

Findings. It is established that the main factors of increasing ecological danger from exogenous geological processes in the form of landslides are tectonic, geological and geomorphological features of the territory, hydrogeological and climatic characteristics, as well as seismic and man-made factors. Analysis of the natural landslides propagation in Ukraine as well as in Dnipropetrovsk region shows that these natural catastrophic phenomena have ascending trend. The most landslide-prone territories on national and regional scale are determined.

Originality. A new interpretation of the term “landslide” as a complex geological phenomenon due to the common influence of endogenous and exogenous factors was proposed. The basic natural factors of landslides activation are systematized.

Practical implications. The obtained results are important for further research of landslide dynamics for elaboration and implementation of preventive anti-landslide measures in Ukraine to ensure the standards of environmental and technogenic safety.

Keywords: *environmental and technogenic safety, exogenous geological processes, natural disasters, landslides, abrasion*

УДК 666.76.001.2

© В.Ю.Тищук, І.Б.Ковальова, В.В.Бондаренко

НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ ШКІДЛИВИХ ГАЗІВ У КОКСОХІМІЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

© V. Tyshchuk, I. Kovaleva, V. Bondarenko

NEUTRALIZATION OF HARM GASES IN THE COKE-CHEMICAL INDUSTRY

Наведено результати досліджень з розробки засобів нейтралізації монооксиду вуглецю в коксохімічному виробництві. Результатами теоретичних та експериментальних досліджень встановлено, що ефективним засобом поглинання і нейтралізації монооксиду вуглецю є водні розчини вуглелужного реагенту.

Приведены результаты исследований по разработке средств нейтрализации монооксида углерода в коксохимическом производстве. Результатами теоретических и экспериментальных исследований установлено, что эффективным средством поглощения и нейтрализации монооксида углерода являются водные растворы углещелочного реагента.

Вступ. Коксохімічне виробництво є джерелом інтенсивного забруднення повітря робочих зон та оточуючого середовища шкідливими викидами, які нараховують десятки найменувань. При цьому в викидах в найбільшій мірі

присутні наступні шкідливі речовини: пи́л, монооксид вуглецю, оксиди азоту та сірки, бензол, фенол, нафталін, сірководень, бензпірен.

З усього спектру газових компонентів найбільш складно нейтралізувати монооксид вуглецю, який майже не розчиняється у воді та надто шкідливий для людини.

Найбільш відомий спосіб нейтралізації монооксиду вуглецю з використанням розчинів перманганату калію або пероксиду гідрогену з допомогою яких відбувається доокиснення CO до CO₂ [1]. Проте використання їх в масштабах коксохімічного виробництва є безперспективним, так як потрібні великі обсяги цих речовин і, відповідно, високі економічні витрати.

Очищення газів від пароподібних і газоподібних домішок діляться на три групи: адсорбція рідинами, адсорбція твердими поглиначами, каталітична очистка. Відомі також термічні методи спалювання (або допалювання) горючих забруднень, спосіб хімічної взаємодії домішок з сухими поглиначами та окиснення домішок озоном. Проте, всі викладені напрямки нейтралізації шкідливих викидів монооксиду вуглецю практично широко не використовувалися із-за технічних та економічних факторів.

В зв'язку з цим розробка нових засобів нейтралізації шкідливих викидів в коксохімічній промисловості є актуальною науковою і технічною задачею, яка пов'язана з виконанням програм по покращенню стану атмосферного повітря, підвищенню якості життя населення, а також безпеки, гігієни праці і виробничого середовища,

Ціль статті. Розробка ефективного засобу придушення шкідливих газів, насамперед, монооксиду вуглецю, у коксохімічному виробництві на основі розчинів природних органічних речовин.

Виходячи з цілі, в роботі поставлено наступні завдання.

1. Аналітично і експериментально розробити засоби, які потенційно можуть бути використані для нейтралізації шкідливих газів.
2. Встановити механізм нейтралізуючої дії розроблених засобів.
3. Експериментально дослідити властивості нових засобів щодо нейтралізації шкідливих газів.

Викладення матеріалу досліджень та результати.

При пошуку активних нейтралізуючих засобів аналітично встановлено, що такими можуть бути природні органічні сполуки.

В результаті проведено дослідження з розробки засобу нейтралізації монооксиду вуглецю на основі розчинів вуглелужного реагенту (ВЛР).

