі як характеристика взаємодії типу хімічної обробки з одним із мінералів, з яких складається гірська порода, оскільки при взаємодії з іншим характер дії може бути зовсім протилежним. Тому використання інфрачервоного аналізу типів природного каменю, які мають відмінності в кольоровому тоні, може виправдати використання відповідних хімічних просочувальних засобів для ефективною обробки поверхні природного каменю та для запобігання передчасного його руйнування.

Для того, щоб визначити вплив хімічної обробки на поверхні природного каменю, спочатку були визначені його початкові колірні показники, які змінюються в певних межах залежно від типу каменю. Наприклад, для Покостівського гранодіоріта (Grey Ukraine) світлість каменю знаходиться в межах від 44 до 53, а для Буківського габро (Galant) - в межах від 24 до 32. Аналогічно межі вихідних колірних показників (a) та (b) було визначено для поверхонь двох типів природного каменю. Після хімічної обробки колірні показники поверхні природного каменю змінюються залежно від початкових. Зміни колірних показників поверхні природного каменю визначалися залежно від початкових колірних показників та лінійних закономірностей колірних координат поверхонь Покостівського гранодіоріту (Grey Ukraine) та Буківського габро (Galant) після хімічної обробки (рис. 1).

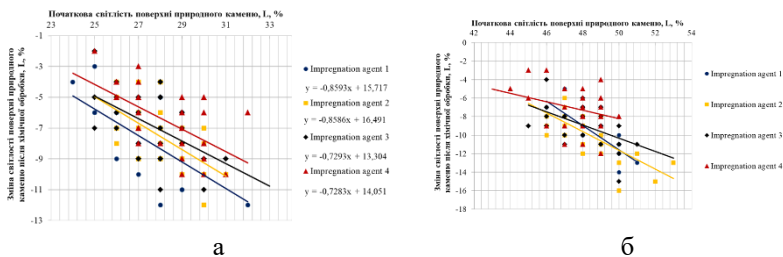


Рис. 1. Зміна середньої світлості (L – компонента кольорової системи Lab) поверхні природного каменю після хімічної обробки: а - Буківське габро (Galant); б - Покостівський гранодіорит (Grey Ukraine)

Відповідно до встановлених закономірностей можна визначити світлість поверхні природного каменю після хімічної обробки.

Наприклад, початкова світлість Покостівського гранодіориту (Grey Ukraine) становить 45, після обробки хімічним просочувальним засобом №4, згідно з лінійною закономірністю, зміна світлості становить -6. Таким чином, поверхня природного каменю, оброблена хімічним просочувальним засобом №4, буде мати світлість 39.

Встановлені лінійні закономірності показують, що зміна світлості поверхні Покостівського гранодіориту (Grey Ukraine) після хімічної обробки буде більшою (візуально більш помітною), ніж більша початкова величина. Таким чином відбувається потемніння поверхні каменю, зменшується світлість (-L).

Однак спосіб колірної сегментації не дозволяє оцінити нерівномірний вплив хімічної обробки на структурні елементи природного каменю з широким діапазоном кольорів, що є істотним недоліком цього способу. Тому в роботі використовується метод інфрачервоної спектроскопії, що дає змогу охарактеризувати ці структурні елементи та вплив хімічної обробки на поверхню каменю.

Інфрачервона спектроскопія в основному використовується для кількісного та якісного аналізу складу різних речовин. Існує безліч перешкод для поверхневого інфрачервоного аналізу, оскільки властивості та умови випробовуваних зразків повинні бути однаковими. Основною проблемою, що виникає при дослідженні поверхні зразків природного каменю, була неоднорідність його мінерально-хімічного складу, що розповсюджується на площу зразка. В результаті були отримані різні спектри, які важко було ідентифікувати без попередньо підготовлених контрольних зразків. Повний інфрачервоний спектр поверхні Покостівського гранодіориту (Grey Ukraine) та Буківського габро (Galant) показаний на рисунку 2.

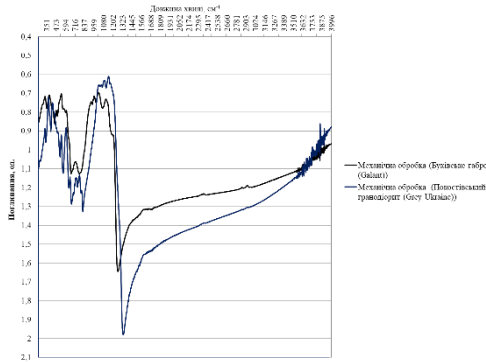


Рис. 2. Повний інфрачервоний спектр поверхні Покостівського гранодіориту (Grey Ukraine) та Буківського габро (Galant)

Як видно з рис. 2, Покостівський гранодіорит (Grey Ukraine) та Буківський габро (Galant) мають різні інфрачервоні спектри, що пояснюється різницею мінералогічного складу природного каменю. Також спектр Покостівського гранодіориту (Grey Ukraine) має більше піків, ніж у Буківського габро (Galant). Це тому, що в Покостівському гранодіориті (Grey Ukraine) є більше мінералів, ніж у Буківському габро (Galant). Так, Буківське габро (Galant) складається в основному з плагіоклазу та піроксену, а Покостівський гранодіорит (Grey Ukraine) складається в основному з мікрокліну, плагіоклазу, кварцу та біотиту. Також загальним є те, що ці породи знаходяться в межах однієї геологічної зони. Пороодоутворюючі мінерали цих порід мають загальну довжину хвилі. Оскільки ці породи мають один загальний мінерал - плагіоклаз, аналізуючи спектри двох типів каменю, виявлено однакові довжини хвиль, що належать до плагіоклазу (табл. 1).

Таблиця 1. Виділений спектр природного каменю, який відповідає загальному мінералу – плагіоклазу

| Вид каменю | Довжина хвилі, см ⁻¹ / Поглинання, од. | | | | | | | |
|--|---|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Покостівський гранодіорит (Grey Ukraine) | 1112 /0.67 | 1064 /0.66 | 1020 /0.65 | 771 /1.13 | 727 /1.14 | 603 /0.88 | 540 /0.92 | 428 /0.75 |
| Буківське габро (Galant) | 1110 /0.73 | 1066 /0.78 | 1016 /0.69 | 769 /1.12 | 721 /1.06 | 603 /0.79 | 540 /0.7 | 430 /0.78 |

А.Л. Ган, к.т.н., доцент

О.В. Ган, к.т.н., асистент

А.А. Лепешко, магістрант

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ СТАНЦІЇ МЕТРОПОЛІТЕНУ МІЛКОГО ЗАКЛАДАННЯ

Невід'ємною складовою частиною транспортного будівництва є спорудження тунелів різного призначення. На залізничних і автомобільних дорогах, тунелі споруджуються для подолання гірських перешкод та водних перетинів.

Будівництво тунелів і метрополітенів відноситься до найбільш складних галузей будівельного виробництва. Засоби виробництва підземних робіт відрізняються великим різноманіттям відповідно до різних природних умов. Роботи виконуються з використанням складних машин і механізмів, що потребують від інженерно-технічних робітників різнобічних знань та вміння швидко приймати вірні та відповідальні рішення.

В останній час у вітчизняному й закордонному тунелебудуванні вбачається явна тенденція до масового переходу до збірних обробок багат шарнірних систем, особливо попередньо обтиснутих в породу. Цей вид тунельних конструкцій відрізняється економічністю, індустріальністю і дозволяє широко використовувати збірний залізобетон в масштабі всієї галузі.

З іншого боку, особливості статичної роботи багат шарнірних обробок, обтиснутих в породу, потребують специфічного підходу до їх проектування та розрахунку.

В результаті геологорозвідувальних робіт було встановлено, що переріз майбутньої станції і підхідної виробки шахти на всьому своєму протязі вписується в товщу глини спондилової, напівтвердої і тугопластичної консистенції, з тонкими лінзами та прошарками сірого мілкового піску, місцями сильно тріщинуватої, водопроникненій по тріщинам та піщаним прошаркам. Переріз шахтного ствола перетинає насипні ґрунти, суглинки легкі і середні, суглинки пилуваті, супісок пилуватий пластичний, піски мілкі, пісок мілкий мергелистий маловологий, суглинок (наглинок), глину спондилову. Захисна товща глини достатня для спорудження станції без застосування спеціальних заходів робіт. Фізико-механічні характеристики і розрахункові параметри ґрунтів наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Фізико-механічні характеристики і розрахункові параметри ґрунтів

| № п/п | Найменування ґрунтів | Природна вологість W, частки од. | Питома вага, т/м ³ | Коефіцієнт фільтрації, м/добу |
|-------|---|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Насипний ґрунт неоднорідний | 0,18 | 1,70 | - |
| 2 | Пісок мілкий водонасичений | 0,26 | 1,90 | 5,0 |
| 3 | Суглинок з прошарками піску м'яко- та текучопластичний | 0,28 | 1,91 | 0,2 |
| 4 | Супісок з прошарками піску текучий | 0,27 | 1,88 | 0,5-1,0 |
| 5 | Суглинок пілуватий (наглинок) | 0,28 | 1,95 | 0,1 |
| 6 | Глина мергелиста м'яко-, тугопластична (глина спондилова) | 0,22 | 1,98 | 0,001 |

Продовження табл. 1

| № п/п | Кут внутрішнього тертя φ , град. | Сила зчеплення C , кг/см ² | Модуль деформації E , кг/см ² | Коефіцієнт міцності f по Протод'яконову | Індекс шару ґрунту по складності розробки |
|-------|--|---|--|---|---|
| 1 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | - | - | - | - | 26а |
| 2 | 30 | 1 | 18 | 0,4 | 29а |
| 3 | 18 | 23 | 15 | 0,4 | 35а |
| 4 | 19 | 10 | 9 | 0,4 | 36а |
| 5 | 17 | 40 | 18 | 0,8 | 35в |
| 6 | 14 | 80 | 25 | 1,0 | 8а |

Варіант 1. Всі внутрішні конструкції станції запроєктовані з урахуванням безперешкодного пропуску рухомого складу і розрахункового пасажиропотоку. Станція односклеписта з платформою острівного типу. Ширина платформи – 11,7 м, довжина – 102 м.

Несуча конструкція станції включає верхнє склепіння, опорні стіни, та зворотнє склепіння (рис.1).

Елементи конструкції виготовлені з бетону та залізобетону: верхнє склепіння збірнє залізобетоннє, стіни виконані з монолітного бетону, зворотнє склепіння збірнє залізобетоннє.

Ширина арок верхнього склепіння 0,75 м. Кількість елементів в арці 13 (включаючи замковий блок). Арки склепіння збираються без перев'язки швів. Величина радіусу кривизни верхнього склепіння $R_0=11,32$ м.

Замковий розпірний блок розташований в склепінні і включає два плоских гідравлічних домкрати (рис.1), в які нагнітається цементний розчин для обтискання склепіння.

Блоки склепіння, крім замкового, мають отвір для нагнітання за оправу, а також по два отвори діаметром 40 мм по осі блоку під центруючі шпильки. По зовнішньому контуру блоків передбачена карбункова канавка. Зворотне склепіння запроєктоване збірним. Зусилля обтиснення арок зворотного склепіння 100 – 120 тс. Величина кривизни зворотного склепіння $R_0=18,941$ м. Марка бетону блоків В35.

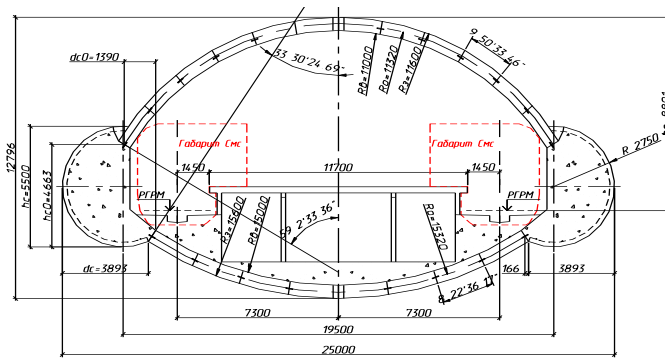


Рис.1. Конструкція станції (1й варіант)

Глуха торцева стіна станції виконана з монолітного залізобетону у вигляді плоскої конструкції. Для станції використовується армоцементний гідроізоляційний зонт, виконаний у вигляді трьохшарнірної арки.

Варіант 2. Всі внутрішні конструкції станції запроєктовані з урахуванням безперешкодного пропуску рухомого складу і розрахункового пасажиропотоку. Станція односклеписта з платформою острівного типу. Ширина платформи – 11,7 м, довжина – 102 м.

Несуча конструкція станції включає верхнє склепіння, опорні стіни та зворотнє склепіння (рис. 2).

Елементи конструкції виготовлені з бетону та залізобетону: верхнє склепіння збірнє залізобетоннє, стіни виконані з залізобетонних блоків, зворотнє склепіння збірнє залізобетоннє.

Оправа верхнього склепіння – багатошарнірна, обтиснута в ґрунт. Ширина арок верхнього склепіння 0,75 м. Кількість елементів в арці 13 (включаючи замковий блок). Арки склепіння збираються без перев'язки швів. Величина радіусу кривизни верхнього склепіння $R_0=13,070$ м.

Замковий розпірний блок розташований в склепінні і включає два плоских гідравлічних домкрати, в які нагнітається цементний розчин для обтискання склепіння.

Зворотне склепіння запроєктоване збірним. Зусилля обтискання арок зворотного склепіння 100 – 120 тс. Величина кривизни зворотного склепіння $R_0=18,941$ м. Марка бетону блоків В35. Глуха торцева стіна станції виконана з монолітного залізобетону у вигляді плоскої конструкції.

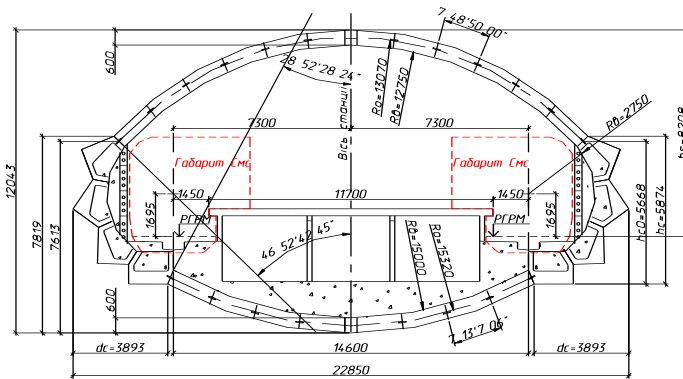


Рис. 2. Конструкція станції (2й варіант)

Для станції використовується армоцементний гідроізоляційний зонт, виконаний у вигляді трьохшарнірної арки.

Варіант 3. Всі внутрішні конструкції станції запроєктовані з урахуванням безперешкодного пропуску рухомого складу і розрахункового пасажиропотоку. Станція односклеписта з платформою острівного типу. Ширина платформи – 11,7 м, довжина – 102 м.

Несуча конструкція станції включає верхнє склепіння, опорні стіни та зворотнє склепіння (рис. 3).

Елементи конструкції виготовлені з бетону та залізобетону: верхнє склепіння збірнє залізобетоннє, стіни виконані з залізобетонних блоків, зворотнє склепіння збірнє залізобетоннє.

Оправа верхнього склепіння – багатошарнірна, обтиснута в ґрунт. Ширина арок верхнього склепіння 0,75 м. Кількість елементів в арці 13 (включаючи замковий блок). Арки склепіння збираються без перев'язки швів. Величина радіусу кривизни верхнього склепіння $R_0=13,761$ м.

Блоки склепіння, крім замкового, мають отвір для нагнітання за оправу, а також по два отвори діаметром 40 мм по осі блоку під центруючі шпильки. По зовнішньому контуру блоків передбачена карбункова канавка. Опорні стіни станції виконані у вигляді збірних залізобетонних блоків. Марка бетону блоків В45.

Частина оправи опорних тунелів ($D=8,5$ м), що демонтується запроектована інвентарною, з роз'ємним замковим елементом, що полегшує розбирання кільця.

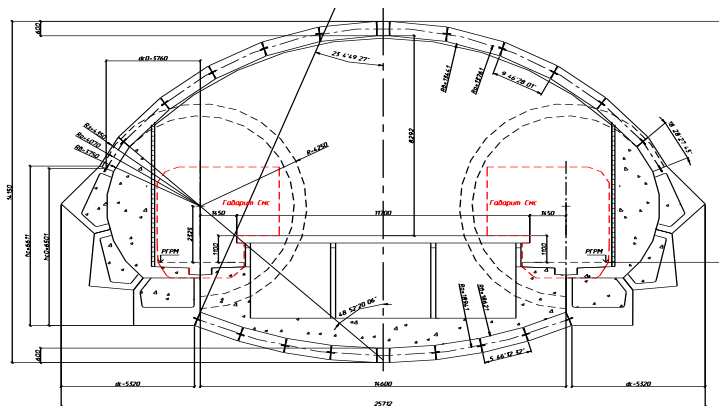


Рис. 3. Конструкція станції

Зворотне склепіння запроектоване збірним. Зусилля обтискання арок зворотного склепіння 100-120 тс. Величина кривизни зворотного склепіння $R_0=18,941$ м. Марка бетону блоків В35.

Техніко-економічне порівняння варіантів конструкції обробки станції метрополітену доцільно проводити у вигляді таблиці (табл. 2).

Таблиця 2

Об'єми основних будівельно-монтажних робіт по спорудженню станції по варіантам (на 0,75 п.м.)

| № п/п | Найменування | Одиниця виміру | Об'єм | | |
|-------|---|----------------|------------|------------|------------|
| | | | Варіант №1 | Варіант №2 | Варіант №3 |
| 1 | Монолітний бетон В25 | м ³ | 24,5 | ←← | ←← |
| 2 | Збірний залізобетон гладких блоків В35 | м ³ | 13,9 | 12,2 | 13,3 |
| 3 | Збірний залізобетон ребристих блоків В45 | м ³ | ←← | 4,7 | 5,75 |
| 4 | Розробка породи відбійними молотками ($f=1$) | м ³ | 54,0 | 68,3 | 126,6 |
| 5 | Розробка породи ($f=1$) при проходці механізованим комплексом | м ³ | 35,6 | ←← | ←← |
| 6 | Розробка породи екскаватором ($f=1$) | м ³ | 73,8 | 81,0 | 65,0 |

Таблиця 3

Вартість основних будівельно-монтажних робіт по спорудженню станції

| Найменування | Вартість, USD/м ³ |
|---|---------------------------------|
| Монолітний бетон В25 | 30 |
| Збірний залізобетон гладких блоків В35 | 180 |
| Збірний залізобетон ребристих блоків В45 | 220 |
| Розробка породи (f=1) відбійними молотками | 20 |
| Розробка породи при прохідці механізованим комплексом (f=1) | 15 |
| Розробка породи екскаватором (f=1) | 12 |

Таблиця 4

Вартість основних будівельно-монтажних робіт по спорудженню станції по варіантам (на 0,75 п.м.)

| Найменування | Одиниці виміру | Вартість | | |
|---|----------------|------------|------------|------------|
| | | Варіант №1 | Варіант №2 | Варіант №3 |
| Монолітний бетон В25 | USD | 735,0 | -«- | -«- |
| Збірний залізобетон гладких блоків В35 | -«- | 2502,0 | 2196,0 | 2394,0 |
| Збірний залізобетон ребристих блоків В45 | -«- | -«- | 1034,0 | 1177,0 |
| Розробка породи (f=1) відбійними молотками | -«- | 1080,0 | 1366,0 | 2532,0 |
| Розробка породи (f=1) при прохідці механізованим комплексом | -«- | 534,0 | -«- | -«- |
| Розробка породи (f=1) екскаватором | -«- | 885,6 | 972,0 | 780 |
| Усього вартість | USD | 5736,6 | 5568,0 | 6883,0 |

В економічному відношенні вартість 1 м² поперечного перерізу станції становить:

- перший варіант – 26,2 USD;
- другий варіант – 21,0 USD;
- третій варіант – 26,5 USD.

На підставі техніко-економічного аналізу варіантів за укрупненими показниками, що подані в таблицях 2, 3, 4, прийнято за рекомендований варіант 3.

В порівнянні з першим варіантом – досить низькі витрати монолітного бетону, не виникає необхідності відхилитися від плану траси при спорудженні опорних тунелів і відповідно перебирати кільця оправи.

Конструктивні особливості третього варіанту припускають можливість пропуску механізованого прохідницького комплексу в порівнянні з першим і другим варіантами.

УДК 622.1:622.83+622.35

А. ГВОЗДЬ, PhD студент,

А. ПАНАСЮК, к.т.н, доцент

Державний університет «Житомирська політехніка»

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ БЛОКІВ, ЩО ВІДОКРЕМЛЮЮТЬСЯ ВІД ЯКОСТІ БУРОВИХ РОБІТ

Збереження його фізико-механічних властивостей і декоративності, отримання блоків визначеної форми і розмірів, обумовлюють особливості ведення видобувних робіт.

Всі способи, які використовуються для підготовки каменю до виймання, можна розділити на тріщиноутворювальні, щілиноутворювальні, фізико-технічні та комбіновані, найбільш поширеними, з яких є тріщиноутворювальні та щілиноутворювальні.

У технології видобування блочного каменю в процесі відокремлення його від масиву застосовують шпурові методи відколу. Суть яких полягає у бурінні рівної стрічки шпурів, які мають бути розташовані в одній площині. Прикладенням зусиль розриву на стінки цих шпурів різними методами забезпечується відокремлення порід розколом. На практиці при бурінні шпурів з причини викривлення горизонтальні проекції устя та дна шпурів зазвичай не співпадають. Інколи викривлення призводить до перетину сусідніх шпурів на середині довжини або біля його дна. Такий стан справ призводить до утворення значних нерівностей граней блоків при відколі, що при подальших операціях обробки спричиняє значні втрати каменю. Нерівномірне взаємне положення шпурів біля їх дна призводить до нерівномірної концентрації полів напруження на розрив, що значно погіршує умови рівного відколу блоку та часто призводить до утворення діагональних сколів.

Критерієм для визначення максимально допустимих значень відхилення шпура в стрічці від вертикалі є умова виключення перетину його з сусідніми шпурами. Слід зазначити, що такий граничний критерій є справедливим у випадку збігу осі шпура з площиною стрічки шпурів (наміченої лінії відколу). У разі відмінності азимутального кута осі шпура та лінії стрічки шпурів максимальні значення кута відхилення будуть

визначатися додатковими геомеханічним розрахунками процесу відколу каменю.



Рис. 1. Блок, відокремлений буроклиновим способом

Методика розрахунку руйнування каменю шпуровими методами полягає у визначенні необхідної відстані між шпурами в ряду по лінії відколу при заданих діаметрах шпурів та створюваних зусиллях відколу каменю.

Якість відокремлення каменю від масиву (рівність відокремлених площин блоку та їх взаємна перпендикулярність) залежить від питомої площини відколу, тобто відношення площини, утвореної стрічкою шпурів до загальної площини відокремлення.

При бурінні стрічки шпурів для відколювання необхідно враховувати, окрім основних рівнянь плоскої теорії пружності, також і площину перекриття шпура від ідеального його місця розташування, тобто коли шпур немає відхилення ні в азимутальному напрямку (дирекційний кут α), ні в круговому напрямку (вертикальний ку φ).

Аналітична залежність для визначення питомої площі відколу на один закладений клин при бурогідроклиновому способі відокремлення блоків має наступний вигляд:

$$S_o = k_a \cdot \left(1 + \frac{P \cdot U}{\sigma_p \cdot r_z} \right), \text{ м}^2,$$

де k_a – коефіцієнт, що враховує анізотропні властивості породи (для вивержених порід $k_a = 0,2-1,0$). Так при розколюванні каменю по напрямку найкращого поділу $k_a = 1,0$, а по напрямку $\pi/2, 3\pi/2$, для лабрадориту $k_a = 0,6$, габро-нориту $k_a = 0,2$, граніту $k_a = 0,4$; P – тиск в системі, Па; r_z – крок встановлення гідроклинів, м; σ_p – межа міцності граніту на розтяг, кг/см²; U – питома величина послаблення площини розколювання шпурами перфораторного буріння, яка залежить від розташування шпурів в площині відколу:

$$U = \frac{z d_{un}}{S} = \frac{z d_{un}}{ah},$$

де z – сумарна довжина шпурів, пробурених у площині розколювання, м; d_{un} – діаметр шпура, м; S – площа відколу блоків довжиною a і висотою h , м².

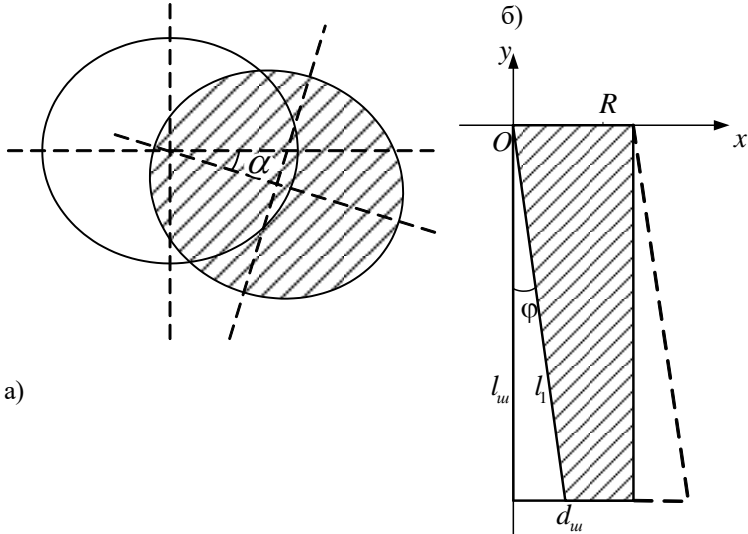


Рис. 2. Схема відхилення шпура від заданого напрямку

Значення z визначають із залежності:

$$z = (l_{un.z} n_{un.z} + l_{un.n} n_{un.n}) k_n = \left(\frac{a}{r_z} - 1 + k_n \left(\frac{a}{r_n} - 1 \right) \right) h k_n,$$

де $l_{un.z}$, $l_{un.n}$ – довжина шпурів під встановлення гідроклинів ($l_{un.z} = h$) та послаблюючих шпурів ($l_{un.n} = k_n h$), м; $n_{un.z}$, $n_{un.n}$ – кількість шпурів відповідно під встановлення гідроклинів та послаблюючих шпурів; k_n – коефіцієнт нерівномірності буріння ($k_n = 0,9$); r_n – крок буріння послаблюючих шпурів, м; k_n – коефіцієнт зменшення довжини послаблюючих шпурів ($k_n = 0-1$).

Скоротивши вищенаведені вирази, враховуючи, що відокремлення виконується в вертикальній площині відколу гранітних блоків довжиною a і висотою h при $l_{un.z} = h$ і $l_{un.n} = h/3$, отримаємо наступну залежність:

$$S_o = k_a \cdot \left(1 + \frac{P \cdot (3r_n + r_z - 4r_z r_n) \cdot k_n \cdot d_{un}}{3\sigma_p \cdot r_z^2 \cdot r_n} \right).$$

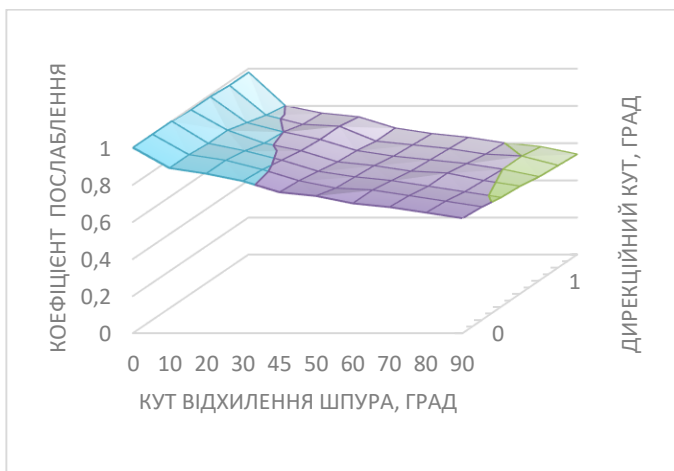


Рис. 3. Зміна коефіцієнту послаблення масиву

Реальна площа перекриття шпура може бути описана функцією наступного вигляду:

$$S_{ш} = f(l_{ш}; d_{ш}; \alpha; \varphi)$$

Коефіцієнт послаблення лінії відколу відповідно становитиме:

$$K_{неп} = \frac{S_l}{S_{ш}}$$

В загальному реальна площа перекриття шпурів становитиме

$$S_{ш} = \int_0^3 \int_0^{90} f(l_{ш}; d; \varphi) d\varphi d\alpha$$

Були встановленні експериментальні значення послаблення монолітності масиву по лінії відколювання шпурів. В результаті чого були визначенні значення коефіцієнту послаблення для різних значень дирекційного кута та вертикального кута відхилення, графічне зображення даної залежності наведено на рис. 3.

