

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 628.1

М.Т. Бакка, д.т.н., проф.

І.В. Давидова, аспір.

Житомирський державний технологічний університет

ЗМЕНШЕННЯ ТОКСИЧНОГО ВПЛИВУ ВИБУХОВИХ РОБІТ ПРИ РОЗРОБЦІ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН НА ПРИРОДНІ ВОДНІ ОБ'ЄКТИ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ЗДАТНОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД ДО САМООЧИЩЕННЯ

У статті проаналізовано зміну фізико-хімічних властивостей кар'єрних вод під впливом аерального та гідрологічного забруднення продуктами розкладу вибухових речовин. Встановлено математичні залежності концентрації хімічних сполук у водах кар'єрного водовідливу від часу їх перебування в ставках-відстійниках дозволяють визначити характер та швидкість відновлення гідрохімічних показників водних об'єктів до фонового рівня в природних умовах.

Вступ. Геологічна будова Центрального Полісся сприяє інтенсивному розвитку гірничовидобувної та переробної промисловості. Оскільки розкриті породи в даному регіоні мають невелику потужність, і на значних територіях кристалічна порода виходить на поверхню, це полегшує видобування корисних копалин та дозволяє зменшити собівартість готової продукції. В зв'язку з цим Житомирська область характеризується значним обсягом видобування і переробки гранітів, гранодіоритів, габро, лабрадоритів, граніто-гнейсів та інших порід. Найбільш поширеними корисними копалинами регіону можна вважати камінь будівельний (бутощобенева сировина). На території Житомирської області розвідано 89 родовищ каменю будівельного, сумарні запаси яких становлять 10 % від загальних обсягів булощобеневої сировини України [1], з них 37 родовищ розробляються, а сировина переробляється на щебінь каменедробильними заводами. Великі обсяги запасів каменю будівельного служать підставою розвитку в Житомирській області щебеневонерудної каменевидобувної і каменепереробної галузей виробництва.

Видобування будівельного каменю в регіоні проводиться кар'єрним способом з використанням переважно вибухових методів розробки родовищ [2]. Проведення масових вибухів на кар'єрі здійснює значний негативний вплив на навколишнє середовище. При руйнуванні скельної породи вибуховими речовинами в атмосферу потрапляє значна кількість пилу та газів. Ця хмара здатна переноситись вітром на значні відстані, забруднюючи на своєму шляху ґрунтовий покрив, рослинність, водні об'єкти. Суттєвого впливу зазнають і поверхневі та підземні води. Майже всі продукти вибуху (оксиди нітрогену, сульфур, карбону і т.ін.) розчинні у воді та здатні вступати з нею в реакцію, утворюючи при цьому відповідні кислоти та солі. Крім цього, руйнування скельних порід спричиняє вимивання ґрунтовими водами розчинних мінералів та сполук, які містяться в покладах корисних копалин [3].

Більшість вибухівок, які використовуються в Україні (граммоніт, грануліт і т.ін.) в своєму складі містять аміачну селітру. Вона є легкорозчинною у воді й може вимиватися з вибухової суміші природними водами. За рахунок цього відбувається забруднення кар'єрних вод сполуками нітрогену. Таким чином, еколого-токсикологічна оцінка гідрологічного забруднення довкілля при проведенні вибухових робіт на нерудних кар'єрах складає актуальне науково-прикладне завдання.

Аналіз наукових досліджень і публікацій. Вивченню впливу розробки родовищ корисних копалин відкритим способом на забруднення довкілля присвячені роботи багатьох відомих вчених: Е.І. Єфремова, П.В. Бересневича, З.Г. Лознякова, А.М. Михайлова, Б.Д. Россі, О.А. Пирського, Г.М. Рижова та ін. Більшість цих досліджень направлені на вивчення впливу кар'єрів на забруднення атмосферного повітря та земну поверхню. При цьому значна увага приділяється негативному впливу на атмосферу саме вибухових робіт. Так, встановлено, що застосування тротилвмісних ВР при здійсненні масових вибухів призводить до викиду в повітря від сотень до тисяч кубометрів пилу та шкідливих газів [4]. За різними даними при вибуху 1 кг гранулатолу в атмосферу виділяється від 250 до 300 л умовного оксиду карбону (СО), при вибуху 1 кг граммоніту 79/21 – 84–150 л, ігданіту – 64 л, грануліту УП-1 – 74 л, пореміту – 23–25 л [5, 6].

