

УДК 557.4:624.023

**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ
НЕЙТРАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ОБЪЕМОВ ТОКСИЧНЫХ ВЫБРОСОВ
ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ В КАРЬЕРАХ**

*Козловская Т.Ф., к.х.н., доц., Комир В.М., д.т.н., проф., Чебенко В.Н., к.т.н., проф.
Кременчугский государственный политехнический университет
имени Михаила Остроградского
39614, Полтавская обл., г. Кременчуг, ул. Первомайская, 20
E-mail: ecol@polytech.poltava.ua*

Розроблена методика визначення еколого-економічної ефективності застосування нейтралізаторів шкідливих газоподібних речовин у детонаційній хмарі при здійсненні масових вибухів на кар'єрах.

Ключові слова: газоподібні викиди, техніко-економічна оцінка, еколого-економічна ефективність

Developed method of determination of ecological-economic efficiency of application of neutralize of harmful gaseous matters in a detonation cloud during realization of mass explosions on careers.

Keywords: gaseous extras, technical- economic estimation, ecological-economic efficiency

Введение. Проведение взрывных работ на карьерах открытым способом сопровождается загрязнением компонентов окружающей природной среды, особенно атмосферного воздуха пылевыми частицами горной породы различной дисперсности и токсичными газообразными выбросами – оксидами азота, углерода. В случае ветреной погоды зона загрязнения этими веществами возрастает многократно и может распространяться даже на удаленные места проживания людей. В зависимости от применяемого типа взрывчатых веществ (ВВ) в этот перечень могут также попадать сероводород, оксиды серы, хлористый водород, соединения фосфора, фтора, особенно если речь идет об использовании взрывчатых компонентов отработанных боеприпасов, скопившихся в огромных количествах на всей территории Украины.

В связи с этим необходимым является решение проблемы экономико-технологической и эколого-экономической оценки воздействия взрывных работ на окружающую природную среду.

Цель работы. Разработка методики оценки общего эколого-экономического эффекта при использовании нейтрализаторов токсичных газообразных выбросов при проведении массовых взрывов на карьерах.

Анализ известных литературных данных. Чаще всего в литературе рассматриваются общие подходы к экономическому обоснованию предлагаемого защитного мероприятия и соответствующие показатели их эффективности. Но экологический результат заключается в снижении (или предотвращении) отрицательного воздействия на окружающую природную среду, ее составляющие и, особенно, на человека и его здоровье.

До сих пор считается, что основополагающей формулой для расчета затрат является:

$$Z = C_{\text{экспл}} + E_{\text{н}} * K,$$

где Z – затраты на природоохранное мероприятие;

$C_{\text{экспл}}$ - эксплуатационные расходы;

$E_{\text{н}}$ – коэффициент эффективности использования капитальных затрат;

K – капитальные затраты.

Однако этот подход не учитывает в полной мере как саму величину возможного ущерба от того или иного технологического процесса, так и величину экологической нагрузки на исследуемую территорию.

По своей сути эффективность предлагаемого природоохранного мероприятия подразделяется на эффективность природоохранного мероприятия как такового и на эффективность затрат на это природоохранное мероприятие. Для техники и технологий с прототипом эффектом:

$$\Delta Q - Y_{\text{факт}} \geq 0,$$

а относительная эффективность –

$$Y_{\text{факт}} / \Delta Q \leq 1.$$

Суммарная эффективность определяется как средневзвешенная по всем составляющим природоохранных мероприятий. Для технологий, которые способствуют уменьшению уровня загрязнения компонентов окружающей среды, а соответственно, и ущерба, эффективность достигается при соблюдении условия

$$Y_{\text{факт}} * D \leq Q_{\text{факт}}.$$

При этом должно соблюдаться условие, что норматив экологической нагрузки – это та критическая нагрузка, за рамками которой любая геотехническая система всегда неэффективна, а возможная прибыль от затрат свидетельствует лишь об их рациональном использовании, подчеркивая при этом неэффективность самого мероприятия, т.е.

$$Y_{\text{факт}} > D,$$

где D – нормативная доля участия очистных сооружений в горнодобывающих процессах региона.