Таким чином, значення питомої площини відколу при підготовці моноліту до видобування буде мати менше значення, ніж розрахункове, що вплине на параметри відколу блоку. Тому таку величину загального показнику якості буріння можна приймати як критерій ефективності при відокремленні монолітів від масиву.

М.В. Дзьоба, аспірант
Л.І. Бесарабець, к.т.н., доц.
О.О. Фролов, д-р техн. наук, проф.,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОВЗАЮЧИХ З'ЇЗДІВ ПРИ РОЗРОБЦІ РОДОВИЩ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

При проектуванні та подальшій розробці кар'єрів будівельних матеріалів з видобутку м'яких корисних копалин однією із головних задач є вибір ефективного способу розкриття робочих горизонтів. Від правильності такого вибору залежить об'єм гірничо-будівельних робіт зі спорудження розкривних траншей і подальші основні виробничі показники інших процесів гірничих робіт на розкритих горизонтах. Аналіз наукових досліджень та виробничий досвід показує, що при переході гірничих робіт на більшу глибину для розкриття нових горизонтів, у більшості випадків, застосовують ковзаючі з'їзди. Особливо, вони отримали широке застосування при розробці пластових родовищ. Також ковзаючі ефективно можуть бути застосовані і на кар'єрах, де корисна копалина має інші форми.

Ковзаючі з'їзди є тимчасовими розкриваючими виробками, тому борти похилих траншей з розвитком гірничих робіт підлягають розробці, а транспортні шляхи, тобто з'їзди, які розміщені на робочому борту кар'єра, пересуваються разом з його переміщенням. Розкриття нових горизонтів ковзаючими з'їздами забезпечує швидке введення їх в експлуатацію та зменшує капітальні витрати при розкритті і при експлуатації родовища (рис. 1).

Характерною особливістю ковзаючих з'їздів є поділ робочого уступу на дві частини вздовж фронту робіт, тобто уступ розсікається на два підступи з утворенням між ними похилої площини з'їзду. Похила площина з'їзду утворюється випередженням верхньої частини по відношенню до нижньої на відстань, яка дорівнює ширині робочого майданчику. Висота кожного підступу може змінюватися вздовж фронту гірничих робіт на горизонті від нуля до висоти уступу робочого горизонту.

Основною перевагою ковзаючих з'їздів є те, що при їхньому використанні не треба попередньо визначати точне положення кінцевих контурів кар'єра.

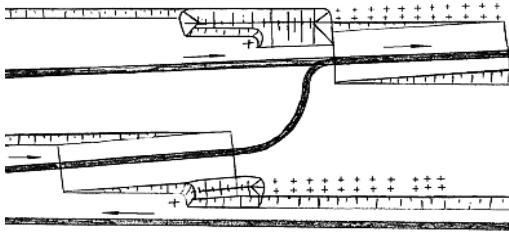


Рис. 1. Розкриття робочих горизонтів кар'єру ковзаючими з'їздами

До недоліків застосування ковзаючих з'їздів слід віднести те, що у випадку проведення буропідричних робіт на горизонті, який поділений з'їздом, об'єм буріння свердловин збільшується у 3,5...4,0 рази в порівнянні з горизонтом, який не має ковзаючого з'їзду. Також до недоліків при застосуванні ковзаючих з'їздів належить зменшення продуктивності виймально-навантажувального обладнання через неповне наповнення ковша та необхідності повторних черпань. При застосуванні ковзаючих з'їздів в кар'єрах м'яких будівельних матеріалів виникає потреба у їх додатковому підсиленні та влаштуванні, оскільки автомобільний транспорт буде не в змозі пересуватися по сипучому матеріалу.

Економічна доцільність використання ковзаючих з'їздів повинна підтверджуватися розрахунками на підставі підрахунку об'ємів гірничих робіт і вартості їх виконання. Такі розрахунки повинні обов'язково містити витрати на матеріальні ресурси та виконані об'єми гірничих робіт по кожному виробничому процесу.

При застосуванні ковзаючих з'їздів на кар'єрах з автомобільним транспортом слід відзначити наступне:

- ковзаючі з'їзди раціональні при будь-яких випадках застосування їх при автотранспорті;
- ковзаючі з'їзди при використанні автотранспорту забезпечують високу швидкість заглиблення робіт та необхідну інтенсивність розробки родовища.

Таким чином, щоб прискорити введення в експлуатацію кар'єру з видобутку будівельної сировини, застосування ковзаючих з'їздів при певних гірничотехнічних умовах є доцільним та дозволить значно зменшити витрати при розкритті родовища. Однак в подальшому необхідно виконувати певні організаційно-технічні підсилюючі заходи з можливості використання ковзаючих з'їздів.

ОЦІНКА ЗМІНИ КОЛІРНИХ ПОКАЗНИКІВ ПОВЕРХНІ ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ ПІСЛЯ ЇЇ ХІМІЧНОЇ ОБРОБКИ

Природний облицювальний камінь привертає увагу споживачів, незважаючи на те, що в епоху високих технологій ринок будівельних матеріалів насичений значною кількістю штучних замінників. Перевагою природного каменю є те, що геологічні умови, в яких він формувався, надали йому комплекс унікальних фізичних, технічних і декоративних властивостей. На території України зосереджено значні запаси природного декоративного та облицювального каменю, які складають понад 500 млн. м³. На сьогоднішній день в нашій країні розвідано і вивчено близько 300 родовищ і проявів природного облицювального каменю, з них приблизно 164 експлуатуються постійно або тимчасово і з яких в основному видобуваються блоки гірських порід, що піддаються поліруванню: граніти, лабрадорити, габро та інші. Нині загальний обсяг видобутку блоків природного каменю в Україні становить близько 60–65%, переважно це блоки з високоміцних порід. В Україні видобутком і обробкою природного облицювального каменю займається близько 800 підприємств різних форм власності, які щорічно видобувають понад 150 тис. м³ блоків і виробляють приблизно 2-2,5 млн. м³ облицювальних плит і виробів з каменю.

Декоративність каменю в поєднанні з експлуатаційними характеристиками якості є властивістю, що визначає цінність каменю, тобто цінність природного каменю, на основі якої можна визначити межі його раціонального використання. Для визначення декоративних властивостей велике значення має стійкість кольору каменю, але вона може сильно варіюватися. При облицюванні природним каменем можуть спостерігатися відмінності в колірному тоні різних зразків, що обумовлено мінералогічним і хімічним складом каменю. Тому, при облицюванні ним будівель, особливо коли такі роботи мають велику площу, виникає проблема підбору однотонних плит. При реставрації пам'яток і об'єктів архітектури з природного каменю виникають значні проблеми з вибором природного каменю. Проблема в тому, що більшість родовищ, з яких брали природний камінь, або припинили своє існування, або почали розробляти інші горизонти природного каменю, декоративні показники яких істотно відрізняються. Варто також пам'ятати, що при тривалому використанні виробів з натурального каменю під впливом агресивних факторів навколишнього середовища

поверхня каменю поступово втрачає свої початкові декоративні властивості. Для підвищення декоративних показників, а також для їх корекції можна використовувати хімічні засоби, яких на даний момент є великий вибір. Підвищення або зниження різних показників декоративності потребує аналізу, визначення та вибору відповідного хімічного засобу.

Тому, в роботі було досліджено зміну світлості та насиченості поверхні зразків природного каменю після хімічної обробки. При цьому, для хімічної обробки використовували такі засоби:

1. Засіб №1 (рН = 5,36) – це засіб на основі лаку, який надає поверхні ефект мокрого каменю та використовується для обробки поверхні всіх видів природного каменю для захисту його від вологи, масла, жиру для поліпшення кольору;

2. Засіб №2 (рН = 3,98) — прозорий кристалізатор на основі розчину силікату з воском, який використовується для поліпшення блиску та насиченості кольору всіх видів природного облицювального каменю;

3. Засіб №3 (рН = 9,12) – чорний кристалізатор для виробів з природного каменю (чорні відтінки) граніту, габро, лабрадориту. Засіб глибоко проникає і закриває пори, мікротріщини, захищаючи камінь від пошкоджень. Підсилює і збагачує колір каменю і надає каменю ніжний блиск;

4. Засіб №4 (рН = 7,45) - кристалізатор червоного кольору, на основі розчину силікатів з червоними пігментами для виробів з природного каменю (червоні відтінки). Використовується для насиченості кольорів, підкреслення фактури і збільшення блиску каменю.

Дослідження проводили на шліфованих зразках каменю з різних видів природного облицювального каменю розміром 200x200x20, а саме: Покостівський гранодіорит (Grey Ukraine), Буківське габро (Galant), Головинський лабрадорит (Black Sea), Межирічинський граніт (Rosso Pink), Капустинський граніт (Rosso Santiago), Жодківський граніт (Rosa Raveno), Лезниківський граніт (Ukrainian Red).

Результати дослідження зміни показників світлості та насиченості поверхні природного каменю після хімічної обробки показано на рис. 1, 2.

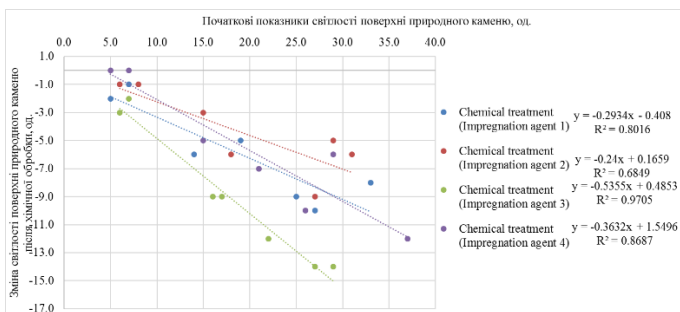


Рис. 1. Зміна значень світлості поверхні природного каменю після обробки хімічними просочувальними засобами

Відповідно до рис. 1, після нанесення засобу на поверхню зразків спостерігається результат зменшення світлості, що відповідає від'ємним значенням за шкалою Y. Найбільше зниження легкості демонструють зразки з великою початковою легкістю поверхні. Наприклад, якщо початкова світлість поверхні природного каменю становить 22 одиниць, а зміна світлості після обробки хімічним засобом -12, то світлість поверхні зразка становитиме $22 - 12 = 10$ одиниць (рис. 6, в; точка $x=22$; $y=-12$).

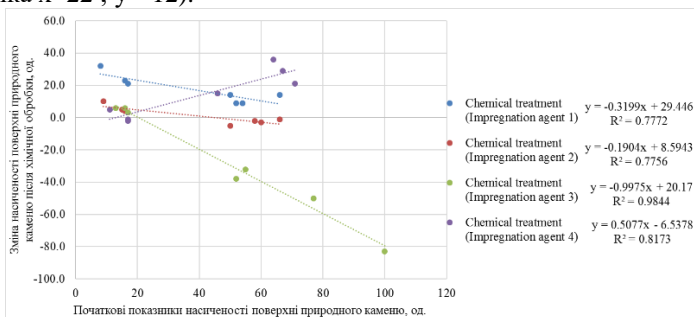


Рис. 2. Зміна значень насиченості поверхні природного каменю після обробки хімічними просочувальними засобами

З рис. 2 видно, що засіб № 3 зменшує насиченість природного каменю через наявність чорних домішок, які забарвлюють камінь. Відповідно, його використання не рекомендується для порід світлого забарвлення і порід з хроматичним забарвленням, але його можна використовувати для порід, які мають забарвлення, близьке до чорного. Засоби 1, 2, 4, підвищують насиченість натурального каменю, і рекомендовані до використання для більшості видів натурального каменю. Як і при визначенні світлості, насиченість природного каменю

після відповідної хімічної обробки можна визначити відповідно до встановлених закономірностей, показаних на рис. 2.

УДК 622

Качуровський М.В., аспірант

Соколовський В.О., аспірант

Лебля М.В., аспірант

В.В. Коробійчук, д.т.н., проф.

Державний університет «Житомирська політехніка»

ФОРМИ РОЗВАЛУ НЕГАБАРИТУ ПІД ЧАС ВІДПРАЦЮВАННЯ ВЗІРВАНОЇ ГІРСЬКОЇ МАСИ

Форма розвалу підірваної гірничої маси має великий вплив на роботу екскаватора, на роботу транспорту, на збереження комунікацій, на подальші процеси, які пов'язані зі складуванням та подрібненням негабариту та інші виробничі процеси. Параметри розвалу характеризуються довжиною, висотою, формою.

Розглянемо як буде впливати технологія відпрацювання розвалу гірської маси екскаватором ЕКГ-5 на утворення розвалу. Відпрацювання вибою можливе торцевим вибоєм (рис. 1) з вузькими заходками $A = (0,5 \div 1)R_{ч,у}$, м.

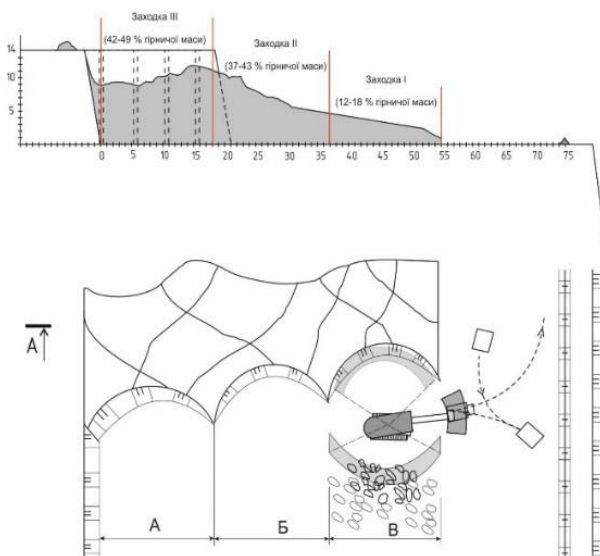


Рис 1. Торцева схема відпрацювання розвалу гірської породи

Вузькі заходки використовують для автомобільного транспорту, вони забезпечують малу тривалість циклу роботи мехлопати у вибої через зменшення кута повороту екскаватора, разом з тим збільшують кількість заходок, якими відпрацьовує екскаватор розвал гірської породи. Типова форма розвалу гірської породи та його орієнтовні розміри, яка утворюється показано, на розрізі А-А зображена на рис. 1.

Результати аналізу гранскладу підірваної гірничої маси представлені в табл. 1. Паралельно з фотогранулометричним методом проводився кількісний аналіз виходу негабариту. Результати цього аналізу показують, що вихід негабариту коливається з 10 % до 13 %.

Середня ширина розвалу гірської породи складає 55–65 м. Орієнтовна форма розвалу показана на рис. 1.

Залежно від ширини торцевого вибою розвал породи може відпрацьовуватися від двох до чотирьох заходок. В середньому розвал гірської породи відпрацьовується за 3 заходки, які показані на рис. 1. Як видно зі схеми в кожній заходці знаходиться неоднаковий об'єм породи, найменша кількість розпушеної породи припадає на першу заходку 12–18 %. На інші дві заходки припадає приблизно однакова кількість гірської породи (37–43 % та 42–49 %). Тому ширина розвалу негабаритних шматків, які розкладені в один шар буде коливатися в межах, які показано на рис. 2.

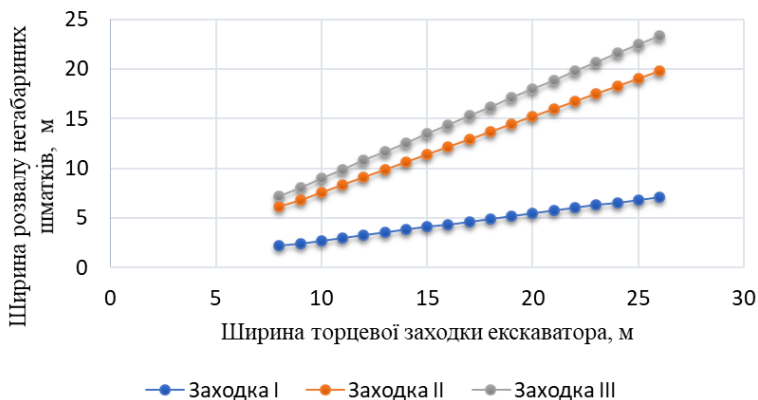


Рис. 2. Залежність ширини розвалу гірської породи від ширини заходки екскаватора та положення цієї заходки

Кірейцева Г.В., к.е.н., доцент кафедри екології та природоохоронних технологій
Палій О.В., аспірант кафедри екології та природоохоронних технологій

Кірейцев В.О., магістр 1-го курсу
Державний університет «Житомирська політехніка»

ХАРАКТЕРИСТИКА ВІДХОДІВ, ОТРИМАНИХ ВНАСЛІДОК ВИДОБУВАННЯ БЛОЧНОЇ СИРОВИНИ

Особливе місце в мінерально-сировинному потенціалі Житомирської області займають поклади гранітів, габро, лабрадоритів. Це високоякісна сировина, що характеризується міцністю на стиск 100-300 МПа/см², високою зносо- і морозостійкістю, і є мінерально-сировинною базою для підприємств по видобутку та виробництву декоративно-облицювального каменю та виробів з нього. Розвідані запаси різновидів облицювального каменю складають 60 % від загальноукраїнських, а запаси лабрадоритів і габро становлять майже 90 % запасів цих корисних копалин в Україні. Щодо їх запасів, регіон займає лідируючі позиції не тільки в державі, але й у Європі. Для видобутку цих видів матеріалів використовуються блочний, відкритий, кар'єрний способи видобутку та такі види робіт, як буріння, вибухові роботи, різання. Ці операції призводять до утворення великої кількості відходів у вигляді пилу, валунів та кам'яної крихти. Відходи, що утворюються в каменеобробній промисловості, становлять приблизно 58% від загального обсягу продукції кар'єру. Ці процеси є вкрай нестійкими. Крім того, неконсолідовані відходи становлять ризик падіння під час подальшої експлуатації кар'єру.

Одним з істотних факторів, що визначають рентабельність видобутку каменю, є кількість матеріалів, що втрачаються в процесі видобутку. Згідно зі статистичними даними, опублікованими у 2020 році країнами, де активно розвивається індустрія виробництва каменю, загальна кількість матеріалу, що щорічно видобувається з кар'єрів з видобутку каменю, становить близько 316 млн. тон. Близько 161,5 млн тон стають кар'єрними відходами. З решти 154,5 млн тон, що транспортуються на каменеобробні заводи, близько 63,35 млн тон перетворюються на відходи під час переробки, а це означає, що лише 91,15 млн тон перетворюється на кінцевий продукт. На рисунку 1 наведено обсяги продукції та відходів, що утворюються на різних етапах виробництва блочної сировини.

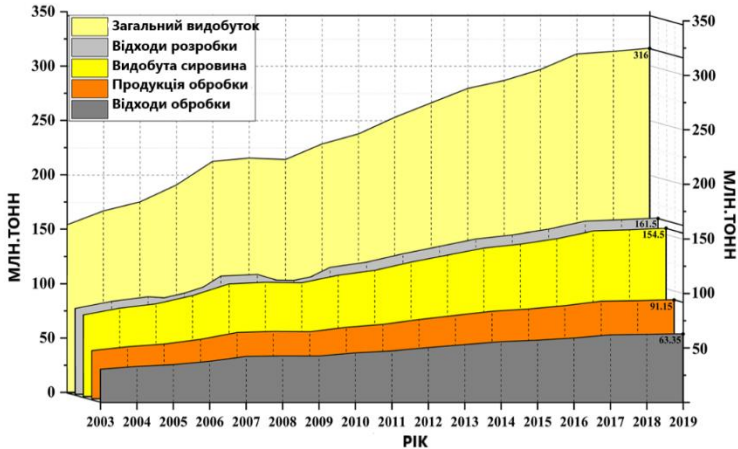


Рис. 1. Обсяги продукції та відходів, що утворюються на різних етапах виробництва блочної сировини

Примітним моментом у цій статистиці є те, що загальний обсяг виробництва матеріалів з кар'єрів з видобутку габаритного каміння склав близько 316 млн тон, з яких 161,5 млн тон - відходи кар'єрів, а 154,5 млн тон - продукція, що надходить на заводи з переробки габаритного каміння.

Отже, відповідно до концепції сталого розвитку та сучасним вимогам щодо управління відходами, основним завданням гірничо-видобувної галузі є повторне використання, рециклінг відходів, кількість яких становить 55 % від видобутої сировини. Ряд досліджень показують, що відходи кар'єрів можуть бути використані як будівельні матеріали.

УДК 550.42:553.98

Є.С. Козій, канд. геол. наук, директор

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

ЗВ'ЯЗОК ПОТУЖНОСТІ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ ІЗ ВМІСТОМ ГЕРМАНІЇ НА ПРИКЛАДІ ПЛАСТА С₈^H ПОЛЯ ШАХТИ «ДНІПРОВСЬКА»

Дана робота присвячена результатам досліджень впливу потужності вугільного пласта с₈^H шахти Дніпровська на вміст германію та розробці об'єктивної типізації ділянок вугільного пласта різної потужності за концентраціями цього елемента. Розробка природної типізації ділянок вугільного пласта різної потужності за концентраціями германію є актуальним науковим завданням, що створить можливість визначення їх

геохімічних особливостей та еколого-економічних наслідків надрокористування. На полі шахти «Дніпровська» концентрація германію у вугіллі пласта с^н за даними 370 аналізів варіює в межах від 0,14 г/т до 23,63 г/т, при середньому значенні $8,34 \pm 0,26$ г/т, медіані 6,79 г/т, моді 7,69 г/т, стандартному відхиленні 5,04, дисперсії вибірки 25,38, ексцесу вибірки 0,23, асиметричності вибірки 0,97. Потужність пласта на ділянках відбору проб змінюється від 0,06 м до 1,00 м, середнє значення дорівнює $0,66 \pm 0,01$ м, медіана 0,7 м, модальне значення 0,7 м, стандартне відхилення 0,16, дисперсія 0,02, ексцес 0,55, асиметричність – 0,69.

Раніше у роботах [1-18] було розглянуто елементи домішки у вугіллі та нафті родовищ Донбасу та обгрунтовано використання одного із методів кластерного аналізу – зваженого центроїдного медіанного методу для розробки природної класифікації (або типізації) родовищ нафти і вугільних пластів за вмістом елементів-домішок, а також окремих ділянок вугільних пластів за концентрацією германію. В результаті виконання кластерного аналізу зазначеним методом було побудовано дендрограму кластеризації, яку наведено на рис. 1.

Аналіз дендрограми результатів кластеризації дозволяє, використовуючи якісні оцінки, всі основні кластери з концентрації германію поділити на 7 типів:

1) кластер 1.1.1.1. сформоване ділянками з аномально низькими вмістами германію потужністю більше 0,75 м. До цього кластеру відносяться приватні вибірки 8, 9, 10. Медіанне значення нормованих концентрацій германію 0,15, що відповідає 3,67 г/т;

2) кластер 1.1.1.2 з низькими концентраціями містить тільки 7 приватну вибірку, що об'єднує ділянки вугільного пласта потужністю 0,70 – 0,75 м. Медіанна величина нормованих концентрацій германію 0,22, що становить 5,25 г/т;

3) кластер 1.1.2 із вмістами нижче середнього вміщує два підкластера 1.1.2.1 та 1.1.2.2 сформовані відповідно ділянками пласта потужністю 0,60 – 0,65 і 0,65 – 0,70 м. У середньому за кластером медіанне значення нормованих концентрацій германію 0,30, що відповідає 7,11 г/т;

4) кластер 1.2.1.1 сформований тільки 4 приватною вибіркою, що об'єднує ділянки пласта потужністю 0,55 – 0,60 м, з середніми показниками вмісту германію, його медіана нормованих концентрацій германію 0,44, яка дорівнює 10,37 г/т;

5) кластер 1.2.1.2 складений 3 приватною вибіркою ділянок пласта потужністю 0,50 – 0,55 м із вмістом германію вище середнього. Медіанне нормоване значення цього елемента за кластером – 0,48, що складає 11,41 г/т;

6) високий вміст германію мають ділянки пласта потужністю 0,45 – 0,50 м кластеру 1.1.2, що відносяться до приватної вибірки 2. Медіанна величина нормованих концентрацій вибірки становить 0,60, що відповідає 14,25 г/т;

7) Кластер 2 формують ділянки пласта 1 вибірки з аномально високим

вмістом. Потужність пласта на ділянках – $\leq 0,45$ м. Медіанна нормованих концентрацій – 0,73, це становить 17,36 г/т.



Рис. 1. Дендрограма результатів кластеризації зваженим центроїдним медіанним методом ділянок за вмістом Ge. Умовні позначення: 1, 2, 1.1, 1.2, 1.1.1, 1.1.2, 1.1.1.1, 1.1.1.2, 1.2.1, 1.2.2, 1.2.1.1, 1.1.2.1, 1.1.2.2, 1.1.1.1.1, 1.1.1.1.2, 1.2.1.2, 1.1.1.1.2.1, 1.1.1.1.2.2 – кластери

За результатами кластерного аналізу вибіркові середні оцінки концентрацій германію, що значимо відрізняються між окремими вибірками ділянок за потужністю вугільного пласта можна інтерпретувати в термінології якісної оцінки, як: аномально низькі; низькі; нижче середніх; середні; вище середніх; високі; аномально високі. Реалізація такого підходу, у свою чергу, дає можливість запропонувати природну типізацію ділянок за потужністю вугільного пласта за вмістом германію, яку наведено у таблиці 1.

Таблиця 1
Природна типізація ділянок із різною потужністю пласта c_8^H шахти Дніпровська за вмістом германію

| № п.п. | Характеристика вмісту германію (якісна оцінка вмісту; вміст від/до; медіанне значення вмісту), г/т | Потужність вугільного пласта, м |
|--------|--|---------------------------------|
| 1 | аномально низькі значення; 0,14/7,12; 3,67 | $\geq 0,75$ |
| 2 | низькі значення; 2,72/6,82; 5,25 | 0,70 – 0,75 |
| 3 | значення нижче середніх; 1,65/9,68; 7,11 | 0,60 – 0,70 |
| 4 | середнє значення; 4,17/12,57; 10,37 | 0,55 – 0,60 |
| 5 | значення вище за середнє; 7,69/17,62; 11,41 | 0,50 – 0,55 |
| 6 | високі значення; 5,32/17,26; 14,25 | 0,45 – 0,50 |
| 7 | аномально високі значення; 6,62/23,63; 17,36 | $\leq 0,45$ |

В ході виконання досліджень можна сформулювати наступні основні

ВИСНОВКИ:

- на полі шахти «Дніпровська» концентрація германію у вугіллі пласта с₈^H за даними 370 аналізів варіює в межах від 0,14 г/т до 23,63 г/т, при середньому значенні $8,34 \pm 0,26$ г/т, медіані 6,79 г/т, моді 7,69 г/т, стандартному відхиленні 5,04, дисперсії вибірки 25,38, ексцесу вибірки 0,23, асиметричності вибірки 0,97.