Забрудненню природних водних об'єктів при проведенні масових вибухів на кар'єрах надається менше уваги. Однак за даними НТУ при використанні такої вибухової речовини як граммоніт 50/50 до 30 % аміачної селітри, що міститься в її складі розчиняються ґрунтовими та підземними водами, ще до проведення вибухових робіт. Для граммоніту 79/21 цей показник сягає 50 %, що становить приблизно 6–25 т водорозчинних компонентів за один масовий вибух для гранітних кар'єрів [7]. Разом з продуктами розкладу вибухових речовин та водорозчинними сполуками, що вимиваються із зруйнованої гірської

породи, ці речовини потрапляють до вод кар'єрного водовідливу, а потім – і до природних водних об'єктів. Тому необхідно більш детально дослідити, які зміни відбуваються з ними в часі q чи можна використовувати здатність природних вод до самоочищення для зменшення впливу на довкілля гірничовидобувної промисловості.

Постановка завдання. В основу досліджень були покладені такі завдання: 1) виявити основні тенденції зміни гідрохімічних показників кар'єрних вод при проведенні масових вибухів на кар'єрах з видобутку будівельних матеріалів; 2) розробити математичні моделі змін основних гідрохімічних показників кар'єрних вод при проведенні масових вибухів з використанням тротилвмісних ВР у часі; 3) вивчити динаміку процесів самоочищення кар'єрних вод у ставках-відстійниках.

Матеріал і результати досліджень. Дослідження забруднення кар'єрних вод продуктами масових вибухів при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом проводилося на прикладі одного з найбільших нерудних родовищ регіону – Пенізевицького родовища № 1. Для розробки даного родовища використовують вибуховий спосіб із застосуванням граммоніту 79/21, що є характерним для більшості кар'єрів Житомирської області.

Як об'єкт досліджень розглядалися води кар'єрного водовідливу. При відборі проб води дотримувалися вимог, що висувуються до екологічної оцінки якості поверхневих вод. Під час аналізу проб води головним чином визначалися гідрохімічні показники за загальноприйнятими методами аналізу промислових стічних вод та вод відкритих водойм [8].

Аналіз та порівняння попередніх експериментальних даних свідчать про те, що загальна токсичність кар'єрних вод після проведення масового вибуху залежить від таких основних факторів, як кількість і склад вибухової речовини, що застосовується для проведення вибухових робіт та від хімічного складу порід зруйнованого масиву. Для буто-щебенивих кар'єрів Центрального Полісся України найбільш характерними забрудниками ґрунтових та поверхневих вод після проведення масового вибуху є сполуки нітрогену (нітрити, нітрати, сольовий амоній), що є продуктами розкладу вибухових речовин; сульфати, іони магнію та кальцію як результат вимивання хімічних речовин із зруйнованої породи та пов'язані із ними значення твердості, лужності та рН води. Тому для встановлення залежності хімічного складу кар'єрних вод від часу їх відстоювання проводили аналіз саме за цими показниками.

Відбір проб проводився серійно, з інтервалом у добу, протягом 10 діб. Контрольна проба відбиралася за умови не проведення масових вибухів протягом тривалого періоду (не менше місяця). Тому її можна вважати умовно чистою від токсичних речовин, що утворюються під час вибухових робіт.

Мінімальна кількість дослідів, яка забезпечує достовірність результатів, була обчислена за допомогою апарата математичної статистики. При плануванні експерименту була поставлена умова, щоб достовірність вимірювання була не менша 80 % ($\gamma = 0,8$). Тоді за формулою була визначена ймовірність (Р) потрапляння істинного значення в заданий інтервал:

$$P = \frac{(1 + \gamma)}{2} = 0,9. \quad (1)$$

За розподілом Ст'юдента квантіль $qt(0,9;0) = 1,886$, середнє квадратичне відхилення $\sigma_i = 0,142$. Було встановлено верхню та нижню межу граничних відхилень, інакше, абсолютна точність вимірювання – $\epsilon = 0,1$. Використовуючи отримані дані була обчислена необхідна кількість вимірювань $k = 7$. Нами ця цифра була округлена до 10 в більшу сторону.

Щоб використати апарат математичної статистики і встановити емпіричну залежність, були взяті часові точки, для кожної з яких були відомі концентрації хімічних речовин в досліджуваній воді. На основі проведених аналітичних досліджень була математично визначена залежність концентрації хімічних речовин у кар'єрній воді $C_{x,p}$ від часу її відстоювання t , також знайдені оцінки параметрів моделі, перевірена значущість моделі, визначений коефіцієнт детермінації, встановлені форми зв'язку й розрахунок близькості зв'язку показників методом кореляційно-регресійного аналізу, знайдені довірчі інтервали для параметрів моделі.