Матеріал і результати дослідження. Слідуеть відзначити, що поставлена задача в принципі не являється новою, однак її розгляд з позицій зменшення концентрацій забруднюючих речовин в пилегазовому хмарі, що утворюється при виробництві масового вибуху, практично не розглядалась.

В теперішній час існує багато різних способів боротьби з пилегазовими вибухами. К ним можна віднести зрошення вибухових ділянок гірської породи, створення водяних завіс з використанням різних нейтралізуючих речовин або застосування уніполярних рідин, що знаходяться в ємкостях у вигляді тороїда і т.д. В роботах [1,2] описано розроблений спосіб боротьби з пилегазовим хмарою шляхом зміщення ємкостей з рідиною на поверхню відбиваючого уступу і більш щільного закривання продуктів вибуху з допомогою спеціального захисного пристрою. Ємкості з рідиною укладаються на поверхню уступу в радіальному напрямку від устя скважин з урахуванням переважного поширення пилегазового хмарі.

Однак не існує достатньої кількості літературних даних про використання різних видів нейтралізаторів для зменшення концентрацій шкідливих газообразних речовин в продуктах вибуху ВВ.

Раніше авторами [3,4] були запропоновані методи техніко-економічної оцінки ефективності способів пилегазоподавлення через вартість засобів пилегазоподавлення і значення експлуатаційних витрат по засобам пилегазоподавлення.

Однак, на думку автора цього дослідження, при непереконливій достовірності такого підходу, не враховано вартість самих ВВ (ВС), як промислових, так і конверсійних, а також вартість нейтралізаторів – сульфата натрію, які вносять суттєвий внесок в техніко-економічні розрахунки ефективності засобів газоподавлення.

Крім того, необхідним елементом в такому підході є і еколого-економічне обґрунтування ефективності застосування нейтралізаторів при проведенні вибухових робіт з використанням ВВ, а також врахування кількості вибухів на кожному конкретному кар'єрі району дослідження за досліджувані проміжки часу або в розрахунок на його річну продуктивність:

- Редутський щебзавод і Рязівський гранітний кар'єр;
- Придніпровський спецкар'єр;
- Крюківське кар'єроуправління;
- Кар'єроуправління «Кварц» Міністерства оборони України;
- Дніпровське рудоуправління ОАО «Полтавський ГОК»;
- Кар'єри Докучаєвського флюсоломитного комбінату (ДФДК) (Еленівське і Стільське місцевородження вапняків і доломітів).

Розрахунки, проведені за методикою [4], показали, що в середньому на 1 масовий вибух на гранітних кар'єрах витрачається 20-40 тонн ВВ, а на флюсоломітних і вапнякових кар'єрах – 50 тонн ВВ.

Тоді, річні капітальні витрати (грн.) ми пропонуємо визначати за вираженням:

$$\sum_{i=1}^n Z_{КАП} = \sum_{i=1}^n \frac{E_H * C_i * m * n_i * C_j}{t}, \quad (1)$$

де E_H – коефіцієнт ефективності використання капітальних витрат, рівний 0,12;

C_i – вартість 1 т ВВ, грн. (за цінами 2007 року);

t – кількість місяців в році;

n_i – кількість масових вибухів на кар'єрах дослідження (для гранітних кар'єрів – 1 вибух/міс., для вапнякових і флюсоломітних – 2 вибухів/міс.);

m – маса ВВ на один вироблений вибух;

C_j – ціна одиниці маси нейтралізатора, грн.