- На основі отриманих результатів кластерного аналізу вибіркowi середні оцінки концентрацій германію, що значимо відрізняються між окремими вибірками ділянок за потужністю вугільного пласта можна інтерпретувати в термінології якісної оцінки, як: аномально низькі; низькі; нижче середніх; середні; вище середніх; високі; аномально високі. Реалізація такого підходу, у свою чергу, дає можливість запропонувати природну типізацію ділянок за потужністю вугільного пласта за вмістом германію.

Список літератури

1. Kozii, Ye.S. (2021). Toxic elements in the c₁ coal seam of the Blahodatna mine of Pavlohrad-Petropavlivka geological and industrial area of Donbas. Collection of scientific works "Geotechnical Mechanics". no158. pp.103-116. <https://doi.org/10.15407/geotm2021.158.103>

2. Kozii, Ye.S. (2021). Arsenic, mercury, fluorine and beryllium in the c₁ coal seam of the Blahodatna mine of Pavlohrad-Petropavlivka geological and industrial area of western Donbas. Collection of scientific works "Geotechnical Mechanics". no 159. pp.58-68. <https://doi.org/10.15407/geotm2021.159.058>

3. Козій, Є.С., Ішков, В.В. (2017). Класифікація вугілля основних робочих пластів Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району по вмісту токсичних і потенційно токсичних елементів. Зб. наук. пр. «Геотехнічна механіка». № 136. С. 74-86.

4. Козар, М.А., Ішков, В.В., Козій, Є.С., Стрельник, Ю.В. (2021). Токсичні елементи мінеральної та органічної складової вугілля нижнього карбону Західного Донбасу. Геологічна наука в незалежній Україні: Збірник тез наукової конференції Ін-ту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України. С.55-58.

5. Yerofieiev, A.M., Ishkov, V.V., Kozii, Ye.S., Bartashevskiy, S.Ye. (2021). Research of clusterization methods of oil deposits in the Dnipro-Donetsk depression with the purpose of creating their classification by metal content (on the vanadium example). Scientific Papers of Donntu Series: "The Mining and Geology". pp. 83-93. [https://doi.org/10.31474/2073-9575-2021-1\(25\)-2\(26\)-83-93](https://doi.org/10.31474/2073-9575-2021-1(25)-2(26)-83-93)

6. Kozii Ye. Coal height of coal seam k₅ of "Kapitalna" mine. (2020). Proceedings of the "Widening Our Horizons": International Forum for Students and Young Researchers. pp. 399-401.

7. Yerofieiev, A.M., Ishkov, V.V., Kozii, Ye.S., Bartashevskiy, S.Ye. (2021). Geochemical features of nickel in the oils of the Dnipro-Donetsk basin. Collection of scientific works "Geotechnical Mechanics". No. 160, pp. 17-30. <https://doi.org/10.15407/geotm2021.160.017>

8. Ішков, В.В., Козій, Є.С. (2020). Розподіл ртуті у вугільному пласті c_7^H поля шахти «Павлоградська». Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Гірничо-геологічна». 1(23)-2(24). С. 26-33. [https://doi.org/10.31474/2073-9575-2020-3\(23\)-4\(24\)-26-33](https://doi.org/10.31474/2073-9575-2020-3(23)-4(24)-26-33)

9. Ішков, В.В., Козій, Є.С. Розподіл арсену та ртуті у вугільному пласті k_5 шахти "Капітальна", Донбас. Мінерал. журн. 2021. 43, № 4. С. 73-86. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.04.073>

10. Ішков, В.В., Козій, Є.С. (2020). Деякі особливості розподілу берилію у вугільному пласті k_5 шахти «Капітальна» Красноармійського геолого-промислового району Донбасу. Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки. Т. 25, вип. 1(36), С. 214-227. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2020.1\(36\).205180](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2020.1(36).205180)

11. Ішков, В.В., Козій, Є.С. (2020). Особливості розподілу свинцю у вугільних пластах Донецько-Макіївського геолого-промислового району Донбасу. Вид-во ІГН НАН України. Серія тектоніка і стратиграфія. Вип. 47. С. 77-90. <https://doi.org/10.30836/igs.0375-7773.2020.216155>

12. Mametova, L.F., Mirek, A., Kozii, Ye.S. (2020). Pyritization of the Middle Carboniferous Sandstones of the Donbas. Mineral. Journ. (Ukraine). 42, No. 2. P. 14-19. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.02.014>

13. Kozar, M.A., Ishkov, V.V., Kozii, Ye.S., Pashchenko P.S. (2020). New data about the distribution of nickel, lead and chromium in the coal seams of the Donetsk-Makiivka geological and industrial district of the Donbas. Journ. Geol. Geograph. Geocology. 29(4). 722-730. <http://doi: 10.15421/112065>

14. Ішков, В.В., Козій, Є.С. (2019). Аналіз поширення хрому і ртуті в основних вугільних пластах Красноармійського геолого-промислового району. Вид-во ІГН НАН України. Серія тектоніка і стратиграфія. Вип. 46. С. 96-104. <https://doi.org/10.30836/igs.0375-7773.2019.208881>

15. Nesterovskiy V., Ishkov V., Kozii Ye. (2020). Toxic and potentially toxic elements in the coal of the seam c_8^H of the "Blagodatna" mine of Pavlohrad-Petropavlivka geological and industrial area. [Visnyk Of Taras Shevchenko National University Of Kyiv: Geology](https://doi.org/10.17721/1728-2713.88.03). 88(1), 17-24. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.88.03>

16. Козій Є.С. Миш'як, берилій, фтор і ртуть у вугіллі пласта c_8 в шахти «Дніпровська» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району // Вісник Дніпропетровського університету. Геологія-Географія. 2018. – № 26 (1). – С. 113 – 120.

17. Ishkov V.V., Koziy E.S. (2017). Distribution of toxic and potentially toxic elements in the coal of the layer c_7^H of the "Pavlogradskaya" mine of Pavlogradsko-Petropavlovskiy geological and industrial district. Visnyk Of Taras Shevchenko National University Of Kyiv-Geology, 4(79), 59-66. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.79.09>

18. Ішков В.В., Козій Є.С. Розподіл арсену та ртуті у вугільному пласті k_5 шахти "Капітальна", Донбас. Мінерал. журн. 2021. 43, № 4. С. 73-86. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.04.073>

Леонець І.В., аспірант
Микитенко С.В., аспірант
Шкабара Ю.В., аспірант
В.В. Коробійчук, д.т.н., проф.

Державний університет «Житомирська політехніка»

ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОРИСТАННЯ ДИСКОВИХ ПИЛ НА ЩЕБЕНЕВИХ КАР'ЄРАХ

При селективній розробці щебеневих кар'єрів супутньо можливо видобувати до 20 % блочної продукції на основі геометризації родовища, розробки нових способів ведення вибухових робіт, удосконалення систем оцінки порушеності масиву і блоків гірських порід при вибухових роботах.

При селективному видобутку блоків в умовах щебеневих кар'єрів виникає ряд обмежень для класичного обладнання з видобутку блочного каменю. А саме труднощами створення горизонтального майданчику на укосі уступу, який потрібен для розміщення бурового обладнання. Обмеженість глибини буріння бурового обладнання. Наявність тріщин в масиві знижують точність буріння через уведення бурових штанг. Необхідність кранового обладнання для вилучення блоків природного каменю з масиву. Необхідне ретельне зачищення підосви уступів.

Селективне видобування корисної маси з природного масиву веде до збільшення кількості уступів. Збільшення кількості видобувних уступів призводить, як правило, до зростання обсягів розкривних робіт, збільшення кількості робочих майданчиків і одиниць виймальних-навантажувального та транспортного устаткування. На збільшення обсягу розкривних робіт впливає ширина робочого майданчика кожного уступу, в тому числі видобувного. Ширина робочого майданчика видобувного уступу залежить від обраної схеми комплексної механізації видобувних робіт.

Висота уступу визначається виходячи з таких технологічних чинників в сукупності:

- виду обладнання, що використовується для відпрацювання уступу;
- необхідності ведення селективного відпрацювання уступу при комплексному освоєнні сировини;
- безпеки ведення гірничих робіт.

Всі ці чинники взаємозалежні і впливають на технологію ведення виймально-навантажувальних робіт і на кількість уступів в кар'єрі.

Екскаратор з дисковою пилою може відпрацьовувати уступ як з підосви уступу, так і з покрівлі (рис. 1). Робочі параметри гідравлічних

екскаваторів дозволяють розробляти уступи висотою до 10 м з підосви, вище 10 м з двох положень – з підосви та покрівлі уступу.

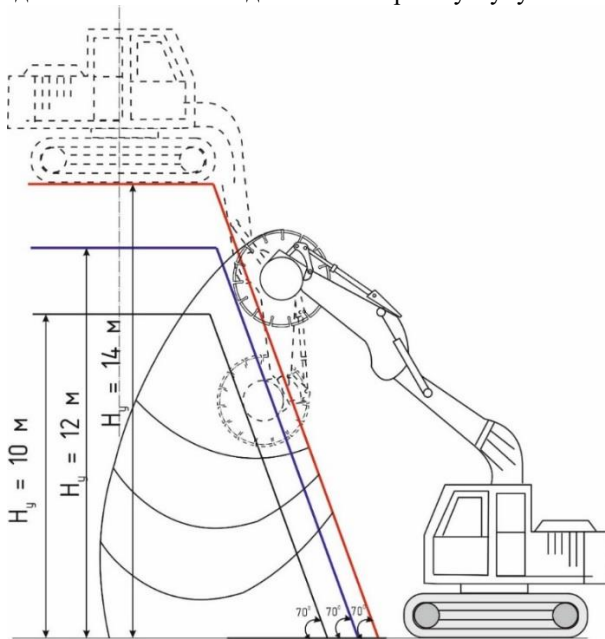


Рис. 1. Схема розміщення екскаватора з дисковою пилою в вибії

Запропонована технологічна схема супутнього видобутку блоків природного каменю на ділянках, які розміщені в межах робочої зони щелепної дільниці кар'єру. У технологічній схемі А (рис. 2, б) виїмки дисковою машиною природних блоків на стадії видобутку корисної маси з масиву закладений принцип поштучного оконтурювання блоків в виїмкових смугах уступу.

Виїмкові шари уступу розробляються дисковою машиною зліва направо. Знизу вгору. Довжина і глибина розробки кожного виїмкового шару уступу встановлюється залежно від наявності в ньому природних блоків, місця розташування блоків в виїмкових смугах уступу, стійкості породного масиву, необхідної кількості вільних граней блоків і конструктивних параметрів дискової машини. Для відокремлення блоку з масиву виїмкової смуги уступу виконуються наступні технологічні операції: під блоком підрізається площина, потім площини нарізуються зліва та справа, в тильній частині блока бурять шпуре для закладення клинів в доступних для розміщення бурового обладнання та людей місцях. Якщо технологічно не можливо бурити, то в цьому випадку

тильну сторону підрізають дисковою машиною або відокремлюють бутобоем.

Схема В (рис. 2, б) за технологією відокремлення блоків з масиву така сама як схема А. Але роботи ведуться зверху вниз.

Всі технологічні схеми А і В комплексного відпрацювання видобувної уступу включають такі технологічні елементи (процеси): різання щілин дисковою пилою, буріння шпурів, роботу гідромолота, витягання та завалювання природної окремістості.

Геометричні параметри виїмкових смуг уступу ($H_{1..n}$ – висота виїмкових смуг уступу; $B_{\text{зах}}$ – ширина заходк; $b = n$ – глибина відпрацювання виїмкових смуг, де a – максимальна відстань по довжині фронту гірничих робіт між вертикальними системними тріщинами виїмальної смуги; m – потужність i -го виїмального шару) мають відповідати конструктивним параметрам робочого органу дискової машини (h_p – максимально можлива висота розробки дисковою машиною породного масиву; Ш_p – максимально можлива ширина захвату робочим органом дискової машини при розробці породного масиву; D – діаметр робочого органу) з урахуванням структури масиву і міцності порід.

Висота виїмкової смуги уступу визначається конструктивними параметрами дискової машини.

Реалізація технологічних схем А і В здійснюється дисковою машиною та бутобоем в послідовності, яка визначається головним критерієм відпрацювання видобувного уступу – максимальне вилучення блочної продукції з масиву гірських порід на стадії видобутку корисної маси комплексом обладнання з мінімальними енерговитратами.

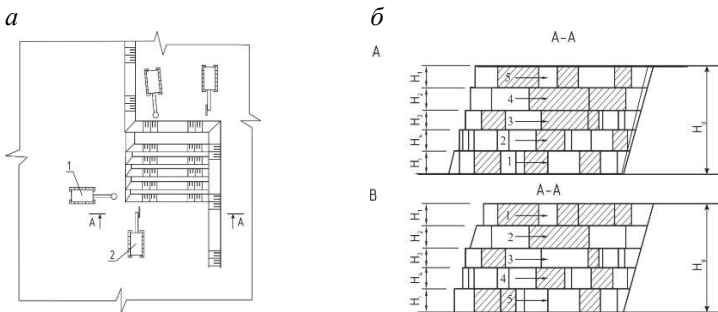


Рис. 2. Технологічні схеми (А, В) розробки уступу з супутнім видобуванням блоків природного каменю

1 – гідромолот на базі гідравлічного екскаватора; 2 – дискова машина на базі гідравлічного екскаватора

І.Д. Литвинчук, аспірант
О.О. Фролов, д-р техн. наук, проф.,
*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ОБЛАДНАННЯ НА КАР'ЄРАХ

В класичному визначенні комплексна механізація кар'єра передбачає застосування раціонального набору обладнання на основних виробничих процесах та допоміжних роботах, зокрема гармонічне поєднання моделей і кількості обладнання, яке використовується в кожній технологічній ділянці відкритих гірничих робіт. В наш час це положення продовжує визначати і напрям розвитку методів проектування технологічного комплексу обладнання на відкритих гірничих роботах. Слід відзначити, що особливість його полягає у можливості вибору і застосування широкого спектру кар'єрної техніки для будь-яких умов розробки та часу виконання певного об'єму гірничих робіт.

Об'єднання окремих процесів гірничих робіт на кар'єрах в єдиний технологічний потік в межах окремої природно-технологічної зони кар'єру становить основу сучасного проектування комплексу обладнання з підготовки, виймання і переміщення гірничої маси, тобто формування технологічного комплексу обладнання повинне ґрунтуватися на принципах поточності та суміщення процесів.

Як вже зазначалося, виконання окремих виробничих процесів в загальному технологічному процесі забезпечується комплексом основного і допоміжного обладнання. Цей комплекс являє собою набір не пов'язаних між собою машин і механізмів, але ж необхідних та достатніх для виконання технологічного процесу. Зокрема, для підготовки гірських порід до виймання за допомогою вибуху комплект обладнання повинен містити бурове, зарядне та забійне обладнання.

Основним обладнанням комплексу технологічного потоку є виймально-навантажувальна машина, виробнича потужність якої визначає потужність усього комплексу. Структура комплексу технологічного обладнання визначається природно-технологічними умовами, а динаміка структури обумовлена змінами умов розробки в процесі розвитку гірничих робіт у часі. Зміна природно-технологічних умов визначає зміну параметрів гірничих робіт, що у свою чергу відображується на продуктивності кар'єрної техніки, яка, розміщуючись в межах кар'єру, виконує свою функцію у відповідності до своїх технічних характеристик.

В цілому ж, структура комплексної механізації характеризується загальною кількістю кар'єрної техніки, що знаходиться в межах кар'єру. Внаслідок великої кількості можливих поєднань існуючого гірничого обладнання, як в кількісному, так і в якісному відношенні, доцільно поділяти обладнання на групи, які відображують характер роботи основних машин.

Згідно науковим дослідженням та практичному досвіду фахівців склад технологічного комплексу обладнання на кар'єрах рекомендовано встановлювати на основі:

- об'єму гірничих робіт певного технологічного потоку у відповідності до наміченого календарного плану відробки;
- продуктивності основного виймально-навантажувального обладнання, яке визначає загальну продуктивність кар'єру в даних природно-технологічних умовах;
- продуктивності іншого (основного і допоміжного) обладнання, що входить в даних технологічний комплекс.

У відповідності до основних принципів формування комплексу обладнання, для досягнення найкращих техніко-економічних показників роботи окреме обладнання комплексу за своїми параметрами повинно відповідати одне одному, забезпечуючи максимальну продуктивність усього комплексу. Зокрема, продуктивність екскаватору повинна узгоджуватися з продуктивністю та параметрами кар'єрного транспорту, а продуктивність бульдозера-розпушувача повинна відповідати продуктивності екскаватору. При цьому повинно використовуватися найменша кількість обладнання в структурі комплексу, а також враховуватися можливість зміни їх продуктивності при зміні природно-технологічних умов.

Також в дослідженнях зазначається, що перевага повинна віддаватися спеціальному обладнанню, яке може виконувати декілька окремих технологічних процесів гірничих робіт, у випадках коли застосування стандартного обладнання знижує надійність виробничої системи в цілому. Крім того, парк кар'єрної техніки повинен формуватися з найбільш конструктивно надійних машин для даних природно-технологічних і організаційно-технологічних умов розробки та складатися з обладнання одного типу.

Остаточо вибір технологічного комплексу обладнання повинен здійснюватися за результатами техніко-економічного порівняння та моделювання ефективності роботи.

О.В. Ложніков, д.т.н., професор кафедри відкритих гірничих робіт
Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»

В.О. Адамова, аспірантка кафедри відкритих гірничих робіт
Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»

РЕВІТАЛІЗАЦІЯ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ ПРИ РОЗРОБЦІ ПОЛОГОСПАДНИХ РОДОВИЩ

На сьогоднішній день багато кар'єрів експлуатуються тривалий час і знаходяться в стадії доопрацювання, при цьому частина порушених гірничими роботами земель відновлюється з низькою якістю. В деяких випадках затримка рекультиваційних робіт призводить до виникнення великих площ невідновлених земель і накопиченню подальших витрат підприємства, необхідних на відновлення.

Вибір технології рекультивації порушених земель має враховувати наступні чинники:

- площу порушених земель;
- наявність необхідного запасу родючих ґрунтів і ґрунтів для покриття поверхні відвалів;
- можливість використання наявного на кар'єрах обладнання для проведення рекультиваційних робіт;
- терміни виконання робіт після припинення виробничої діяльності;
- можливість проведення рекультивації поверхні внутрішнього відвала під час розробки кар'єру;
- наявність розвинутої мережі комунікацій, що спрощує транспортування розкривних порід;
- можливість використання під відвали старих гірничих відводів, підземних пустот, виробок, зон обвалення з метою збереження земель і створення нових, придатних для використання, земельних ділянок.

Вибір раціональних технологічних схем рекультивації дозволяє скоротити витрати на відновлення земель та прискорити їх передачу зацікавленим організаціям для подальшого використання.

Аналіз потенційних напрямів використання відновлених ділянок земель дозволяє підвищити ефективність проведення рекультиваційних робіт. Напрямок відновлення може залежати від багатьох факторів, таких як розташування кар'єру відносно населених пунктів і об'єктів інфраструктури. Своєчасне планування ревіталізації до основного етапу експлуатації кар'єру дозволить у значно більшій мірі підвищити її ефективність. У первинному проекті розробки кар'єру має бути враховане питання освоєння посттехногенних територій з урахуванням

їх подальшого використання в економічній діяльності наступним землевласником. Проведений аналіз закордонного досвіду доводить принципову можливість і доцільність спільного вирішення питань доопрацювання кар'єра і подальшого використання його територій.

При розробці марганцеворудних пологоспадних родовищ в межах кар'єрів щодня переміщуються тисячі тон гірничої маси від вибою до місць призначень, як відвалів так і до збагачувальних комбінатів. У зв'язку з цим, найбільш перспективним напрямом ревіталізації порушених земель є оптимізація методів дизайну відвалу з урахуванням найбільш пріоритетними напрямів використання посттехногенних територій у майбутньому.

Дизайн та розташування цих відвалів будуть залежати головним чином від геологічних характеристик гірничого масиву, топографічних умов, об'ємів розкривних порід, майбутнього напрямку використання, об'ємів інвестицій та інфраструктури прилеглих територій. Крім того, фізичні та просторові можливості проектування мають базуватися на вихідних параметрах гірничо-геологічних умов залягання родовища, з урахуванням запропонованих остаточних параметрів відвалу.

Одним із вдалив прикладів ревіталізації є реалізований проект рекультивзації земель на базі відпрацьованого кар'єру з розробки бурого вугілля в Польщі у 2012 року. На поверхні відвалу буровугільного кар'єру Белхатув під назвою Гора Кам'янськ було створено спортивно-рекреаційний центр. Відповідно до завдань реалізованого проекту виконано повний цикл створення інфраструктурного об'єкту від процесу купівлі землі, порушеної відкритими гірничими роботами, до створення на її території ландшафту для гірськолижного стадіону і продажу цієї ділянки новому землевласнику.

На основі успішного світового досвіду використання порушених гірничими роботами земель розроблено методику визначення параметрів гірськолижних спусків в умовах формування внутрішніх відвалів пологоспадних марганцеворудних родовищ на базі існуючих відвалів кар'єрів. Основною метою розробленої методики є визначення об'ємів ґрунтових робіт від параметрів гірськолижного спуску, що проектується.

Для встановлення залежностей об'єму ґрунтових робіт від нахилу ділянки гірськолижного спуску прийнято вихідні параметри Шевченківського кар'єру на момент його доопрацювання: глибина 60 м, довжина 5,0 км, ширина 2,0 км, кут укосу робочого борту 20 град., кут укосу виїзної траншеї 30 град., кут укосу відвала 35 град.

Результати розрахунків параметрів гірськолижного спуску в умовах Шевченківського марганцеворудного кар'єру після його доопрацювання представлені у табл. 1.

Таблиця 1.

Параметри гірськолижного спуску в умовах Шевченківського кар'єру

| Кут укосу спуску, град | Площа під укосом відвалу, га | Площа горизонт. поверхні відвалу, га | Об'єм робіт з переміщення ґрунту, млн м ³ | Висота спуску, м | Довжина спуску, м |
|------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--|------------------|-------------------|
| 5 | 274,32 | 588,78 | 36,01 | 120 | 1371,60 |
| 10 | 136,11 | 726,99 | 15,28 | | 680,55 |
| 15 | 89,57 | 773,53 | 8,29 | | 447,84 |
| 20 | 65,94 | 790,22 | 4,75 | | 329,69 |
| 25 | 51,47 | 811,63 | 2,58 | 102 | 218,73 |
| 30 | 41,57 | 821,53 | 1,09 | 90 | 155,88 |
| 35 | 34,28 | 828,83 | 0,00 | 60 | 85,68 |

Встановлена залежність довжини спуску та обсягу ґрунтових робіт від його нахилу, наведена на рис. 1.

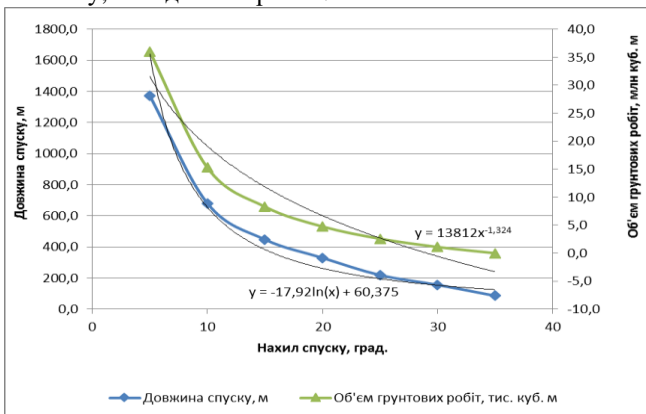


Рис. 1. Залежність об'єму ґрунтових робіт і довжини спуску від його нахилу

Висновки. Встановлено ефективні напрями ревіталізації порушених земель при розробці пологоспадних марганцеворудних родовищ. Представлено результати розрахунків параметрів гірськолижних спусків на базі існуючих відвалів кар'єрів з використанням розробленої методика, які дозволяють стверджувати, що при збільшенні нахилу спуску в 7 разів від 5° до 35°, довжина спуску зменшиться у 16 разів з 1,37 км до 85 м. Також встановлено, що об'єм ґрунтових робіт під час створення спуску довжиною 1371 м під кутом 5° складає 36 млн м³, що потребує значних витрат при створенні

спортивно-рекреаційного центру і вимагає пошуку нових технологічних рішень щодо суміщення процесів відвалотворення і формування рельєфу поверхні із заданою конфігурацією.

УДК 622

Махно А.М., аспірант кафедри маркшейдерії
Державний університет «Житомирська політехніка»

ГІДРОАБРАЗИВНЕ РІЗАННЯ МАТЕРІАЛІВ

Процес гідроабразивного різання - це вид технологічного процесу обробки матеріалу, причому ріжучим інструментом замість різців є вода, що подається під високим тиском і збагачена абразивними добавками. Вода з абразивними добавками на високій швидкості прямує під високим тиском з сопла (рис.1), руйнує цілісність матеріалу.

Для обробки натурального каменю зазвичай використовується технологія Waterjet – гідроабразивного різання каменю. Головна перевага цієї технології в тому, що машина ріже камінь під високим тиском понад 2000 атмосфер. Це дає можливість виготовляти найскладніші вироби з високою точністю до 0,2 мм.

При гідроабразивному різанні каменю використовується природне явище водної ерозії, як гірські річки та морський прибій поступово сточує гострі грані, не викликаючи руйнувань масиву.

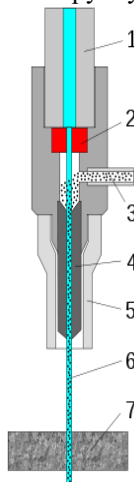


Рис.1. Схема гідроабразивного різання:
1 — Подача води під високим тиском. 2 — Сопло. 3 — Абразив. 4 — Змішувач. 5 — Кожух. 6 — Струмінь води з абразивом. 7 — Матеріал, що розрізається.

Різання здійснюється струменем води, в яку підмішуються дрібнодисперсні абразивні матеріали під надвисоким тиском відбувається наступним чином:

- насос особливої конструкції забезпечує нагнітання води під тиском не менше 4000 бар через сопло з діаметром прохідного перерізу від 0,20 до 0,35 мм в змішувальну камеру;
- далі потік рідини підхоплює частинки абразиву, застосовується гранатовий або кварцовий пісок з малим розміром зерен, утворює суспензію прямує в робоче сопло;
- розмір вихідних дюз коливається в межах від 0,6 до 1,2 мм, і вони виготовляються із твердих інструментальних сплавів чи промислових алмазів – корундів;
- на виході суміш має швидкість близько 1 000 м/с, що майже втричі перевищує швидкість звуку. Струмінь прямує на оброблювану поверхню матеріалу, проробляючи в масиві практично ідеальну лінію розрізу - шорсткість кромки Ra 1,6. При цьому потік забезпечує охолодження матеріалу, включаючи можливість виникнення місцевих напруг.

Гідроабразивне або, як її ще називають, водоструминне різання дозволяє обробляти практично будь-які породи каменю, які використовуються для створення декоративно-захисних покриттів. Методика з однаковою ефективністю дозволяє різати мармур, граніт, кварцити, сланці та інші породи. При цьому поверхня розрізу не потребує додаткової обробки. Це далеко не всі переваги описаної технології:

- можливість отримання криволінійного розрізу з високою точністю, дозволяє створювати профілі та контури будь-якого рівня складності. Застосування системи CAD-CAM дозволяє автоматизувати процес та робити безліч однакових деталей для мозаїчних панно;
- висока технологічність процесу - практично повна відсутність ударних навантажень і зворотних реакцій дозволяє в окремих випадках навіть не закріплювати матеріал, що обробляється. Це виключає можливість деформації та руйнування матеріалу;
- швидкість розрізу залежить від товщини каменю та становить від 1 до 30 000 мм/хв, що забезпечує обладнанню високий рівень продуктивності. Починати різання матеріалу можна з будь-якої його точки не обов'язково з краю і без попереднього свердління;
- мінімальні відходи після розкрою дорогих матеріалів внаслідок мінімальної ширини розрізу.

