

К.М. КОВБИК, аспірант
Криворізький національний університет

ШЛЯХИ ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ЗМІЦНЕННЯ МАСИВУ ГІРСЬКИХ ПОРІД ПРИ РОЗРОБЦІ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН ПОКЛАДІВ КРИВОРІЗЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО БАСЕЙНУ, В УМОВАХ ВТОРИННОГО ОБВОДНЕННЯ, ЯК ДОДАТКОВИЙ ЗАХІД ДО ДРЕНАЖУ НА ОСНОВІ ЗАРУБІЖНОГО ДОСВІДУ

Відпрацювання покладів багатих залізних руд в умовах вторинного обводнення родовищ, є специфічною задачею. Оскільки існує дуже багато факторів які впливають на показники вилучення корисної копалини в даних умовах. Одна з основних проблем відпрацювання таких покладів – вода. Створюючи небезпеку ведення праці, і зменшуючи несучу здатність порід вода запобігає, своїми проявами при підземній розробці родовищ корисних копалин, повному відпрацюванню блоків (панелей). Незважаючи на велику кількість вже вирішених питань в цій області є багато нюансів особливо для Криворізького залізорудного басейну.

Метою статті є огляд й аналіз вже використаних рішень щодо боротьби з водопритоком на підземних виробництвах, при будівництві тунелів, та спец. споруд.. Засоби які використовувались у світі і технології на ряду з досвідом дають результати, які необхідно використовувати за для того щоб впровадити подібні технології у майбутньому, не лише в Криворізькому залізорудному басейні, але й на інших підприємства України з видобутку корисних копалин підземним способом.

Методи. Аналіз науково дослідної та методичної літератури, яка була присвячена вирішенню питання обводнення шахт у різних регіонах світу, огляд отриманих результатів, та висновків.

Наукова новизна. Удосконалена спосіб підготовки блоків до виймання в умовах вторинного обводнення родовища. За рахунок використання додаткових дренажних свердловин, захисного перекриття, та виробок для водовідведення і вентиляції.

Практична значимість. Пропонується на основі результатів впровадити технологію попереднього захисту очисних блоків (панелей) від вторинного обводнення, з використанням технології «граунтінгу», або штучного зміцнення масиву, методом задування попередньо пробурених свердловин за для повертання води у необхідному для нас напрямку.

Результати. Було розроблено варіант підготовки панелі який теоретично дозволяє попередньо захистити виймальну одиницю від потрапляння в очисний простір води.

Ключові слова: граунтінг, дренаж, вторинне обводнення, водоприток, осушення, шахтна вода, підземна розробка.

doi: 10.31721/2306-5451-2020-1-50-186-190

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. З поглибленням робіт гірничо-геологічні умови стають все жорсткішими, зокрема зростає гірничий тиск, собівартість видобутку, а продуктивність виймальних блоків зменшується, якщо додати специфіку деяких покладів до обводнення під час ведення робіт, то отримуємо дуже складно-структурні до розробки ділянки родовища в яких необхідно проводити додаткові технологічні заходи щодо водозахисту робочого простору.

На теперішній підприємства Кривого Рогу, які спеціалізуються на видобуванні корисних копалин підземним способом зустрічались з такою проблемою як раптове заводнення панелі під час відробки родовища. Дане явище є небезпечним, оскільки за короткий проміжок часу несуча здатність порід різко зменшується, підвищується тиск на гірничі кріплення, та погіршуються показники вилучення корисної копалини з панелі. Погіршуються санітар-гігієнічні умови, та безпека ведення праці.

Тому є необхідність провести удосконалення існуючих технологій виїмки корисних копалин на підземному виробництві за рахунок модернізації процесів дренажу та захисту виробок для забезпечення більш стабільної роботи панелей та блоків в умовах обводнення родовищ.