Побудову статистичних поверхонь показників виконано за даними натурних інструментальних спостережень та інженерно-геологічних досліджень. На підставі цього можна підібрати теоретичну криву, що апроксимує емпіричний розподіл, описати її відомими рівняннями й виявити статистичний закон розподілу явища.

При застосуванні методів кореляційного аналізу до результатів досліджень вдалося обґрунтувати адекватність і достовірність досліджень для випадку лінійного та параболічного виду емпіричної формули.

За існуючою класифікацією досліджувані показники з якісної оцінки належать до показників статистичних властивостей будь-яких масових явищ і процесів, за кількісною ознакою – до відносних показників, що характеризують взаємозв'язок результативних показників (y) – наслідків (параметри зміни концентрації хімічних речовин у кар'єрній воді) з факторними показниками (x) – причинами (час відстоювання кар'єрної води).

Застосувавши апарат математичної статистики до отриманих експериментальних досліджень, було встановлено, що залежність між наведеними змінними x та y ($C_{x,p}$ та t) для таких показників як твердість і концентрація іонів кальцію та магнію, описується лінійною залежністю виду (рис. 1):

$$y = a_1 \cdot x + a_2, \quad (2)$$

а для всіх інших речовин залежність концентрації від часу достовірно описується параболічною залежністю виду (рис. 2):

$$y = a_0 \cdot x^2 + a_1 \cdot x + a_2, \quad (3)$$

в яких за допомогою апарата математичної статистики були обчислені коефіцієнти a_0 , a_1 , a_2 .

Для підтвердження висунутої гіпотези нами був проведений дисперсійний аналіз. Були обчислені значення критичної точки розподілу Фішера $F_{кр}$ і фактичне значення критерію Фішера статистики $F_{ф}$. Оскільки для всіх моделей $F_{ф} < F_{кр}$, то гіпотеза про незначущість моделей відхиляється.

Таким чином, можна зробити висновок, що концентрація певного ряду хімічних речовин у кар'єрній воді лінійно або параболічно залежить від часу її відстоювання після проведення масового вибуху (табл. 1). Маючи набір подібних розподілів і розрахувавши для них теоретичні функції за формою гістограм і видом функцій можна визначити концентрацію певної хімічної речовини в кар'єрній воді в необхідну точку часу.

Однак частіше доводиться вирішувати протилежне завдання. На гірничих підприємствах утворюються стічні води, забруднені токсичними сполуками та елементами. Після проведення масового вибуху на кар'єрі концентрація деяких із них (перераховані вище) різко зростає. Тому виникає необхідність перед скиданням стічних вод провести їх очищення до рівня, який відповідає фоновому.

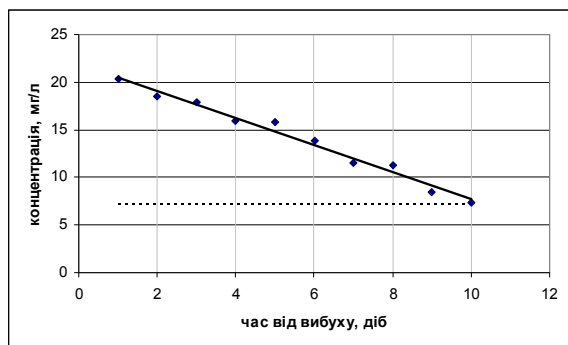


Рис. 1. Графік залежності концентрації іонів магнію від часу відстоювання кар'єрної води після проведення масового вибуху

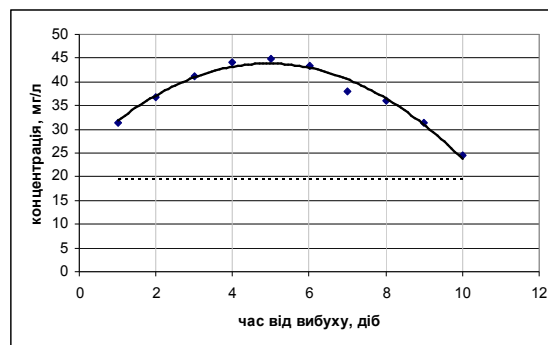


Рис. 2. Графік залежності концентрації нітратів у кар'єрній воді від часу її відстоювання після проведення масового вибуху