РОЗГЛЯД СПОСОБІВ БУДІВНИЦТВА ПІДЗЕМНИХ СПОРУД

Метрополітен, міська поза вулична залізниця, що має власний габарит, інженерно відокремлена від будь-якого іншого транспорту та пішоходної зони й призначена для пасажирського руху. Транспортні фахівці не вважають визначальною ознакою способів розміщення траси: підземний, наземний та надземний, хоча існує стереотип, що це підземний вид транспорту. У містах з історичною забудовою лінії метро, зазвичай, прокладені під землею і лише інколи виходять на поверхню або на естакади. Габарити і маса рухомого складу можуть досягати залізничних стандартів, хоча, зазвичай, поступаються їм. Поїзди налічують, як правило, 4—8 вагонів. Діаметр тунелів досягає 5—6 метрів (але в багатьох системах зустрічаються й вузчі тунелі шириною всього 2,3 метра), граничні нахили більші, ніж на залізницях загального призначення, але менші, ніж на трамваї, мінімальні радіуси закруглення значно більше трамвайних. Платформи на станціях зазвичай мають довжину 100—160 м і ширину 5—20 м. Лінії метрополітену зазвичай проходять уздовж містотвірних осей і є каркасом міської транспортної системи. Вартість спорудження метрополітену вельми залежить від умов будівництва [1-2].

Відкриття першого у світі метрополітену відбулось 10 січня 1863 року, коли від станції Паддінгтон по освітлених газовими лампами тунелях з інтервалом 15 хвилин по маршруту відправилось шість поїздів з чотирма вагонами кожний. Всього за перший день було здійснено 120 поїздок і перевезено 38 тис. пасажирів [3].

Будівництво метрополітену вимагає великих капіталовкладень — тому економічно виправдане лише в містах із великими пасажиропотоками.

Розрізняють закритий спосіб будівництва тоннелей метро за допомогою тунелепрохідницьких щитів і відкритий, при якому тунелі й станції будуються в котлованах або на поверхні й після засипаються ґрунтом.

Закритий спосіб застосовується при будівництві ліній глибокого закладання, коли цього вимагають гідрогеологічні умови, або необхідно зберегти забудову в містах, в інших випадках станції неглибокого закладання будують відкритим способом. Застосовують також мішаний спосіб, коли станції будуються відкритим способом, а тунелі закритим,

при цьому немає необхідності переносити комунікації, тимчасово закривати дороги тощо, тому будівництво є дешевшим [1-2]. При відкритому способі виключаються специфічні проблеми підземних робіт, тунелі споруджуються загальноприйнятими методами з застосуванням високопродуктивних машин і великогабаритних конструкцій на великій довжині ділянки, тобто практично при необмеженому фронті робіт. Завдяки цьому темпи робіт в порівнянні з темпами при закритому способі вище, а витрати праці зведення конструкції нижчі. Недоліками відкритого способу є порушення інфраструктури, знесення розташованих на шляху будівель та споруд, перекриття дороги громадському транспорту.

Оптимальним варіантом є в багатьох випадках поєднання закритого способу споруди перегінних тунелів з відкритим способом будівництва станцій і пристанційних споруд. Кількість міських підземних споруд, які необхідно переводити в цьому випадку різко скорочується, а нормальне життя міста порушується набагато менше.

Давайте розглянемо відкритий спосіб, який полягає в тому, що спочатку з поверхні землі розкривають котлован або траншею, а потім в них зводять підземну конструкцію. Після закінчення будівельно-монтажних робіт котлован або траншею засипають ґрунтом з відновленням при необхідності дорожнього покриття над тунелем. Відкритий спосіб робіт використовується на незабудованій території при будівництві колекторних тунелів, перегінних одноколієних або двоколієних тунелів метрополітенів мілкового закладення, підземних переходів, пристанційних та інших підземних споруд, прокладають на невеликій глибині, а також при будівництві підводних тунелів. При спорудженні тунелів відкритим способом в основному застосовуються такі способи робіт: котлований, траншейний ("стіна в ґрунті"), а також спосіб опускних секцій і тунелів-кесонів.

Котлованим називається такий спосіб робіт, коли виривається котлован, в якому зводять підземну конструкцію з подальшим її засипанням ґрунтом і благоустроєм поверхні землі.

В залежності від інженерно-геологічних умов і особливостей міської забудови, стіни котловану можуть бути з природними укосами, вертикальні із застосуванням тимчасового і комбінованого кріплення. Котлован з укосами (рис. 1, а) доцільно застосовувати на незабудованих ділянках при наявності стійких ґрунтів. При укосах, крутість яких залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту, заощаджується матеріал, що використовується на кріплення стін котловану.

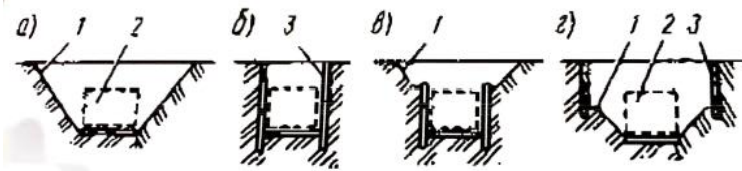


Рисунок 1 – Котлован з укосами: (а) вертикальними; (б) з комбінованими; (в, г) з стінами: 1 – укіс, 2 – контур тунелю, 3 – шпунт.

Котловани з вертикальними стінами (рис. 1, б) застосовуються зазвичай у випадках щільної міської забудови поверхні і в слабких ґрунтах, можливість розробки котлованів виключається із природними схилами. Кріплення стін таких котлованів виробляється за допомогою металевих паль із затягуванням шпунта, анкерів. У випадку неоднорідних ґрунтів, якщо дозволяє планування територій, можуть влаштовуватися комбіновані стінки котлованів (рис. 1 в, г), що дозволяє зменшити матеріалоемність кріплення.

Кріплення котловану і на час забезпечення стійкості вертикальних стін кріплення паль або шпунта проводиться за допомогою анкерного кріплення замість розстрілів. Конструкція анкера являє собою сталеву трубу, стрижень періодичного профілю (діаметр 18-40 мм) або пучок високоміцного дроту, пасом або канатів, які закріплюються за межами можливої призми обвалення ґрунту. Такі анкери мають високу несучу здатність. Так, граничне зусилля на розрив, яке здатний витримати стрижневий анкер, становить 150-500 кН, трубчастий -300-1500 кН, а провідний -500-2500 кН.

За способом закладення анкера в ґрунті розрізняють попередньо напружені ін'єкційні анкери без розширення (рис. 2, а) або з розширенням (рис. 2, б), що закріплюють в ґрунті за рахунок утворення цементної пробки, а також циліндричні анкери з опорної трубою, нижній кінець якої з'єднаний з анкерної тягою (рис. 2, в).

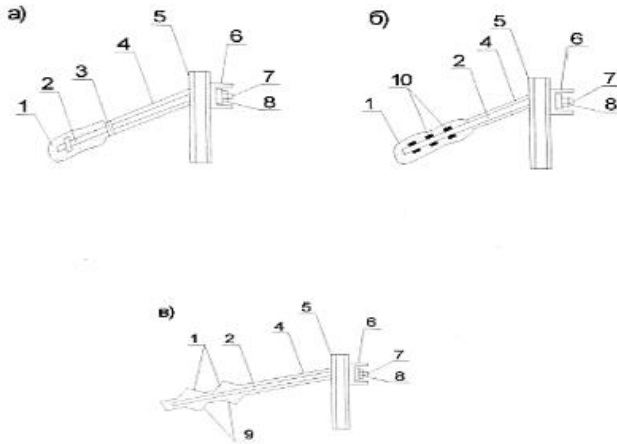


Рисунок 2 – Конструкція ґрунтових анкерів: 1- цементна пробка; 2- анкерна тяга; 3-ущільнювачі; 4-контур свердловинни; 5-пали; 6-пояс; 7- гайка; 8-підпора; 9-розширення; 10-ребра анкерної тяги

Анкери (рис. 3) прикріплюються до поздовжніх поясів 2, що забезпечує рівномірну передачу зусиль на всю систему кріплення. Анкери встановлюються через 3-5 м в один або кілька ярусів по висоті з нахилом під кутом 25-30° або горизонтально.

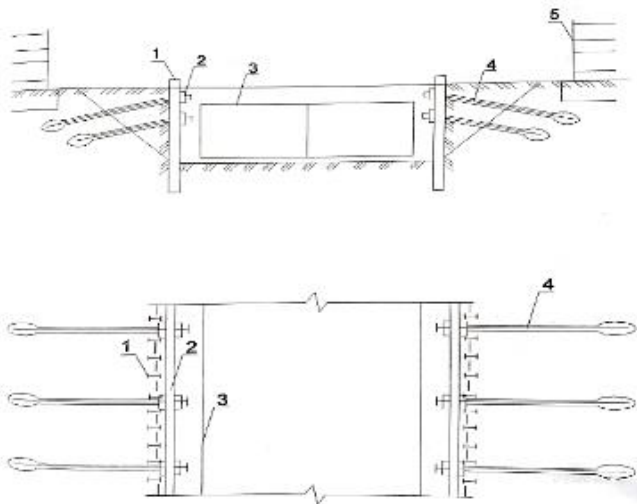


Рисунок 3 - Схема кріплення стін котловану похилими анкерами: 1- палі; 2-пояс; 3-контур тунелю; 4 - анкери; 5-споруда

Метод «стіна в ґрунті» призначений для будівництва заглиблених в ґрунт споруд різного призначення. Сутність його полягає в тому, що стіни поглибленої споруди споруджують у вузьких і глибоких траншеях, вертикальних борту який утримує від обвалення за рахунок глинистої суспензії, яка утворює додатковий тиск на ґрунт і виконує таким чином, роль кріплення траншеї. Після влаштування в ґрунті траншеї необхідних розмірів їх заповнюють (в залежності від конструкцій і призначення споруди) монолітним залізобетоном, збірними залізобетонними елементами або глино-грантовими матеріалами. В результаті цього в ґрунті формують несучі стіни споруд або протифільтраційні діафрагми.

Для забезпечення стійкості бортів траншеї тиск глинистої суспензії в будь-якій точці на їх поверхні в межах траншеї повинен бути більше тиску навколишнього ґрунту і ґрунтових вод. Ця умова виконується, коли рівень глинистої суспензії в траншеї вище рівня ґрунтових вод в навколишньому ґрунті. При цьому забезпечується умова, щоб фільтрація глинистої суспензії була направлена з траншеї в навколишній масив ґрунту.

Процес закріплення і утримання від осипання і обвалення бортів траншеї полягає в наступному. Робочий орган машини, що розробляє траншею, весь час знаходиться в глинистій суспензії, а тому ця суспензія при розробці траншеї миттєво заповнює нові поверхні, проникаючи на певну глибину в ґрунт, утворюючи глинистий шар. Товща цього шару різна для різних ґрунтів. Вона залежить від розміру пор у ґрунті, в'язкості суспензії та її напору.

Колоїди тиксотропної глинистої суспензії, потрапляючи в пори ґрунту, переходять зі стану "золь" в стан "гель" і склеюють частинки ґрунту між собою, утворюючи заглинизований шар на поверхні стінок траншеї. Тиск суспензії в траншеї притискає цей шар до навколишнього ґрунту. Після початкового замулення глинистої суспензії в навколишній ґрунт через дрібні отвори може профільтруватись тільки чиста вода. При цьому тверді глинисті частинки суспензій, значно перевищуючи за своїми розмірами розміри дрібних пор, не можуть в них проникнути і тому вони накопичуються на поверхні борта траншеї у вигляді кірки. Фільтрація чистої води, відділяється від глинистої суспензії, йде до тих пір, поки викликаний цим підйом ґрунтових вод не призведе до обвалення стінок траншеї. У зв'язку з цим всі роботи по відриву траншеї під глинистої суспензією і зведення на й захопленнях несучих або протифільтраційних стін повинні бути закінченні до моменту обвалення бортів траншеї. Тривалість стійкого стану стінок траншеї залежить від багатьох факторів, але головний з них це рівень ґрунтових вод. Цю тривалість можна збільшити, в основному, відповідним підпором складу глинистої суспензії, зменшуючи фільтрацію води із траншеї тим самим

зменшуючи швидкі підняття рівня ґрунтових вод, а також штучним зниженням рівня ґрунтових вод на відповідних ділянках.

При будівництві методом «стіна в ґрунті» в пов'язаних маловодопроникних ґрунтах розробка траншей і будівництво в них стінок може іноді проводитися з заміною тиксотропної рідини звичайною водою, в кожному конкретному випадку детально узгоджується дослідженнями і вишукуванням.

В даний час заглиблення споруди зводяться у відкритих котлованах, опускним методом (методом опускного колодезя) і методом «стіна в ґрунті». Як показує досвід, будівництво заглиблених споруд у відкритих котлованах найбільш прийнято при малій глибині закладення споруди в стійких необводнених ґрунтах при складній конфігурації і великих розмірах споруди. При обводнених ґрунтах необхідно осушення котлованів із застосуванням водовідливу, водозниження, що збільшує трудомісткість, вартість і термін будівництва.

Опускний метод прийнятний тоді, коли він здійснюється із застосуванням тиксотропних сорочок з глинистої суспензії для зменшення тертя між бічною поверхнею колодезя і навколишнім ґрунтом при глибині закладення споруди великих розмірів в плані, при нескладній конфігурації споруди в плані (круглої, квадратної або прямокутної з невеликою різницею в довжині сторін), при однорідності ґрунтів в кожному з прорізуваної шарів, при малих негативних температурах.

Однак будівництво заглиблених споруд опускним методом має свої недоліки. Основні з них - це неможливість застосування його в ґрунтах, схильних до суфозії, тобто виносу з них дрібних фракцій разом з водою, відкачують при осушенні котловану, а також у випадку загрози випору (видавлювання всередину котловану через його дно маси ґрунту надлишковим напором води в нижче залеглому водоносному шарі), перекося і заклинювання конструкції, що опускається, ймовірність яких зростає при неоднорідності прорізуваних ґрунтів (тому в конструкції доводиться передбачати запаси міцності, які не потрібні в період експлуатації). Небезпека перекося змушує вести розробку ґрунту, при опусканні колодезя тонкими шарами суттєво подовжує тривалість його занурення в проектної оцінки. Будівництво споруд опускним методом ненадійно також при великих і тривалих морозах, коли виникає небезпека примерзання конструкції опускається, до навколишнього ґрунту, а ліквідація аварії вимагає багато часу, праці і засобів.

Метод «стіна в ґрунті» позбавлений цих серйозних недоліків, так як стіни поглибленої споруди зводяться в траншеях шляхом монтажу в них збірних стінових панелей або бетонування секцій стіни захватками відразу на проектних відмітках. При розробці траншеї і послідовному зведенні в ній частин збірної або монолітної стіни траншея весь час заповнена глинистою суспензією, що запобігає обвалення її стіни. У міру

зведення підземної стіни глиниста суспензія витісняється і видаляється з цих частин траншеї.

Таким чином, при методі «стіна в ґрунті» споруди, що зводяться можуть мати будь-яку складну конфігурацію, йому не загрожують ні перекоси, ні пов'язані з цим зайві запаси міцності, ні небезпека зависання конструкцій в результаті примерзання до навколишнього ґрунту, так як збірні панелі опускаються в рідку глинисту суспензію, при великих морозах можна підігрівати, а спорудження монолітних стін створюються безпосередньо в проектному положенні. Суфозія і випер при цьому методі повністю виключаються, так як при розробці траншеї і зведенні в ній стін під глинистою суспензією взагалі не можуть мати місце. Коли огорожуючі стіни зведені і починається розробка котловану, можуть бути прийняті ефективні заходи, що цілком запобігають цим явищам, наприклад, підводна розробка котловану з перепоглибленням його дна і з подальшим влаштуванням зворотного фільтра перед осушенням котловану шляхом відкачування, можуть бути також застосовані комбіновані стіни.

Таким чином метод «стіна в ґрунті» має незрівнянно широкую область ефективного застосування, ніж метод будівництва заглиблених споруд у відкритих котлованах і опускний метод. Важливою перевагою методу «стіна в ґрунті» є те, що він застосовується не тільки для будівництва заглиблених споруд і використання підземного простору в цілях економії земель. Метод «стіна в ґрунті» успішно вирішує також і проблему будівництва протифільтраційних діафрагм ресурсів водних від забруднення їх стоками, що не піддаються очищенню.

Список використаної літератури:

1. Метрополітен [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B5%D0%BD>
2. Метрополітен// [Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури](#) / Р. А. Шмига, В. М. Боярчук, І. М. Добрянський, В. М. Барабаш ; за заг. ред. Р. А. Шмига. — Львів, 2010. — С. 123.
3. Перший метрополітен [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL: <https://www.jnsm.com.ua/h/0110P/#:~:text=%D0%92%D1%96%D0%B4%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%82%D1%82%D1%8F%20%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%88%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%83%20%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D1%96%20%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%83,%D1%96%20%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D0%BD%D0%BE%2038%20%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F%D1%87%20%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%B0%D0%B6%D0%B8%D1%80%D1%96%D0%B2>.

ПОРІВНЯННЯ НЕДОРОГИХ ПРИЙМАЧІВ RTK GNSS З ОДНОЧАСНИМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯМИ ДЛЯ КАДАСТРОВОЇ ЗЙОМКИ

Глобальна навігаційна супутникова система (GNSS) — це широко використовувана технологія для різних цілей позиціонування та навігації. Коли потрібна найвища можлива точність, геодезичні GNSS-інструменти зазвичай використовуються в різних додатках. Підвищення позиційної якості було досягнуто з розвитком інструментів GNSS, моделювання зсувів, алгоритмів обробки, а також з появою мульти-GNSS. Геодезичні інструменти GNSS здатні вимірювати кодові та фазові псевдодіапазони з високою точністю та точністю, що вказує на кращу продуктивність.

Починаючи з останнього десятиліття, позиціонування GPS/GNSS стало однією з найбільш використовуваних методологій завдяки швидкому розвитку супутникового позиціонування та появи приймачів і антен GNSS для масового ринку. Методи, засновані на цих інструментах, доступніші за звичайні.

Це дослідження спрямоване на оцінку використання одночастотних приймачів GPS/GNSS масового ринку для кадастрових зйомок, враховуючи як однобазову кінематику реального часу (RTK), так і мережеву кінематику реального часу (NRTK).

З моменту впровадження Глобальної системи позиціонування (GPS) метод кінематичної (RTK) глобальної навігаційної супутникової системи (GNSS) (RTK GPS/GNSS) широко використовувався для встановлення відносності між геодезичними знаками для кадастрової зйомки. Відносність між мітками огляду (обчисленими векторами) можна отримати шляхом розрізнення вимірних векторів. Ці виміряні вектори зазвичай розділені часом, як функція часу, необхідного для досягнення наступних геодезичних позначок. Отже, розрахований вектор не скасовує атмосферні затримки від загальної базової станції через неодноразовість спостережень.

Ми пропонуємо метод, який використовує кілька недорогих приймачів RTK GNSS, які використовують одночасні спостереження, тут називають різницю між базовими лініями (BD) RTK з кількома приймачами (або «MBD-RTK»). У цьому випадку продуктивність позиціонування буде покращена порівняно зі звичайним методом, який

використовує один геодезичний приймач RTK GNSS із неодноразовими спостереженнями, що тут називається «звичайним RTK».

На 100-кілометрових вимірних векторах показники успіху звичайного RTK для двох розрахованих векторів становили 13 відсотків і 19 відсотків відповідно. Ці коефіцієнти успіху були визначені векторною точністю з Правил кадастрових зйомок 2010. Допуск векторної точності обчислюється як 0,028 м на основі векторних відстаней, використаних у цьому внеску (в середньому 115 м). І навпаки, показники успіху MBD-RTK для відповідних двох векторів становили 51 відсоток і 65 відсотків. Отже, покращення на 38 і 46 відсотків відповідно.

На 70-кілометрових вимірних векторах показники успіху звичайного RTK для двох векторів становили 61 відсоток і 44 відсотки відповідно. З іншого боку, показники успіху MBD-RTK для відповідних двох векторів становили 76% і 91% відповідно. Це демонструє покращення на 15 та 47 відсотків у порівнянні зі звичайним RTK відповідно. Значне зниження показників успіху (61% до 44%) пояснюється ефектом багатопроменевого поширення.

На 30-кілометрових вимірних векторах показники успіху звичайного RTK для двох векторів становили 89 відсотків і 72 відсотки відповідно. І навпаки, показники успіху для MBD-RTK для відповідних двох векторів становили 97 відсотків і 83 відсотки відповідно. Це свідчить про покращення на 8 та 11 відсотків відповідно.

На завершення ми показали, що розрахована векторна точність MBD-RTK перевершує розраховану векторну точність для звичайного RTK, який зазвичай використовується для кадастрової зйомки. MBD-RTK також виявився більш ефективним, ніж звичайний RTK з точки зору як часу, так і вартості. Вартість кількох недорогих приймачів RTK GNSS (один приймач = ~400 доларів США) більш прийнятна, ніж вартість одного геодезичного приймача RTK GNSS (один приймач = ~20 000 доларів США). Згодом кілька проектів можна здійснювати одночасно, що збільшує прибутки геодезичних фірм.

Нарешті, MBD-RTK містить процедури, за допомогою яких підтримується гарантія якості та зазвичай виявляються помилки. Було виявлено, що багатопроменевість є єдиним джерелом тимчасової кореляції, що залишається після розрізнення вимірних векторів. Це справедливо лише тоді, коли вимірні базові лінії менше 10 км.

АНАЛІЗ ХІМІЧНОГО ЗАКРІПЛЕННЯ ҐРУНТІВ У ПІДЗЕМНОМУ БУДІВНИЦТВІ

До хімічного закріплення ґрунтів відносять методи силікатизації, смолизації та цементації.

Ін'єкційне хімічне закріплення являє собою штучну зміну фізико-механічних властивостей ґрунтів з додаванням різних реагентів.

Метод силікатизації та смолизації побудований на реакціях взаємодії хімічних реагентів між собою або з хімічно активною частиною ґрунтів. Цементация включає хімічний процес твердіння цементного розчину в порах ґрунтів, тріщинах та пустотах. Ці методи забезпечують збільшення міцнісних характеристик ґрунтів та довговічність.

Хімічне ін'єктування застосовують для водонасичених ґрунтів, включаючи піски, тріщинуваті скельні породи, напів скельні породи, крупноуламкові ґрунти, суглинки, глину, лесові ґрунти.

Закріплення мерзлих та вічномерзлих ґрунтів, зазначених вище літологічних видів, можливе після їхнього попереднього відстоювання. Також діють обмеження температурних умов.

Водонасичені ґрунти, швидкості ґрунтових вод, яких перевищують допустимі для кожного методу та ґрунти, що просочені нафтопродуктами не підлягають закріпленню.

В порівнянні з іншими способами хімічне ін'єктування можна здійснювати без порушення природної структури і складання ґрунтів, мінімізує деформації при проведенні робіт. За допомогою цементації можливе заповнення порожнин різних розмірів, що можуть бути утвореними за різних причин під фундаментами і в основі існуючих споруд. Запобігається обвалення покрівель і зумовлені ними локальні просідання ґрунтів. За допомогою поєднання методів силікатизації та смолизації є можливість посилити основи та фундаменти будівель і споруд на закарстованих територіях.

Вибір способів закріплення ґрунтів (табл. 1) залежить від середовища, коефіцієнту фільтрації ґрунтів, міцнісних та деформаційних характеристик.

Таблиця 1

Методи закріплення ґрунтів

| № | Способи ін'єктування з додаванням хімічних реагентів | Середовище закріплення | Найменування ґрунтів | Коефіцієнт фільтрації ґрунтів, м/добу | Екстремальні значення міцності закріплення при стиску, МПа | Середні значення міцності закріплення при стиску, МПа |
|---|---|------------------------|---|--|--|---|
| 1 | Силікатизація на основі розчинів (змішування) силікату натрію/хлористого кальцію/кремнефтористоводородної кислоти/алюмінію натрію | Лужне | Гравелисті піски, піски середньої крупності, мілкі пілуваті, просадочні і лесові, леси середньої крупності, | 0,2-80 | 0,2-8 | 4,25 |
| 2 | Силікатизація на основі розчинів силікату натрію та ортофосфорної кислоти | Кисле | Піски мілкі, пілуваті, середньої крупності | 0,5-10 | 0,2-0,5 | 0,35 |
| 3 | Газова силікатизація на основі силікату натрію та вуглекислого газу | Лужне | Піски мілкі, пілуваті, середньої крупності | 0,5-26 | 1-3 | 2 |
| 4 | Смолизація на основі розчинів смол та кислот | Кисле | Піски всіх видів | 0,5-50 | 2-8 | 5 |
| 5 | Цементация | Кисле | Пустоти в ґрунтах: піщаних, гравелистих, тріщинуватих, напівскельних, скельних | Для напівскельних >0,01, для інших >50 | - | - |

Закріплення ґрунтового масиву методом ін'єктування дозволяє проводити роботи в щільній міській забудові, відповідно до фізико-механічного складу ґрунтів підбирати та комбінувати розчини.

УДК 622

Д.С.Ніколюк, студентка 2 курсу, гр..ГГ-29
факультету гірничої справи, природокористування та будівництва
М.С. Куницька, ст. викладач кафедри маркшейдерії
Державний університет «Житомирська політехніка»

ЗАДАЧІ ТА ФУНКЦІЇ МАРКШЕЙДЕРСЬКОЇ СЛУЖБИ НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Маркшейдеру доводиться розв'язувати найрізноманітніші задачі, адже без належної організації маркшейдерської служби неможливе правильне, раціональне і безпечне ведення гірничих робіт.

Через розвиток гірничої науки і техніки поступово розширилися і ускладнилися завдання маркшейдерських робіт. Сучасні маркшейдерські роботи можна назвати одним з найважливіших напрямків гірничої науки і техніки, який займається в основному геометричними вимірюваннями і обчисленнями, вони включають в себе: графічне зображення на планах, розрізах і графіках просторового розташування всіх гірничих виробок, які проводяться при розвідці і розробці родовищ, форми залягання корисної копалини і розподілення її якісних властивостей; розв'язання різних гірничо-геометричних задач при розвідці родовищ, проектуванні і будівництві гірничих підприємств і розробці родовищ корисних копалин.

Весь процес освоєння родовищ корисних копалин можна розділити на основні стадії:

- розвідка (вивчення) родовища;
- проектування підприємств та способів розробки;
- будівництво гірничого підприємства;
- розробка (експлуатація) родовища.

На кожній стадії виконується певний комплекс робіт і вирішується велика кількість різноманітних завдань, Останнім етапом може бути ліквідація або консервація гірничого підприємства.

При *розвідці родовищ* маркшейдер виконує зйомку земної поверхні, об'єктів геологічних спостережень, в результаті чого складаються топографічні карти (плани), які є основою для отримання геологічних карт (планів) і проектування геологорозвідувальних робіт. По затвердженому проекту цих робіт він виконує виніс в натуру місця закладення розвідних виробок, яким і задає напрямок. По мірі проходження цих виробок маркшейдер виконує зйомку, наносить

отриманні дані на план, на основі даних розвідки спільно з геологами складає різні графічні документи, які характеризують форму залягання корисної копалини та просторове розподілення його якісних властивостей.