Аналіз досліджень і публікацій. Основним способом осушення родовищ, який здебільшого використовується, є дренаж. Дренаж – спосіб осушення територій родовищ корисних копалин шляхом збирання й відведення підземних гравітаційних вод у річки, озера чи спеціальні гірничі виробки. У гірничій справі дренаж застосовується для захисту шахт і кар'єрів від підземних вод шляхом перехоплення їх за допомогою дренажних пристроїв у період будівництва й експлуатації. Дренажні пристрої розділяються на поверхневі, підземні і комбіновані. До поверхневих належать: вертикальні водознижувальні і водовбирні свердловини, горизонтальні дре-

нажні свердловини, голкофільтрові установки і випереджальні поверхневі траншеї, до підземних – дренажні штреки, наскрізні фільтри, підняткові свердловини, водознижувальні колодязі, а також випереджуючі виробки (горизонтальні і похилі свердловини). За схемою розташування дренажні пристрої розділяють на кущові, лінійні, контурні, сітчасті, а в розрізі також – на одно і багатогоризонтні, колекторні і безколекторні [1, 9]

Для осушення ділянки родовища а також забезпечення ефективної роботи дільниць на підземних підприємствах застосовується попередній дренаж ділянки. Тобто перед початком ведення робіт, заздалегідь. Ділянку родовища осушують, і приводять до безпечного стану, та ефективного для відпрацювання стану. Маючи на увазі що підвищена агресивність шахтних вод становить небезпеку для ведення гірничих робіт зменшуючи, тим самим, несучу здатність порід вода приводить до зниження ефективності ведення гірських робіт, підвищенню собівартості видобутку, пониженню рівня безпеки робіт [2, 3].

Удосконалення дренажу це напрямок у якому працюють по сьогоднішній день. Вже винайдений спосіб альтернативи дренажу так званий «Граутінг», або укріплення масиву.

У США підземний дренаж та «граутінг» - це два найбільш поширені способи контролю за водопритоком на підземних підприємствах та при будівництві підземних споруд. Обидва методи мають ряд переваг та обмежень на їх застосування оснований на багатьох факторах. Ці фактори включають в себе [5]:

- гідрогеологічну характеристику покладу (ділянки родовища);
- глибини ведення робіт, а також використані методи видобутку корисної копалини;
- необхідність збереження навколишнього середовища.

Існує багато ефективних способів контролю водо притоку, але лише декілька із них практичні та економічно ефективні для шахт:

- гідроізоляція земної поверхні;
- заморожування надр;
- «Граутінг» Зміцнення масиву рідким твердим розчином;
- підземний дренаж.

Дослідження вчених світу були пов'язані у першу чергу с дослідженням способів і технологій контролю водо притоку, а також аналітичного вибору між використанням дренажу та граутінгу.

Такі дослідники як V.Straskraba, та S.EFFNER [2] ставили питання – «Дренаж або граутінг». У роботі приведений аналіз технологій, а також інших способів контролю водо притоку: заморозка надр, гідроізоляція поверхні.

Вони зробили висновок: з поміж обраних ними способів контролю водо притоку у різних шахтах які розташовані у різноманітних кліматичних зонах, та різною гідрогеологічною характеристикою обрання способу осушення та контролю водоносних горизонтів (водо притоку) залежить від багатьох факторів.

Вони встановили що Дренажні свердловини (осушувальні колодязі) ориг. (Dewatering Wells), пройдені з поверхні можуть бути дуже ефективним засобом.

Осушування свердловин з поверхні може бути дуже ефективним для першої фази розробки шахти, під час проходки і поглиблення ствола та видобутку штольною, якщо гідравлічна провідність осушених шарів перевищує приблизно 1×10^{-4} см/сек. Проте, свердловини з поверхні зазвичай не можуть зневоднити поклад повністю, якщо є численні дефекти, або якщо водопроникність гірських порід зменшується з глибиною залягання, що характерно для більш глибоких шахт. Перевага осушування свердловинами полягає в тому, що шахтний дренаж може бути здійснений до видобутку корисної копалини, і що забрудненість від качаної води не впливає ведення видобутку [3].