Таблиця 1

Розрахунок часу повернення показників забруднення кар'єрних вод до контролю

Показник, C_x (мг/л)	Залежність показника від часу, $C_x=f(t)$	Контрольне значення показника, $C_{x,k}$ (мг/л)	Час повернення показника до контролю, t_k (дів)
Кальцій	$y = -1,3733 \cdot x + 64,493$	52,9	8,44
Магній	$y = -1,4194 \cdot x + 21,907$	7,10	10,43
Твердість	$y = -0,186 \cdot x + 4,974$	3,23	9,38
Лужність	$y = -0,0057 \cdot x^2 + 0,0092 \cdot x + 2,5348$	1,6	13,64
pH	$y = -0,0038 \cdot x^2 + 0,0439 \cdot x + 7,0635$	7,91	10,23
Нітрати	$y = -0,783 \cdot x^2 + 7,7295 \cdot x + 24,802$	19,3	10,54
Нітрити	$y = -0,0004 \cdot x^2 + 0,0336 \cdot x + 0,945$	0,69	10,10
Сольовий амоній	$y = -0,208 \cdot x^2 + 2,4167 \cdot x + 1,9917$	1,5	11,82
Сульфати	$y = -0,6648 \cdot x^2 + 5,0786 \cdot x + 10,6898$	71,1	12,1

При відкритих способах розробки найбільше поширення отримав спосіб відстоювання промислових стоків у спеціальних водоймах-відстійниках. Цей спосіб простий у технічному відношенні і досить економічний.

Розміри відстійника визначаються для кожного конкретного родовища залежно від кількості стічних вод та часу, необхідного для їх відстоювання.

Об'єм кар'єрних вод визначається як сумарний за водоприток в кар'єр на основі гідравлічного напору водоносних горизонтів (водоносний горизонт в алювіально-флювіогляційних відкладеннях четвертинного віку і водоносний горизонт, прилягає до тріщинуватої зони кристалічного масиву) із врахуванням опадів. Для Пенізевицького кар'єру водоприток на даний час складає 8838 м³/доб. За розрахунками, проведеними гідродинамічним методом і методом гідрогеологічної аналогії, водоприток до кар'єру на кінцеву стадію розробки родовища складе 13423 м³/добу.

Час, необхідний для самоочищення кар'єрних вод, не важко розрахувати на основі отриманих емпіричних залежностей, знаючи початкову (фонову) концентрацію забруднювачів.

Час повернення показників до контрольних значень за рахунок самоочищення для кожної хімічної речовини різний. Як видно з даних таблиці 1, найбільше часу займає самоочищення кар'єрної води від таких сполук, як сульфати та сольовий амоній. Крім цього досить довго зменшуються до фонового рівня лужність. Тому загальний час відстоювання кар'єрної води потрібно розраховувати саме за цими показниками.

Для Пенізевицького родовища № 1, на прикладі якого проводились розрахунки, при проведенні масового вибуху з масою вибухової речовини, що не перевищує 35 т, раціональним часом відстоювання кар'єрної води є 14 дів (найбільший час, необхідний для зменшення лужності – 13,64 доби).

Знаючи водопритік до кар'єру, можна розрахувати об'єм ставка-відстійника:

$$V_{\text{від}} = 8838 \text{ м}^3/\text{доб} * 14 = 123732 \text{ м}^3 \approx 125 \text{ тис. м}^3$$

При збільшенні водопритоку чи маси ВР, що використовується для проведення масового вибуху, об'єм буде необхідно збільшуватись, тому перед проектуванням ставка-відстійника необхідно враховувати перспективи подальшої розробки родовища.