При *проектванні гірничих підприємств* в завдання маркшейдера входять: участь в проектно-вишукувальних роботах, оформлення у встановленому порядку гірничих і земельних відводів, проектуванню границь шахтних полів, розміщення будівель і споруд, які плануються будуватися на площах залягання корисних копалин; розробка заходів по охороні проектних споруд від шкідливого впливу підземних гірничих розробок; підрахунок (спільно з геологами) промислових запасів корисної копалини в межах контуру даного кар'єрного поля; участь в складанні календарних планів гірничих робіт.

При *будівництві гірничих підприємств* маркшейдер виконує наступні роботи: перевіряє проектні креслення всіх основних споруд і капітальних гірничих виробок для встановлення правильності взаємозв'язку між їх геометричними елементами; здійснює виніс вказаних вище проектних геометричних елементів в натуру; в період будівництва контролює правильність дотримання геометричних елементів проекту і задає напрямок гірничим виробкам; по мірі будівництва споруд і проходження гірничих виробок виконує їх зйомку, на основі якої складає виконавчі плани, розрізи і інші графічні документи, необхідні для початку експлуатації родовища.

А ось при *розробці родовищ* склад маркшейдерських робіт набагато складніший, тому що, в загальні функції маркшейдерських служб гірничих підприємств входить:

створення на поверхні в межах гірничого відводу даного підприємства планово-висотної опорної геодезичної і зйомочної мереж;

виконання топографічної зйомки поверхні і маркшейдерських зйомок відкритих гірничих виробок зі складанням необхідного для даного підприємства комплекту маркшейдерської графічної документації, яка по мірі ведення гірничих робіт систематично поповнюється;

перенесення геометричних елементів проекту гірничих виробок і технічних споруд в натуру;

надання напрямку гірничим виробкам, здійснення контролю за дотриманням проектних напрямків, ухилів і розмірів їх перетинів;

ведення щомісячного контролю обліку видобутої корисної копалини, об'єму розкривних робіт і інших гірничих робіт, а також маркшейдерське забезпечення буро-вибухових робіт; визначення меж безпечного ведення гірничих робіт, а також охоронних ціликів, перенесення цих меж в натуру і здійснення контролю за їх виконанням; здійснення контролю за охороною надр і повного відпрацювання

родовищ корисних копалин; вивчення (спільно з геологом) структури і форми залягання, властивостей корисної копалини і складання різних гірничо-геометричних графіків;

ведення інструментальних спостережень за зсувом земної поверхні і масиву гірничих порід під впливом підземних гірничих розробок, а також за стійкістю бортів і відвалів кар'єрів;

участь в складанні місячних, кварталних, річних і перспективних планів ведення гірничих робіт.

Останнім етапом є ліквідація або консервація гірничого підприємства. На цьому етапі маркшейдерська служба має такі задачі :

- завершує зйомку всіх гірничих виробок та наносить їх на маркшейдерську графічну документацію;
- контролює повноту вилучення корисних копалин з надр;
- завершує маркшейдерські роботи по рекультивациі земної поверхні;
- підготовує та здає на зберігання обчислювальну та графічну документацію.

Наведений перелік функцій маркшейдерської служби на всіх процесах освоєння родовищ корисних копалин не вичерпує всієї різноманітності задач та функцій маркшейдерської служби на гірничих підприємствах, адже маркшейде виконує різноманітні задачі на межі ряду інженерних областей. Як приклад, методи маркшейдерських вимірювань і обрахувань мають багато спільного з методами і прийомами геодезичних робіт.

Головний маркшейдер гірничого підприємства не лише керує усіма видами маркшейдерських робіт, але й несе відповідальність за рішення всіх задач, покладених на маркшейдерський відділ підприємства. В своїй роботі він обов'язково керується діючими правилами і інструкціями, які відносяться до маркшейдерської справи, наказами і розпорядженнями вищестоящих організацій і керівника гірничого підприємства. Разом з керівником несе відповідальність за достовірність звітів підприємства про повноту вилучення з надр запасів корисних копалин, маркшейдерської документації по обліку обсягів виконаних робіт, а також інших документів, пов'язаних з діяльністю маркшейдерської служби. Відповідальність за своєчасне і якісне виконання усіх маркшейдерських робіт на окремій маркшейдерській ділянці несе дільничний маркшейдер.

Отже, без правильної організації маркшейдерської служби неможливе правильне, раціональне і безпечне ведення гірничих робіт.

Т.В. Охоліна, к. геол. наук, ст. н. сп.
Г.О. Кузьманенко, к. геол. наук, н. сп.
С.П. Василенко, к. геол. наук, ст. н. сп.
Інститут геологічних наук НАН України

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ МАСИВУ ДАНИХ З ГЕОЛОГІЇ ТІ-ZR РОЗСИПІВ СЕРЕДНЬОГО ПРИДНІПРОВ'Я

Серед країн СНД Україна займає провідне місце, як по розвіданих запасах і потенційних ресурсах титанових руд, так і по виробництву титанового і цирконієвого концентратів та напівфабрикатів. Розвідані запаси родовищ на сьогодні складають близько 20 % світових. По виробництву ільменітового концентрату Україна займає 3 місце у світі, її доля складає близько 11,5 %, по виробництву рутилового концентрату – 8,5 %, губчатого титану – 5 %, двоокису титану – 3 %; у світовому експорті титанових концентратів – близько 8 %.

Більша частина цих запасів сконцентрована в межах Придніпровської розсипної зони, де розташовані перспективні титан-цирконієві родовища та рудопрояви (Самотканське, Мотронівсько-Аннівське, Тарасівське, Вовчанське, Зеленоярське та ін.)

Ця зона завширшки 50-120 км витягнута на відстань до 900 км уздовж північно-східного схилу Українського щита, містить комплексні циркон-рутил-ільменітові давні поховані розсипи прибережно-морського генезису.

Найбільш продуктивною є Самотканська група розсипів, представлена прибережно-морськими фациями міоценового й олігоценного морів, до складу якої входять Самотканське і Мотронівсько-Аннівське родовища (загальною площею понад 75 км²), розташовані в межах Лихівського, Верхньодніпровського, Криничанського та П'ятихатського районів Дніпропетровської області і частково Олександрійського району Кіровоградської області.

Мотронівсько-Аннівське родовище (МАР) знаходиться в межах Середньопридніпровського блоку УЩ. Це об'єкт є другим за значимістю та потужністю після Малишівського родовища, що входить до складу Самотканської групи розсипів (рис. 1). Відстань від центру ділянки до робочого промислового майданчика Вільногірського ГМК по прямій лінії складає 8,5 км.

В геологічній будові району розташування МАР беруть участь докембрійські утворення, які складають кристалічний фундамент (нижній – докембрійський структурний поверх), і фанерозойські осадові відклади (рис. 2), які на породах докембрійського фундаменту та їх корі

вивітрянання утворюють платформний чохол (верхній – фанерозойський структурний поверх).

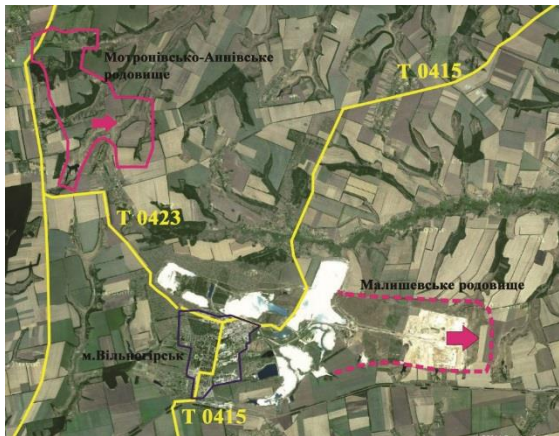


Рис.1. Мотронівсько-Аннівське та Самотканське родовища, вид із супутника

В геоструктурному відношенні більша частина площі утворень цих поверхів розташована в межах Центральної частини УЩ; повністю на правобережжі і частково на лівобережжі – у вигляді вузької смуги вздовж р. Дніпра, яка на півночі обмежена зоною субширотного Комендантівського розлому, що проходить поблизу нульової ізогіпси поверхні кристалічного фундаменту.

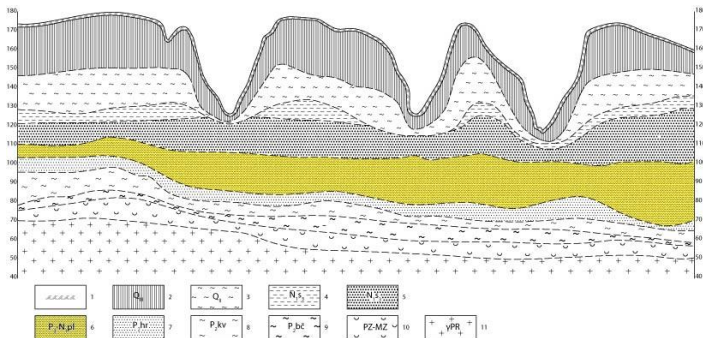


Рис.2 Схематичний геологічний розріз Мотронівсько-Аннівського родовища титаново-цирконієвих руд

Умовні позначення: 1 – ґрунтово-рослинний шар, алювіальні та делювіальні відклади; 2 – лесовидні та щільні червоно-бурі суглинки; 3 – червоно-бурі глини; 4 – зеленувато-сірі строкаті глини; 5 –

дрібнозернисті піски; 6 – тонкозернисті піски полтавської серії (основний рудоносний горизонт); 7 – глауконіт-кварцові піски харківського ярусу; 8 – зелені алевритові глини кийвського ярусу; 9 – піщано-глинисті відклади з прошарками бурого вугілля та вторинних каолінів бучацького ярусу; 10 – кора вивітрювання гранітів, плагіогранітів та їх мігматитів; 11 – граніти, плагіограніти та їх мігматити

Продуктивні відклади МАР представлені пісками полтавської серії (новопетрівська світа).

Корисними мінералами на Мотронівсько-Аннівському родовищі є ільменіт, рутил, лейкоксен та інші (рис. 3), які концентруються в тонкозернистих пісках новопетрівської світи полтавської серії, загальна потужність рудовміщуючого горизонту 11,2 м, сумарний вміст важких мінералів складає 65 кг/м³. Середній вміст (кг/м³): ільменіту – 36,0; рутилу – 10,63; циркону – 5,354; дистену – 9,87; ставроліту – 2,72.

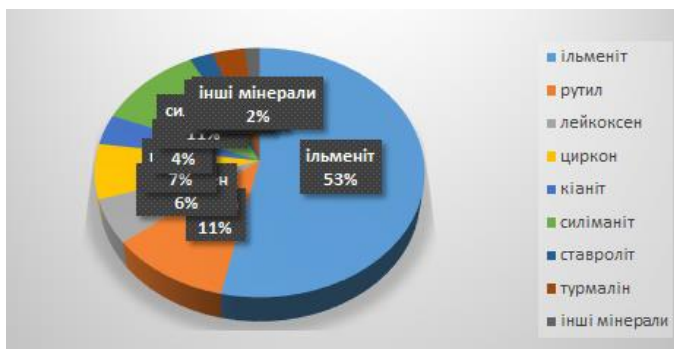


Рис. 3 Мінеральний склад рудних пісків, (%) Мотронівсько-Аннівського родовища

а) Родовища Самотканської групи розсипів розробляються ВГМК відкритим способом, комбінат забезпечений розвіданими запасами не менше ніж на 50 років. За його розрахунками, запаси Самотканського родовища при потужності комбінату 5,5 млн м³ в рік вистачить на 13 років.

Для поповнення виробничих потужностей ВГМК через близькість до Самотканського родовища, Мотронівсько-Аннівське родовище є резервним, а на сьогодні вже розпочато роботи з видобутку титан-цирконієвих мінералів у межах цієї ділянки.

Для Мотронівсько-Аннівського родовища побудовано ряд моделей, які відображають розподіл рудних компонентів (ільменіту, рутилу,

циркону, дистен-силіманіту, моноциту, а також розподіл вертикального запасу та умовного ільменіту в межах родовища.

Щоб показати найбільш інвестиційно-привабливі ділянки, з яких економічно вигідно розпочинати розробку родовища був введений параметр – інтегральний показник. В даній роботі демонструється одна з похідних моделювання – 3D модель інтегрального показника Мотронівсько-Аннівського ільменіт-рутил-цирконового родовища (рис. 4).

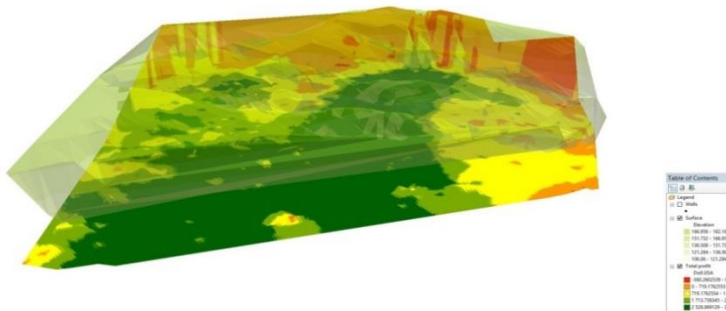


Рис 4. 3D модель інтегрального показника. Вид зі сходу.

Візуалізації родовища будувалися в програмному забезпеченні ArcGIS 10.2. шляхом створення бази даних по родовищу, яка в себе включає 1045 свердловин.

Інтегральний показник – параметр, який відображає вартісну оцінку розробки родовища у \$ США на сьогоднішній день. Для побудови моделі інтегрального показника використовувались наступні параметри:

1) Створено модель розподілу вертикального запасу умовного ільменіту, який відображає кількість умовного ільменіту на 1m^2 площі родовищі. Вертикальний запас умовного ільменіту розраховується як добуток вмісту умовного ільменіту на потужність рудного пласта.

2) Інтегральний показник розраховується, як різниця між кількістю умовного ільменіту на 1m^2 , помноженою на вартість за метричну тону (станом на 2021 рік) та витратами, які необхідно понести для видобування цього ільменіту на 1m^2 – розробка покриву та видобуток власне ільменіту (розраховується у \$ США).

Аналізуючи 3D модель інтегрального показника (рис. 2), можна сказати, що найбільш економічно привабливою ділянкою в межах Мотронівського-Аннівського родовища є центральна ділянка, яка простягається в субширотному напрямку з північного заходу на південний схід, яка зображено темно-зеленим кольором. Нарощення запасів згідно даної моделі можливе у південно східному напрямку. Прибуток в цій частині родовища складає до 10 тисяч \$ США. Такий

розподіл інтегрального показника пов'язаний з умовами осадконакопичення в даному родовищі, а саме, генезис родовища – прибережно-морський, у цьому місці накопичувалося найбільша кількість концентрату. В північно-східному напрямку від основного пласта зменшується накопичення корисного компоненту, відповідно і інвестиційна привабливість родовища, що призведе до менших прибутків, які складатимуть від 0 до 1400 \$ США. В південно-західному напрямку простежується ще одна полоса, яка теж є економічно вигідною, але з меншими умовами прибутку (від 1500 до 3000 \$ США). На півдні покладу спостерігається теж невелика ділянка, яка є продовженням паралельного покладу, але з більш привабливими показниками. На півночі покладу показники від'ємні, отже непривабливі для розробки.

Завдяки об'ємній моделі родовища, можна виділити найбільш привабливі частини для розробки, і вони знаходяться саме на півночі центрального покладу. Оскільки розкривні породи в цій ділянці розмиті тимчасовими водними потоками, і в рельєфі вони представлені балками, відповідно потужність перекриваючої товщі менша і затрати на розкривні породи будуть меншими.

Робота профінансована за рахунок Програмно-цільової та конкурсної тематики НАН України «Інтегрування різномасштабних геологічних даних для вирішення фундаментальних та прикладних задач геології України» Держ.реєстраційний номер 0122U00254

УДК 622.271

В.О. Пико, магістр 1-го курсу

І.А. Піскун, аспірант

Науковий керівник: С.І. Башинський, к.т.н., доц.

*Факультет гірничої справи, природокористування та будівництва
Державний університет «Житомирська політехніка»*

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ КОРЕГУВАННЯ СІТКИ СВЕРДЛОВИН З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИБУХОВИХ РОБІТ ЗА УМОВ ТДВ «БЕРЕЗІВСЬКИЙ КАР'ЄР»

Якість проведення БВР має вагомий вплив на економічну ефективність підприємства. Відсоток виходу негабариту визначає розміри витрат на його подрібнення. Відсоток переподрібненої породи впливає на об'єми що будуть нерезалізованими і просто складуватимуться у відвалах.

Параметри БВР визначають наскільки оптимальними будуть вищезазначені об'єми. Для цього на етапі проектування БВР мають бути враховані наступні фактори:

- геологічні умови;
- міцність породи;
- інтенсивність тріщинуватості;
- блочність;
- тип вибухової речовини (ВР);
- фізичні та хімічні властивості ВР;

Зазвичай методики розрахунку, які використовують більшість підприємств є застарілими та не завжди враховують ці фактори, або якщо враховують то доволі поверхнево та потребують подальшого корегування згідно результатів проведення БВР.

Тому для вирішення питання щодо ефективного керування процесом подрібнення гірської маси, було вивчено властивості масиву та опір вибуховим навантаженням згідно типу ВР, яку використовує підприємство (дослідження проводились безпосередньо за умов ТДВ «Березівський кар'єр»)

Вся енергія вибуху в різних випадках витрачається неоднаково. В першу чергу після вибуху заряду ВР навколо нього утворюється кілька областей деформації гірського масиву:

- область стиснення (подрібнення);
- область розломів (тріщинуватості);
- область струсу.

Перші області у парі утворюють зону контрольованого дроблення (рис. 1). На практиці радіус дії цієї зони намагаються збільшити підбираючи оптимальні параметри БВР. А зони ефективного дроблення, які накладаються одна на одну утворюють зони можливого переподрібнення.

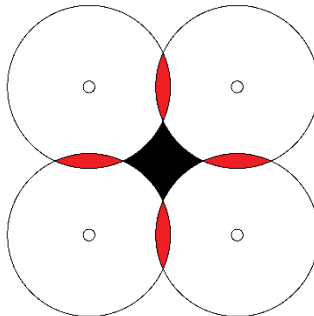


Рис.1. Квадратна схема розташування свердловин що застосовується за умов ТДВ «Березівський кар'єр»: червоний колір – зона переподрібнення, чорний – зона неконтрольованого дроблення.

Отже, спочатку проводиться розрахунок основних параметрів БВР, далі корегування сітки буріння, згідно розрахунку радіусу зони контрольованого дроблення свердловинного заряду. Саме розрахунок радіусу зони контрольованого дроблення дає змогу встановити оптимальні параметри для сітки свердловин.

Таким чином, за рахунок зон переподрібнення, можна збільшити відстань між свердловинами в ряду, яка дорівнює $a = 2R = 4,4$, м та зменшити відстань між рядами, так щоб зазор між рядами свердловин був відсутній, у даному випадку 3,8 м. Це дасть змогу підвищити вихід гірської маси з 1-го масового вибуху, та зменшити кількість свердловин, що в свою чергу зменшить витрати на БВР, при цьому продуктивність підприємства не зазнає втрат.

Для забезпечення більш рівномірного розподілу полів напруги у гірському масиві при вибуху пропонується замінити квадратну сітку на шахову. Таким чином загальна площа зон можливого переподрібнення гірської маси зводиться до нуля. Така схема розташування свердловин є кращою в умовах міцних гірських порід. Відповідно схеми розташування матимуть вигляд, як показано на рисунку 2.

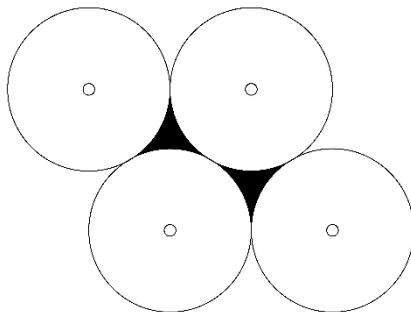


Рис. 2. Шахова схема розташування свердловин, що пропонується за застосування за умов ТДВ «Березівський кар'єр»: чорним кольором позначено зони неконтрольованого дроблення.

Зробивши розрахунок для схеми розташування свердловин за умов ТДВ «Березівський кар'єр» та модель дії вибуху (рис. 3), було визначено об'єм переподрібненої маси, що становить 1211 м^3 або ж 3,36 % від об'єму блоку підготовки та 6,9% виходу негабариту, для кожного масового вибуху.

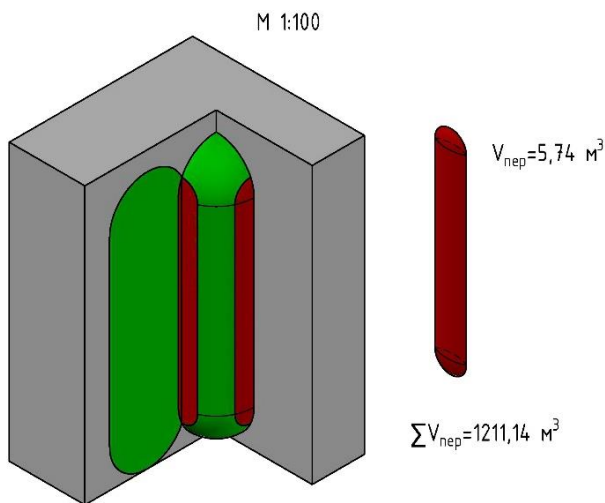


Рис. 3. Модель дії вибуху при стандартній схемі розташування свердловин

Отже, після визначення параметрів сітки свердловин запропонованим методом було отримано параметри БР у відповідності до результатів наведених в таблиці 1.

Таблиця 1

Параметри БВР при застосуванні різних схем позиціонування свердловин

| № п.п | параметр | | базові | перераховані | одиниці |
|-------|---|------------|----------------|--------------|--------------------|
| 1 | відстань між свердловинами | в ряду | 4 | 4,4 | м |
| | | між рядами | 4 | 3,8 | м |
| 2 | розташування сітки свердловин | | квадратна | шахова | - |
| 3 | загальна кількість свердловин | | 120 | 115 | шт. |
| 4 | фактичний об'єм взірваної маси | | 35562 | 36060 | м ³ |
| 5 | вихід гірської маси з 1 м.п свердловини | | 15,27 | 16,16 | м ³ /м |
| 6 | відсоток виходу негабариту | | 6,9 | 6,6 | % |
| 7 | Загальний об'єм зон переподрібнення | | 1211 (3,36) | - | м ³ (%) |

Використання запропонованого методу дозволяє оптимізувати параметри сітки свердловин, уникнути зон переподрібнення та зменшити к-сть необхідних свердловин у масиві, при цьому не збільшивши відсоток виходу некондиційних шматків породи.

Список літератури:

1. Монастирьов М.В. Обґрунтування параметрів вибухопідготовки будівельної сировини в умовах гранітних кар'єрів з метою підвищення ефективності буровибухових робіт : автореф. канд. техн. наук / М.В. Монастирьов. – Кременчук, 2006.

2. Кісель О.О. Аналіз впливу схеми розташування вибухових свердловин на ефективність ведення буровибухових робіт при видобуванні було-щебеневої сировини / О.О. Кісель, А.В. Кісель. Вісник ЖДТУ №1 (56). – Житомир, 2011.

3. Крюков Г.М. Ступінь подрібнення та виходу негабариту при розпушенні масиву вибуховим сетодом / Г.М. Крюков, М.І. Докутович, С.Н. Жаровонко. – Донецьк, 2011.

УДК 553.3

І.А. Піскун, аспірант

В.І. Кіреєв, студент 3-го курсу

*Факультет гірничої справи, природокористування та будівництва
Державний університет «Житомирська політехніка»*

ПЕРСПЕКТИВИ ВИДОБУВАННЯ УРАНОВИХ РУД В УКРАЇНІ

В контексті сьогодення як ніколи актуальною є проблема забезпечення населення доступною електроенергією. Це проявляється у всіх аспектах життєдіяльності, починаючи від побутових потреб – закінчуючи промисловим виробництвом. Наразі типовими джерелами енергії є порівняно застарілі ТЕС та ГЕС, які мають порівняно високий ступінь впливу на навколишнє середовище. Функціонування одних потребує великої кількості викопних паливних матеріалів, а будівництво інших спричиняє затоплення значних площ та зміну водних екосистем.

Останнім часом все більшого поширення набуває зелена енергетика, а саме СЕС та ВЕС. Недоліком електростанцій даного типу є сильна залежність від погодних умов, що часто ускладнює, або унеможливує їх експлуатацію та висока вартість електроенергії одержаної в такий спосіб, яка зумовлена як високою вартістю устаткування так і значними експлуатаційними витратами.

Виходячи з вище викладеного, одним з найбільш ефективних та дешевих способів одержання електроенергії є експлуатація АЕС. Існують різні типи паливних циклів, які залежать від типу реактора й від того, як відбувається кінцева стадія циклу. Зазвичай паливний цикл розпочинається з видобування уранової руди. Вона подрібнюється для відділення діоксиду урану. Отриманий оксид урану перетворюють у гексафторид урану — газоподібна сполука. Для підвищення концентрації урану-235, гексафторид урану збагачують на заводах з розділення ізоотопів, після чого збагачений уран знову перетворюють у твердий діоксид урану, з якого виготовляють паливні таблетки. З таблеток збирають тепловидільні елементи (твेलі), які об'єднують в збірки для завантаження в активну зону ядерного реактора АЕС. [1]

Власне забезпечення сектору атомної енергетики України власною сировиною є дуже важливим кроком на шляху до енергетичної незалежності. Станом на початок 2022 року, близько 80% ядерного палива імпортується з Росії, інші 20% з країн Європи та США. Відмова від Російського імпорту потребує нарощування закупівель паливних елементів у країнах Європи та США, або налагодження технології виготовлення власних паливних елементів. На перший погляд доцільніше змінити логістику закупівель, але справа в тому, що конфігурація паливних стержнів, які виготовляються в ЄС та США значно відрізняється від потреб вітчизняних АЕС. Наразі лише 2 енергоблоки (у складі Запорізької АЕС) з 15 діючих можуть працювати з виготовленими у Європі чи США паливними стержнями, інші ж енергоблоки потребують суттєвих конструктивних змін. Іншим способом вирішення даної проблеми є налагодження власного виробництва паливних елементів. Відповідно першочерговою задачею при вирішенні даної проблеми є оцінка запасів уранової руди в межах України, їх кількості, якості та геолого-технічних параметрів залягання таких руд.

На сьогодні видобуток урану в Україні, не зважаючи на те, що він мав би приносити значні прибутки, є справою збитковою. Так, на 2019 рік НКРЕКП затвердила ціну на діоксид урану у розмірі 75 доларів за кілограм, хоча собівартість видобутку на Новокостянтинівській, Смолінській та Ігульській шахтах становить від 79 до 143 доларів за кілограм. При цьому ринкова ціна складала від 27,7 до 29,9 доларів за фунт (тобто від 55,40 до 65,78 доларів за кілограм). За такої політики проводити повноцінний розвиток галузі, забезпечувати радіаційний захист уранових об'єктів, виплачувати своєчасну та гідну зарплатню персоналу стає справою майже неможливою. [2]

Власне уранова промисловість України веде свою історію з кінця 1940-х років. В Україні нині три діючі уранові шахти. Всіма ними управляє Державне підприємство (ДП) «Східний гірничо-

збагачувальний комбінат» (СхідГЗК). Це підприємство входить у десятку найбільших виробників урану в світі та забезпечує два відсотки від світового видобутку. [3]

Сучасна уранова промисловість розвивається згідно Державної цільової економічної програми «Ядерне паливо України». На початку XXI ст. в Україні видобування власного природного урану становить 500-800 т. на рік, що могло б забезпечити потреби вітчизняної атомної енергетики на 30%, проте уранова руда експортується в країни близького зарубіжжя, де вона зазнає переробки та повертається в Україну у вигляді паливних елементів.