Зміцнення (Граутінг) водоносних шарів є високоефективним методом управління водою в шахтах, і багато практичних застосувань показали, що високе зниження водо притоку через захисні шари є досяжним. Завдяки впровадженню ультрафінквих і хімічних розчинів, навіть шари з низьким рівнем водопроникності ефективно зневоднені. Недоліком граутінгу є відносно висока вартість, і тому зміцнення масиву, як правило, використовується для ущільнення невеликих ділянок, наприклад, розлому або тріщинуватої зони. До впровадження цього методу управління водою слід враховувати вплив глибини та взаємодію розчину твердіючого розчину з шахтною водою.

Дослідження впливу водо притоку на стан цементного розчину при використанні технології випереджувального зміцнення масиву (pre-grouting) при проходці тунелів у міцних породах. Цим дослідженням займались: Dawei Mao, Ming Lu, Zhiye Zhao, Melvin Ng [4]. Вони встановили що невизначеності завжди переважають у прогнозуванні геологічних умов для об'єктів. Інформація пов'язана з водою, яку отримують попередньою розвідкою за допомогою свердловин, є обов'язковою перед веденням зміцнення масиву.

Брудна вода з частками глини або пісків може бути признаками ерозії порід. Приток соляних вод прискорює корозію металу та електричного обладнання і суттєво впливає на зміцнювальний розчин. Дебіт і тиск підземних вод, що вимірюються з отворів розвідувальних свердловин, є двома найважливішими параметрами і можуть розглядатися як «дзеркало» геологічних факторів, безпосередньо пов'язаних із заляганням.

Співвідношення між значеннями притоку води за допомогою розвідки та допустимих залишкових обмежень притоку вивчено з малою кількістю характеристик і випадків. Оскільки потік води у гірській масі переважно відбувається уздовж тріщин, більша кількість потоків може призвести до кількох водо несучих тріщин. Це вказує на те, що відхилення навряд чи можна уникнути, і отримати явну кореляцію неможливо. Проте збільшення кількості розвідувальних свердловин може покращити розрахунок очікуваного притоку води рис. 1. Завдяки зібраним даним є можливим досягти кращої кореляції, що може досягти практичного інженерного використання у майбутньому.

Тиск перемішування розчину сильно залежить від тиску підземних вод, а високий тиск води, у свою чергу вимагає високого тиску граутінгового обладнання, ускладнюючи зміцнення масиву [4, 5, 7, 8].

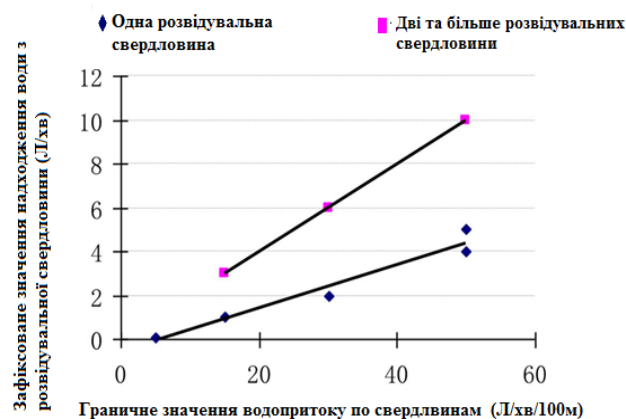


Рис. 1. Кореляція зафіксованого значення досліджуваного та залишкового граничного потоку

Також зміцнення масиву гірських порід проявило себе у будівництві тунелю «Xiang'an» під морським дном. У його роботі представлено прикладне дослідження, яке ілюструє технології граутінгу, прийняті при будівництві тунелю Сянгана в Китаї. [6].