Для флюсоломітних кар'єрів капітальні витрати будуть рівні (за розрахунок на 1 кар'єр):

$$Z_1 = \frac{0,12 * 4000 * 24}{12} * 40 = 38400 \text{ грн.};$$

для гранітних кар'єрів – відповідно складають:

$$Z_2 = \frac{0,12 * 4000 * 12}{12} * 50 = 24000 \text{ грн.}$$

Следовательно, в остаточном варианте расчетов годовые капитальные затраты составят по всем видам карьеров исследования:

$$Z = Z_1 + 6 * Z_2 = 38400 + 144000 = 182400 \text{ грн./год.}$$

Вартість нейтралізатора сульфата натрію в цінах 2007 року складає 205 тис. грн. (за розрахунок, що в одну забійку додається 3-5 % від маси заряду ВВ). Следовательно, общие затраты составят 387800 грн/год.

Крім того, необхідною є оцінка запобіженого збитку навколишнього природного середовища від зменшення об'ємів токсичних газообразних вибухів при виробництві масових вибухів в кар'єрах.

На теперішній момент існує декілька підходів до оцінки еколого-економічної ефективності здійснюваних природоохоронних заходів [5]:

1) за величиною запобіженого збитку при зменшенні приведеної маси вибуху;

2) за величиною збитку від перевищених вибухів (об'єму пилегазового вибухового хмарі) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі (приказ № 36 від 18.05.1995 г. Міністерства екології і природних ресурсів з змінами і доповненнями).

Особливістю проведення вибухів на кар'єрах є те, що утворюються вибухи забруднюючого атмосферного повітря є залповими, т.е. якісно і кількісно передбачені технологічним процесом. При цьому об'єм вибухового газового хмарі точно визначити не представляється можливим, т.к. миттєво починається розповсюдження шкідливих речовин внаслідок ін-

версии воздушных потоков или конвекции. В соответствии с существующими подходами для расчета объема пылегазового облака [6]

$$V_o = 44000 * A^{0,18}. \quad (2)$$

Рассчитанный по упомянутой методике объем облака при взрыве 50 т взрывчатого вещества составит 88974,85 м³.

Кроме того, немаловажную роль оказывают метеоролого-климатические характеристики и, особенно, преобладающее направление ветра, так называемое «опасное» направление», зависящее от розы ветров региона, где проводятся взрывные работы. На характер рассеивания влияют особенности рельефа местности и параметры разработки месторождения, поскольку эти параметры формируют высоту подъема пылегазового облака после взрыва.

Поэтому, на наш взгляд, наиболее приемлемым при оценке эколого-экономической эффективности мероприятий по снижению содержания токсичных компонентов во взрывном облаке, является использование метода, основанного на определении величины предотвращенного ущерба окружающей природной среде:

$$\Delta D = Y_{пр} + \Delta D, \quad (3)$$

где $Y_{пр}$ – предотвращенный экономический ущерб при применении того или иного природоохранного мероприятия, грн.;

ΔD – дополнительные затраты на утилизацию и рекуперацию отходов, грн.

Так как величина дополнительных затрат отсутствует, то экономический эффект будет представлять собой разность предотвращенных ущербов до и после внедрения природоохранного мероприятия.

В нашем случае таким природоохранным мероприятием является применение в качестве добавок к ВВ (ВС) различного рода нейтрализаторов для снижения содержания оксидов углерода (СО) и азота (NO_x) в продуктах взрыва.

$$Y_{пр} = \gamma * \sigma * f * M, \quad (4)$$

где γ – коэффициент, принимаемый 2,4 грн/усл. т;
 σ – коэффициент относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха для территорий различного назначения;

M – приведенная масса выброса, усл. т.

$$M = \sum A_i * m_i, \quad (5)$$

где A_i – показатель относительной агрессивности вещества;

m_i – масса выброса, т.

f – безразмерный коэффициент, учитывающий характер рассеивания примесей в атмосфере, определяется в зависимости от скорости оседания частиц.

$$f = \frac{100}{1000 + j * H} * \frac{4 \text{ м / с}}{1 \text{ м / с} + u}, \quad (6)$$

где ϕ – поправка на тепловой подъем факела, определяется как $j = 1 + \frac{\Delta T}{75^0}$.