Загалом в Україні до Державного балансу корисних копалин зараховано 17 родовищ, із яких 14 розташовуються в Кропивницькій області, 2 – в Миколаївській та 1 у Дніпропетровській, а в цілому розвідано 22 родовища зі значними запасами руди, концентрація урану в якій перевищує 0,1%.



Рис.1. Найбільші уранові родовища України

На сьогодні запаси Мічуринського, Східної зони Центрального і Ватутинського родовищ уже майже вичерпані. Найбільш перспективними для розробки залишаються Новокоостянтинівське, Західна зона Центрального, Северинське, Докучаєвське, Партизанське, а також гідрогенні Апрельське і Сафоновське. Розвідані і попередньо оцінені ресурси урану Кіровоградського уранорудного району

складають понад 100 тис. т, з яких близько половини оцінюються як рентабельні (до 80 дол. за 1 кг урану). Прогнозні ресурси Кіровоградського району складають близько 200 тис. т. Новокоостянтинівське родовище за запасами урану – 93 626 т (вміст урану в руді 0,139%), входить до десятки найбільших родовищ світу. В подальшому заплановано виконання розробки даного родовища до глибини 700 м вертикальними шахтами. Але основні рудні горизонти знаходяться на абсолютних позначках «мінус» 120-440 м. [4]

На сьогодні Україна за ресурсами і запасами урану входить до першої десятки серед усіх країн світу і посідає одне з перших місць у Європі, але існують серйозні проблеми з інвестиціями в урановидобувну галузь. Повний цикл робіт з видобутку (підземним способом) та переробки уранових руд в Україні займається лише ДП «Східний ГЗК», що є свого роду монополією, як наслідок відсутність конкуренції в цій галузі гальмує її розвиток. Залучення до проектної експлуатації перспективних родовищ, наприклад таких як Новокоостянтинівське, потребує будівництва гірничо-металургійного комплексу і, відповідно, концентрування значних фінансових ресурсів, що є малоймовірним.

Проте, згідно з «Енергетичною стратегією України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», прогнозується поступове нарощення генерації ядерної енергії. Так, коли на 2015 рік передбачалось виробництво 87,6 млрд. кВт·год електроенергії на АЕС, то вже на 2035 р. очікують одержати значення рівне 94 млрд. кВт·год. [5]

Відповідно, на шляху до забезпечення України власним урановим паливом перш за все потрібно збільшити фінансування для оновлення устаткування і забезпечення безпечного видобутку.

Для сектору виробництва ядерного палива першочерговими завданнями є забезпечення приросту видобутку урану й цирконію, підготовка до промислового освоєння родовищ, придатних для відкритої експлуатації, розроблення розвіданих родовищ, оптимізація видобутку та створення запасу свіжого ядерного палива (уранового концентрату).

Одним з ключових також є актуалізація загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на довгостроковий період з метою розширення власної ресурсної бази урану та інших корисних копалин шляхом здійснення розвідки, розробки та введення в експлуатацію нових родовищ урану.

Список літератури:

1. Концепція державної цільової економічної програми розвитку атомно-промислового комплексу на період до 2020 року. Схвалено розпорядженням КМ України 9 листопада 2016 р. № 943-р.

2. Верховцев В. Г., Лисиченко Г. В., Забулонов Ю. Л. та ін. Перспективи розвитку уранової сировинної бази ядерної енергетики України. – Київ: Наукова думка, 2014. – 356 с.

3. Бакаржієв А. Х., Лисенко О. А. Історія створення сировинної бази урану України//Мінеральні ресурси України. – 2018. – № 1. – С. 4–14.

4. Уранові руди України. Геологія, використання, поводження з відходами виробництва / Лисиченко Г. В., Мельник Ю. П., Лисенко О. Ю., Дудар Т. В., Нікітіна Н. В. — К :Наук. думка, 2010. — 221 с.

5. Енергетична стратегія України на період до 2030 р., схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 1071

УДК 693.12, 620.4

І.А. Піскун, аспірант

В.В. Котенко, к.т.н., доц.

*Факультет гірничої справи, природокористування та будівництва
Державний університет «Житомирська політехніка»*

АРМУВАННЯ АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ З КАМЕНЮ

В практиці обробки природного каменю дуже часто трапляються ситуації, коли проект виконаний на прохання замовника не дозволяє забезпечити достатню міцність та жорсткість готового виробу. Дана проблема дуже гостро постає під час виготовлення таких елементів як кухонні поверхні, підвіконні плити, стільниці чи фасонні вироби. Якщо розглядати підвіконні плити чи стільниці, то складнощі під час їх виготовлення перш за все будуть пов'язані з нетиповим співвідношенням лінійних розмірів виробів даного типу, адже їх довжина значною мірою перевищує ширину, що вже має негативний вплив на значення жорсткості. У випадку з кухонними стільницями, додатковим каталізатором проблеми стає необхідність виконання технічних отворів для монтажу миючих поверхонь та кухонних приладів, що призводить до концентрації згинаючих навантажень в зоні вузьких ділянок виробу.

В окремих випадках, зустрічається проблема утворення тріщин на поверхні виробів з каменю під час їх експлуатації. Це є характерним для виробів, фіксація яких виконана за допомогою бетонних чи клейових сумішей, тобто вони мають жорсткий зв'язок з конструктивними елементами будинку, який з часом може осідати, і власне це осідання може стати причиною руйнування виробів. Відповідно, задля збереження можливості виготовлення складних виробів з природного каменю, які матимуть достатню міцність та жорсткість, і забезпечення високого ступеню їх надійності під час виконання монтажних і

транспортних робіт доцільним буде розглянути можливість їх армування матеріалами різного типу.

Станом на сьогодні технологія армування виробів з каменю не є розповсюдженою і носить швидше теоретичний аніж практичний характер. Існує ряд досліджень присвячених даній тематиці, але цей процес не ідентифікується як стале поняття і за умов вітчизняного виробництва практично не використовується як елемент технологічної схеми виробництва.

Загалом можна виокремити декілька можливих варіантів виконання технології внутрішнього армування. Якщо розглядати порядок виконання дій при застосуванні цієї технології то він буде незмінним, а от змінними будуть елементи, що використовуються для армування та ряд лінійних параметрів для їх введення в площину виробу (товщина, довжина та глибина пропилю які будуть зумовлені лінійними параметрами як безпосередньо виробу так і матеріалу яким цей виріб армується) [1].

Власне одним з найтипівіших є виконання внутрішнього армування за допомогою сталевих стержнів. Зміцнення виробу за допомогою сталевих стержнів виконати досить просто, для цього потрібно: виконати проріз на нижній стороні виробу, ввести смужку сталевого стержня в проріз і повністю закрити стержень епоксидною. Потрібно зауважити, що в даному випадку, порушення технології призведе до протікання такої хімічної реакції як окиснення у дуже тісному просторі, наслідком чого може стати руйнування каменю від тиску, який буде зумовлений протіканням даної реакції.

Наразі досить активно оновлюється номенклатура виробів, які можуть бути застосовані для армування. Виходячи з аналізу ринку будівельної продукції, було зроблено висновок про можливість застосування композитних стержнів для армування виробів з каменю. Використання композитної арматури дозволить здешевити і полегшити процес армування та зменшити кінцеву вагу готового виробу.

Виходячи з тенденцій розвитку будівельної промисловості можна констатувати, що саме склопластиковий і базальтопластиковий типи композитної арматури набули найбільшого поширення, відповідно в подальшому увага акцентуватиметься саме на них.

Основні принципи застосування композитної арматури для армування виробів з каменю аналогічні принципам застосування сталевий арматури. Тому, в порівняльній аналізі склопластикової та базальтопластикової арматури закладені характеристики, які дозволять їм виступати альтернативою металевому армуванню, або спільно працювати з ним.

Одним з головним недоліків як склопластикової, так і базальтопластикової арматури (у порівнянні зі сталевую) є мала

термостійкість. Волокна, які використовуються для виготовлення цих композитних матеріалів дуже жароміцні, проте сполучний пластиковий компонент не витримує впливу високих температур. Вогнестійкість базальтопластикової арматури становить близько 300 °С, а склопластикової – 150 °С. Відповідно вироби, армовані такими стержнями, мають невисоку стійкість до впливу пожеж.

Головною перевагою базальтопластикової арматури у порівнянні зі склопластиковою є низьке значення водопоглинання та вкрай повільні процеси корозії волокна під впливом агресивного середовища. Механізм деградації скловолокна складний, основним руйнівним фактором є міграція активних хімічних агентів у поверхневому шарі і через тріщини поверхні скловолокна, тобто здатність до абсорбції води та водних розчинів. Процес різко прискорюється при циклічному змочуванні – осушенні та впливі циклів заморожування і відтаювання.

Доцільність застосування того чи іншого типу композитної арматури значною мірою буде залежати від механічних властивостей, які вона забезпечуватиме. За умов армування каменю, головними зусиллями, які виникатимуть під час транспортування, монтування та експлуатації виробів – будуть саме згинаючі зусилля, тому вирішальним в даному аспекті є дослідження саме таких параметрів як згинальне напруження та модуль пружності за розтягом, визначення яких виконувалось експериментальним шляхом.

Дослідження стійкості композитної арматури різного типу до згинальних навантажень виконувалось за умови її розміщення у зразках типу «плита» виготовлених з гранодіориту Покостівського родовища. Виготовлення зразків виконувалось у відповідності до вимог встановлених національним стандартом України ДСТУ Б EN 12057:2007 «Вироби з природного каменю. Модульна плитка. Вимоги». У відповідності до даного стандарту разки повинні мати гладку рівну поверхню без здуттів, сколів, тріщин, раковин та інших видимих дефектів. У загальних випадках рекомендується випробовувати п'ять зразків, а для анізотропних матеріалів по п'ять зразків для кожного з головних напрямів, відповідно було підготовано 10 зразків розміром 1000×200×30 мм. Лінійні розміри зразків відповідали вимогам вище описаного стандарту, відхилення по довжині і ширині не перевищувало $\pm 1\%$ від величини даних параметрів, значення похибки товщини зразків знаходилось у діапазоні $\pm 1,5$ мм, а похибки площинності та перпендикулярності зразків знаходились в межах 0,15% [2].

Кожен зі зразків зміцнювався за допомогою арматури різного типу. Власне, було застосовано склопластикову арматуру марки Rebar та базальтопластикову марки Polyarm (табл. 1).

В обох випадках застосовувались арматурні стержні діаметром 12 мм, з спіралью наклеєною навивкою. В якості фіксуючої суміші було

використано термоактивну епоксидну смолу «CHS-Ероху-619» та прозорий згущувач «TELALIT 0492» тієї ж компанії. Компоненти для приготування фіксуєної суміші змішувались у пропорції 32 гр. згущувача на 100 гр. смоли. Роботи зі змішування проводились при кімнатній температурі. Тривалість застигання даної суміші становить 48 годин. Після двох днів полімеризації суміш повністю переходить у крихкий стан. Після семи днів з моменту утворення суміші вона набуває початкової міцності, а через два тижні, при середній температурі в +25°C суміш остаточно полімеризується та набуває максимального значення міцності. Перед початком механічних досліджень зразки витримувались впродовж двох тижнів [3].

Таблиця 1
Порівняльна характеристика склопластикової та базальтопластикової арматури марок Rebar та Polyarm

| № з/п | Найменування параметрів | Од. виміру | Значення для: | |
|-------|-----------------------------|------------------|--------------------------|------------------------------|
| | | | склопластикової арматури | базальтопластикової арматури |
| 1 | Типорозмір | мм | 12 | 12 |
| 2 | Тип навивки | - | спіральна наклеєна | спіральна наклеєна |
| 3 | Межа міцності | МПа | 600 - 1200 | 700 - 1300 |
| 4 | Модуль еластичності | МПа | 45000 | 60000 |
| 5 | Відносне видовження | % | 2,2 | 2,5 |
| 6 | Щільність | т/м ³ | 1,9 | 2,0 |
| 7 | Діапазон робочих температур | °C | від -60 до +150 | від -260 до 300 |

Випробування зразків на міцність виконувалось у відповідності до вимог Національного стандарту України ДСТУ Б EN 12372:2011 (EN 12372:2006, IDT) «Методи випробувань природного каменю. Визначення границі міцності на згин під концентрованим навантаженням» [4].

Під час виконання дослідження застосовувався гідравлічний прес. Встановлення зразків в робочій зоні пресу виконувалось на підкладках, після чого визначався геометричний центр, до якого і прикладалось навантаження. Підставки на яких розміщувались зразки виставлялись

таким чином, щоб їх середня лінія знаходилась на відстані 50 мм (± 1 мм) від краю зразка.

Однією з важливих умов під час проведення даного дослідження є забезпечення рівномірної швидкості відносного руху навантажувального наконечника гідравлічного пресу. Швидкість відносного переміщення навантажувального наконечника зазвичай приведена в нормативно-технічній документації на матеріал, але для матеріалу, використовуваного в рамках дослідження ці значення відсутні, отож їх було визначено за допомогою наступної формули:

$$V = 0,01 \frac{l^2}{6h}, \text{ мм/хв} \quad (1)$$

де: l – відстань між опорами, мм; h – товщина зразка, мм.

У всіх без винятку випадках випробування продовжувались до руйнування зразка, при цьому визначалось значення величини максимально прикладеного навантаження і прогину. Для визначення величини прогину позаду заготовки було розміщено координаційну сітку, по якій і вираховувалась величина прогину в момент максимально навантаження.

Величина згинального напруження при навантаженні заготовки може бути визначена як:

$$\sigma_z = \frac{M}{W}, \text{ МПа} \quad (2)$$

де: M – згинальний момент, Н·мм; W – момент опору поперечного перерізу зразка, мм³.

Згинальний момент визначається як:

$$M = \frac{Fl}{4}, \text{ Н} \cdot \text{мм} \quad (3)$$

де: F – згинальне навантаження прикладене до зразка, Н; l – відстань між опорами, мм.

Величина моменту опору поперечного перерізу зразка обчислюватиметься як:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6}, \text{ мм}^3 \quad (4)$$

де: b – ширина зразка, мм; h – товщина зразка, мм.

Підставивши формули 3 і 4 у формулу 1 одержимо:

$$\sigma_z = \frac{3Fl}{2b \cdot h^2}, \text{ МПа} \quad (5)$$

Значення модулю пружності при згині визначатиметься як:

$$E_{зг} = \frac{l^2 F}{4b \cdot h^2 \cdot z} \quad (6)$$

де: z – максимальне значення прогину зразка, мм.

Результати одержані в ході виконання вимірювань, та результати розрахунку згинального напруження і модулю пружності за розтягом при армуванні виробів з каменю за допомогою склопластикових та базальтопластикових стержнів наведені в таблиці 2.

Загалом застосування композитної арматури задля зміцнення виробів з каменю можна вважати доцільним. Найбільш оптимальним з технічної точки зору є застосування саме базальтопластикової арматури, оскільки вона дозволяє збільшити стійкість виробу до згинальних навантажень та характеризується меншим зростанням модуля пружності при згині (тобто сприяє збільшенню жорсткості виробу), що в загальному забезпечує більш тривалий період експлуатації виробу.

Таблиця 2

Результати дослідження і розрахунків

| № | Найменування показників | | Од-ви м. | По з. | Одержані результати | | | | | Сер. знач. |
|---|----------------------------|---------|----------|------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|------------|
| | | | | | Зр. 1 | Зр. 2 | Зр. 3 | Зр. 4 | Зр. 5 | |
| 1 | Прикладене зусилля | АСП* | Н | F | 840 | 843 | 924 | 922 | 912 | 888,2 |
| | | АБП* | Н | | 994 | 931 | 1005 | 1002 | 1008 | |
| 2 | Розміри зразків | довжина | мм | l | 900 | | | | | |
| | | ширина | мм | b | 200 | | | | | |
| | | товщина | мм | h | 30 | | | | | |
| 3 | Значення прогину | АСП | мм | z | 7 | 9 | 7 | 5 | 9 | 7,4 |
| | | АБП | мм | | 7 | 12 | 12 | 8 | 7 | 9,2 |
| 4 | Згинальне навант. | АСП | МПа | σ_z | 6,30 | 6,32 | 6,93 | 6,92 | 6,84 | 6,66 |
| | | АБП | МПа | | 7,46 | 6,98 | 7,54 | 7,52 | 7,56 | 7,41 |
| 5 | Модуль пружності при згині | АСП | МПа | E_{zg} | 4050,0 | 3161,3 | 4455,0 | 6223,5 | 3420,0 | 4262,0 |
| | | АБП | МПа | | 4792,5 | 2618,4 | 2826,6 | 4227,2 | 4860,0 | 3864,9 |

*АСП – зразки армовані склопластиковими стержнями

**АБП – зразки армовані базальтопластиковими стержнями

Однією з головних переваг базальтопластикової арматури у порівнянні з склопластиковою є висока корозійна стійкість. Якщо ж порівнювати ці два типи арматури з економічної точки зору, то найкращою альтернативою металевому армуванню буде саме склопластикове, адже при майже в двічі меншій вартості у порівнянні з базальтопластиковим, воно забезпечує практично аналогічні показники

міцності армованого виробу. З технологічної точки зору, доцільнішим є застосування базальтопластикової арматури, адже у порівнянні зі склопластиковою вона забезпечує більше на 11,2% значення стійкості виробу до згинальних навантажень (7,41 МПа проти 6,66 МПа) та менше на 9,3% значення модулю пружності при згинанні (3864,9 МПа проти 4262,0 МПа) що має позитивний ефект на жорсткість виробу.

Список літератури:

1. I. Fayala, O. Limam, I. Stefanou. Experimental and numerical analysis of reinforced stone block masonry beams using GFRP reinforcement. Composite Structures, Elsevier. 2016. No. 15(2). P. 994–1006.

2. ДСТУ Б EN 12057:2007. Вироби з природного каменю. Модульні плити. Вимоги. Київ, 2007.

3. Застосування композитних матеріалів для армування архітектурно-будівельних виробів з каменю / В. Котенко та ін. ВІСТІ Донецького гірничого інституту. 2021. 2 (49). С. 26–36.

4. ДСТУ Б EN 12372:2011. Методи випробування природного каменю. Визначення границі міцності при згині під концентрованим навантаженням. Київ, 2012.

УДК 622

В.О. Пулін, магістрант 2-го курсу, групи РР-46м

В.І. Шамрай, к.т.н., доц.

*Факультет гірничої справи, природокористування
та будівництва*

Державний університет «Житомирська політехніка»

ВИМІРЮВАННЯ ДОЗИ ФЛОКУЛЯНТІВ ПРИ ВОДОПІДГОТОВЦІ НА КАМЕНЕОБРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Природний облицювальний камінь є надійним і довговічним будівельним матеріалом. Індустрія видобутку та обробки декоративного каменю розвивається в усьому світі, і очікується, що до 2020 року валове виробництво буде досягнуто близько ста мільйонів тонн, з яких приблизно 50% становлять відходи в різних агрегатних формах. В Україні налічується понад 1600 каменеобробних підприємств. Основною сировиною є міцні магматичні породи, такі як граніти, габро, лабрадорити. При переробці природного каменю утворюються відходи природного каменю, які мають різні геометричні розміри. Великі шматки природного каменю переробляють на бруківку та щебінь. Дрібні відходи розміром менше 1 мм зберігають у відкритих шламонакопичувачах. Внаслідок цього, накопичилася величезна кількість дрібних відходів, і питання їх утилізації перетворилося на

серйозні економічні та екологічні проблеми. При обробці природного каменю вода використовується для охолодження інструменту і змиву шламу у відстійник. Вода циркулює по замкнутому циклу: брудна вода після охолодження інструменту осідає в шламовідстійнику, де відстоюється тверда фаза, освітлена вода повторно подається в обробні машини.

Зазвичай очищають шламові резервуари кілька разів на місяць; при цьому шлам видаляють із відстійника у вологому стані, зберігають на майданчиках, де він відстоюється. У цьому випадку забруднена вода потрапляє в ґрунт, що може призвести до забруднення навколишнього середовища.

Як показує практика, при очищенні шламовідстійників від кам'яного шламу надлишки води скидаються підприємствами в річки та озера, що негативно впливає на навколишнє середовище. Основною причиною збільшення загального вмісту завислих речовин у підземних водах є неналежне поводження з відходами каменедобувної промисловості. Тому аналіз вимог до якості води в Україні та ЄС є першим кроком до вдосконалення технологій очищення води в Україні.

Сучасними напрямками інтенсифікації процесів очищення стічних вод є вдосконалення існуючих технологій і розробка нових ефективних методів очищення, впровадження ресурсозберігаючих маловідходних технологій, модернізація існуючих методів і конструкцій водоочисних пристроїв, що дозволяє економити матеріальні та природні ресурси, а також утилізувати цінні компоненти мулових відходів.

У багатьох країнах, у тому числі в Україні, вже розроблено, а в деяких випадках і впроваджено локальні системи очищення хімічно забруднених стічних вод з метою створення замкнутої системи поводження з водою та мулом. Проте залишається ряд невирішених питань, пов'язаних із розділенням полідисперсних суспензій та подальшим зниженням вологості осаду.

Італійські дослідження виділяють дві різні категорії шламу: з карбонатних порід і твердих порід. Обидві категорії однаково розпорошені. Карбонатний шлам не містить домішок і складається з хімічних елементів і мінералів, які містяться в камені (мармур, вапняк і травертин). Навпаки, шлам твердих порід може характеризуватися високим вмістом важких металів, які є компонентами інструментів, що використовуються при обробці природного каменю. Оскільки українські підприємства переробляють в основному тверді гірські породи, то на кожному підприємстві є необхідність досліджувати вміст металу в шламі, оскільки є різниця в інструменті, який використовується для обробки природного каменю.

Важлива роль відводиться як створенню нового типу зневоднювального обладнання, яке за техніко-економічними

показниками значно перевищує існуюче, так і науково обґрунтованому вибору методів інтенсифікації процесів сепарації полідисперсних суспензій за рахунок агрегації частинок і підбору найкращих параметрів для здійснення процесу флокуляції з мінімальними витратами дорогих хімічних реагентів. Вирішення цих наукових завдань дозволить підвищити ефективність зневоднення осаду та одночасно покращити техніко-економічні показники процесу виділення вологи з осаду та утилізації твердофазних відходів. Таким чином, дослідження, спрямовані на підвищення ступеня розділення полідисперсних суспензій мулових відходів шляхом інтенсифікації процесу агрегації твердих частинок, є актуальним науковим і практичним завданням.

Для збору кам'яного шламу у циклонах та шламовідстійниках найчастіше використовують флокулянти. Флокулянти – це речовини, здатні викликати флокуляцію (утворення крихких пухких агрегатів невизначеної форми з дрібних частинок дисперсної фази, які можуть перебувати у зваженому стані в рідкому або газовому середовищі).

Кінетику осідання флокул в режимі вільного (необмеженого) осадження вимірювали в лабораторному мірному циліндрі місткістю 100 мл. Перед безпосереднім дослідом вибирали тип флокулянту та його концентрацію. Для цього шламу використовували флокулянт на основі сульфату алюмінію ($Al_2(SO_4)_3$), який являє собою порошок білого кольору з розміром зерен 1-2 мм (рис. 1).

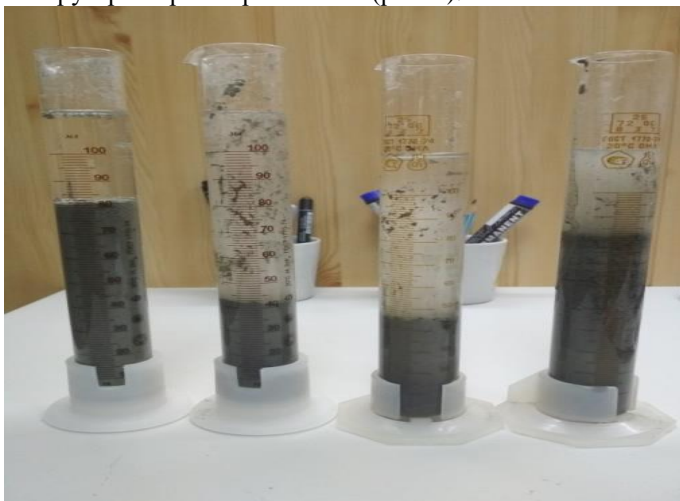


Рис. 1. Мірні циліндри для вимірювання кінетики осідання флокул

Відповідно до технічних характеристик очисної системи, флокулянт необхідно додавати в забруднену воду у вигляді рідини. Цей

розчин додається в трубопровід, по якому брудна вода перекачується в циклон. Його кількість регулюється насосом-дозатором.

Найбільше в кам'яному шламі містяться частинки розміром 32-60 мікрон, які дуже повільно осідають. Частинки розміром більше 0,2 мм, концентрація яких в шламі становить 30 %, мають високу швидкість осідання і є ядром для злипання більш дрібних частинок при використанні флокулянтів.

Швидкість седиментації кам'яного шламу вимірювали як функцію концентрації флокулянта в розчині з водою та кам'яним шламом. На кожному етапі дослідження при концентраціях флокулянту 0,25 г/л, 0,5 г/л, 1 г/л, 2 г/л, 3 г/л ми вимірювали інтервали часу, протягом яких точка зрізу між двома фази переходить позначку 70 мл, 60 мл і 50 мл. Також реєстрували час, протягом якого точка розрізу між двома фазами проходила мітки на колбі. За результатами дослідження було побудовано графік залежності швидкості осідання кам'яного шламу від концентрації флокулянту (рис. 2).

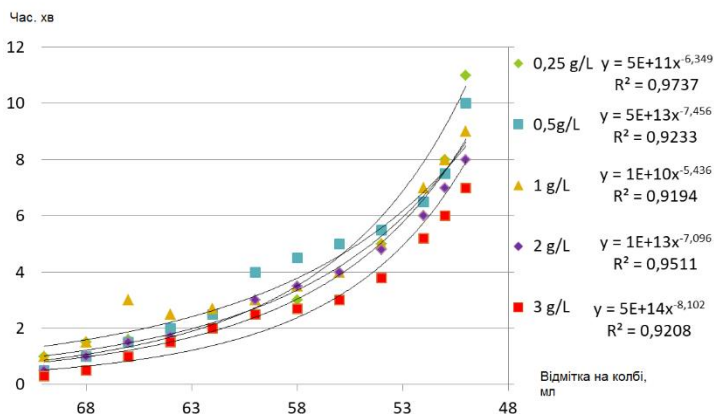


Рис. 2. Діаграма залежності швидкості осідання осаду від концентрації флокулянту в розчині з водою та кам'яним шламом.

Як видно з рис. 2, за перші 4 хвилини швидкість осідання осаду не залежить від концентрації флокулянтів. У міру збільшення часу осідання кам'яного шламу концентрація флокулянтів має більший вплив на кількість осаду. Так, при збільшенні концентрації флокулянтів у 2 рази, час, витрачений на відстоювання осаду, зменшується в 1,57 рази. Для цих умов раціональною концентрацією флокулянту є 1 г/л. Збільшення концентрації флокулянту призведе до збільшення продуктивності шламовідстійника каменеобробного підприємства, але це потребуватиме додаткових фінансових витрат.