По-перше, запропоновано концептуальну модель процесу затирання, яка включає в себе п'ять стадій типового процесу граутінгу, тобто заповнення і проникнення, граутінг основної ділянки, заточення вторинного ущільнення [10].

По-друге вводяться технології граутінгу, які використовувалися під час будівництва підводного тунелю Сяйця Сянца у високо вивіреному камені під морським дном. Було використано цементний розчин щоб посилити і закріпити скелю, а проникність зменшувалася ще більше при введенні Марітану. Ця техніка зміцнення значно зменшила проникність, укріпила надра і забезпечила стійкість ведення робіт[6].

Відзначено, що з-за властивих невизначеності геотехнічних та геологічних умов складні взаємодії між породами і матеріалом для зміцнення, параметри граутінгу (наприклад: тиск, зміцнювальні матеріали та кількість штукатурки), використовувані при будівництві, в основному визначалися з польових випробувань. Результати використання граутінгу приведені у табл. 1 [6].

Таблиця 1

Результати використання граутінгу при будівництві підводного тунелю Сяйця Сянца

Стан масиву	Вологість (%)	Щільність вологої породи (г/см ³)	Стискаємість (МПа ⁻¹)	Модуль Юнга(МПа)	Кут тертя (°)	Когезія (кПа)
До граутінгу	24,3	1,83	0,47	3,7	21,6	43,3
Після граутінгу	10-20	2,13	0,3	4,9	22	51,3

Постановка задачі. Дренаж використовується тільки при обмежених об'ємах відкачуванних забруднених вод, допускається їх зворотній скид у спеціальні резервуари та їх використання для зворотного промислового водозабезпечення. Можливості дренажу розширюються при високій ступені розбавлення забрудненої прісної чистою водою у дренажному устаткуванні.

Обмеження на дренаж визначається наступними недоліками даного способу:

високими експлуатаційними затратами на тривалу відкачку води;

можливим різким збільшенням об'ємів відкачуванних забруднених вод за рахунок зростання градієнтів на ділянках між дренажем та джерелом забруднення підземних вод, а також додаткове використання у водо оброті незабруднених вод, які змішуються при відкачуванні з забрудненими водами: альтернатива – селекційне відкачування більш ніж на одному рівні.

Переваги:

висока мобільність;

невеликі затрати на спорудження систем;

висока технічна ефективність.

Тому основною метою є - адаптувати альтернативні технології осушення та збереження виробок при відпрацюванні родовищ на основі зарубіжних результатів їх використання для умов Криворізького залізорудного басейну. Розробити рекомендації при веденні робіт в блоках с підвищеним ризиком раптового викиду води.

Викладення матеріалу та результати. На основі зарубіжного досвіду було запропоновано варіант попереднього захисту панелі від раптового потрапляння води в робочий простір методом попереднього зміцнення масиву. Пропонований варіант зображено на рис.2.