ΔT – среднегодовая разность температур выброса и окружающей среды, °С;

H – высота источника выброса по отношению к среднему уровню зоны активного загрязнения, м;

u – среднегодовой модуль скорости ветра (повторяемость направления ветра), м/с.

В ходе проведенных экспериментальных исследований установлено, что сухие заряды граммонитов 79/21 ГС и 50/50 ГС детонируют устойчиво. В водонаполненных зарядах указанные ВВ детонируют в неустойчивом режиме, что характеризуется соответствующими концентрациями вредных газовых выбросов. При использовании в качестве добавок соответствующих нейтрализаторов было установлено, что наиболее оптимальным является сульфат натрия (Na₂SO₄ 35 г/кг ВВ) в пересчете на условное СО (л/кг):

сухие заряды:

- граммонит 79/21 ГС - 58,75;
- граммонит 50/50 ГС - 63,75.

Водонаполненные заряды:

- граммонит 79/21 ГС - 26,25;
- граммонит 50/50 ГС - 82,5.

Заряды с забойкой: граммонит 79/21 ГС - 46,25.

С нейтрализатором (Na₂SO₄): для граммонита 79/21 ГС - 36,25.

Однако при определении реальных количеств СО во взрывном облаке применение сульфата натрия ухудшает качественные показатели нейтрализатора в целом:

сухие заряды:

- граммонит 79/21 ГС - 10,00;
- граммонит 50/50 ГС - 15,00.

Водонаполненные заряды:

- граммонит 79/21 ГС - 10,03;
- граммонит 50/50 ГС - 50,0.

Заряды с забойкой: граммонит 79/21 ГС - 30,08.

С нейтрализатором (Na₂SO₄): для граммонита 79/21 ГС - 20,06.

Для определения величины сверхнормативных выбросов можно использовать формулу [6]:

$$M_i = 0,0036 * (V_i C_i - M_{qi}) * T, \quad (7)$$

где V_i – объем газового облака, образовавшегося после проведения взрывных работ, м³;

C_i – средняя концентрация загрязняющего вещества (из серии отобранных проб), г/м³;

T – время работы источника в режиме сверхнормативного выброса (время образования облака при взрыве – приблизительно 25-30 с), час;

M_{qi} – мощность разрешенного выброса, г/с (в нашем случае равно нулю).

Для расчета приведенной массы выброса необходимо знать истинную массу выбросов оксидов азота и в пересчете на условное СО. Плотность газовых выбросов при проведении взрывных работ в соответствии с НПБ 105-03 определяется как

$$r = \frac{M}{V_o * (1 + 0,00367 * t_p)}$$

$$\rho(\text{CO}) = 0,00173 \text{ кг/м}^3.$$

$$\rho(\text{NO}_2) = 0,001806 \text{ кг/м}^3.$$

Тогда, экономического эффекта как такового для снижения выбросов CO не будет, он составит: $\Delta V_{\text{co}} = -10,06 \text{ л/кг}$ при взрыве 30 г ВВ, а в пересчете на 50 т взрывчатого вещества это составит:

$$m(\text{CO}) = 335,3 * 50000 * 0,00173 = 29003 \text{ кг CO.}$$

Тогда, предотвращенный ущерб по оксиду углерода составит:

$$У_{\text{пр}}(\text{CO}) = -137,82 \text{ грн}$$

Следует подчеркнуть, что наиболее токсичным компонентом являются оксиды азота ($\text{NO} + \text{NO}_2$), причем коэффициент относительной агрессивности диоксида азота 41,1, а оксида углерода – 1. Тогда, количество оксидов азота (л) в расчете на 1 кг ВВ распределяется следующим образом:

сухие заряды:

- граммонит 79/21 ГС - 7,5;
- граммонит 50/50 ГС - 7,5.