Селецький К.В., здобувач вищої освіти факультету гірничої справи, природокористування та будівництва
Науковий керівник: Левицький В.Г., к.т.н., доцент, доцент кафедри маркшейдерії
Державний університет «Житомирська політехніка»

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА БЛОЧНОСТІ ШЛЯХОМ ПРОХОДКИ КАР'ЕРУ ПРОБНОГО ВИДОБУТКУ В УМОВАХ ТОВ «ГРАНРЕСУРС»

У надрах України зосереджено численні ресурси природного декоративного каменю, який цінується далеко за її межами. Унікальні властивості, надані природою, зробили природний камінь цінним облицювальним та оздоблювальним матеріалом. Широка палітра кольорів, багатство відтінків, унікальний візерунок завдяки фактурним та структурним особливостям, дзеркальний блиск поверхні, міцнісні властивості та довговічність - всі ці якості природного каменю дають необмежені можливості для його використання в архітектурі, дизайні та будівництві. Однак в останні роки з'являються вимоги покупців як до якості гірських порід, так і до форми блоків з високоміцного природного каменю. З іншого боку, висока конкуренція на сучасному світовому ринку природного каменю диктує необхідність постачання високоякісних блоків із заданими властивостями. Тому сьогодні українські компанії з видобутку каменю зобов'язані мати якість самого каменю, а також лінійні розміри та форму блоків. Це змушує вітчизняні кар'єри змінювати та вдосконалювати технологію видобутку природного каменю, впроваджувати ефективні технологічні комплекси та ретельно досліджувати родовище. Повнота вивчення родовища визначально впливає на ефективність та складність її розробки. Коли є повна інформація про місцевість, можна вибрати і застосувати найкращі умови для цієї методології та технології розробки: вибір напрямків розробки для максимально можливого вилучення блоків з масиву, вибір схем розробки, які забезпечують найменші втрати корисних копалин. Вивчення родовища також впливає на надійність прогнозу та час, протягом якого можна з достатньою ймовірністю планувати та проектувати гірничі роботи.

Тріщинуватість беззаперечно визначає якість покладів декоративного блочного каменю. Параметри тріщинуватості визначають ефективність розробки родовища та параметри блоків, що видобуваються. Зваживши на те, що лінійні розміри блоку є домінуючим показником його якості, то вплив тріщинуватості є визначальним для оцінки якості блочної продукції.

При дослідженні пластової тріщинуватості основні показники представляють на: геологічних розрізах по свердловинах і зарисовках вертикальних стінок кар'єрів з районуванням пластової тріщинуватості на глибині, графіках зміни відстаней між пологими тріщинами з глибиною, стратиграфічних колонках з нанесенням зон нашарування, які відображають густину та напрями тріщин і характер зміни їх з глибиною.

Для блочного каменю найбільш характерна геометризація блочності та площинної тріщинуватості. Дослідження процесу проходки свердловини дозволило довести, що інтенсивність зустрічі бурового інструменту з тріщинами масиву гірських порід представляє потік подій, розподіл яких відповідає закону Пуассона.

Дослідженню процесу викривлення свердловин при бурінні тріщинуватих порід присвячені різні роботи. Основним напрямком досліджень була оцінка викривлення глибоких геологорозвідувальних свердловин. Узагальнений аналіз результатів публікацій показав, що при перетині шпуром чи свердловиною площини тріщини виникають викривлення, величина яких залежить від параметрів тріщини, конструкції бурової коронки та режимних параметри процесу буріння.

Вихід блоків природного каміння з масиву визначаються системою тріщинуватості, напрямком, кутами падіння та частотою тріщин. Це основні фактори, що впливають на розміри блоків та відсоток їх виходу з гірничої маси. Визначення теоретичного виходу блоків по керну свердловин на родовищі габро Пшеничне проводилося шляхом замірів довжин непорушених стовпчиків керну по інтервалах, висотою більш 20 см (мінімальний розмір стандартного блоку) між природними тріщинами.

Результати розрахунків теоретичного виходу стандартних блоків (який розраховуються шляхом ділення відсоткового виходу стовпчиків керну більше 20 см на три) по окремих свердловинах наведені в табл. 1.

Визначення розмірів і виходу стовпчиків керну ускладнюється недосконалістю технології буріння. Більш об'єктивну інформацію можна отримати при використанні модуля тріщинуватості (кількість субгоризонтальних і похилих тріщин на 1 м проходки по корисній копалині). Головними являються субгоризонтальні тріщини, як правило, з не рівними стінками та озалізненням по площинах. Тому при документації свердловин, крім добре тріщин, що добре діагностуються, виділялись окремі притерті тріщини із знаками озалізнення, хлоритизації, що відображено в журналі заміру довжини стовпчиків керну і природної тріщинуватості. В табл. 2 наведені результати визначення модуля тріщинуватості по родовищу Пшеничне.

За результатами документації дослідного кар'єру та замірів елементів тріщинуватості, зроблено наступні висновки: тріщини, як

правило трохи відкриті, слабо нерівні, крутопадаючі – під кутами 88-90⁰, з азимутом падіння 92-95⁰ та вертикальні з азимутами простягання 182-185⁰ (І система), ІІ система – азимути падіння 182-185⁰, кути падіння від 86 до 88⁰ і субвертикальні з азимутами простягання 184-186⁰ через 0,1-0,3 м. Діагональні тріщини з азимутом падіння 30-40⁰ зустрічаються рідко, мають протяжність до 3 м.

У відповідності до даних опису кар'єру та зарисовок його стінок, кутове співвідношення між основними системами тріщин показує, що на родовищі можна сподіватись на отримання блоків близьких до паралелепіпеду.

Таблиця 1

Результати розрахунків теоретичного виходу стандартних блоків

| Номер свердл. | Пройдено по корисній копалині, м | | Розкрита потужність корисної копалини, м | Характеристика стовпчиків керну висотою більш 20 см | | | Теоретичний вихід блоків, % |
|---------------|----------------------------------|-------|--|---|--------------------|----------------|-----------------------------|
| | від | до | | кількість загальна довжина, м | середня висота, см | % від проходки | |
| 1 | 10,70 | 33,20 | 22,5 | 47/19,49 | 41 | 83,29 | 27,8 |
| 2 | 9,40 | 32,30 | 22,9 | 53/20,43 | 39 | 89,21 | 29,7 |
| 4 | 8,40 | 31,80 | 23,4 | 59/19,91 | 34 | 85,09 | 28,4 |
| 5 | 9,60 | 29,60 | 20,0 | 50/15,99 | 32 | 79,95 | 26,7 |
| 6 | 12,50 | 25,70 | 13,20 | 32/11,04 | 36 | 83,64 | 27,9 |
| 7 | 8,20 | 26,70 | 18,50 | 47/16,42 | 35 | 88,76 | 29,6 |
| 9 | 12,50 | 24,90 | 12,40 | 37/10,93 | 30 | 88,15 | 29,4 |
| 10 | 10,90 | 26,40 | 15,50 | 44/13,81 | 34 | 89,10 | 29,7 |
| 11 | 13,90 | 30,40 | 16,50 | 39/14,70 | 38 | 89,09 | 29,70 |
| Всього | | | 164,9 | 408/142,72 | | | |
| Середнє | | | | | 35 | 86,25 | 28,8 |

Для визначення кількості блоків, які будуть отримані при видобутку габро з гірничої маси, на родовищі у першому півріччі 2019 року був проведений дослідно-промисловий видобуток. Всього було видобуто 2620 м³ незміненого габро з якого після виколування і обробки отримано 741 природний блок об'ємом 660,14 м³ (25,2%).

Таблиця 2

Результати визначення модуля тріщинуватості

| Номер свердловини | Пройдено по корисній копалині, м | Розподіл природних тріщин за кількістю та кутом нахилу до вісі керну | | | Розрахунок модулів тріщинуватості |
|-------------------|----------------------------------|--|--------|--------|-----------------------------------|
| | | 0-14° | 15-74° | 75-90° | |
| 1 | 23,4 | - | - | 47 | 47:23,4=2,00 |
| 2 | 22,9 | - | - | 38 | 38:22,9=1,66 |
| 4 | 23,4 | - | - | 44 | 44:23,4=1,88 |
| 5 | 20,0 | 1 | - | 41 | 42:20,0=2,10 |
| 6 | 13,20 | 1 | - | 26 | 27:13,20=2,05 |
| 7 | 18,50 | - | - | 35 | 35:18,5=1,89 |
| 9 | 12,40 | - | - | 27 | 27:12,4=2,18 |
| 10 | 15,50 | 1 | - | 34 | 35:15,5=2,26 |
| 11 | 16,50 | - | - | 37 | 37:16,5=2,24 |
| Сума | 164,9 | 3 | 0 | 329 | |
| Середнє | | 0,34 | 0,0 | 36,56 | 332:164,9=2,01 |
| Відсоток | | 0,9 | 0,0 | 99,1 | |

Для визначення виходу стандартних окантованих і полірованих плит з загального об'єму видобутих блоків було вибрано 5 одиниць об'ємом 6,87 м³ III-V груп блоків і направлено для проведення технологічних випробувань в каменеобробний цех (м. Коростишів).

Для розрахунку економічної доцільності подальшої промислової розробки родовища габро Пшеничне прийняті реальні показники по видобутку блоків, узагальнені результати наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Узагальнені результати виходу блоків родовища габро Пшеничне

| Група блоків | | | | Середній вихід блоків |
|--------------|-------|-------|-------|-----------------------|
| III | IV | V | VI | |
| 8,3% | 46,3% | 23,8% | 21,6% | 25,2 |

Сорочук П.В. студент групи ГГ-26м

Ковалевич Л.А. ст. викладач

Науковий керівник: **Криворучко А.О.**, к.т.н. доц.

*Факультет гірничої справи, природокористування та будівництва
Державний університет «Житомирська політехніка»*

ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПОРТАТИВНИХ РАДАРІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗРУШЕННЯ ПРИ РОЗРОБЦІ РОДОВИЩ ПІДЗЕМНИМ СПОСОБОМ

Виїмка пластів вугілля та інших покладів корисної копалини викликає утворення в надрах землі порожнин значних розмірів. Порооди, що залягають в покрівлі гірничих виробок, під дією сил тяжіння та гірничого тиску приходять до руху обумовлюючи розвиток процесу зсування всієї товщі, включаючи земну поверхню. Проведення гірничих виробок змінює природний напружений стан гірничого масиву. На окремих ділянках породи розвантажуються від нормальних до шаруватості напружень, а на інших – отримують додаткові навантаження. Виникаючий навколо очисної виробки напружений стан залежить від структури масиву, міцності порід, глибини гірничих розробок, форми і розмірів виробки та інших чинників. Порооди, що залягають в покрівлі гірничих виробок, під дією сил тяжіння та гірничого тиску приходять до руху обумовлюючи розвиток процесу зрушення всієї товщі, включаючи земну поверхню.

Зрушення гірських порід і земної поверхні вивчається практично на всіх родовищах корисних копалин, при цьому використовуються різні методи вивчення цього складного техногенного явища, а саме:

1. натурні маркшейдерські інструментальні спостереження
2. лабораторні дослідження
3. теоретичні дослідження

Кожен спосіб вивчення процесу зрушення має свої переваги та недоліки. Найточніші результати дає спосіб натурних маркшейдерських інструментальних спостережень, основним і важливим недоліком якого є складність вивчення окремих питань, пов'язаних з інтерпретацією результатів спостережень, ув'язкою їх з геометричними процесами в підроблюваному масиві та безпека виконання. найкращий результат визначення якісної та кількісної сторони процесу зрушення дає поєднання усіх трьох методів.

Інструментальні спостереження на вугільних родовищах, де розробка ведеться підземним способом, інструментальні спостереження за зрушенням гірських порід виконують про раніше прокладеному

теодолітному ходу у гірничих виробках. При розробці соляних копалень, де обробляється соляний масив, видобуток відбувається з утворенням камер великих розмірів. Також камери великих розмірів утворюють при видобуванні рудних масивів підземним способом, коли масивні блоки оббурюють, підривають та вибирають підсипану гірську масу. Виконання маркшейдерської зйомки в таких камерах класичним інструментальним способом досить небезпечно, через можливі обвали виробок і раптові зрушення породи.

На сучасному ринку маркшейдерсько-геодезичного обладнання представлені прилади, які підвищують безпеку виконання маршейдерських робіт та прискорюють процес зйомки, але мають високу вартість та інші недоліки.

Розглянемо підземний портативний георадар IDS HYDRA-U. Це компактна, високоточна система моніторингу високої роздільної здатності, призначена для оцінки ризиків та раннього попередження обвалів у підземних гірничих виробках у реальному часі. Забезпечує високу точність (<0.1 мм). Система реєструє найменші зрушення із субміліметровою точністю в кожному осередку з роздільною здатністю 0,2x0,8 м (на відстані 100 м). HYDRA-U використовує передову технологію ArcSAR компанії IDS GeoRadar, оновлюючи дані кожні 30 секунд і автоматично вносячи поправки в залежності від навколишніх факторів (температура, вологість). Кратка характеристика представлена в таблиці 1.

Таблиця 1. – Кратка характеристика георадара IDS HYDRA-U

| Вимірювання | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| Поле зору | 100° в плані, 30° по висоті |
| Діапазон роботи | до 200 м |
| Точність | 0,1 мм |
| Загальні характеристики | |
| Робоча температура | -20°С..+50°С |
| Стандарт захисту | IP65 |

Оптична та інфрачервона камери дають змогу візуально досліджувати область моніторингу в реальному часі; дані георадара накладаються на 3D-модель, побудовану вбудованим лазерним сенсором. Приклад представлений на рисунку 1.

Маючи компактні розміри та полегшену конструкцію, радар HYDRA-U легко поміщається у стиснених місцях, що характерно для підземних робіт. Система розміщується у трьох захищених кейсах вагою менше 25 кг. Це сприяє простому та швидкому розгортанню в критичних зонах однією людиною.

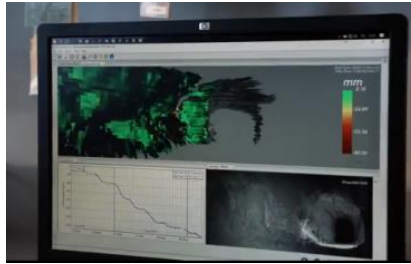
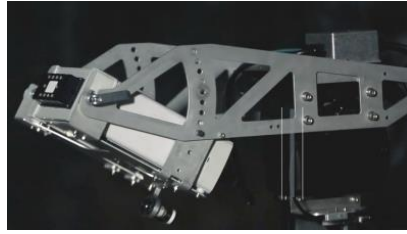


Рисунок 1. – підземний портативний георадар IDS HYDRA-U:
зліва – фото приладу, справа – приклад 3D-моделі

Потужне програмне забезпечення IBIS Guardian – забезпечує візуалізацію радарних даних, їх інтерпретацію та аналіз зрушень гірських порід. При досягненні заданого порога швидкості зрушень оператором встановлюються відповідні попередження: повідомлення, e-mail, текстове повідомлення (СМС), аудіо-візуальний сигнал тривоги.

Потрібно зауважити, що використання підземних портативних радарів не виключає наявності так званих “сліпих” зон та відзеркалення деяких порід, що приводить до білих “плям” при обробці результатів, але з врахуванням їх незначних розмірів та експертності виконавця, цей недолік не є вирішальним.

Отже, враховуючи вартість портативних радарів, а також вартість програмного забезпечення та потужних серверів, необхідних для обробки великого масиву даних, їх використання доцільне для зйомки вузлових моментів та дослідження зрушення у великих камерах, що утворюються при розробці соляних копалень, або рудних масивів.

При розробці вугільних родовищ, з пластовим заляганням корисної копалини та протяжними виробками, може бути достатньо класичних способів зйомки по теодолітному ходу.

Хомяк І. В., магістр
Жукова Н.І., кандидат тех.н., ст.викладач
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПОЛЬСЬКИЙ ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДЗЕМНОЇ ГАЗИФІКАЦІЇ ВУГІЛЛЯ

Суть технології підземної газифікації вугілля полягає в тому, що через експлуатаційні свердловини, що пробурені з поверхні, газоподібні реагенти окремо або в сумішах (повітря, пара, кисень, вуглець) подаються у вугільні пласти на певні глибини під землею. На певних стадіях термічної обробки вугільного пласта забезпечується контакт площини вугільного пласта і продування з метою отримання газоподібних енергетичних продуктів (газів, що виділилися) в межах утворених каналів реакції.

За кордоном перші експериментальні роботи з ПГВ розпочалися після Другої світової війни. Експериментальні роботи проводилися у Польщі, Чехії, Бельгії, Великій Британії, Франції, США та багатьох інших країнах. У період енергетичної кризи у Бельгії, Німеччині та США особлива увага приділялася вивченню процесів газифікації вугілля під землею. При цьому нові технічні схеми та робочі програми з СГС розроблялися на основі технологій, розроблених у СРСР.

У Польщі (1949 р.) інженери Управління підземної газифікації вугілля брали участь у бельгійських дослідженнях із підземної газифікації. У 1955 р. у районі Катовіце почалися експерименти з ПГВ.

Дослідний газогенератор був підготовлений шахтним способом у кам'яновугільному пласті (потужність 1,15 м, кут падіння 5 – 70 °), два паралельно пройдені штреки були з'єднані свердловинами. За результатами досліджень теплота згоряння газів СПГВ на кисневому дутті складала 6,7 – 8,4 МДж/м³ із складом горючих газів: СО – 28 %, Н₂ – 28 %, СН₄ – 2,2 %.

У 1968 році у Польщі дослідження почали проводитись на експериментальних пілотних установках з газифікації вугілля. Більш широкі експерименти із апробації та вивчення технології газифікації вугільних пластів проводилися у 1983 – 1988 роках за проектом «Марс». Підземній газифікації піддавалися некондиційні кам'яновугільні пласти. Тривалість експериментів складала 9 – 18 днів. При цьому були отримані результати по генераторному газу із складом паливних газів: СО – 26,2 %, Н₂ – 37%, СН₄ – 6,1% та теплою згоряння 6,2 – 7,9 МДж/м³ при застосуванні кисневого дуття.

Проект було реалізовано у головному гірничо-дослідному інституті в Катовицях. Професор Ян Паларскі очолив групу вчених. В результаті була розроблена математична модель процесу підземної газифікації, технічна схема газифікації вугільних пластів за позначкою та потужністю вугільного пласта зі висхідним потоком газу (Направлені методи вертикальної газифікації вугільних пластів, 1986). У 2004 р. професор Богдан Жакевич (Інститут радикальних технологій) розробив нову технологічну схему підземних газогенераторів. Ця схема забезпечує технічні та технологічні умови спрямованого параметрування впливу пилових сумішей на вугільні пласти з отриманням енергетичних продуктів (генераторного газу) та хімічної сировини.

3 липня 2007 року у Польщі проводиться масштабний науково-практичний спільний проект "HUGE: Воднево-орієнтована підземна газифікація для Європи" за участю провідних науковців та бізнесменів України, Польщі, Німеччини та Бельгії. Приймати участь треба. приєдналася Англія. Загальна вартість проекту склала 3,6 млн. євро. Основні фінансові витрати лягають на Європейський фонд вугілля та сталі.

Кінцевим результатом проекту стала розробка та впровадження дослідного газогенератора в умовах шахти Варвара. Особливість конструкції газогенератора передбачала введення відкритого полум'я в ніщу запалювання, що монтувалася з боку бокового люка та ізолювалася фосфористою гіпсовою перемичкою. Подача удару в ніщу запалювання здійснювалася через запальну криницю. Видалення продуктів згоряння здійснювалося через газовідвідний трубопровід.

Аналіз польського досвіду впровадження підземних газогенераторів виявляє можливість отримання якісних енергохімічних продуктів на місці вугільних родовищ шляхом їхньої термохімічної переробки при збереженні екологічної та економічної складових процесу. Побічні продукти традиційного видобутку вугілля (механізовані комплекси): відходи гірських порід, відходи вуглевидобутку, золи та шлаки ТЕС та котельні, а також шкідливі продукти спалювання вугілля зарахунок впровадження технології ПГВ дозволяють виключити димові викиди.).

АЛГОРИТМ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕЖ ОБЛАСТІ РАЦІОНАЛЬНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ТА БЕЗПЕЧНОГО ВІДПРАЦЮВАННЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Відпрацювання родовищ корисних копалин – специфічний процес, ефективність якого визначається не тільки економічними показниками, але і технологічними, соціальними, екологічними чинниками, а запаси таких родовищ оцінюються з геологічної, економічної, технологічної, екологічної сторони. При цьому, об’єктивність оцінки визначається прийня-тим критерієм. Критерії можуть бути різними, як то ступінь техногенного навантаження у регіоні де ведеться видобуток, економічна ефективність, яка може виражатись собівартістю готової продукції, економічною надійністю, «гнучкістю» виробництва, виробничою функцією, показниками якості видобутої сировини. І це лише перший етап, коли приймається рішення в загальному виразі, при цьому не йдеться мова про проєктування циклу освоєння родовищ. Можна виділити декілька проблем, які формують актуальність та новизну наведеного дослідження:

1) Вибір інструменту прийняття рішень. На сьогодні, лише в гірництві, на практиці застосовується понад 100 інструментів прийняття рішень. Варто відзначити, що кожний підхід задовольняє окремі меті, тобто рішення може бути вірним з економічної точки зору, коли буде досягнуто зменшення собівартості продукції, проте не враховано екологічні наслідки або, рішення надасть загальні рекомендації, щодо розміщення підприємства, меж відпрацювання родовища, проте не враховуються технологічні аспекти, щодо циклу з отримання кінцевої продукції. Також, із класифікації методів прийняття рішень слідує, що моделі можуть бути інформаційними, коли пошук рішення дає «якісну» відповідь, оптимізаційними – «кількісну» відповідь. Але, сумісне урахування якісних і кількісних показників представляється складним. Саме тому, постала проблема у розробці нових інструментів прийняття рішень, щодо відпрацювання родовищ корисних копалин.

2) Комплексність. При виборі інструменту необхідно врахування економічних, екологічних, технологічних, соціальних, законодавчих, регіональних аспектів. Отримане рішення повинно бути економічно доцільним, екологічно переважним, враховувати зв’язки між підприємствами, а також регіональні особливості, окрім цього,

задовольняти вимогам чинного законодавства. Із вище наведеного слідує, що рішення потребує узгодження між «невзаємопов'язаним» (взаємовиключним) – економікою і екологією, технологією і можливостями виробництва, регіональними аспектами і соціальними потребами. Саме тому, постала проблема розробки нового підходу, який враховує економічні та екологічні аспекти відпрацювання родовищ корисних копалин.

3) Технологічні аспекти фізики процесів відпрацювання родовищ корисних копалин. При відпрацюванні родовищ на технологію здійснює вплив параметри масиву, гірничо-геологічні характеристики – саме вони визначають заходи, щодо підвищення стійкості масиву гірських порід, технології вилучення корисної копалини, додаткові заходи по боротьбі із водопріпливами, водопритоками та ін., тобто, на стадії проектування технологічного процесу спорудження виробки, вилучення, транспортування корисної копалини та ін. критерієм прийняття рішень виступає не тільки «надійність», яка забезпечується додатковими заходами, але і економічна доцільність, яка впливає на вибір технології. Таким чином, під час проектування технологічного процесу, який супроводжує відпрацювання родовищ корисних копалин враховуються не тільки параметри родовища, із яких випливає наявність заходів та технологій, але і економічні чинники, які визначають доцільність застосування технології. Отже, технологію відпрацювання родовищ визначають гірничо-геологічні умови, кількісні та якісні показники родовища, так і навпаки – технологія відпрацювання та пов'язані з нею економічні показники, визначають якість видобутої корисної копалини, а також надійність технології. Таким чином, процеси відпрацювання родовищ входять до задач фізики гірничих процесів та можуть бути вирішені на основі апробованих інструментів.

4) Багатоманіття різних за природою факторів, які визначають ефективність процесу. На ефективність процесу відпрацювання родовищ здійснює вплив ряд факторів, які: по-перше, різні за своєю природою; по-друге, мають різний ступінь впливу на ефективність процесу у різний відтинок часу; по-третє, можуть бути взаємовиключними; по-четверте, кількість цих факторів може коливатись від десятків до сотень. Якщо, це один фактор, то це задача лінійного програмування, два – це двовимірна поверхня, якщо три і понад – гіперповерхня. Навіть сьогодні, коли розвинуті комп'ютерні технології одночасно можна врахувати не більше шести параметрів, саме тому, існує потреба у застосуванні декомпозиційного підходу.

5) Область застосування запропонованого рішення. Із окреслених вище проблем слідує, що отримане рішення буде оптимальним лише в окремо визначеній області, саме тому і сформована проблема

дослідження, яка полягає в обґрунтуванні меж області раціонального проектування для ефективного та безпечного відпрацювання родовищ корисних копалин. Прийняте рішення буде оптимальним, але в межах області раціонального застосування за-пропонованого рішення. Межі цієї області визначаються гірничо-геологічними характеристиками родовища, технологією, показниками вилучення, якості корисної копалини.

б) Обсяги вилучення корисної копалини із надр. Одна із центральних проблем, коли на стадії проектування виробництва слід визначити який обсяг корисної копалини слід вилучити із надр, при якій ціні виробництво є економічно обґрунтованим. І тут теж на перший план виходять задачі, які пов'язані або зі збільшенням видобутку або мінімізацією збитків. Застосування класичних економічних інструментів дозволяє вирішувати задачу визначення раціонального обсягу вилучення корисної копалини незалежно від її типу, будь то золото, вугілля та ін.

Таким чином, із окреслених вище, шести проблем слідє, що для ефективного та безпечного відпрацювання родовищ корисних копалин слід:

1) Запропоновувати інструмент прийняття рішень, який враховує багатоманіття та різновпливовість параметрів.

2) Визначити область застосування запропонованого рішення.

3) Враховувати кількісні і якісні показники видобутої сировини.

4) Запропоноване рішення повинно бути не тільки надійним, з точки зору гірничої технології, але і економічно обґрунтованим.

5) Процес прийняття рішень повинен бути швидким, а кількість витрачених обчислювальних ресурсів – мінімальна.

6) Методологія повинна бути адекватною, апробованою, не залежати від типу корисної копалини, а також стадії процесу.

Процедура обґрунтування меж області раціонального проектування процесу відпрацювання родовищ корисних копалин передбачає певний алгоритм, який включає вибір та оцінку параметрів. У табл. 1 наведено алгоритм обґрунтування.

Таблиця 1.

Алгоритм обґрунтування меж області раціонального проектування для ефективного та безпечного відпрацювання родовищ корисних копалин

| № кроку | Назва процедури | Опис процедури |
|---------|--|--|
| 1. | Визначення критерію оптимальності при розробці родовищ корисних копалин | У залежності від корисної копалини якістю може бути зольність вугілля, ступінь зубожіння руди, ступінь негативного впливу на навколишнє середовище (для родовищ рідкісних та благородних металів). У рамках цієї процедури встановлюються гранично допустимі значення вказаного критерію. |
| 2. | Визначення обсягу вилучення корисної копалини | У залежності від показників якості корисної копалини та даних про родовище (гірничо-геологічні характеристики, вміст металу у рудному тілі) визначається обсяг вилучення корисної копалини, який дозволяє відтворити беззбитковий рівень видобутку. |
| 3. | Проектування технологічного циклу з отримання кінцевої продукції. | Визначаються взаємозв'язки між підприємствами у системі генерації кінцевої продукції (кокс, метал, електрична енергія). У результаті виконання процедури буде знайдено оптимальне співвідношення між підприємствами з видобутку (шахта, кар'єр, розріз, рудник), збагачувальними фабриками, замикаючими підприємствами (електричні станції, металургійні комбінати). |
| 4. | Побудова економічної та екологічної стратегії відпрацювання родовища корисної копалини | Життєвий цикл родовища представляється у вигляді декомпозиційної схеми, у вигляді мережевої моделі, у якій представлено основні етапи з отримання продукції. Кожному етапу відповідає певне рішення, яке впливає на ефективність процесу. Етапи пов'язані між собою. Кожен наступний етап є похідним від попереднього. Демонструються |

| № кроку | Назва процедури | Опис процедури |
|---------|--|---|
| | | можливі зв'язки, які відповідають реальному технологічному рішенню. На основі побудови економічної та екологічної стратегії визначається собівартість отримання одиниці кінцевої продукції. |
| 5. | Корегування економічної стратегії відпрацювання родовища корисної копалини (за необхідністю) | Порівнюється між собою найбільш економічно переважна стратегія отримання одиниці кінцевої продукції з найбільш безпечною з екологічної точки зору. Ступінь екологічної безпеки визначається на основі даних екологів та рангується за ступенем негативного впливу на навколишнє середовище. У разі, якщо економічно переважна стратегія не співпадає з екологічно переважною, то в економічно переважній стратегії вводяться нові (додаткові) етапи направлені на додаткове збагачення корисної копалини. |
| 6. | Оптимізація параметрів розробки родовищ | Визначається структура технологічного циклу з отримання кінцевої продукції. Відбувається знаходження оптимальної структури кожного циклу на етапах з отримання кінцевої продукції. Визначаються найбільш оптимальні цикли з видобутку, транспортування, збагачення, управління станом масиву та ін. Для цього застосовуються методи дискретної математики та динамічного програмування. |

В результаті реалізації алгоритму, наведеного у таблиці 1, можна отримати «Паспорт відпрацювання родовища корисної копалини». В цьому паспорті будуть зазначені параметри, які дозволять інтенсифікувати процес видобутку корисної копалини з мінімальною собівартістю видобутку та найменшим ступенем негативного впливу на навколишнє середовище.