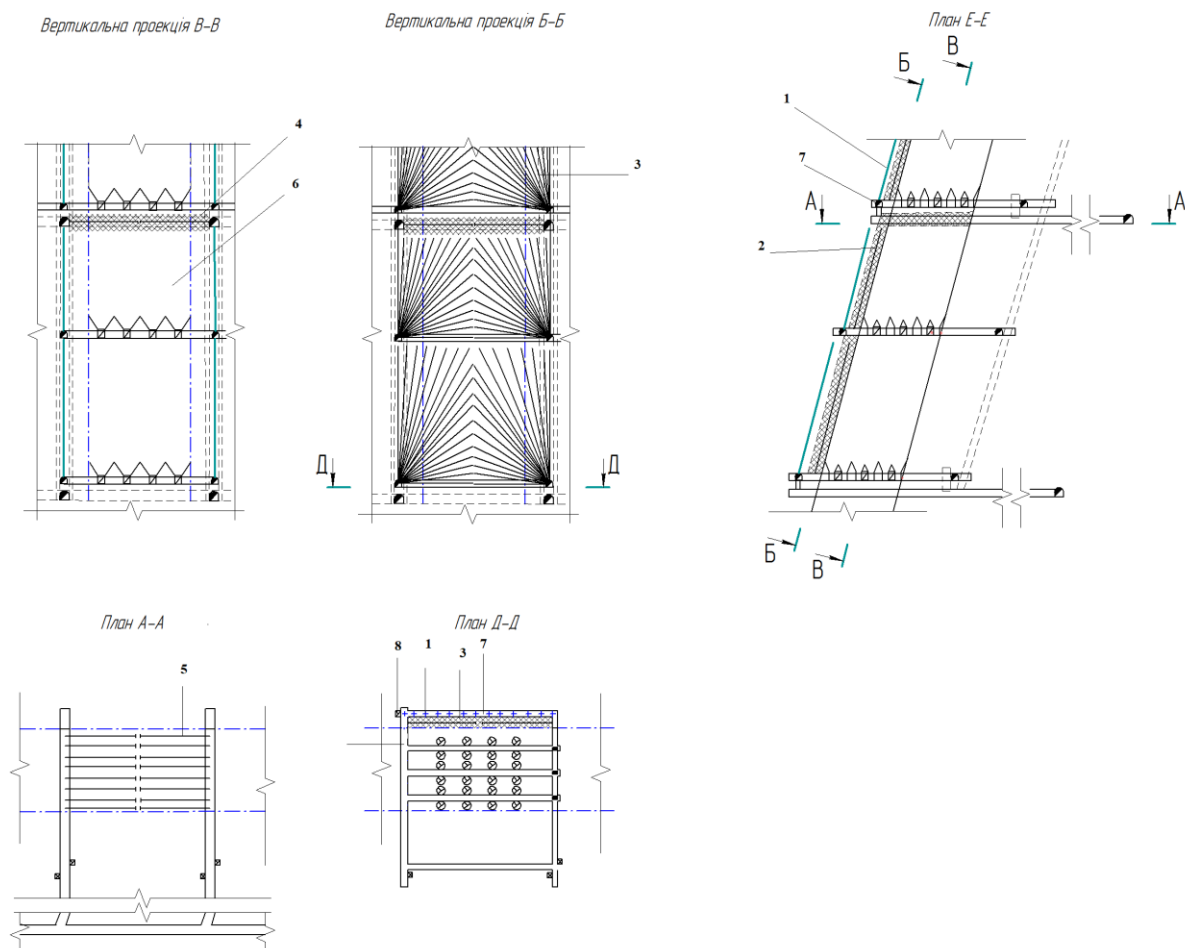


Рис. 2. Пропонований варіант захисту панелі від вторинного обводнення шляхом штучного зміцнення масиву висячого боку та стеліни при підповерхово-камерній системі: 1 - дренажна свердловина; 2 - зміцнений масив шляхом задування свердловин твердіючим розчином; 3 - свердловини для закачування розчину в висячий бік; 4 - посилена стеліна; 5 - свердловини для закачування розчину в стеліну; 6 – камера; 7 - водовідвідний-вентиляційний штрек

Даним способом пропонуємо зміцнити породи всячого-боку, а також стелини для запобігання потрапляння води в очисний простір. В теорії зміцнення допоможе зменшити кількість води яка безпосередньо просочується через породи всячого боку, та стелини. Вода, яку не захоплять дренажні свердловини 1, буде відбиватися від захисного екрану 2, та повертатися на дренаж 1, стікати у виробку 3 та перепускатися на інші горизонти для подальшого водовідведення.

Захисна стелина пройдена під кутом 3-5 градусів відносно всячого боку, що дає змогу воді з вище лежачих горизонтів «стікати» по стелині на всячий бік 2, а звідти на дренаж 1.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Для подальшого стабільного відпрацювання покладів залізних руди і не тільки умовах вторинного обводнення родовищ, необхідно удосконалювати системи водозахисту панелей при їх подальшому відпрацюванні. Тому це як одне з багатьох можливих рішень.