Теоретична і практична основа використання ВЛР для нейтралізації монооксиду вуглецю базується на положеннях викладених в роботі [2], де показано, що на активованому вугіллі відбувається фізична сорбція газів, при цьому підкреслюється його здатність поглинати різні гази, незалежно від їх хімічної природи.

Тому для досліджень прийнято як засіб нейтралізації монооксиду вуглецю-

вуглелужний реагент, що містить вуглегумінові комплекси.

Дослідження здатності ВЛР сорбувати газу проводились на спеціальному стенді який включав колбу з водним розчином ВЛР, об'ємом 1 дм³; камеру, наповнену газом, що досліджується; пусту камеру для прийому газу після нейтралізації. В якості газу для досліджень був використаний монооксид вуглецю як один з газів, що найбільш складно піддається нейтралізації.

Після пропускання порції газу через розчин замірялась залишкова концентрація монооксиду вуглецю в прийомній камері. За різницею концентрацій газу до і після перепускання через розчин визначалась кількість газу, яка була адсорбована водним розчином ВЛР.

В дослідах були використані розчини ВЛР концентрацій 1-2 мас. %.

Газоподавляючі властивості водяних розчинів ВЛР доведено результатами досліджень (рис.1), які свідчать, що гранична сорбція (Γ) монооксиду вуглецю на вуглегумінових комплексах досягає 11 мг на 1 г ВЛР. Оптимальні концентрації ВЛР за критерієм технічної та економічної доцільності становлять 1–2 мас. %. Ізотерми адсорбції монооксиду вуглецю на вуглегумінових комплексах, які наведено на рис. 1, мають максимум, що свідчить про можливість їх обробки з використанням рівняння ізотерми адсорбції Ленгмюра. Результати досліджень кінетичних процесів сорбції СО в часі (t) на складових ВЛР підтвердили його здатність нейтралізувати вказаний газ. При цьому швидкість сорбції пропорційна відношенню площі поверхні сорбенту та його об'єму. Отже, процес сорбції має гомогенно-гетерофазний характер.