Висновки. Зміна концентрації хімічних речовин у кар'єрній воді залежно від часу її відстоювання для таких сполук, як нітрити, нітрати, сольовий амоній, сульфати та значень лужності й рН відбувається за параболічними регресіями та за лінійними для іонів кальцію, магнію і загальної твердості води. Математичні моделі динаміки вмісту токсичних речовин після проведення масового вибуху дають змогу визначити загальний час, необхідний для самоочищення кар'єрної води, та розрахувати об'єм ставка-відстійника для потреб конкретного гірничовидобувного підприємства. Однак у зв'язку з тим, що забрудненість води після проведення масового вибуху напряму залежить від хімічних властивостей порід, що руйнуються, та від складу ВР, при використанні подібних розрахунків на інших родовищах необхідно враховувати можливі відмінності в хімічному складі кар'єрних вод, забруднених продуктами вибуху.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Смирнов А.Г., Воробьев В.Д., Громов В.А. Добича и переработка нерудных строительных материалов. – К.: Будівельник, 1984. – 96 с.
2. Косичев М.Н., Петрова Т.Н. Основные направления развития промышленных средств взрывания // Информационный выпуск. – № 185. – М.: 1968. – С. 18–23.
3. Міцкевич Б.Ф. Геохімічні ландшафти Українського щита. – К.: Наукова думка, 1971. – 174 с.
4. Позняков З.Г., Росси Б.Д. Справочник по взрывчатым веществам и средствам взрывания. – М.: Недра, 1977. – 342 с.
5. Козловская Т.Ф., Комир В.М., Чебенко В.Н. Оценка вероятных путей образования токсичных выбросов при взрыве аммиачно-селитренных взрывчатых веществ // Науковий вісник Національного гірничого університету: Науково-технічний журнал. – Дніпропетровськ, 2005. – № 3. – С. 80–84.
6. Дубнов Л.В. Состояние и перспективы развития промышленных взрывчатых материалов. // Взрывное дело. – М.: Недра, 1986. – С. 195–204.
7. Гопанюк Д.Г., Швець В.Ю., Стрілець О.П. Підвищення екологічної безпеки здійснення масових підвирних робіт для потреб гірничо-видобувного виробництва. Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів // Матеріали Другої Міжнародної науково-практичної конференції. – м. Дніпропетровськ. – 2003. – С. 183–184.
8. Определение нормируемых компонентов в природных и сточных водах / О.П. Сенявин, Б.Ф. Мясоедов – М.: Наука, 1987. – 246 с.

БАККА Микола Терентійович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри геотехнологій та промислової екології Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- відкрита розробка корисних копалин;
- екологія гірничого виробництва.

Тел.(р.): (0412) 24-68-09.

ДАВИДОВА Ірина Володимирівна – аспірант кафедри геотехнологій та промислової екології Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- вибухові роботи;
- екологічна безпека.

Тел.(р.): (0412) 37-21-45.

Подано 17.09.2006

Бакка М.Т., Давидова І.В. Зменшення токсичного впливу вибухових робіт при розробці родовищ корисних копалин на природні водні об'єкти за рахунок використання здатності природних вод до самоочищення

Бакка Н.Т., Давыдова И.В. Уменьшение токсического влияния взрывных работ при разработке месторождений полезных ископаемых на природные водные объекты за счет использования способности природных вод к самоочищению

Bakka M.T., Davydova I.V. The decrease of the toxic influence of explosions while the exploiting of deposits of useful resources on natural water object due to the ability of natural waters for selfpurifying

УДК 628.1

М.Т. Бакка, І.В. Давидова,

Зменшення токсичного впливу вибухових робіт при розробці родовищ корисних копалин на природні водні об'єкти за рахунок використання здатності природних вод до самоочищення / М.Т. Бакка, І.В. Давидова

У статті проаналізовано зміну фізико-хімічних властивостей кар'єрних вод під впливом аерального та гідрологічного забруднення продуктами розкладу вибухових речовин. Встановлено математичні залежності концентрації хімічних сполук у водах кар'єрного водовідливу від часу їх перебування в ставках-відстійниках дозволяють визначити характер та швидкість відновлення гідрохімічних показників водних об'єктів до фонового рівня в природних умовах.

УДК 628.1

Уменьшение токсического влияния взрывных работ при разработке месторождений полезных ископаемых на природные водные объекты за счет использования способности природных вод к самоочищению / Н.Т. Бакка, И.В. Давыдова

В статье проанализировано изменение физико-химических показателей карьерных вод под влиянием аерального и гидрологического загрязнения продуктами разложения взрывчатых веществ. Установленные математические зависимости концентрации химических соединений в водах карьерного водоотлива от времени их пребывания в прудах-отстойниках позволяют определить характер и скорость возобновления гидрохимических показателей водных объектов к фоновому уровню в естественных условиях.

УДК 628.1

The decrease of the toxic influence of explosions while the exploiting of deposits of useful resources on natural water object due to the ability of natural waters for selfpurifying / M.T. Bakka, I.V. Davydova

The article deals with the analyses of quarry waters physical-chemical characteristics under the influence of air- and hydropollution by the units, which came from explosion products. Defined mathematical influenced chemical units concentration in quarry waters during their concentration in stagnant ponds allow to define character and speed of hydrochemical elements of water object renovation to the phono level in natural conditions.