Даний спосіб дає змогу вести відробку родовища фактично не зважаючи на водоприток з фронту стелини та всячого боку, але не дозволяє в повній мірі захистити блок від потрапляння води з суміжних камер, а в деяких випадках лежачого боку. З недоліків слід зазначити що даний спосіб підвищить собівартість видобутку руди, але дозволить більш цілісно відпрацювати поклад.

Як подальший розвиток технології планується розробити альтернативу способу, без використання твердіючих матеріалів, за допомогою стискання порід всячого боку силою вибуху.

Список літератури

1. Електронний ресурс <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0%D0%B6>
2. Straskraba V. and Effner S. 1998 Water control in underground mines – grouting or drainage imwa symposium Johannesburg, pp 195-212.
3. Carvalho, P., D.G. Richards, R. Fernandez-Rubio, and P.J. Norton, 1990. Prevention of Acid Mine Drainage at Neves-Corvo Mine, Portugal. International Journal of Mine Water, Vol. 9, Nos. 1,2,3, and 4.
4. K. F. Garshol, K. W. J. Tam, W. B. S. Mui, K. M. H. Chau, K. C. K. Lau, Grouting Techniques for Deep Subsea Tunnels in Hong Kong, In: Proceedings of World Tunnel Congress, 2012
5. K. Weaver, Dam foundation grouting, ASCE press, USA, 1991
6. Dingli Zhang, Qian Fang, Haicheng Lou, Grouting Eechniques for the unfavorable geological conditions of Xiang'an subsea tunnel in China; D. Zhang et al. / Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering 6 (2014)
7. Kipko, E.Y., Y.A. Polozov, and O.Y. Lushinkova, 1993. Integrated Grouting and Hydrogeology of Fractured Rock in the Former USSR. Published by the U.S Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Denver, Colorado
8. Heinz, W.F., 1997. Cover Grouting : A Rational Approach. Proceedings of The 6th International Mine Water Congress, Bled, Slovenia.
9. Горная энциклопедия / Гл. ред. Е.А. Козловский; Ред.кол.: М.И. Агошков, Н.К. Байбаков, А.С. Болдырев и др. - М.: Сов. Энциклопедия. Т.3. Кенчан - ОПТ. 1987, 592с.
10. Nel, P.J.L., 1997. A Critical Overview of a Completed Shaft Project and the Disposal of Excessive Water inflows into the Upcast Ventilation Compartment. Proceedings of The 6^h International Mine Water Congress, Bled, Slovenia.

Рукопис подано до редакції 10.04.2020

УДК 691.4:622.223.74

М.Л. ЗОЦЕНКО, д-р техн. наук, проф., О.В. МИХАЙЛОВСЬКА, канд. техн. наук, доц.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

О.Б. ОЛЕКСІЄНКО, канд. техн. наук

Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»

ТЕХНОЛОГІЧНЕ РІШЕННЯ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ

Мета. Запропонувати ефективне технологічне рішення влаштування шламосховища для захоронення відходів, обґрунтувати параметри співвідношення ґрунту майданчика та бурового шламу при заповненні сховища відходів.

Методи. Використано експериментальне визначення значень оптимальної вологості для співвідношення суміші бурового шламу та суглинку 60:40 при заповненні шламосховища.

Наукова новизна. Авторами пропонується шламосховище влаштовувати із вертикальною протифільтраційною завесою із ґрунтоцементу за допомогою технології виготовлення ґрунтоцементних елементів за бурозмішувальною технологією без виймання ґрунту. Таким чином отримуємо циліндричні ґрунтоцементні елементи діаметром 0,3 – 0,8 м і довжиною до 30 м. Після твердіння ґрунтоцементних елементів по периметру шламосховища виконується