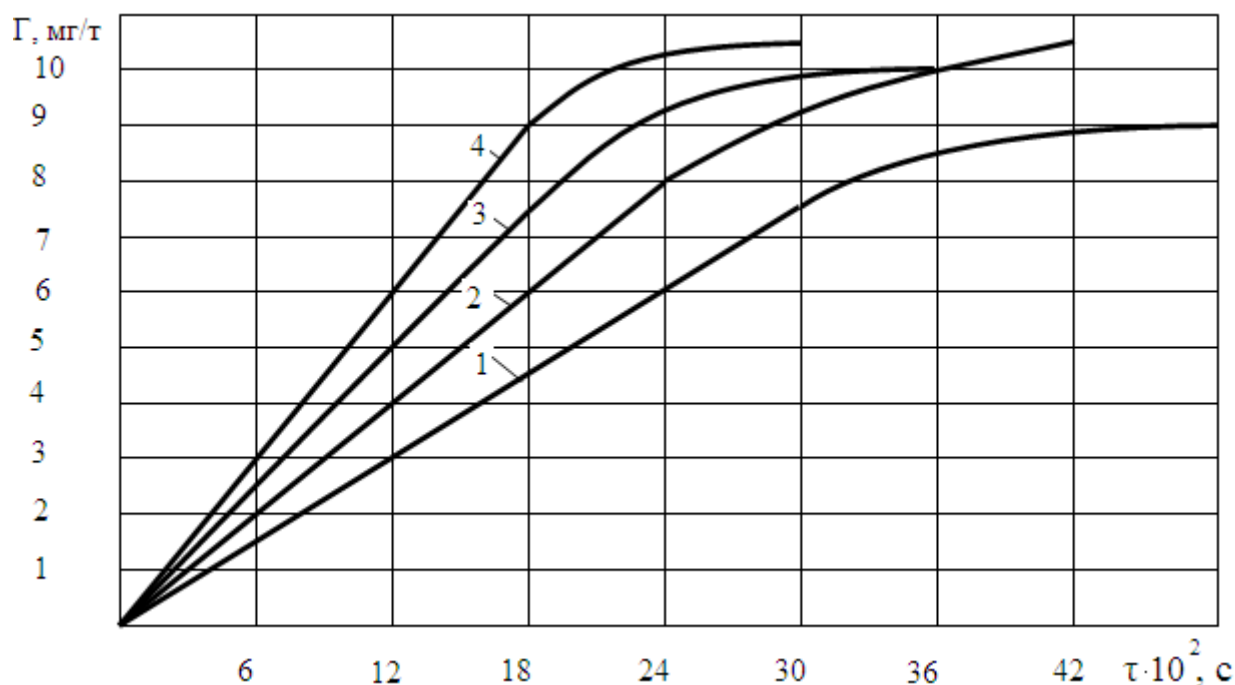


Рис. 1. Ізотерми сорбції насичення суспензії ВЛР концентрації 1 мас.% монооксидом вуглецю: 1; 2; 3; 4 – концентрації СО, відповідно, 2; 4; 6; 8, %

Для поглиблення вивчення механізму нейтралізації СО суспензіями ВЛР виконано дослідження по визначенню інтегрального теплового ефекту процесу сорбції газу СО на компонентах ВЛР.

Експерименти проводилися на установці, яка включала скляну колбу з водним розчином ВЛР, об'ємом 1 дм³; камеру, наповнену газом СО; порожню камеру для прийому газу після проходження його через розчин ВЛР; електричний аспіратор з витратоміром і систему сполучних трубок.

Реакційна ємність установки, обладнаної вмонтованим термометром з ціною поділки 0,01°C, була поміщена в термостатний кожух. Масова частка ВЛР становила 2 мас. % (маса навіски ВЛР - 20 г). Об'ємна частка СО в газоповітряної суміші, яка барботувалась через суспензію ВЛР, становила 0,040 ($\varphi(\text{CO}) = 0,040$). Швидкість пропускання газової суміші через суспензію становила $3,33 \cdot 10^{-3}$ дм³/с. Через кожну хвилину фіксувалася температура суспензії. Результати досліджень, свідчать, що через 10 хвилин температура суспензії збільшилася (Δt) на 0,1°C і в подальшому не змінювалася.

Як показали результати досліджень за цей час кількість сорбованої СО склало 70 мг.

Кількість теплоти (кДж), що виділилась при цьому, визначалося за формулою:

$$Q_p = m(\text{H}_2\text{O}) \cdot C(\text{H}_2\text{O}) \cdot \Delta t + K_{\text{терм}} \cdot \Delta t, \quad (1)$$

де: m – маса води, г;

C – теплоємність води, Дж/г·град;

Δt – приріст температури суспензії ВЛР після пропускання через неї СО, °C;

$K_{\text{терм}}$ – константа термостатної установки.

В досліджах маса води склала 1000 г; теплоємність води прийнята 4,18 Дж/г·град; приріст температури суспензії ВЛР після пропускання через неї СО, становила 0,1°C. Константа термостатної установки ($K_{\text{терм}}$) визначалась розрахунковим методом по масі реакційної посудини і теплоємності скла по формулі:

$$K_{\text{терм}} = m_p \cdot C_m,$$

де m_p – маса реакційної посудини склала 376,1 г;

C_m – питома теплоємність скла, Дж/г·град (принято 0,8 Дж/г·град).

Тоді отримано:

$$K_{\text{терм}} = 376,1 \cdot 0,8 = 301 \text{ Дж/град.}$$

Таким чином, підставляючи це значення в формулу (1), отримано значення кількості теплоти, що виділилось при пропусканні СО через суспензію ВЛР:

$$Q = 1000 \cdot 4,18 \cdot 0,1 + 301 \cdot 0,1 = 448 \text{ Дж} = 448 \cdot 10^{-3} \text{ кДж.}$$

Так як суспензією ВЛР було сорбовано 70 мг СО, що складає $2,5 \cdot 10^{-3}$ моль, і враховуючи, що $Q_p = -\Delta H$, розрахуємо інтегральну теплоту сорбції СО суспензією ВЛР:

$$-\Delta H = \frac{448 \cdot 10^{-3}}{2,5 \cdot 10^{-3}} = -179 \text{ кДж/моль.}$$

Ця величина інтегрального теплового ефекту сорбції монооксиду вуглецю (ентальпія процесу) може бути елементом з'ясування механізму процесу взаємодії СО з суспензією ВЛР.

Перш за все, знак мінус свідчить про екзотермічність процесу, а значна величина інтегральної теплоти свідчить, що тип сорбції – хімічний, тобто має місце процес хемосорбції.