Таким чином, під час проектування технологічного процесу, який супроводжує відпрацювання родовищ корисних копалин враховуються

не тільки параметри родовища, із яких впливає наявність заходів та технологій, але і економічні чинники, які визначають доцільність застосування технології. Отже, технологію відпрацювання родовищ визначають гірничо-геологічні умови, кількісні та якісні показники родовища, так і навпаки – технологія відпрацювання та пов'язані з нею економічні показники, визначають якість видобутої корисної копалини, а також надійність технології. Таким чином, процеси відпрацювання родовищ входять до задач фізики гірничих процесів та можуть бути вирішені на основі апробованих інструментів, які представлені у вказаному дослідженні.

Базою для реалізації шляхом створення сучасних технологій інтенсифікації видобутку корисних копалин є новітні інструменти та підходи, які відповідають потребам держави, а також узгоджується зі світовими трендами у проектуванні процесів освоєння родовищ. Все це дозволило в результаті виконання проєкту створити новий підхід до вирішення багатопараметричних задач, які супроводжують процеси, пов'язані з освоєнням родовищ корисних копалин.

УДК 622.271.3

М.О. Чебанов, PhD, доцент кафедри відкритих гірничих робіт

Н.Д. Давіденко, аспірант кафедри відкритих гірничих робіт

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ГУСЕНИЧНИХ АВТОСАМОСКИДІВ ПРИ ВІДКРИТОМУ ВИДОБУТКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Домінуючим напрямком гірничої промисловості є відкритий спосіб розробки родовищ, його доля досягає 73% видобутку корисних копалин в світі. Основними витратами при відкритому видобутку корисної копалини, є вартість транспортування гірничої маси яка може сягати 60-70% від загальних витрат. Тому питання розвитку і вдосконалення кар'єрного транспорту є одним з основних для відкритих гірничих робіт.

На сучасних кар'єрах для транспортування гірничої маси використовуються різні типи автосамоскидів.

Одним із вагомих недоліків існуючого автомобільного транспорту є невеликі похили автомобільних шляхів які вони можуть подолати, що суттєво збільшує відстань транспортування гірничої маси L_T , яка залежить від глибини розробки (H), та похилу дороги (i):

$$L_T = \frac{1000 \cdot H}{i} * K_T, \text{ м} \quad (1)$$

де - K_T - подовження траси.

Як відомо, похил доріг на кар'єрах змінюється від 60% при застосуванні автонапівпричепів до 150% при застосуванні дизель-трелеврів.

Похил доріг обумовлює обсяг гірничо капітальних робіт при розкритті робочих горизонтів кар'єрів. Все разом впливає на конкурентну здатність корисної копалини на ринку збуту, особливо якщо враховувати, що умови застосування кар'єрного транспорту систематично погіршуються за рахунок зміни гірничо-геологічних та гірничо-технічних умов розробки, а також за рахунок постійного збільшення глибини кар'єра.

З метою підвищення ефективності відкритої розробки, не припиняються пошуки нових технологічних схем, а також шляхів їх вдосконалення.

З цією метою іноземними фірмами (Італії, Кореї, Японії, Німеччини) розроблені нові моделі самоскидів на гусеничному ході, які створюються, в першу чергу, для складних умов застосування. Вантажопідйомність гусеничних автосамоскидів варіюється в залежності від необхідної продуктивності кар'єру.

Так наприклад для алмазних кар'єрів Анголи використовуються гусеничні автосамоскиди вантажопідйомністю до 40т, потужністю двигуна до 2 тис кінських сил, з ресурсом 12000 км.

Переваги гусеничних самоскидів:

1. Висока вантажопідйомність.
2. Можливість роботи в складних гірничо-геологічних та кліматичних умовах.
3. Можливість створення комплексу технологічних машин на уніфікованій гусеничній базі
4. Можливість подолання ухилів доріг до 360 %, а деякі моделі до 450 %.

Особливістю конструкції гусеничних автосамоскидів є поворотна платформа, яка забезпечує мінімальний час на маневрування автосамоскида при навантаженні та розвантаженні. Також за рахунок гусеничного ходу автосамоскиди мають низький тиск на ґрунт, що забезпечує більш безпечне переміщення по вузьким транспортним горизонтам, та зменшує гірничо-будівельні обсяги на підготовку нових уступів.

Це робить їх особливо привабливими в умовах розробки надглибоких кар'єрів (особливо на алмазних кар'єрах, глибина яких перевищує в даний час 600-700м – Ангола, Канада та інші) У цьому випадку подібні самоскиди мають високу прохідність і пристосованість

до нерівностей доріг, що виключає необхідність в спеціальному покритті.

Гусеничні автосамоскиди можна використовувати на притрасових кар'єрах, при будівництві автомобільних і залізничних доріг в неосвоєних територіях. Часто їх використовують для розробки локальних ділянок родовищ, розробці гравію і піску, в річках і озерах.

Фірмою Могоока була впроваджена автоматизація видобувного комплексу за рахунок використання безпілотних гусеничних автосамоскидів. Так для в умовах одного із кар'єрів - 7 «безпілотників» демонструють ту ж ефективність, що і 9 автосамоскидів керованих людьми. Паливні витрати при цьому скорочуються на 6%, а продуктивність підвищується на 49%.

На основі отриманих даних впровадження безпілотних гусеничних автосамоскидів, були проведені дослідження з можливості застосування даного гірничо-транспортного обладнання на гранітному кар'єрі України.

Був розрахований термін окупності впровадження технологічної схеми з застосуванням гусеничного автосамоскиду на кар'єрі продуктивністю 800000 т/рік, за формулою:

$$T = \frac{K}{(C - C_1) * A}, \text{ рік} \quad (2)$$

де K -витрати на придбання гусеничного самоскиду;

C - вартість перевезень існуючим транспортом, грн/т;

C_1 - вартість перевезень гусеничним самоскидом, грн/т;

A - об'єм перевезення гірничої маси за рік/т

$$T = \frac{2700000}{(1,8 - 0,6) * 800000} = 2,2 \text{ роки}$$

Таким чином проведений аналіз досвіду використання гусеничних автосамоскидів на кар'єрах, дає змогу зробити висновок, що впровадження гусеничних автосамоскидів дозволить значно скоротити відстань транспортування і обсяг гірничокапітальних робіт на їх проведення і може бути рентабельною в умовах гранітних кар'єрів України. Окрім того, роботизація перевезень, особливо в умовах глибоких кар'єрів, суттєво підвищить безпеку на транспорті.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ РОБОТИ РОТОРНОГО ЕКСКАВАТОРА ПРИ ВІДПРАЦЮВАННЯ РОЗКРИВНОГО УСТУПУ

В Україні існують великі підприємства які розробляють рутил-цирконільменитові розсіпні родовища. Такі підприємства як Вільногірський ГМК та Іршанський ГЗК працюють вже близько 40 років.

Попит на титанову сировину на сьогодні зростає, та в умовах ринкової конкуренції гірничо-видобувні підприємства повинні прокрешувати технології розробки родовищ, для зменшення собівартості видобутку руди.

Основні витрати для видобутку корисної копалини йдуть на розкриттє родовища, їх частка складає близько 70% собівартості розробки родовища. Розкриттє роботи на Вільногірському ГМК ведуться за допомогою великих комплексів безперервної дії та комплексів циклічної дії. Технологічні схеми, що застосовуються на кар'єрі ВГМК не вдосконалювались вже десятки років, тому метою дослідження є модернізація технологічної схеми відпрацювання розкриттєного уступу роторним екскаватором, для зменшення собівартості розкриттє.

Можлива на Малишевському родовищі висота уступу для роторного екскаватора заданої теоретичної продуктивності є вихідною величиною, яка обґрунтована лінійними параметрами екскаватора і технологічною схемою розробки уступу. Тому для збільшення висоти передового розкриттєного уступу потрібно переглянути технологічну схему розробки.

Встановлення висоти уступу, яка може припадати на комплекс заданої теоретичної продуктивності, дозволяє також оцінити доцільність розгляду варіанта розробки з комплексом даного класу по продуктивності на конкретному родовищі як з точки зору можливої висоти уступу для даного комплексу, так і з точки зору конкретних властивостей порід, що складають уступ, і питомого зусилля різання екскаватора.

З врахування фізико-механічних властивостей гірничих порід розкриттє, стійкий кут укосу передового розкриттєного уступу повинен бути не більше 30°. Тому при застосуванні роторного екскаватору ЕРШР-1600-40/70, максимальна можлива висота розкриттєного уступу дорівнює 30м.

Технологічна схема формування стійкого кута укосу роторним екскаватором ЕРШР-1600-40/70 представлена на рис. 1.

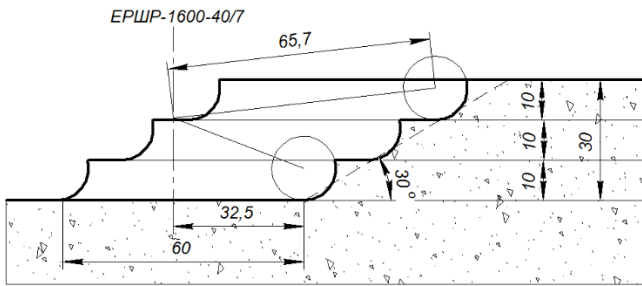


Рис.1. Існуюча схема відпрацювання розкривного уступу висотою $H=30$ м роторним екскаватором ЕРШР-1600-40/70

Як бачимо результуючий кут укосу уступу при роботі горизонтальними стружками висотою 10 м, складає 30° .

Однак технічні параметри роторного екскаватора дозволяють йому відпрацьовувати уступ висотою 40 м. Схема роботи ЕРШР-1600-40/70 з максимально можливою висотою відпрацювання уступу представлена на рис. 2.

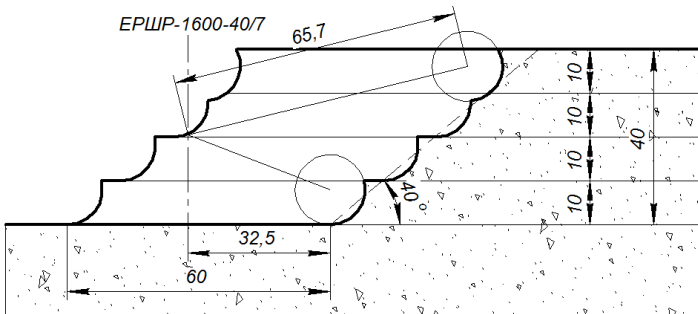


Рис.2. Можлива схема відпрацювання розкривного уступу висотою $H=40$ м роторним екскаватором ЕРШР-1600-40/70

З схеми зображеної на рис. 2. бачимо, що при відпрацюванні уступу висотою в 40 м кут укосу уступу становитиме 40° , що для умов Малишевського родовища є нестійким. Тому застосування даної технології відпрацювання розкривного уступу більшою потужності не допустимо з точки зору техніки безпеки.

Технічні параметри ЕРШР-1600-40/7 не дають йому змогу формувати уступ висотою $H=40$ м з кутом укосу 30° . Тому нами пропонується застосування новою технологічної схеми з випереджувальною траншеєю (рис.3.)

Суть запропонованої технологічної схеми полягає, в попередньому проходженні траншеї глибиною 10 м екскаватором ЕШ-10/70, зі

**ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА НЕОБХІДНІСТЬ
ВІДНОВЛЕННЯ ТОРФОДОБУВНОЇ ГАЛУЗІ
В УКРАЇНІ**

Торф – горюча корисна копалина рослинного походження, що утворюється в результаті відмирання та неповного розпаду рослинних залишків в умовах підвищеної вологості і дефіциту кисню, попередник генетичного ряду вугілля, до складу входять такі групи органічних речовин, як вуглеводний комплекс, бітуми, гумінові речовини, які відносно можуть бути виділені з торфу, продукція, що отримується на їх основі, знаходить широке застосування в різних галузях промисловості.

На сьогодні катастрофічних наслідків для навколишнього природного середовища спричиняють торфові пожежі, які часто охоплюють великі площі і важко піддаються гасінню. Торф може горіти в усіх напрямках, незалежно від напрямку і сили вітру і є доволі частим явищем в Україні, світі та явище торф'яної ерозії, що є серйозними екологічними проблемами. Щорічно торф'яні пожежі наносять збитки економіці країни, які складаються з неповоротних втрат торфових покладів, а також витрати на локалізацію та ліквідацію пожеж, наносять величезну шкоду навколишньому середовищу.

Одним з негативних наслідків торфових пожеж є забруднення приземного шару атмосфери значним об'ємом зважених часток (сажа, чорний вуглець), «парникові» хімічно активні гази CO_2 (діоксид вуглецю), NO (окис азоту), SO_2 (діоксид сірки) органічні сполуки NH_3 (аміак), H_2CO (формальдегід), C_2OH_{12} (бензапірен), феноли, альдегіди) та інші сполуки, що негативно впливають на довкілля, збільшують захворюваність органів дихання, астми та викликає смертність населення. У золі, в свою чергу, міститься наступні з'єднання: CaCl_2 , CaSO_4 , K_3PO_4 , KF , K_2SO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO})_3$, $\text{Al}_2(\text{SO})_3$, $\text{Fe}_4\text{P}_2\text{O}_7$, FeCl_2 , AlCl_3 , KCl , CaF , AlF_3 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , $\text{Ca}_2(\text{PO})_3$, тощо. Найбільш небезпечним продуктом горіння торфу є сажа, яка відноситься до першого класу канцерогенів, наряду з бензолом, радоном та азбестом.

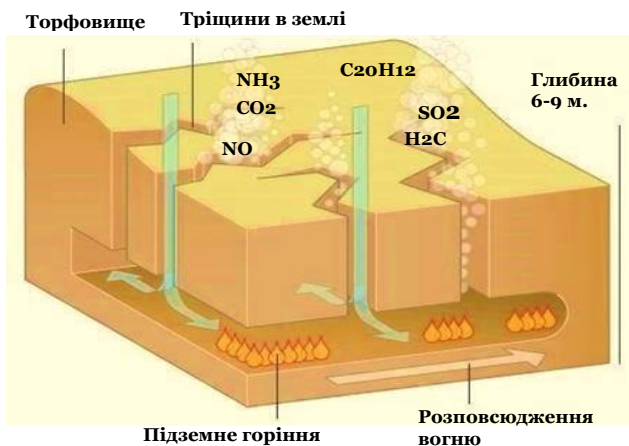


Рис. 1. Поширення торфової пожежі

Додаткова небезпека обумовлена тим, що більшість заторфованих долин правобережжя Київщини знаходяться в зоні забруднення викидами аварії Чорнобильської АЕС, встановлено, що максимальне накопичення одного з найбільш рухомих радіонуклідів – Cs^{137} , зафіксовано на глибині 2-6 см від поверхні, таке відносно неглибоке залягання РН є потенційною загрозою розповсюдження їх атмосферним шляхом, під час пожеж. Найбільш сприятливі умови для цього існують на торфовищах низинного типу у долинах р. Тетерева, Ірпеню та Здвижу.

Пожежі на радіоактивно забруднених торфовищах є одним із найбільш потужних джерел вторинного забруднення повітря прилеглих територій радіонуклідами різного роду, оскільки на торфовищах практично всі радіонукліди містяться в приповерхневому торфовому шарі й потрапляють у зону горіння або тління. Під час підземних пожеж на торфовищах, коли торф вигорає повністю, всі радіонукліди, що містяться в ньому, переходять в аерозольний стан, далі відбувається перенесення їх на далекі відстані та випадіння на поверхню землі з потоком вологи ґрунту РН мігрують з мінерального шару ґрунту вниз за профілем та в рослини через їхню кореневу систему. Проте ґрунт досить міцно утримує радіоактивні речовини, що потрапили в нього, це поглинання РН обумовлює дуже тривале їхнє перебування в ґрунтовому покриві і надходження із цього резервуара в сільськогосподарську продукцію. Залучення РН у харчові ланцюги на радіоактивно забруднених територіях призводить до перевищення дози опромінення окремих осіб та зумовлює опромінення великого контингенту населення низькими дозами, що визначає ймовірність віддалених радіобіологічних ефектів.

Ерозія торфовищ – це природний процес, зумовлений в основному дією води і вітру, але незначні зміни умов, викликані антропогенною діяльністю, можуть призвести до прискорення ерозії та деградації. Сухий торф з низькою щільністю потенційно високо схильні до ерозії та переносу вітром. Розвиток ерозійних особливостей починається з втрати живої, торфоутворюючої рослинності і, таким чином, втрати функціонуючого акротельму, піддаючи незахищений торф, катотельму, впливу агентів вивітрювання, однак дія коренів рослин може призвести до біологічно обумовленого вивітрювання, коли коріння проникає у тріщини та розколює породу, або виділяються хімічні речовини, які перетворюють та руйнують материнську породу або ґрунт. Посилена ерозія торфу є серйозною екологічною проблемою, проблема, яка може мати серйозні наслідки. Незважаючи на те, що ерозія торф'яних угідь вивчалася більше шістдесят років дана проблема на сьогоднішній день залишається недостатньо вивченою. Запобіжні заходи та контроль ерозії торфовищ ризик залежить від розробки та застосування відповідних стратегій збереження та методів управління, що, перш за все, вимагає глибокого розуміння даного процесу.

У зв'язку з негативним впливом на навколишнє середовище торфових пожеж та втратою цінного торфового ресурсу потребує негайного відновлення торфодобувної галузі в Україні. В даний час в Україні склалися умови, за яких торфова промисловість є економічно і соціально затребуваною і повинна стати ефективною видобувно-переробною галуззю, яка буде зміцнювати не тільки енергетичну незалежність держави, але використання торфу винятково в якості палива в сучасних умовах недоцільно, оскільки глибока і комплексна переробка торфу дозволяє отримувати в результаті більше 100 видів продукції різного призначення.



Рис.2. Використання торфової сировини в різних галузях

Нам сьогодні розвиток сучасних виробничих технологій дозволяє отримувати з торфу широкий спектр продукції, при цьому в більшості випадків не потрібно проводити глибоку конверсію сировини, лише достатньо використовувати природні якості та деякі операції з механічної переробки торфу: родючі ґрунти для вирощування харчових рослин, добрива, стимуляторів росту рослин, гербіцидів та пакувальні матеріали, активоване вугілля, графіт, теплоізоляційні, торфоцементні і торфогіпсові бетони, метофільтри, адсорбенти, а також виготовлення метилового та етилового спирту, фенолу, воску, парафіну, молочної, оцтової та щавлевої кислот, аміаку, також практикується для виготовлення парфумів (рис.2).

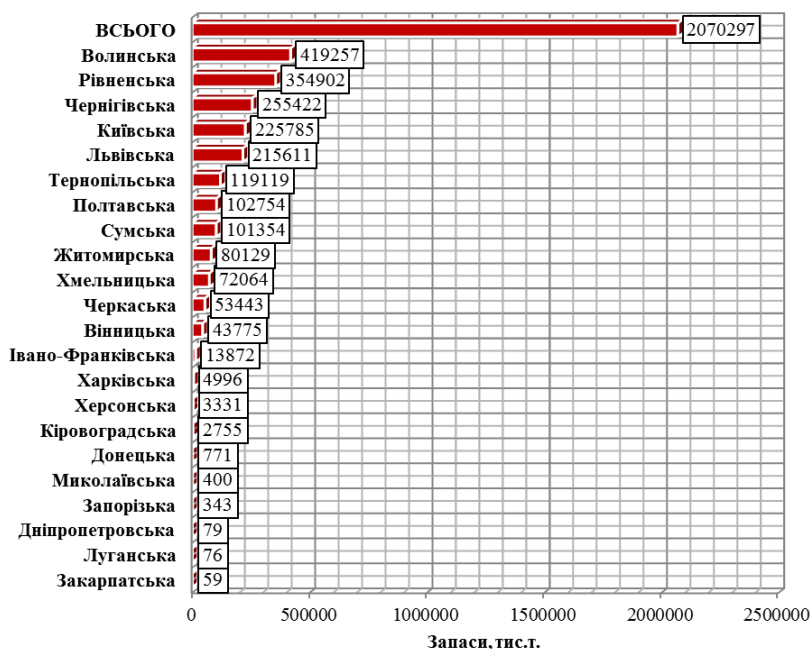


Рис.3. Розподіл геологічних запасів торфу по адміністративних областях

Станом на 01.01.2021 р. геологічні торфові запаси України оцінюються – 2,071 млн.т, балансові запаси становлять 0,759 млн. т. Запаси розподілені по всій території України нерівномірно, з найбільшою концентрацією у зоні Полісся, в таких областях країни, як Волинській, Рівненській, Чернігівській, Львівській та Київській

областях. Розподіл торфових запасів України по адміністративних областях наведено на графіку (рис.3.).

Отже, Україна володіє значними запасами торфу, які можуть знизити її енергетичну залежність від зовнішніх джерел, а також при правильній організації з торфу можна отримати продукти з високою доданою вартістю і розглядати торф вже не в якості архаїчного та неефективного палива, а як джерело ряду високотехнологічних і економічно ефективних продуктів. До того ж, освоєння торфових покладів в подальшому попередить виникненню торф'яних пожеж та ерозії торфовищ, які призводить до економічних і екологічних збитків, оскільки знищується цінна природна сировина.

Тому відродження торфової галузі в Україні вже на сучасному етапі слід розглядати як одну з ключових точок застосування вітчизняних розробок та інноваційного зростання України. Необхідно сприяти розвитку торфової промисловості, оскільки торфові ресурси України мають майбутнє для вирішення проблем місцевої енергетики та проблем в інших галузях промисловості.

ЗМІСТ

| | |
|--|-----------|
| 1. Babyak V.V., Shlapak V.O. Using granite screenings like a filler for concrete and concrete mix | 2 |
| 2. Sofińska-Chmiel W., Okholina T., Malinowska P., Kuzmanenko H., Drewniak M., Keller R., Remezova O. Identyfikacja chemiczna kwarcu - minerału o szerokim zastosowaniu | 6 |
| 3. Stochitoiu M.D. Aspects of asynchronous motors with high energetically efficiency for an efficient, economic transport system used in the lignite opent pits | 11 |
| 4. Баб'як В.В., Шлапак В.О. Метод неруйнівного контролю якості блоків облицювального каменю | 15 |
| 5. Бельтек М.І., Євпак Н.А., Фролов О.О. Аналіз закордонних методик оцінки міцності порід в гірському масиві | 17 |
| 6. Білобров Д.М., Дубінчук Б.В., Дубінчук Д.О., Ковалевич Л.А. Параметри, які визначають затрати на експлуатацію автошни самоскидів | 19 |
| 7. Войтенко Б.В., Шамрай В.І. Оцінка зміни оптичних показників поверхні природного каменю після її хімічної обробки | 22 |
| 8. Ган А.Л., Ган О.В., Лепешко А.А., Обґрунтування конструкції станції метрополітену мілкого закладання | 26 |
| 9. Гвоздь А., Панасюк А. Визначення оптимальних параметрів блоків, що відокремлюються від якості бурових робіт | 32 |
| 10. Дзьоба М.В., Бесарабєць Л.І., Фролов О.О. Доцільність використання ковзаючих з'їздів при розробці родовищ будівельних матеріалів | 36 |
| 11. Ігнатюк Р.М., Шамрай В.І. Оцінка зміни колірних показників поверхні природного каменю після її хімічної обробки | 38 |
| 12. Качуровський М.В., Соколовський В.О., Лебля М.В., Коробійчук В.В. Форми розвалу негабариту під час відпрацювання взірваної гірської маси | 41 |
| 13. Кірейцева Г.В., Палій О.В., Кірейцев В.О. Характеристика відходів, отриманих внаслідок видобування блочної сировини | 43 |
| 14. Козій Є.С. Зв'язок потужності вугільних пластів із вмістом германію на прикладі пласта с8н поля шахти «Дніпровська» | 44 |

| | |
|---|------------|
| 15. Леонєць І.В., Микитенко С.В., Шкабара Ю.В., Коробійчук В.В. Технологія використання дискових пил на щєбєневих кар'єрах | 49 |
| 16. Литвинчук І.Д., Фролов О.О. Принципи формування технологічного комплексу обладнання на кар'єрах | 52 |
| 17. Ложніков О.В., Адамова В.О. Рєвіталізація порушених земель при розробці положоспадних родовищ | 54 |
| 18. Махно А.М. Гідроабразивне рíзання матеріалів | 57 |
| 19. Мєленчук В.О., Вапнічна В.В. Розгляд способів будівництва підземних споруд | 59 |
| 20. Микитюк І. І., Толкач О.М. Порівняння недорогих приймачів RTK GNSS з одночасними спостереженнями для кадастрової зйомки | 66 |
| 21. Мусихін М.Ю. Аналіз хімічного закріплення ґрунтів у підземному будівництві | 68 |
| 22. Ніколюк Д.С., Куницька М.С. Задачі та функції маркшейдерської служби на гірничих підприємствах | 70 |
| 23. Охоліна Т.В., Кузьманенко Г.О., Василенко С.П. Візуалізація масиву даних з геології Ti-Zr розсіпів середнього Придніпров'я | 73 |
| 24. Пико В.О., Піскун І.А., Башинський С.І. Розробка методики корєгування сітки свердловин з метою підвищення ефективності вибухових робіт за умов ТДВ «Бєрезівський кар'єр» | 77 |
| 25. Піскун І.А., Кіреєв В.І. Перспективи видобування уранових руд в Україні | 81 |
| 26. Піскун І.А., Котєнко В.В. Армування архітектурно-будівельних виробів з каменю | 85 |
| 27. Пулін В.О., Шамрай В.І. Вимірювання дози флокулянтів при водопідготовці на каменеобробних підприємствах | 91 |
| 28. Сєлєцький К.В., Левицький В.Г. Визначення показника блочності шляхом проходки кар'єру пробного видобутку в умовах ТОВ «Гранресурс» | 95 |
| 29. Сорочук П.В., Ковалєвич Л.А., Криворучко А.О. Дослідження доцільності використання портативних радарів для визначення процесу зрушення при розробці родовищ підземним способом | 99 |
| 30. Хомяк І. В., Жукова Н.І. Польський досвід впровадження технології підземної газифікації вугілля | 102 |
| 31. Хорольський А.О. Алгоритм обґрунтування меж області раціонального проектування для ефективного та безпечного відпрацювання родовищ корисних копалин | 104 |

| | |
|--|------------|
| 32. Чебанов М.О., Давіденко Н.Д. Перспективи застосування гусеничних автосамоскидів при відкритому видобутку корисних копалин | 109 |
| 33. Чебанов М.О., Черткова А.Р. Вдосконалення технологічної схеми роботи роторного екскаватора при відпрацювання розкривного уступу | 112 |
| 34. Ярошовець-Баранова К.А. Еколого-економічна необхідність відновлення торфодобувної галузі в Україні | 115 |