Водонаполненные:

- граммонит 79/21 ГС - 2,52;
- граммонит 50/50 ГС - 5,0.

С забойкой:

- граммонит 79/21 ГС - 3,75.

С нейтрализатором (Na_2SO_4): для граммонита 79/21 ГС - 2,516.

Следовательно, наиболее эффективно использовать сульфат натрия для снижения уровня общей токсичности газовых выбросов при проведении взрывных работ.

Тогда, коэффициент «f» будет равен при средней скорости ветра (по данным постов замеров метеослужб) 11-13 м/с и высоте выброса 200 м (с учетом глубины карьера 50 м):

$$f = \frac{1000}{1000 + 1,493 * 200} * \frac{4}{1 + 12} = 0,7714 * 0,3077 = 0,2374.$$

Примем среднюю массу взрывающей смеси 50 т = 50000 кг.

Тогда, для оксидов азота:

$$250 * 50000 * 0,001806 = 22575 \text{ кг} - \text{сухие ВВ.}$$

$83,87 * 50000 * 0,001806 = 7525 \text{ кг} - \text{с нейтрализатором.}$

Снижение выбросов оксидов азота составляет 15050 кг. Тогда,

$$У_{\text{пр}}(\text{NO}_x) = 2962 \text{ грн.}$$

Следовательно, при 1-ом взрыве массой 50 т предотвращенный ущерб при использовании в качестве нейтрализатора сульфата натрия составит 2962 грн. Тогда, суммарный предотвращенный ущерб на

один объект горных разработок составит 106632 грн.

С учетом работы всех объектов карьероразработок - Редутский щебзавод и Рыжевский гранитный карьеры, Приднепровский спецкарьер, Крюковское карьероуправление, карьероуправление «Кварц» Министерства обороны Украины, Днепровское рудоуправление ОАО «Полтавский ГОК», карьеры Докучаевского флосодоломитного комбината (ДФДК) (Еленовское и Стыльское месторождения известняков и доломитов) – суммарный годовой эффект будет составлять 639 тыс. 792 грн.

В сравнении с затратами на ВВ, применяемые для проведения массовых взрывов на карьерах, - 387800 грн. - общий экономический эффект от внедрения природоохранного мероприятия по снижению выбросов токсичных газов в атмосферу карьеров составит 251 тыс. 992 грн/год.

Выводы. Разработана методика определения эколого-экономической эффективности применения нейтрализаторов, в частности, сульфата натрия, при проведении массовых взрывов на карьерах с целью снижения концентраций вредных газообразных веществ в атмосферном воздухе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чебенко В.М. Пилогазопридушення при підвних роботах // Проблеми охорони праці в Україні – К.: НДІОП, 2003. - Вип. 7. - С. 33-38.
2. Чебенко В.Н., Яценко А.М. Механизм обезвреживания вредных газов при проведении взрывов в карьерах // Новые решения в современных технологиях: Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков, 1999. - Вып. № 75. - С. 10-14.
3. Тыщук В.Ю. Разработка технико-экономической оценки эффективности способов и средств пылегазоподавления при массовых взрывах в карьерах // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ. – 2006. - № 26. – Т.2. – С. 94-100.
4. Тыщук В.Ю. Техничко-економическая оценка эффективности способов и средств пылегазоподавления при массовых взрывах в карьерах // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2007. - № 1. – С. 98-101.
5. Довідник з питань економіки та фінансування природокористування і природоохоронної діяльності / В. Шевчук, М. Пилипчук, Н. Карпенко, О. Кулик и др. – Киев: Геопринт, 2000. – 411 с.
6. Экология города: Учебник / Под ред. Ф.В. Стольберга. – Киев: Либра, 2000. – 464 с.

Статья поступила 1.10.2007
Рекомендовано к печати к.т.н., доц.
Бахревым В.С.