Можливе також незначне окиснення СО на ВЛР розчиненим у воді киснем, а також інші реакції, які проходять як каталітичні.

Враховуючи те, що величина сорбції перевищує значення -100 кДж/моль, можна стверджувати, що процес сорбції монооксиду вуглецю є екзотермічним і відбувається за типом хемосорбції, тобто має місце хімічна взаємодія між монооксидом вуглецю та складовими інгредієнтами ВЛР.

Фізико-хімічні передумови нейтралізації монооксиду вуглецю розчином ВЛР на підставі відомих хімічних положень можна пояснити такими чинниками. Молекула монооксиду вуглецю, незважаючи на невеликий дипольний момент, має явно виражений полярний характер. Завдяки полярності зв'язку $\text{C} = \text{O}^+$ виникає взаємодія молекули монооксиду вуглецю з іонами та полярними групами гуматів натрію (калію), що знаходяться в розчині, і гідроксильними, карбоксильними, фенольними, карбонільними групами, наявність яких у складі гумінових кислот відома. Ця взаємодія має електростатичний характер і за своєю силою наближається до величини ковалентного зв'язку. Отже, відбувається нейтралізація СО вуглелужним реагентом, непрямим підтвердженням можливості чого є той факт, що гумусові речовини, які містяться в ґрунті, поглинають гази, у тому числі й СО, більш енергійно порівняно з іншими ґрунтовими частинками. При цьому основним елементом гумусу є гумінові кислоти, які входять до складу ВЛР.

Отже, підтверджено, що адсорбція молекул СО вуглелужними комплексами ВЛР підпорядковується класичній теорії сорбції Ленгмюра з подальшим здійсненням між ними реакції хемосорбції, яка забезпечує нейтралізацію монооксиду вуглецю.

Результати промислових випробувань свідчать, що ефективність нейтралізації СО складає не менше 63,8 %.

Висновки. В результаті теоретичних та експериментальних досліджень розроблено ефективний засіб поглинання і нейтралізації шкідливого газу – монооксиду вуглецю, яким є водяний розчин вуглелужного реагенту.

Газоподавляючі властивості водяних розчинів ВЛР доведено результатами досліджень, які свідчать, що гранична сорбція монооксиду вуглецю на вуглеводородних комплексах досягає 11 мг на 1 г ВЛР.

Оптимальні концентрації ВЛР, за критеріями технічної та економічної доцільності, становлять 1–2 мас. %.

Теоретично, на основі класичних фізико-хімічних положень, встановлено механізм нейтралізуючої дії ВЛР, який полягає в тому, що між молекулами СО і складовими вуглеводородного реагенту відбувається фізична і хімічна взаємодія, що забезпечує ефективне поглинання шкідливого газу дрібнодисперсними інгредієнтами ВЛР.

Подальші дослідження повинні бути спрямовані на визначення ефективності нейтралізації суспензіями ВЛР широкого спектру інших шкідливих газів в коксохімічному виробництві.

Перелік посилань

1. Sahnovskij V.L., Umnov A.E., Kurochenko V.M. (1992) Intensifikaciya provetrivaniya glubokih podzemnyh rudnikov. Moskva: Nedra.
2. Zelinskij N.D., Sadikov V.S. (1941) Ugol' kak sredstvo bor'by s udushayushchimi i yadovitymi gazami. Moskva - Leningrad: AN SSSR.

ABSTRACT

Purpose. Development of an effective means of suppressing harmful gas - carbon monoxide in the coke-chemical industry, based on solutions of natural organic substances.

The methods of research are theoretical, experimental and the analysis of previously performed researches is represented.

Findings. To optimize gas suppression, a method for neutralizing carbon monoxide with the use of solutions of the potassium salt of manganic acid KMnO_4 and hydrogen peroxide with the help of which the CO to CO_2 oxidation takes place is known. However, the using of these solutions in the scale of coke-chemical production is hopeless, as large volumes of these substances it required large volumes of these substances. Accordingly it needs high economic costs.

The originality is to determine the theoretical and experimental justification for the use of brown coal humic solutions for the neutralization of carbon monoxide.

Practical implications. Experimental researches have established the optimal concentrations of aqueous solutions of brown coal humic and their specific consumptions for the neutralization of carbon monoxide. The recommendations of their using in industrial conditions at coke plants are represented.

Keywords: *coke-chemical industry, suppressing, carbon monoxide, humic solutions*